

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
ESCUELA DE POSGRADO



Diagnóstico Operativo Empresarial de la Empresa del Acero S.A.

TESIS PARA OBTENER EL GRADO DE MAGÍSTER EN

DIRECCIÓN DE OPERACIONES PRODUCTIVAS

OTORGADO POR LA

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ

PRESENTADA POR

Adrián Gabriel Barreda Rosell

Yahir Alberto Pandzic Saba

Eduardo Martín Ramírez Vera

Ricardo Rossel Romaña

Asesor: Sandro Sánchez Paredes

Santiago de Surco, Setiembre de 2017

Agradecimientos

A todos nuestros profesores y compañeros de la maestría que nos brindaron su apoyo y críticas constructivas para nuestro desarrollo personal.



Dedicatorias

A nuestras familias, por la paciencia, comprensión y apoyo incondicional durante esta etapa tan exigente de nuestras vidas.



Resumen Ejecutivo

En el desarrollo de la presente investigación aplicada, se realizó el diagnóstico operativo de la Empresa del Acero S.A., la cual se dedica a la producción y comercialización de productos de Acero para atender al sector construcción, industrial y minero. Para ello, se recolectó información relevante respecto a las características organizacionales y operativas de la empresa, y se efectuó una revisión de la literatura, con el fin de poder comparar las mejores prácticas operativas con la forma en que estas se realizan y gestionan en la empresa.

En tal sentido, se evaluó la ubicación y la distribución de la planta, el diseño de los productos, el planeamiento de sus recursos y procesos y la programación de sus operaciones. Asimismo, se analizó la forma de gestión logística, de calidad, de mantenimiento, de costos y de la cadena de suministro. A partir de esa información y los análisis realizados se plantean propuestas de mejora en productividad, eficiencia, y reducción de costos, enfocados siempre en generar beneficios adicionales que satisfagan las expectativas del mercado objetivo.

Todo esto se resume en las propuestas de cambio de formulación química de las aleaciones utilizadas y en la estandarización de productos semi-terminados. Asimismo, se propone reubicar algunas áreas, con la finalidad de evitar traslados innecesarios, y mejorar el planeamiento de materiales y recursos, optimizando el uso del SAP. Por último, se plantea mejorar la gestión de la distribución e inventarios de productos terminados.

La implementación de estas propuestas de mejora permitiría a la empresa un ahorro potencial anual en el rango de los USD 2'641,197 y un mejor aprovechamiento de sus recursos.

Abstract

In the development of the present applied research, the operational diagnosis of the Empresa del Acero S.A., which is dedicated to the production and commercialization of steel products to serve the construction, industrial and mining sectors, was made. For this purpose, relevant information regarding the organizational and operational characteristics of the company was collected, and a review of the literature was made, in order to compare the best operating practices with the way these are performed and managed in the company.

In that sense, the location and distribution of the plant, the design of the products, the planning of its resources and processes and the scheduling of its operations were evaluated. Likewise, the way of management of logistics, quality, maintenance, costs and supply chain were analyzed. Based on this information and the researches carried out, proposals for improvement in productivity, efficiency, and cost reduction are presented, always focused on generating additional benefits that meet the expectations of the target market.

All this is summarized in the proposals of change the chemical formulation of the alloys used and in the standardization of semi-finished products. Likewise, it is proposed to relocate some areas, in order to avoid unnecessary movements, and improve the planning of materials and resources, optimizing the use of SAP. Finally, it is proposed to improve the management of the distribution and inventories of finished products.

The implementation of these improvement proposals would allow the company a potential annual savings in the range of USD 2'641,197 and a better use of its resources.

Tabla de Contenidos

Lista de Tablas	vi
Lista de Figuras	ix
Capítulo I: Introducción	1
1.1. Descripción de la Empresa	1
1.2. Productos Elaborados	7
1.3. Ciclo Operativo.....	9
1.4. Diagrama Entrada Proceso Salida.....	10
1.5. Clasificación según sus Operaciones Productivas	11
1.6. Matriz del Proceso de Transformación	12
1.7. Relevancia de la Función de Operaciones	13
1.8. Conclusiones.....	14
Capítulo II: Marco Teórico	16
2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta	16
2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos	18
2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso	20
2.4. Planeamiento y Diseño de Planta.....	22
2.5. Planeamiento y Diseño del Trabajo	23
2.6. Planeamiento Agregado	26
2.7. Programación de Operaciones Productivas	28
2.8. Gestión de Costos	29
2.9. Gestión Logística	31
2.10. Gestión y Control de la Calidad.....	32
2.11. Gestión del Mantenimiento.....	36
2.12. Cadena de Suministro	37

2.13. Conclusiones	38
Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de la Planta	39
3.1. Dimensionamiento de Planta	39
3.2. Ubicación de Planta	40
3.3. Propuesta de Mejora	43
3.4. Conclusiones	48
Capítulo IV: Planeamiento y Diseño de los Productos.....	50
4.1. Secuencia del Planeamiento y Aspectos a considerar	50
4.2. Aseguramiento de la Calidad del Diseño	53
4.3. Propuesta de Mejora	55
4.4. Conclusiones	57
Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso.....	59
5.1. Mapeo de los Procesos	59
5.1.1. Procesos en planta de Acería.....	61
5.1.2. Procesos en planta de Laminación	64
5.2. Diagrama de Actividades de los Procesos (D.A.P)	67
5.3. Herramientas para mejorar los Procesos.....	72
5.4. Descripción de los Problemas Detectados en los Procesos	73
5.5. Propuesta de Mejora	75
5.6. Conclusiones	77
Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de Planta	78
6.1. Distribución de Planta.....	78
6.2. Análisis de la Distribución de Planta.....	79
6.3. Propuesta de Mejora	84
6.4. Conclusiones.....	87

Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo	88
7.1. Planeamiento del Trabajo	88
7.2. Diseño del Trabajo	91
7.3. Propuesta de Mejora	98
7.4. Conclusiones	99
Capítulo VIII: Planeamiento Agregado	101
8.1. Estrategias Utilizadas en el Planeamiento Agregado	101
8.2. Análisis del Planeamiento Agregado	102
8.3. Pronósticos y Modelación de la Demanda	104
8.4. Planeamiento de Recursos (Programa Maestro)	105
8.5. Propuesta de Mejora	106
8.6. Conclusiones	112
Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas	113
9.1. Optimización del Proceso Productivo	113
9.2. Programación	114
9.3. Gestión de la Información	116
9.4. Propuesta de Mejora	116
9.5. Conclusiones	120
Capítulo X: Gestión Logística	121
10.1. Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento	121
10.2. La Función de Almacenes	129
10.3. Gestión de Inventarios	130
10.4. Gestión del Transporte	132
10.5. Definición de los Principales Costo Logísticos	134
10.6. Propuesta de Mejora	136

10.7. Conclusiones	141
Capítulo XI: Gestión de Costos	143
11.1. Costeo por Órdenes de Trabajo	147
11.2. Costeo Basado en Actividades	149
11.3. El Costeo de los Inventarios	149
11.4. Propuesta de Mejora	150
11.5. Conclusiones	151
Capítulo XII: Gestión y Control de Calidad	152
12.1. Gestión de la Calidad	152
12.2. Control de la Calidad	155
12.3. Propuesta de Mejora	164
12.4. Conclusiones	165
Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento	166
13.1. Mantenimiento Correctivo	166
13.2. Mantenimiento Preventivo	168
13.3. Propuesta de Mejora	171
13.4. Conclusiones	175
Capítulo XIV: Cadena de Suministro	176
14.1. Definición del Producto	176
14.2. Descripción de las empresas que conforman la cadena de abastecimiento	177
14.3. Nivel de integración vertical, tercerización, alianzas o Joint-venture	180
14.4. Describir las estrategias del canal de distribución	181
14.5. Proponer mejoras al desempeño de la cadena de aprovisionamiento	183
14.6. Conclusiones	184
Capítulo XV: Conclusiones y recomendaciones	185

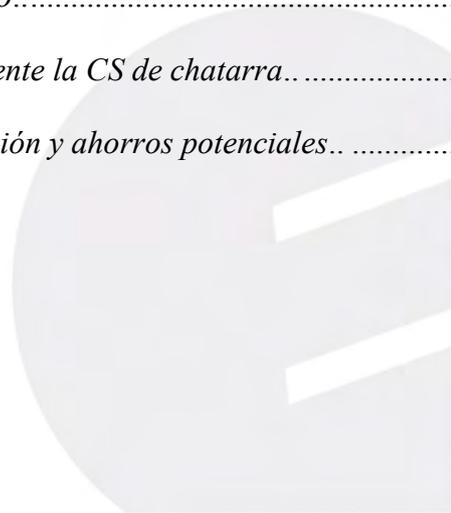
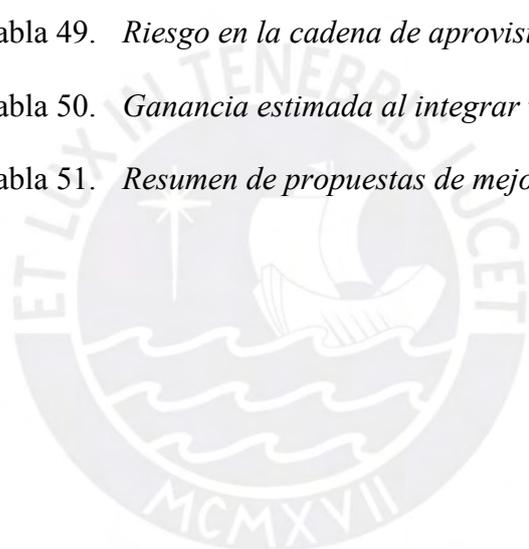
15.1. Conclusiones	185
15.2 Recomendaciones	187
Referencias	191
Apéndice A. Cálculo del valor presente del flujo de efectivo para propuesta de redimensionamiento de planta Acería.....	195
Apéndice B. Cálculo del valor presente del flujo de efectivo para propuesta de relocalización de complejo siderúrgico con instalaciones nuevas.....	197
Apéndice C. Cálculo del valor presente del flujo de efectivo para propuesta de relocalización de complejo siderúrgico con traslado de equipos.	199
Apéndice D Ficha técnica barras de construcción.....	200
Apéndice E. Touch time de procesos	203
Apéndice F. Descripción de puesto: jefe de horno eléctrico.	204
Apéndice G. Descripción de puesto: operador de horno eléctrico II.....	207
Apéndice H. Cálculos de modelo de pronósticos.	209
Apéndice I. Cola de camiones por semana	211

Lista de Tablas

Tabla 1.	<i>Tipos de sistemas de información..</i>	27
Tabla 2.	<i>Ranking de factores ponderados para calificar diferentes opciones de localización</i>	44
Tabla 3.	<i>Estimación de inversión para montar un nuevo complejo siderúrgico en Chancay</i>	46
Tabla 4.	<i>Valor residual de las instalaciones de Empresa del Acero S.A. en Chimbote</i>	46
Tabla 5.	<i>Estimación de inversión para trasladar el complejo siderúrgico a la ciudad de Chancay</i>	47
Tabla 6.	<i>Valor residual de las instalaciones de Empresa del Acero S.A. en Chimbote en caso de traslado</i>	47
Tabla 7.	<i>Análisis costo/beneficio de las alternativas de ampliación y traslado</i>	48
Tabla 8.	<i>Beneficio potencial de la disminución de Kg de FeSiMn por lote de barra de construcción #4</i>	57
Tabla 9.	<i>Ingresos y consumos de chatarra por tipos en abril de 2017</i>	63
Tabla 10.	<i>Capacidades de los procesos en la planta de Acería en abril de 2017</i>	64
Tabla 11.	<i>Capacidades de los procesos en la planta de Laminación en abril de 2017</i>	66
Tabla 12.	<i>Costo/beneficio de las propuestas de mejora de procesos</i>	77
Tabla 13.	<i>Costo/beneficio de propuestas de mejora en diseño de planta</i>	86
Tabla 14.	<i>Número de trabajadores por áreas generales en Empresa del Acero S.A.</i>	88
Tabla 15.	<i>Número de trabajadores y variación en el área de soporte</i>	89
Tabla 16.	<i>Número de trabajadores y variación en el área industrial</i>	89
Tabla 17.	<i>Número de trabajadores y variación en el área logística</i>	90
Tabla 18.	<i>Relación Horas de sobretiempo y horas totales para marzo y abril del 2017</i>	92

Tabla 19.	<i>Resultados de evaluación de satisfacción laboral entre el 2013 y el 2016.....</i>	93
Tabla 20.	<i>Programas e incentivos para trabajadores y comunidad.....</i>	94
Tabla 21.	<i>Balance de líneas de Oxicorte.....</i>	97
Tabla 22.	<i>Balance de líneas de Oxicorte – Futuro.....</i>	99
Tabla 23.	<i>Planeación agregada de Empresa del Acero S.A. del periodo julio de 2016 a diciembre de 2017.....</i>	103
Tabla 24.	<i>Índices de estacionalidad por mes de modelo cuantitativo de pronóstico de demanda.....</i>	108
Tabla 25.	<i>Pronóstico de la demanda mensual para el año 2017 en toneladas.....</i>	108
Tabla 26.	<i>Cálculos de diferencia entre demanda estimada y demanda real para juicio de expertos y modelo cuantitativo</i>	109
Tabla 27.	<i>Pérdida esperada anual por compras spot de FeSiMn en USD.....</i>	111
Tabla 28.	<i>Alineamiento a las Buenas Prácticas de Compra de Acuerdo a la Ubicación de los Productos en la Matriz de Kraljic.....</i>	124
Tabla 29.	<i>Distribución de la Función de Compras en Empresa del Acero S.A.....</i>	125
Tabla 30.	<i>Indicadores del Área de Suministros.....</i>	127
Tabla 31.	<i>Tecnología y Buenas Prácticas Empleadas en los Procesos de Compra por Tipo de Material Adquirido.....</i>	128
Tabla 32.	<i>Toneladas Despachadas y Transferidas.....</i>	135
Tabla 33.	<i>Oportunidades de Mejora de la Gestión de Compras.....</i>	137
Tabla 34.	<i>Matriz de GUT para la Función de Compras.....</i>	138
Tabla 35.	<i>Plan de Acción Propuesto para la Gestión de Compras.....</i>	139
Tabla 36.	<i>Propuestas de Mejora para la Gestión de Inventarios.....</i>	140
Tabla 37.	<i>Distribución de Costos en Orden de Trabajo.....</i>	148
Tabla 38.	<i>Distribución del Inventario.....</i>	150

Tabla 39.	<i>Escenarios de reducción de capital de trabajo en los Inventarios</i>	151
Tabla 40.	<i>Estado Actual de los objetivos del SIG para el 2017</i>	153
Tabla 41.	<i>Objetivos de Calidad y Estado Actual de barras de construcción</i>	154
Tabla 42.	<i>Objetivos de Calidad en procesos de planta de Acería</i>	155
Tabla 43.	<i>Resultado de medición emisiones de marzo 2017</i>	163
Tabla 44.	<i>Agendas de planificación de programas de mantenimiento (A)</i>	169
Tabla 45.	<i>Agendas de planificación de programas de mantenimiento (B)</i>	169
Tabla 46.	<i>Costos de implementación de mejoras en USD</i>	174
Tabla 47.	<i>Beneficios obtenidos de implementación</i>	174
Tabla 48.	<i>Principales materiales que ingresan en la CS de la Empresa del Acero S.A.</i>	179
Tabla 49.	<i>Riesgo en la cadena de aprovisionamiento</i>	181
Tabla 50.	<i>Ganancia estimada al integrar verticalmente la CS de chatarra</i>	183
Tabla 51.	<i>Resumen de propuestas de mejora, inversión y ahorros potenciales</i>	190



Lista de Figuras

<i>Figura 1.</i>	Misión, visión y valores de Empresa del Acero S.A.....	03
<i>Figura 2.</i>	Mapa estratégico de Empresa del Acero S.A.....	04
<i>Figura 3.</i>	Organigrama empresa Siderúrgica del Perú S.A.A.....	05
<i>Figura 4.</i>	Cadena de suministros de Empresa del Acero S.A.....	06
<i>Figura 5.</i>	Evolución volumen de ventas y % crecimiento del PBI.....	07
<i>Figura 6.</i>	Barras de construcción y alambros, y su aplicación en obra.....	08
<i>Figura 7.</i>	Productos industriales de Empresa del Acero S.A.....	08
<i>Figura 8.</i>	Productos mineros de Empresa del Acero S.A.....	09
<i>Figura 9.</i>	Ciclo operativo de la empresa.....	10
<i>Figura 10.</i>	Diagrama Entrada-Proceso-Salida de las operaciones productivas de la línea de construcción civil de Empresa del Acero S.A.....	11
<i>Figura 11.</i>	Clasificación de las operaciones productivas de Empresa del Acero S.A.....	12
<i>Figura 12.</i>	Matriz del proceso de transformación, de la división de construcción civil.....	13
<i>Figura 13.</i>	Mapa de literatura para elaboración de diagnóstico operativo.....	17
<i>Figura 14.</i>	Matriz Proceso-Producto.....	21
<i>Figura 15.</i>	Decisiones en la organización del trabajo.....	23
<i>Figura 16.</i>	Jerarquía de las necesidades de Maslow.....	25
<i>Figura 17.</i>	Modelo de un SGC basado en procesos según la Norma ISO 9001:2015.....	33
<i>Figura 18.</i>	Demanda vs. Oferta anual de palanquillas interna en toneladas.....	40
<i>Figura 19.</i>	Ubicación referencial de recursos en proximidad de Empresa del Acero S.A.....	42
<i>Figura 20.</i>	Productos fabricados por Empresa del Acero, y su proceso de fabricación.....	51
<i>Figura 21.</i>	Diagnóstico del diseño de productos en Empresa del Acero S.A.....	52
<i>Figura 22.</i>	Análisis de límite de fluencia a 325 lotes de barras de construcción #4.....	54
<i>Figura 23.</i>	Mapa de procesos de Empresa del Acero S.A.....	60

<i>Figura 24.</i>	Flujo de procesos operativos – Línea de negocios de construcción civil.....	62
<i>Figura 25.</i>	Distribución de las palanquillas fabricadas en colada continua	67
<i>Figura 26.</i>	Diagrama de actividades de proceso: oxicorte de chatarra (actual)	68
<i>Figura 27.</i>	Diagrama de actividades de proceso: horno eléctrico (actual).....	69
<i>Figura 28.</i>	Diagrama de actividades de proceso: horno cuchara (actual).	70
<i>Figura 29.</i>	Análisis % touch time para proceso de oxicorte de chatarra (actual).	70
<i>Figura 30.</i>	Diagrama de actividades de proceso: colada continua (actual).....	72
<i>Figura 31.</i>	Distribución de las palanquillas fabricadas en colada continua propuesta.....	75
<i>Figura 32.</i>	Esquema de distribución de la planta acería.	78
<i>Figura 33.</i>	Esquema de distribución de la planta de laminación	79
<i>Figura 34.</i>	Esquema de distribución de la planta acería y flujo de materiales.....	80
<i>Figura 35.</i>	Diagrama de relación de actividades de planta acería.....	82
<i>Figura 36.</i>	Esquema de distribución de la planta laminación y flujo de materiales	83
<i>Figura 37.</i>	Diagrama de relación de actividades de planta laminación	84
<i>Figura 38.</i>	Esquema de distribución de la planta acería ideal.....	85
<i>Figura 39.</i>	Horas de sobretiempo pagadas por áreas de febrero a marzo de 2017.	92
<i>Figura 40.</i>	Cabina de control	95
<i>Figura 41.</i>	Análisis de Touch Time Vs. Tiempo de Ciclo.	96
<i>Figura 42.</i>	Demanda de chatarra Oxicortada.	97
<i>Figura 43.</i>	Esquema de planeamiento de Empresa del Acero S.A.	101
<i>Figura 44.</i>	Planificación en el mediano plazo.....	102
<i>Figura 45.</i>	Demanda mensual real vs. estimada 2016 en líneas de construcción civil.....	104
<i>Figura 46.</i>	Demanda real vs. Estimada del 2015-2016 barras de construcción	107
<i>Figura 47.</i>	Demanda real en una de las líneas de negocio del año 2013 al año 2016.....	107
<i>Figura 48.</i>	Demanda real en barras de construcción del 2013 a Mayo de 2017.....	110

<i>Figura 49.</i>	Histograma de número de unidades promedio en cola durante el año 2016....	118
<i>Figura 50.</i>	Histograma de número de unidades máximo en cola durante el año 2016.....	118
<i>Figura 51.</i>	Distribución del volumen anual de compras.....	121
<i>Figura 52.</i>	Diagrama Pareto de los principales materiales adquiridos.....	122
<i>Figura 53.</i>	Matriz Kraljic de productos adquiridos por la Empresa del Acero S.A.....	123
<i>Figura 54.</i>	Análisis del riesgo de abastecimiento de chatarra.....	126
<i>Figura 55.</i>	Ubicación de almacenes y centros de distribución.....	129
<i>Figura 56.</i>	Cobertura de productos semiterminados 130x130.....	130
<i>Figura 57.</i>	Variación mensual de la cobertura en días para barras de construcción.....	131
<i>Figura 58.</i>	Variación mensual de la cobertura en días para alambroón.....	132
<i>Figura 59.</i>	Despachos y transferencias por localidad.....	133
<i>Figura 60.</i>	Fletes despacho Chimbote – macro regiones.....	133
<i>Figura 61.</i>	Fletes despacho Chimbote – otros e internacional.....	134
<i>Figura 62.</i>	Costos logísticos absolutos.....	134
<i>Figura 63.</i>	Costos logísticos unitarios.....	135
<i>Figura 64.</i>	Evolutivo gasto de flete.....	135
<i>Figura 65.</i>	Costos logísticos Chimbote.....	136
<i>Figura 66.</i>	Clasificación de los costos de las palanquillas de Acero.....	144
<i>Figura 67.</i>	Distribución de los costos directos e indirectos en palanquillas y barras... ..	145
<i>Figura 68.</i>	Objetivos y Metas del Sistema integrado de Gestión (SIG).....	153
<i>Figura 69.</i>	Análisis de límite de fluencia a 325 lotes de barras de construcción #4.....	157
<i>Figura 70.</i>	Límite de Fluencia en Barras de 3/8'' y 5/8''.....	157
<i>Figura 71.</i>	Resistencia a la tracción en Barras de 3/8'' y 5/8''.....	158
<i>Figura 72.</i>	Comprobación de medidas por computadora.....	159
<i>Figura 73.</i>	Barra luego de prueba de doblado.....	159

<i>Figura 74.</i>	Gráficos de control de Cu y Ni.....	160
<i>Figura 75.</i>	Gráficos de control de Mo y Cr.....	160
<i>Figura 76.</i>	Composición química empleada por el operario del horno cuchara.....	161
<i>Figura 77.</i>	Prueba de comprobación del peso métrico.....	161
<i>Figura 78.</i>	Paneles de control (Kanban).....	162
<i>Figura 79.</i>	Gráficos de tendencia del estado de los procesos.....	163
<i>Figura 80.</i>	Iniciativas de Calidad Ambiental.....	163
<i>Figura 81.</i>	Block de notas de mantenimiento correctivo.....	167
<i>Figura 82.</i>	Mantenimiento correctivo: puntos fuertes y oportunidades de mejora.....	167
<i>Figura 83.</i>	Flujo de mantenimiento preventivo.....	168
<i>Figura 84.</i>	Mantenimiento preventivo: puntos fuertes y oportunidades de mejora.....	170
<i>Figura 85.</i>	Mantenimiento predictivo: puntos fuertes y oportunidades de mejora.....	171
<i>Figura 86.</i>	Paquetes de barra de construcción embaladas para entrega al mercado.....	176
<i>Figura 87.</i>	Cadena de suministro de la Empresa del Acero S.A.....	178
<i>Figura 88.</i>	Red de distribución y distribuidores de la Empresa del Acero S.A.....	182

Capítulo I. Introducción

En este capítulo se describe de manera general a la empresa, así como sus productos y procesos, a modo de contextualizar al lector y brindarle una idea inicial de la organización en la que se desarrollará el diagnóstico, el cual busca analizar los procesos operativos y de apoyo a la operación de la fabricación de productos orientados a la construcción civil de la Empresa del Acero S.A. Esto dentro de su contexto de negocio, y sus prioridades competitivas.

En el proceso de investigación se recolectó la información, por medio de: a) observaciones directas en campo, donde se apreció como se desarrollan los procesos, b) entrevistas a profundidad con algunos responsables y ejecutores de los procesos operativos, c) colecta de información de fuentes internas de la empresa (reportes sistema ERP), las cuales incluyen, reporte de ventas, reportes de producción, reportes contables, entre otros.

Es así, que la investigación parte de la teoría de gestión de operaciones y cadena de suministros, las cuales se compilan en el marco teórico. Luego se compara esta teoría con las observaciones recogidas en la realidad empírica de la empresa, se analizan los hallazgos, buscando señalar aquellos aspectos donde se cumplen las mejores prácticas, y también los aspectos en donde hay desvíos para identificar las oportunidades de cambiar la situación observada hacia un mejor alineamiento a la teoría, y en especial a los objetivos estratégicos de la empresa.

1.1. Descripción de la Empresa

La empresa Siderúrgica del Perú S.A.A., es una empresa siderúrgica fundada en el Perú en el año 1956. Con sede operativa en la ciudad de Chimbote, a 380 km al norte de Lima, y oficinas comerciales y financieras, cuenta además con centros de distribución en las ciudades de Lima, Huancayo y Arequipa.

En un inicio, como empresa estatal, se levantó un complejo Siderúrgico en un predio de 520 hectáreas, donde hasta hoy se realizan sus operaciones productivas. Empresa del Acero

S.A. se dedica a producir y comercializar productos de acero de calidad reconocida y busca atender al sector construcción, industrial, y minero, tanto en el Perú como en países vecinos. Desde hace más de una década trabaja bajo el esquema de los sistemas de gestión ISO, y cuenta con las certificaciones ISO 9001, ISO 14001, y OSHAS 18001, además cuenta con laboratorios de ensayos acreditados con la norma ISO 17025. Los sistemas de gestión son usados por la empresa para el logro de sus objetivos operativos, además de ayudar a reducir los riesgos de la empresa.

En el año 1996, se privatizó la empresa y hoy el 94% de las acciones de Empresa del Acero S.A. pertenecen al grupo empresarial, de origen brasileño, dedicada al negocio del acero desde hace más de 110 años, con operaciones en 14 países. El grupo Gerdau constituye el mayor productor de acero largos en América. La gestión de los principales procesos operativos, y de soporte (SSMA, Personas, Suministros, etc.) siguen lineamientos corporativos, de acuerdo con un conjunto de buenas prácticas en lo que se conoce como Gerdau Business System (GBS), pero el GBS son guías solamente pues cada unidad toma o adapta los lineamientos de acuerdo con sus particularidades locales, o circunstancias propias del entorno.

Con ventas anuales superiores a los 420,000,000 USD en el año 2016, Empresa del Acero S.A. participa en sectores económicos muy competitivos, y busca atender principalmente al sector construcción civil, industrial y minero. El presente diagnóstico operativo empresarial está enfocado en la división de construcción civil, el cual está compuesto por dos proveedores nacionales, e importadores diversos, estos últimos mantienen en conjunto una participación del mercado cercana al 12%. Mientras que los productores nacionales se reparten en proporciones similares la diferencia. Cabe notar, que hace 5 años la presencia de importadores en el mercado de construcción civil donde Empresa del Acero S.A. participa, era tan solo de 5%, pero las bajas de los precios internacionales, y un mercado

abierto sin aranceles para las importaciones ha atraído a nuevos competidores en este mercado.

Este escenario comercial, y un entorno que expone a la compañía a competir, no solo con el fabricante nacional, sino también ante la inminente llegada de una mayor cantidad de importaciones de países con grandes volúmenes de producción y precios competitivos, como Turquía, China, Brasil, México, etc., exige a Empresa del Acero S.A. a mantener una estrategia defensiva en el sector de construcción civil, y en este sentido la administración de operaciones, de acuerdo a la clasificación de Krajewski, Malhorta y Ritzman (2013), busca como prioridades competitivas en la división de construcción civil de Empresa del Acero S.A., operaciones de bajo costo, calidad uniforme y entrega oportuna. Las prioridades competitivas se derivan de la misión, y visión de la empresa, que podemos ver en la Figura 1, así como en el mapa estratégico, que constituye la base de los planes de la empresa (Figura 2). El plan estratégico destaca como propuesta de valor de la empresa: Calidad, disponibilidad, marca y servicio. Es así como la empresa busca mantener la hoy ya ganada preferencia de sus clientes, actuales y potenciales.



Figura 1. Misión, visión y valores de Empresa del Acero S.A.

Tomado de *Manual del Sistema Integrado de Gestión*, por Empresa del Acero S.A., 2016, p. 5.

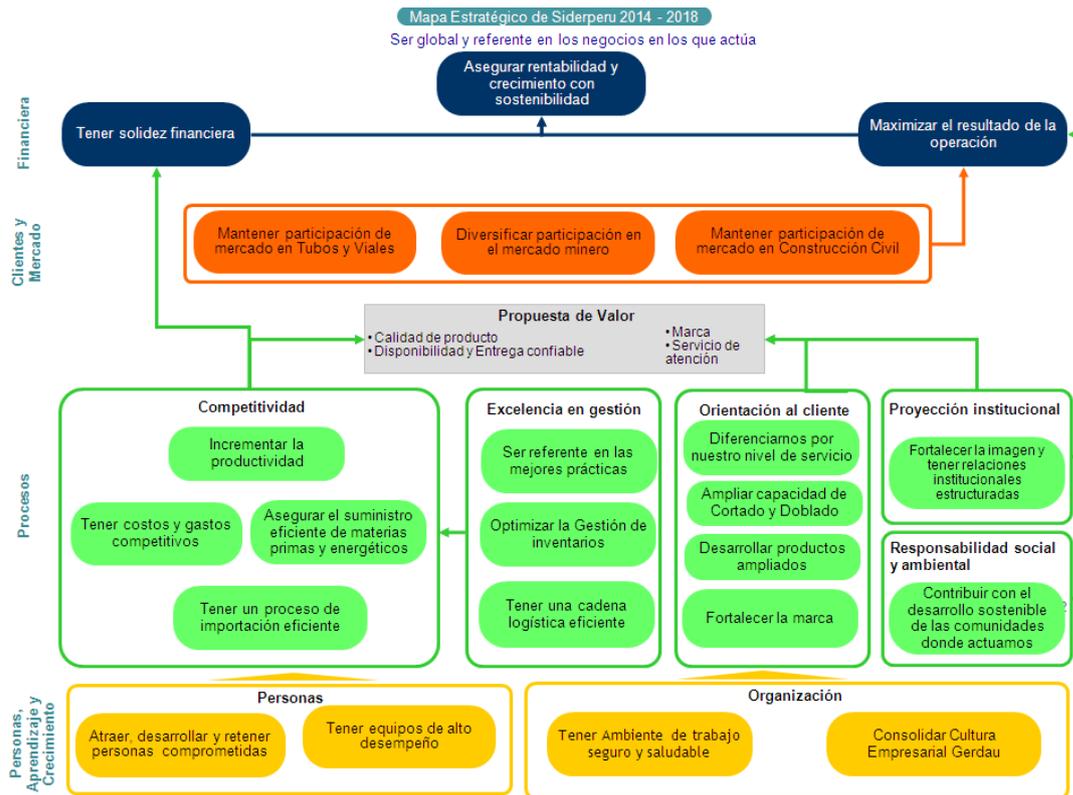


Figura 2. Mapa estratégico de Empresa del Acero S.A.
Tomado de *Manual del Sistema Integrado de Gestión*, por Empresa del Acero S.A., 2016, p. 7.

La empresa cuenta con poco más de 1,000 colaboradores propios en sus diferentes locaciones, los cuales están dedicados a los procesos principales y de apoyo a los procesos. En la Figura 3, se muestra el organigrama de la empresa, donde se aprecia que la organización por funciones está presente. De acuerdo con la relevancia en el impacto en el negocio, se ha considerado dar el peso de gerencia a las actividades que constituyen los procesos principales, mientras que los procesos de apoyo en su mayoría tienen nivel de jefatura. Bajo cada gerencia existen a su vez un nivel de jefaturas, y luego la estructura es plana. Las funciones principales de las principales gerencias son:

- a) Gerencia Comercial: Responsable de determinar la demanda de productos, establecer el contacto comercial y técnico con los clientes; difundir, ofrecer y recibir los pedidos de productos, y establecer los canales de distribución en conjunto con Logística.

- b) Gerencia de Logística: Responsable de la conservación y entrega de los productos terminados, así como del transporte de los productos semiterminados y terminados importados.
- c) Gerencia de Finanzas: Responsable de los procesos contables, tributarios y financieros, así como de actividades de soporte como TI y administración. También depende de Finanzas, las actividades de Planificación y Programación de las operaciones.
- d) Gerencia Industrial: Responsable de la administración de las actividades productivas y de los procesos técnicos de soporte a la misma. Las gerencias que forman parte de la gerencia industrial, que se encargan de producir bienes físicos en diversas formas.
- e) Gerencia de Personas: Responsable de los procesos de reclutamiento y selección, capacitación, administración de personal, comunicación interna y responsabilidad social.

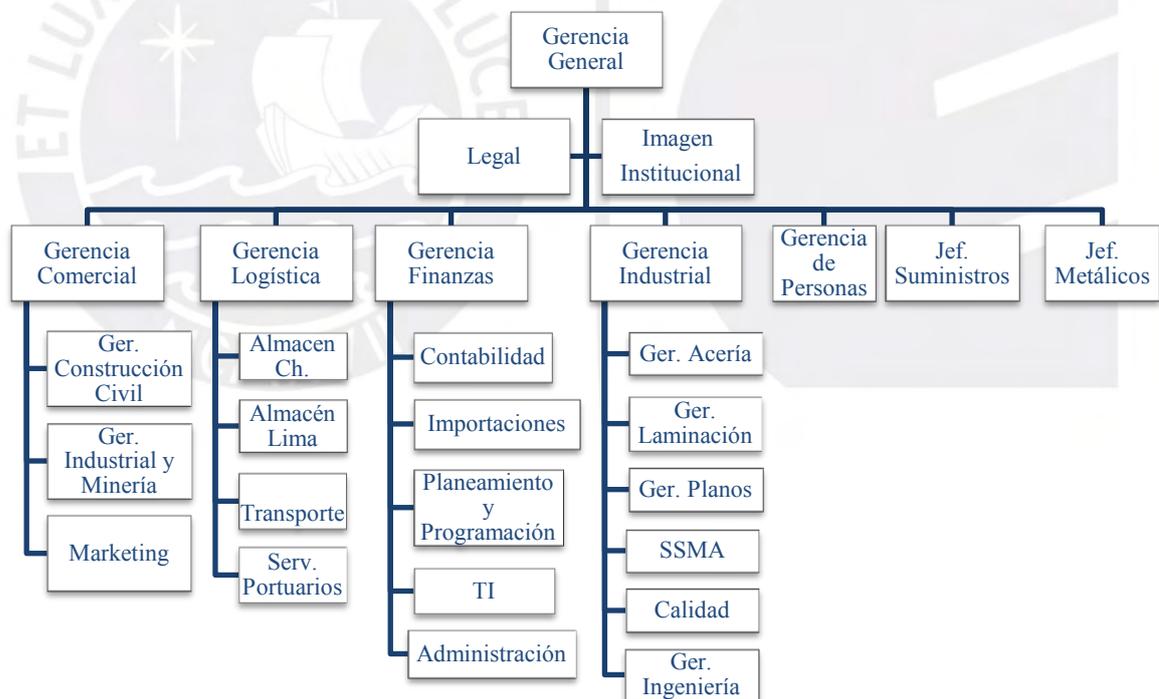


Figura 3. Organigrama Empresa Siderúrgica del Perú S.A.A.

Adaptado de *Manual del Sistema Integrado de Gestión*, por Empresa del Acero S.A., 2016, p. 10.

Para un mejor entendimiento de la empresa, se presenta gráficamente la cadena de suministros en la Figura 4, donde en el centro de la misma, se encuentra el centro productivo, ubicado en Chimbote que es la fuente del 70% de los productos entregados al mercado, pero al tener una demanda que supera la capacidad productiva, se importa alrededor de 30% de los productos entregados. Tanto por vía terrestre, como por el muelle propio de Empresa del Acero S.A., ingresan tanto, materias primas necesarias para la fabricación, como productos terminados y semiterminados para completar la oferta de productos y atender al mercado. Por otra parte, cerca del 15% de los productos entregados al mercado, ingresan vía Callao a los almacenes de Lima. La venta se realiza a los consumidores a través de distribuidores a nivel nacional, que son atendidos desde Chimbote, o desde los centros de distribución en Arequipa y Huancayo.

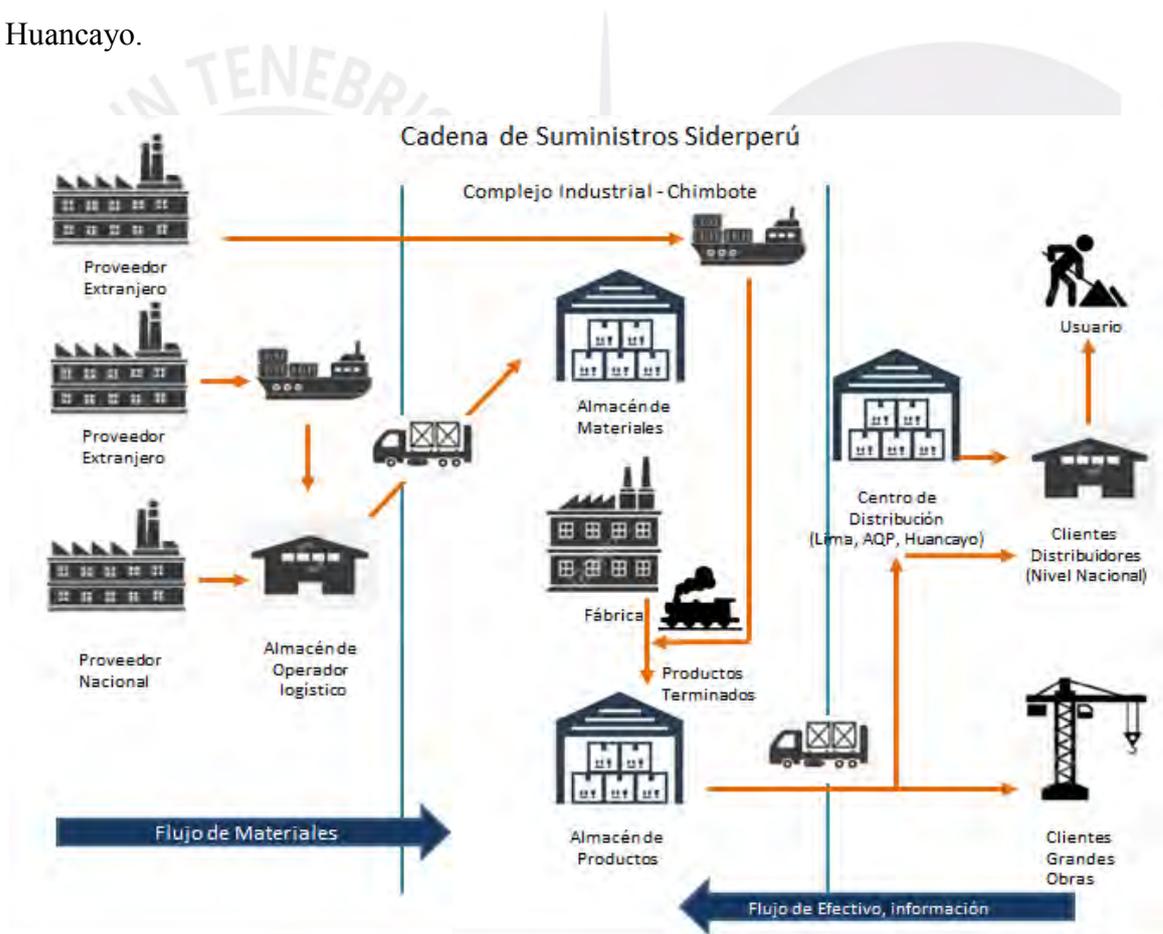


Figura 4. Cadena de suministros de Empresa del Acero S.A.

1.2. Productos Elaborados

La oferta de productos de Empresa del Acero S.A. consiste en productos siderúrgicos orientados a diferentes sectores económicos a lo largo y ancho de todo el territorio peruano. Con ventas en el 2016 sobre las 730,000 t. La división de construcción civil representa cerca del 80% de este volumen de venta. Con el fin de esbozar alguna relación entre el volumen de venta y el crecimiento del sector construcción proporcionados por el Banco Central de Reserva del Perú (2017), se muestra la evolución de ambos valores en el Figura 5.

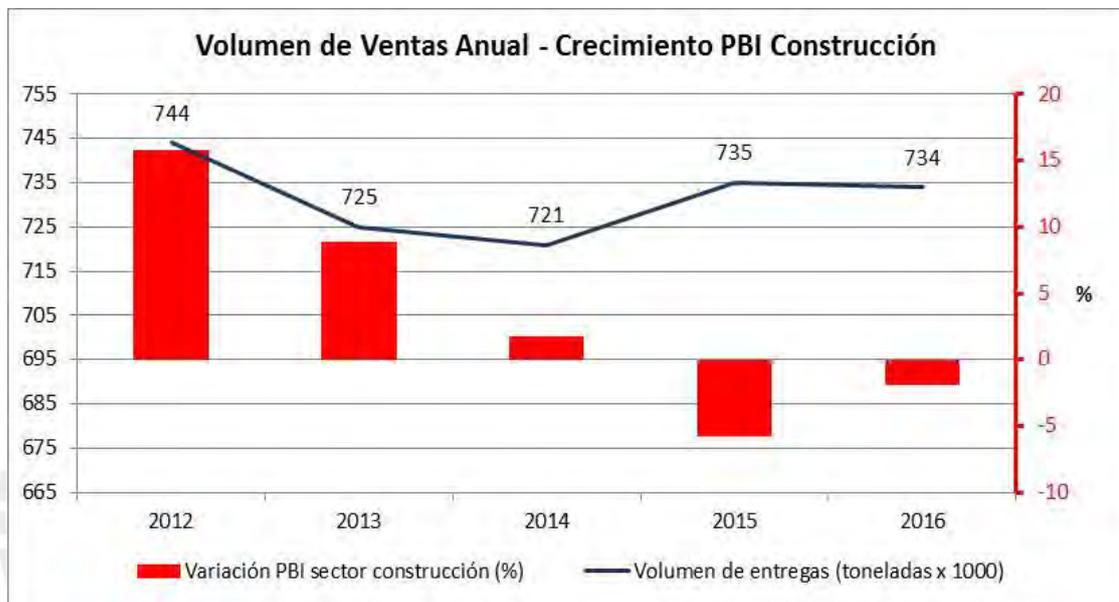


Figura 5. Evolución volumen de ventas y % crecimiento del PBI.

Es importante mencionar que el área comercial usa las cifras de crecimiento de PBI, proporcionadas por el BCR y bancos privados para estimar los pronósticos anuales, más se aprecia que la evolución de las ventas no ha acompañado la evolución del crecimiento del sector construcción, lo que complica el pronóstico de ventas, haciéndolo impreciso.

Los productos que fabrica la compañía se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación de la siguiente manera:

Construcción civil: Esta división que, en el 2016, representó un volumen sobre las 600,000 toneladas, está constituido por barras de construcción y alambón de construcción, en distintos formatos de presentación. Ambos productos se fabrican en esquema “make to stock”,

de acuerdo con los pronósticos de demanda, y manteniendo un stock importante en los distintos almacenes y centros de distribución. Estos productos (ver Figura 6), se fabrican de acuerdo con estándares nacionales e internacionales, y su uso está orientado a la construcción civil, como refuerzo para el concreto armado, y en columnas y vigas de edificios, viviendas, puentes, etc.



Figura 6. Barras de construcción y alambión, y su aplicación en obra.

Industria: Esta división comercial, se encarga de la comercialización de productos orientados a atender los sectores industriales. Entre estos productos tenemos (ver Figura 7): Tubos electrosoldados laminados en caliente, tubos laminados en frío, calaminas, perfiles, productos viales, bobinas y planchas de acero. La entrega anual de esta línea de productos es de 102,000 toneladas.

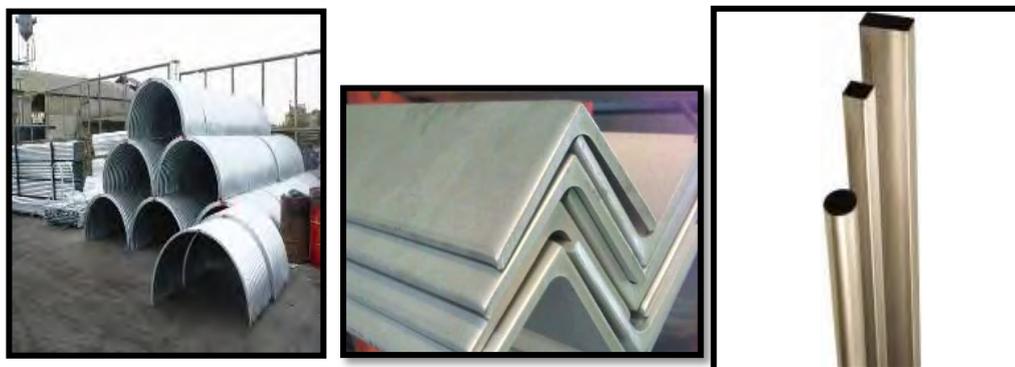


Figura 7. Productos industriales de Empresa del Acero S.A.

Minería: Los productos mineros, se orientan a las labores de conminación de minerales en molinos de barras y de bolas. Representa un volumen anual de 25,279 t y es atendido por productos de origen importado y nacional. Bajo esta línea de negocio se comercializa las bolas de molino y las barras de molino (ver Figura 8).



Figura 8. Productos mineros de Empresa del Acero S.A.

1.3. Ciclo Operativo de la Empresa

En una empresa ya no se deben considerar áreas más o menos importantes, sino más bien que todas son engranajes fundamentales de la maquinaria empresarial (D'Alessio, 2012); en ese sentido la representación del ciclo operativo de Empresa del Acero S.A. (ver Figura 9), nos muestra cómo funciona la empresa y las funciones que intervienen en los procesos de transformación que allí se dan.

Al ser una empresa productora de bienes, ingresan materias primas (directos) e insumos (indirectos) necesarios para los procesos de fabricación; estos entran al proceso de operaciones, cuya función es transformar estos materiales en productos terminados de acuerdo a las necesidades del cliente. El proceso de marketing o comercial, por un lado, entrega al mercado los productos listos de acuerdo con las necesidades, y además recoge información de requerimientos, y expectativas de los clientes. El proceso de finanzas tiene por función en la empresa conseguir los recursos financieros para dar movimiento al flujo de material, así como pagar a los proveedores a fin de asegurar las existencias. Todos estos procesos se dan dentro

de un clima organizacional, donde hay expectativas de los trabajadores y aquellos stakeholders a los que impactamos en la operación.



Figura 9. Ciclo operativo de la empresa.

Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia*, por D'Alessio, 2012, p.7.

1.4. Diagrama Entrada Proceso Salida

La línea de negocios de construcción civil de Siderperú, ejecuta procesos de transformación de bienes en su operación, y para esto el proceso operativo, que es activado para mantener productos en stock (make to stock), utiliza en su Planta, equipos y tecnología convencional dentro de este rubro industrial, esto en sus dos fábricas Acería y Laminación. A su vez, el conocimiento y la ejecución del trabajo es realizado por un conjunto de operadores experimentados, formados en su mayoría en la escuela técnica que la empresa mantiene. Además, los ingenieros son responsables de la gestión, control e innovación de las operaciones. La función operativa y el apoyo a esta suman poco más de 400 personas.

En la Figura 10 podemos apreciar que el proceso operativo transforma insumos metálicos mediante operaciones físicas y químicas en un producto acabado que son las barras de construcción, las cuales cumplen normas nacionales e internacionales que definen las principales características del producto. El proceso utiliza magnitudes importantes de energía eléctrica, combustibles, y repuestos, los cuales pueden sumar hasta un 65% del costo de transformación del acero.

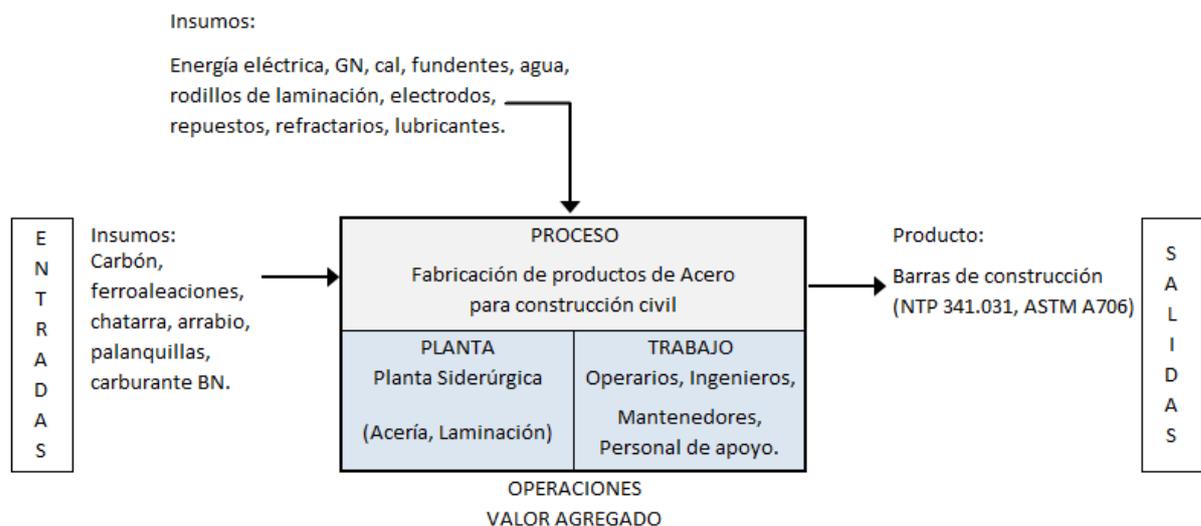


Figura 10. Diagrama entrada-proceso-salida de las operaciones productivas de la línea de construcción civil de Empresa del Acero S.A.

Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia*, por D' Alessio, 2012, p. 10.

1.5. Clasificación según sus operaciones productivas

La empresa siderúrgica del Perú S.A.A. es una empresa dedicada a la fabricación y comercialización de productos de Acero. El abastecimiento de los productos es vía fabricación y se complementa con importaciones, aproximadamente más del 70% de los productos entregados son fabricados, en tal sentido de acuerdo con la clasificación de las operaciones propuestas por D' Alessio (2012), que se presenta la Figura 11, se define a la empresa productora de bienes físicos, del tipo conversión, transformación.



Figura 11. Clasificación de las operaciones productivas de Empresa del Acero S.A.
Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia*, por D'Alessio, 2012, p. 28.

1.6. Matriz del Proceso de Transformación

Las decisiones y estrategias que se toman en las operaciones no son recetas únicas y replicables, es muy importante conocer y ubicar a la empresa de acuerdo con algunas características, D'Alessio (2012), presenta una clasificación de las operaciones de acuerdo a dos aspectos fundamentales como son el volumen de producción y la frecuencia de producción, es así como se presenta la matriz del proceso de transformación. En la Figura 12 se puede apreciar que la división de construcción civil corresponde un proceso intermitente en relación a la repetitividad, y masivo desde el punto de vista de tecnología.

Es de notar que este tipo de empresas, desde el punto de vista de dirección ejecutiva, tienen una estrategia orientada a minimizar los costos, obtener economías de escalas, y los equipamientos son de poca flexibilidad (D'Alessio, 2012) y en este aspecto Empresa del Acero S.A. encaja perfectamente con esta descripción.

Repetibilidad Tecnología		UNA VEZ	INTERMITENTE	CONTINUO (Linea)
		ARTICULO UNICO	Proyecto	
LOTE		Lote de trabajo		
SERIE		Serie		
MASIVO		Masivo		
CONTINUO			Continuo	

- ← FRECUENCIA DE PRODUCCIÓN → +

Figura 12. Matriz del proceso de transformación, de la división de construcción civil. Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia*, por D'Alessio, 2012, p. 29.

1.7. Relevancia de las Funciones de Operaciones

Empresa del Acero S.A., es una empresa productora, y como tal la relevancia de las operaciones es fundamental. El costo del producto que entrega operaciones constituye el 83% del costo de ventas; el 69% de los trabajadores de la empresa se encuentran en las operaciones productivas, y alrededor del 55% del valor de los inventarios corresponden a materiales que serán transformados por las actividades de operaciones. Así que, todo esfuerzo orientado a mejorar las operaciones dará réditos, y claro que toda iniciativa de mejora que se enfocan en reforzar las prioridades competitivas en las operaciones tiene que estar alineada con la estrategia de la empresa. Al respecto Rusjan y Castka (2010) señalan a la implementación de la estrategia en las operaciones, como un patrón coordinado de decisiones y de despliegue de recursos, provee una ventaja competitiva que soporta a las iniciativas estratégicas de la empresa en su conjunto.

El rol de las operaciones en Empresa del Acero S.A., es y es visto como trascendental. Hay un despliegue de las estrategias de la compañía a las operaciones, ya que se entiende que las operaciones tienen un impacto relevante en los resultados financieros de la empresa. La relevancia de las operaciones está presente en el plan estratégico de Empresa del Acero S.A. Por ejemplo, en el objetivo de incrementar la productividad o reducir los costos, que, si bien pueden sonar redundantes, hay varias iniciativas relacionadas al despliegue de estos objetivos en los diferentes niveles de las operaciones. La administración de Operaciones de Empresa del Acero S.A., parece compartir la opinión de D'Alessio (2012), quien resaltó al incremento de la productividad de las operaciones, como uno de los principales mecanismos que generan riqueza en las operaciones productivas, y por tanto en la organización.

Las funciones de operaciones están representadas por el Gerente Industrial, quien es uno de los seis miembros del comité directivo de la empresa, y además por gerencias en las tres plantas productivas (acería, laminación y planos). Esto se puede ver en el organigrama mostrado en la Figura 4. Por la relevancia en los resultados y complejidad, solo el área comercial y operaciones tienen dos niveles de gerencia, mientras que las demás áreas tienen nivel de jefatura. Como referencia del impacto de las operaciones, podríamos mencionar que la gerencia de acería maneja un gasto de más de 36 millones de dólares americanos al año sin incluir materiales directos, es decir como gastos operacionales. En resumen, las operaciones productivas en Empresa del Acero S.A. son muy relevantes y así lo entiende la organización.

1.8. Conclusiones

Empresa del Acero S.A. es una empresa productora de bienes y servicios madura, con conocimiento de sus productos y del mercado, que cuenta hoy con una administración de operaciones bien implementada que se apoya en sistemas de gestión reconocidos, y alinea la estrategia de operaciones al plan estratégico de la compañía. El soporte corporativo, brinda acceso a un conjunto de buenas prácticas de la industria. Sin embargo, es de reconocer que el

negocio en donde se desarrolla es un rubro sumamente competitivo y globalizado, con una siempre expectante posibilidad de aumento de las importaciones a precios rebajados que podrían afectar los resultados financieros de la empresa. En ese sentido, las operaciones de Empresa del Acero S.A. tienen un papel protagónico para por medio de sus prioridades competitivas y aplicación de planes de mejora, ser parte de la ventaja competitiva de la empresa.

Se identifica, hasta este momento, dos aspectos que complican en algo la administración de las operaciones productivas. Primero, la inexistente correlación entre el crecimiento de PBI del sector construcción, el cual es usado para determinar los pronósticos de demanda, con la demanda real del producto, lo que dificulta un buen pronóstico, con las dificultades que esto implica, hoy ese problema es atenuado con un aumento de los inventarios, lo cual inmoviliza capital de trabajo. Segundo, la demanda de productos terminados supera la capacidad instalada de la línea de construcción civil en un 15%, lo que implica recurrir a importaciones para atender la demanda, lo que significa nuevamente tener inventarios altos, y algunas complicaciones en la planificación de las operaciones.

El área de Planeamiento y Control de las operaciones busca asumir una función de Sales and Operation Planning, pero al pertenecer a la Gerencia de Finanzas, aún no logra un alineamiento completo de los criterios de programación con las necesidades de operaciones, o en otros casos los criterios son dictados por operaciones.

Sin lugar a duda, las operaciones en Empresa del Acero S.A. es un proceso con potencial de seguir trayendo beneficios a la organización, y por la amplitud del mismo en el presente diagnóstico realizado se pudo identificar buenas oportunidades de mejora que apoyan la estrategia general de la empresa, según será desarrollado en los siguientes capítulos.

Capítulo II: Marco Teórico

Con el fin de establecer un marco conceptual, que permita comparar la teoría de operaciones, con las prácticas observadas en la Empresa del Acero S.A. se realizó una revisión de la literatura relevante, la cual se esquematiza en el mapa de literatura de la Figura 13, y sirve de guía para ampliar o aclarar algún concepto en caso sea necesario.

2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

Según D'Alessio (2012), para el dimensionamiento de una planta es importante:

- Nivel de demanda
- Gama de productos
- Tecnología del proceso
- Grado de integración vertical
- Tipo de maquinaria a utilizar
- Capacidad financiera o de inversión
- Comportamiento de la competencia
- Costo de distribución
- Costo de falta de capacidad
- Ubicación de la planta

Mientras que para la localización de la planta, según D'Alessio (2012), se tiene dos tipos de factores, unos relacionados al costo, como: costo del terreno, costo de edificio, costo de equipos, costo de transporte de materias primas, costo de servicios, impuestos y seguros, y costos laborales. Los otros factores no están relacionados al costo, por ser más intangibles, y son: calidad y cantidad de la mano de obra, comunidad amigable, voluntad colectiva, clima social, reacción de la competencia, reglamentos gubernamentales, calidad de vida y tipos de sindicalización.

MAPA DE LITERATURA - CAPÍTULO II					
2.1. Ubicación y Dimensionamiento de la Planta	2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos	2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso	2.4. Planeamiento y Diseño de Planta	2.5. Planeamiento y Diseño del Trabajo	2.6. Planeamiento Agregado
D'Alessio (2012)	D'Alessio (2012)	Grasas (2016)	D'Alessio (2012)	Chase R. et al (2009)	Anderson, Sweeney, Williams, Camm y Martin (2011)
D'Alessio (2012)	D'Alessio (2012)	Krajewski, Ritzman & Malhotra (2013)		D'Alessio (2012)	Badiru (2006)
Blank y Tarquin (2006)	D'Alessio (2012)	Grasas (2016)		D'Alessio (2012)	
	Barndt y Carvey (1982)	Chase, R. Jacob R. & Aquilano, N. (2009)		Chase R. et al (2009)	
	Evans y Lindsay (2013)	Chase R. et al (2009)		D'Alessio (2012)	
		Heizer y Render (2009)		Chase R. et al (2009)	
		Heizer y Render (2009)		Heizer y Render (2009)	
				Maslow (1963)	
2.7. Programación de Operaciones Productivas	2.8. Gestión de Costos	2.9. Gestión Logística	2.10. Gestión y Control de Calidad	D'Alessio (2012)	2.12. Cadena de Suministro
Render y Heizer (2014)	Cuevas (2010)	Kern (2011)	Chase R. et al (2009)	Chase R. et al (2009)	Yücesa (2007)
Krajewski et al (2013)	Horngren, C. Datar, S. & Rajan, M. (2012)	McHenry y Benton (1948)	Joseph Juran (1996)	Heizer y Render (2009)	Ivanov & Sokolov (2010)
	Horngre et al (2012)	Richards (2014)	D'Alessio (2012)	Monks (1991)	Rothaermel, Hitt y Jobe (2006)
	Cuevas (2010)	Richards (2014)	Veliz (2014)	Krajewski et al (2013)	Porter (2003)
		Richards (2014)	D'Alessio (2012)		
		Silver, Pyke, & Thomas (2017)	Heizer & Render (2009)	2.11. Gestión del Mantenimiento	
		Gudmundsson, Hall, Marsden, & Zietsman (2015)	Krajewski et al (2013)	Pistarelli (2010)	
		Waters (2003)	PMI (2013)	Weston (2016)	
			Evans & Lindsay (2013)	Pistarelli (2010)	
			Carro y González (2012)	D'Alessio (2012)	
				Istrate, Schmitt, Apfel, y Ilca (2011)	

Figura 13. Mapa de literatura utilizada para el Diagnóstico Operativo de la Empresa del Acero S.A.

Para el análisis de las inversiones y de su periodo de recupero, según Blank y Tarquin (2006), es importante considerar los flujos de efectivo generados en el valor presente, ya que una cantidad futura de dinero convertida a su valor equivalente ahora tiene un monto de valor presente siempre menor que el flujo de efectivo real, debido a que tiene que considerarse que el dinero tiene un costo representado en una tasa de interés, llamada tasa de costo de capital, o a veces denominado costo de oportunidad. En una inversión se tiene normalmente un flujo negativo inicial y se espera flujos positivos en los siguientes meses o años. Es importante para los inversionistas determinar en cuanto tiempo el flujo positivo venidero acumulara una suma tal que recuperen el dinero que han invertido, pero es importante que, para acumular este flujo futuro, se realice trasladándolo primero al valor presente, y una vez que el flujo acumule el monto de la inversión, se logra determinar el periodo de recupero.

2.2. Planeamiento y Diseño de los Productos

Los productos son la parte fundamental y el punto de partida para toda empresa, dado que estas no pueden existir sin ofrecer al mercado algún producto que satisfaga ciertas necesidades de los clientes. Es así que, dependiendo del producto a ofrecer, las empresas necesitarán llevar a cabo ciertos procesos, adquirir determinada maquinaria, contratar al personal de trabajo con conocimientos y habilidades específicas, entre muchas otras cosas. (D'Alessio, 2012). En ese sentido, es fundamental revisar y entender la secuencia del planeamiento y diseño de los productos, los aspectos que toda empresa debe considerar para ello y como asegurar la calidad de los mismos.

En relación con la secuencia del planeamiento y diseño de los productos, D'Alessio (2012) definió los seis pasos necesarios para ello:

1. Generación de la idea: Consiste en evaluar las necesidades del mercado para, en base a ello, desarrollar todas las ideas posibles de productos que puedan satisfacer esas necesidades.

2. Selección del producto: Consiste en evaluar, en base a una serie de criterios, todas las ideas de productos obtenidas del paso anterior para luego seleccionar la mejor calificada entre ellas.
3. Diseño preliminar: En este paso se debe desarrollar el mejor diseño para la idea de producto seleccionada, considerando aspectos como: facilidad de fabricación, calidad, costos, equipamiento, entre otros.
4. Prototipo: Este paso consiste en construir y probar un prototipo, para así afinar detalles de diseño.
5. Pruebas: Consiste en hacer pruebas o estudios de mercado, de ser posible con el prototipo desarrollado, para obtener información del mercado y evaluar el grado de aceptación del producto.
6. Diseño definitivo: Finalmente, con un producto desarrollado, con buen potencial de aceptación por el mercado y con la retroalimentación del cliente, se procede a elaborar el diseño final del producto y del proceso.

Luego de conocer la secuencia del planeamiento y diseño de los productos, es necesario comprender los aspectos que las empresas deben considerar para ello. En esa línea, el primer punto a considerar son las características propias del diseño de los productos, las cuales se pueden clasificar en dos grandes grupos: variables, es decir, aquellas características funcionales de los productos, que se pueden medir utilizando diversos instrumentos y que, por tanto, son objetivas; y atributos, que son más bien aspectos subjetivos relacionados con la apariencia de los productos y que, por ende, su aprobación o no se mide por los sentidos y dependen de la percepción de cada cliente (D'Alessio, 2012). A modo de ejemplificar lo descrito, se puede mencionar el caso de un refresco, cuyas variables pueden ser los aspectos nutricionales del mismo, mientras que un atributo sería su sabor, el cual puede o no ser del agrado de los consumidores.

Según Barndt y Carvey (1982), otros aspectos a considerar en esta etapa son: tecnología disponible, conocimiento requerido en el personal, aspectos normativos, proceso de fabricación, confiabilidad, mantenibilidad y costo. Además de todo ello, es fundamental que las empresas recopilen y entiendan los requerimientos del cliente, lo que se conoce como la voz del cliente, y que procesen y conviertan estas en aspectos técnicos a plasmar en el producto (Evans y Lindsay, 2013).

Finalmente, debido al mercado competitivo en el que se desempeñan las empresas hoy en día, es importante que estas consideren que el producto que diseñan tenga la calidad requerida por el cliente. Para ello, deben contar con procesos y/o mecanismos que aseguren la calidad de sus productos desde el diseño, debido a que es de esta etapa de la que depende, fundamentalmente, este aspecto.

2.3. Planeamiento y Diseño del Proceso

No es lo común que las necesidades de las personas sean satisfechas enteramente y directamente de lo que la naturaleza pone a nuestra disposición. Es así que las empresas, realizan de alguna u otra forma actividades para entregar aquello que los clientes quieren y están en condiciones de pagar. Los procesos son conjunto de actividades que transforman elementos de entrada o inputs, lo que incluyen aquello que se va a transformar (materiales, información o clientes) en salidas, las cuales deben ser productos o servicios o una combinación de estos, y para esto se utilizan los recursos de la empresa (Grasas, 2016). Los productos y servicios son obtenidos de una serie de procesos que se dan en toda la cadena de suministros, y es fundamental que las empresas se planeen y analicen sus procesos a fin de asegurar que estos son adecuados y mejorar los mismos, al respecto Krajewski et al. (2013) refuerza esta idea al señalar que “una vez que realmente se conoce el proceso se puede mejorar, y el mejoramiento de los procesos sigue, se les haga reingeniería o no. Siempre hay una forma de hacerlo” (p.109).

Los procesos se usan para producir bienes, más existen diversas formas de fabricar bienes, ya sea por la diversidad de productos a fabricar, como por las características del mercado al cual se atiende (Grasas, 2016). La selección del proceso que se utilizará para producir un bien es una decisión estratégica de las operaciones, y esta debe considerar criterios como el volumen de producción y la flexibilidad del proceso (Chase, Jacob y Aquilano, 2009). Es de utilidad usar la matriz de procesos y productos, a fin de identificar los procesos en función del volumen de producción requerida y el grado de personalización del producto, es cual va desde un producto único, como en el caso de un proyecto, hasta productos masivos una barra de construcción. En la Figura 14, podemos ver la clasificación de los bienes en la mencionada matriz.

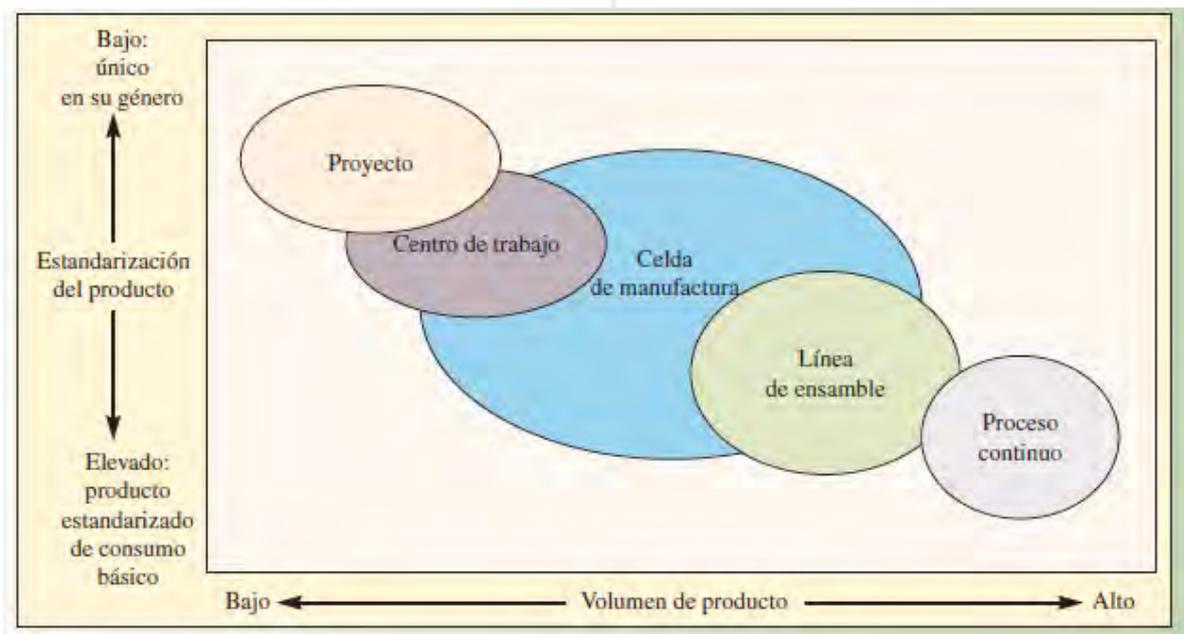


Figura 14. Matriz Proceso-Producto.

Adaptado de *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros*, por Chase et al., 2009, p. 161.

Ciertamente los sistemas productivos, se deben diseñar de acuerdo con la ubicación de los bienes a fabricar en la matriz proceso-producto. Y estos sistemas productivos pueden ir desde diseños de proyectos, al tratarse de productos únicos, hasta procesos continuos en donde el entregable es un producto con grandes volúmenes de producción y nulo nivel de

personalización. Entre estos extremos tenemos además los centros de trabajo, celdas de manufactura, línea de ensamble (Chase et al. 2009). Las estrategias y decisiones operativas serán distintas en función del tipo de producto y proceso. Es así como Heizer y Render (2009), distinguen 4 estrategias en los procesos, las cuales son: (1) enfoque en el proceso; (2) enfoque repetitivo; (3) enfoque en el producto, y (4) personalización. En el caso del proceso Siderúrgico que es lo que nos ocupa el presente DOE, nos ubicamos mejor en la estrategia de enfoque en el producto, en donde es característico alto volumen de producción y poca variedad de productos, en este caso, “Sólo mediante la estandarización y el control efectivo de la calidad las empresas han podido establecer instalaciones enfocadas en el producto. La naturaleza especializada de la instalación requiere costos fijos altos, pero los bajos costos variables facilitan la alta utilización de la instalación” (Heizer y Render, 2009, p 259).

2.4. Planeamiento y diseño de Planta

Según D'Alessio (2012), para el diseño de una planta es útil la utilización del diagrama de relaciones de actividades, pues permite “establecer vínculos importantes entre varias combinaciones de dos operaciones y ver por ejemplo por donde tienen lugar los mayores movimientos de material”.

En el diagrama de relaciones se realiza una calificación de cercanía y una calificación de cercanía, las cuales son valores subjetivos. La calificación de cercanía puede tener los valores A, E, I, O, U y X, que significan respectivamente absolutamente necesario, especialmente importante, importante, ordinario de cercanía, no importante e indeseable. Por su parte las razones de cercanía pueden tomar los valores de 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, y cada uno corresponde respectivamente a uso de registros comunes, compartir personal, compartir espacio, grado de contacto personal, grado de contacto documentario, secuencia del flujo de trabajo, ejecutar trabajo similar, uso del mismo equipo y posibles situaciones desagradables.

2.5. Planeamiento y Diseño del Trabajo

Una adecuada estructuración de los puestos de trabajo, de tal manera que los colaboradores sepan de manera detallada sus funciones y puedan cumplir con ellas, así como también estén siempre motivados, es fundamental para que la empresa pueda cumplir con sus objetivos y tenga una mayor productividad. En tal sentido, según mencionaron Chase et al. (2009), el planeamiento y diseño del trabajo consiste en determinar todas las características necesarias para que los colaboradores puedan cumplir sus funciones, de tal manera que se logren los objetivos de la empresa y se satisfagan las expectativas o necesidades del personal. En esa línea, D'Alessio (2012) definió que el planeamiento y diseño de trabajo tiene cuatro fases: 1) diseño del trabajo, 2) satisfacción en el trabajo, 3) métodos de trabajo y economía de movimiento y 4) medición del trabajo.

El diseño del trabajo es la especificación clara y sencilla de las funciones o tareas, detallando qué se debe realizar, quién es el responsable, cómo se debe realizar, cuándo y en qué lugar se deben efectuar y el porqué de esa labor (D'Alessio, 2012; Chase et al. 2009). Esto se grafica en la Figura 15.

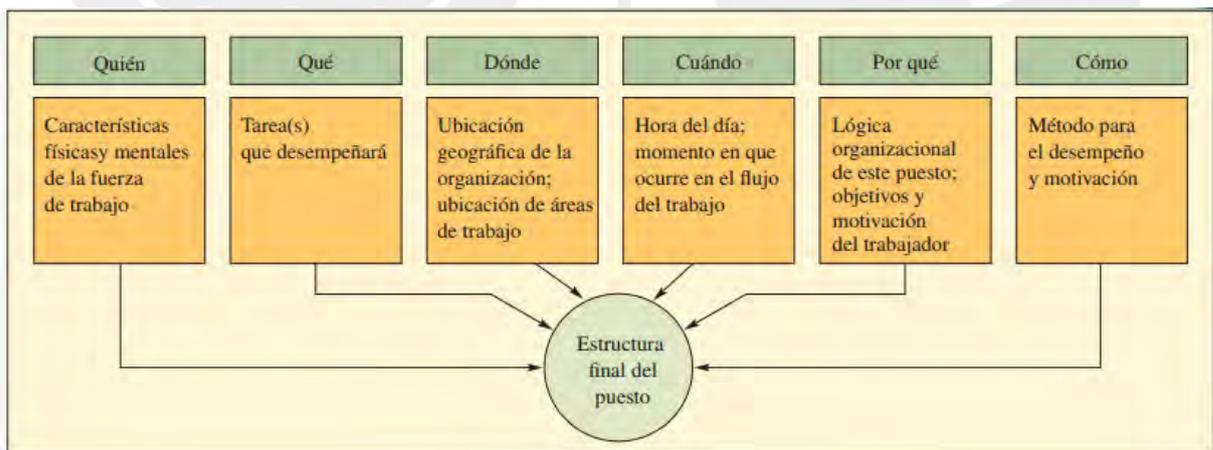


Figura 15. Decisiones en la organización del trabajo.

Tomado de *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros*, por Chase et al., 2009, p. 187.

Algunos aspectos que, para diversos autores, son relevantes al momento del diseño del trabajo son (D'Alessio, 2012; Chase et al., 2009; Heizer y Render, 2009):

Especialización laboral: Consiste en la división del trabajo en tareas únicas y que requieren de conocimientos o destrezas específicas de los colaboradores. Esto genera ventajas como procesos más rápidos, menos pérdida de tiempo, reducción de costos de manos de obra, entre otras. Sin embargo, la alta especialización también genera desventajas, como alta rotación, la desmotivación del personal, la mayor dificultad para controlar la calidad y, por tanto, la posible disminución de la calidad por la monotonía, etc.

Ampliación o enriquecimiento del trabajo: Básicamente se refiere a la rotación de las tareas que realiza el personal. En tal sentido, si la rotación es a funciones que requieren de habilidades similares, se denomina ampliación horizontal. Por el contrario, si la rotación es de funciones básicas a labores que incluyen supervisión, planeación y/o control, se conoce como ampliación vertical. La aplicación de ambas se conoce como enriquecimiento del trabajo. Esto tiene un impacto directo en la mejora de la calidad.

Sistemas psicológicos o socio-técnicos: Consiste en que el diseño de los puestos se establezca considerando las necesidades de tecnología del proceso de producción y las necesidades del trabajador o grupo de trabajadores, de tal manera que estos puedan tomar decisiones sobre el proceso. Para esto, el diseño de puestos debe considerar los siguientes principios: Variedad de habilidades, identidad del trabajo, importancia del trabajo, autonomía y retroalimentación. Estos principios permiten que se mejore la calidad y la productividad.

Ergonomía del trabajo: Es un estudio que tiene como finalidad establecer un adecuado interfaz entre el operario y las máquinas, el ambiente o los productos con los cuales desarrolla su labor. Para ello, es fundamental tener en cuenta aspectos de seguridad y salud en el trabajo, tales como posturas adecuadas y cómo se deben utilizar los diferentes sentidos (principalmente vista, tacto, y oído) en la realización del trabajo, así como también aspectos

del entorno que puedan afectar a la salud y seguridad del personal, como la iluminación, el ruido, la temperatura y vibración.

Por otro lado, en relación a la satisfacción en el trabajo, en primer lugar es importante recordar la jerarquía de las necesidades humanas (ver Figura 16) que estableció Maslow (1963); ya que, en base a ella se debe identificar qué necesidad tiene el personal, para definir el tipo de motivación o incentivo que permita mantener al colaborador satisfecho.



Figura 16. Jerarquía de las necesidades de Maslow.
Adaptado de *Motivación y personalidad*, por Maslow, 1963.

En tal sentido, algunas formas de motivación e incentivos que se emplean, usualmente, en las empresas son: bonos de dinero, flexibilidad horaria o días libres, reconocimiento al operario del mes, programa de competencia con alguna recompensa, capacitaciones, ascensos, entre otros.

Por otro lado, en cuanto a los métodos de trabajo y economía de movimientos, se refieren a diversos estudios de los movimientos, tanto del operario como de la máquina, con la finalidad de determinar la mejor forma de realizar la tarea, y evitar los tiempos ociosos. Entre las principales herramientas de análisis que se pueden mencionar son: diagrama hombre-máquina, que determina la relación entre los movimientos que realiza la máquina y el operador; gráfica de operaciones, que muestra los movimientos detallados del colaborador; y

gráfica SIMO, que muestra los movimientos que efectúa el operario con cada mano e incorpora el tiempo de cada uno de ellos. (D'Alessio, 2012).

Finalmente, la medición del trabajo tiene como objetivo determinar y controlar los tiempos que emplea un colaborador en desarrollar una función específica. Esto permite programar las operaciones (recursos necesarios y tiempos), evaluar el desempeño del trabajador, fijar precios, entre otros. Según señalaron diversos autores, las principales herramientas para hacer la medición del trabajo son: estudios de tiempos, muestreo del trabajo, tiempos estándares, tiempos predeterminados y experiencia histórica (Chase et al., 2009; Heizer y Render, 2009; Monks, 1991; Krajewski et al., 2013).

2.6. Planeamiento Agregado

Según Anderson, Sweeney, Williams, Camm y Martin (2011), para la elaboración de pronósticos existen métodos cualitativos y cuantitativos. Adicionalmente para pronóstico de datos en una serie de tiempo nos indican que hay cuatro componentes importantes: tendencia, ciclo, estacionalidad e irregularidad.

Los modelos cualitativos sugeridos por los autores consisten en cuatro métodos:

- **Método Delphi:** consiste en realizar encuestas a expertos de manera independiente y con los resultados continuar brindando interrogantes. El objetivo es encontrar un conjunto de opiniones en las cuales coincidan los expertos.
- **Juicio Experto:** Se consulta a uno o a un grupo de expertos, quienes en consenso brindan su opinión respecto a alguna variable. Este método es recomendado cuando hay cambios en el entorno que genera que no se repitan condiciones pasadas.
- **Redacción de escenarios:** Consiste en hacer supuestos y determinar cuáles serían los resultados en base a esos supuestos. Luego para cada escenario se determina subjetivamente su probabilidad y luego se toma decisiones en base a estos escenarios.

- Enfoques intuitivos: Este método se emplea para generación de ideas, en talleres grupales, en los cuales inicialmente no hay restricciones ni críticas.
- Los métodos cuantitativos sugeridos por los autores consisten también en 4 métodos:
- Método de suavización: Este método se emplea para series de tiempo estables, que no tienen tendencia, ciclos o estacionalidad.
- Proyección de la tendencia: Este método se emplea para series de tiempo que muestran una tendencia a largo plazo.
- Proyección de tendencia ajustada por influencia estacional: Se emplea para series de tiempo de datos que además de mostrar una tendencia, muestran una estacionalidad que puede tener ciclos anuales, o patrones que se repiten cada cierto número determinado de años.

Según Badiru (2006), existen diferentes tipos de sistemas de información, los cuales se pueden apreciar en la Tabla 1. Estos tipos además nos muestran el desarrollo de los sistemas de información en una compañía, para integrarla a sus objetivos estratégicos.

Tabla 1

Tipos de sistemas de información.

Tipo	Nivel de aplicación	Usuarios	Ejemplos
Sistemas de procesamiento transaccional (TPS)	Operativo	Operadores	Procesamiento de ordenes, control de maquinaria
Sistemas de trabajo de información (KWS)	Gestión de información	Empleados de sistemas de datos	CAD, CAM
Sistemas de automatización de oficina	Gestión de información	Empleados de sistemas de datos	Procesamiento de texto, correos automáticos
Sistemas de gestión de información (MIS)	Táctico	Mando medio	Control de inventarios, gestión de ventas
Sistemas de soporte a las decisiones (DSS)	Táctico	Mando medio	Análisis de costos, análisis de precios, programación de la producción
Sistema de soporte a los ejecutivos (ESS)	Estratégico	Alta gerencia	Plan de operación a largo plazo, plan financiero, plan de personal

Adaptado de *Handbook of industrial and systems engineering*, por Badiru, 2006, pp. 20-23.

2.7. Programación de Operaciones productivas

Según Render y Heizer (2014), hay cuatro criterios de programación: disminuir al máximo el tiempo de terminación, incrementar al máximo la utilización, disminuir al mínimo el inventario de trabajo en proceso y disminuir al mínimo el tiempo de espera del cliente. Igualmente mencionan que “las técnicas de programación deben ser sencillas, claras, fáciles de entender, fáciles de llevar a cabo, flexibles y realistas. Igualmente indican que hay dos enfoques para realizar la programación:

- Gráfica de Gantt: muestra con facilidad cargas de trabajo y tiempos de ocio. Es fácil de manejar, de visualizar y permite vigilar los trabajos en proceso.
- Método de asignación: implica asignar tareas a los recursos, con el objetivo de maximizar o minimizar cierta variable, con la condición de que un trabajo debe ser realizado por una sola máquina o estación de trabajo. Es útil para sistemas complejos ya que utiliza la programación lineal para la asignación.

Respecto de la secuenciación de trabajos, indican que se deben definir reglas de prioridad con el objetivo de disminuir el tiempo de terminación, número de trabajos en espera o retraso de trabajos. Las reglas de prioridad más importantes son:

- PEPS: el primero que entra es el primero en ser atendido.
- TPC: el primero en ser atendido es el que tiene el tiempo de procesamiento más corto.
- FEP: el primero en ser atendido es el que tiene fecha de entrega más próxima.
- TPL: el primero en ser atendido es el que tiene tiempo de procesamiento más largo.

Según Krajewski et al. (2013), en secuenciación de operaciones hay dos maneras de medir el desempeño:

- Tiempo de flujo: mide el tiempo que pasa un trabajo en el sistema. Este tiempo incluye el tiempo de espera, tiempo de preparación y tiempo de procesamiento.

- Retardo: es el tiempo que un trabajo excedió al momento en que fue su fecha u hora de entrega.

2.8. Gestión de Costos

Las empresas como entes económicos, tienen como una de sus funciones principales generar rentabilidad para los accionistas; y en este propósito se generan rentas al estado, y remuneraciones a los trabajadores que allí laboran. Para que esto, las empresas tienen que ser capaces de cubrir los gastos que generar para mantenerse, comprar los materiales e insumos que utilizan y entregar un producto al mercado a un precio tal, que su venta genere una ganancia.

En ese sentido, los sistemas contables brindan información con diferentes propósitos hacia la empresa, de tal forma que los sistemas contables se pueden clasificar en función de su objetivo principal, al respecto Cuevas (2010) divide a los sistema contables en tres componentes: (a) Contabilidad Financiera, la cual se ocupa principalmente de los estados financieros de la empresa, orientados a brindar información a los accionistas, la alta gerencia y agencias gubernamentales. (b) Contabilidad Gerencias o Administrativa, este componente del sistema contable, tiene por propósito planear, controlar y usar de manera adecuada los recursos de la empresa. En tal sentido ayuda a tomar decisiones en la organización, y a los gerentes a hacer mejor su trabajo. (c) Contabilidad de costos, la cual se encarga del modo como se estiman y determinan los costos de la empresa, con el fin de soportar las decisiones gerenciales de la empresa. La distinción entre la contabilidad administrativa y la contabilidad de costos moderna no es tan precisa, ya que tienden a un mismo objetivo (Horngren, Datar y Rajan, 2012).

La gestión de costeo se soporta en una buena asignación de los costos, al llamado objeto de costeo, el cual en empresas industriales puede ser una unidad de producción, un lote de productos, o en general aquel objeto que le sirva a la organización para controlar y tomar

decisiones gerenciales. La asignación de los costos se realiza mediante el sistema de costeo escogido por la compañía, que como indica Horngren et al. (2012), se basan en dos sistemas generales, el costeo por órdenes de trabajo, y el costeo por procesos. El primero de ellos se orienta a hallar el costo de una unidad o un grupo limitados de productos con características similares que se agrupan en una orden de trabajo. Mientras que el costeo por proceso, se orienta a grandes cantidades productos idénticos o similares, y los costos se acumulan en los procesos de transformación de las empresas. Las empresas deben determinar si usan ya sea el sistema de costeo por orden de trabajo, por procesos, o una combinación de ambos sistemas, y esto en función de la información con la que cuentan, de las características de la industria y del propósito que buscan con la información.

Existe también otra forma sistema de costeo de aparición más reciente, llamado costeo basado en actividades o costeo ABC, el cual en principio es más preciso en la asignación de los costos indirectos de fabricación. Cuevas (2010), precisa que en el costeo ABC, “los recursos se asignan primero a las actividades; después, los costos de las actividades se asignan a los objetos de costo según su uso” (p. 352). Este sistema de costeo es importante en aquellas empresas, donde los costos indirectos de fabricación sean relevantes, y donde la asignación de indirectos con el método tradicional de costeo, genere subsidios entre una clase de productos y otra. Es de remarcar que el sistema de costeo ABC, sin bien es preciso, involucra un sistema de costeo más complejo y que consume más recursos en su ejecución.

La asignación de los materiales directos, mano de obra directa y costos indirectos de fabricación debe hacerse en forma precisa y oportuna, para no distorsionar el costo planeado o el costo real de un objeto de costeo. Y en este propósito los sistemas de información de la clase ERP toman un papel protagónico, y bien llevado es un gran soporte para la gerencia de operaciones.

La gestión de costos, debe ser una plataforma que apoye a la gerencia a la toma de decisiones, las cuales se basan en análisis de: volumen-costo-utilidad, rentabilidad por productos, ¿compra o fabricación?, etc. Además debe ser un soporte para en planeamiento operativo, y táctico, el control del desempeño de los procesos, y una fuente para identificar desvíos y oportunidades de reducción de costos, y de esta forma ayudar en conducir a la organización a los objetivos trazados

2.9. Gestión Logística

Según Kern (2011), en un entorno competitivo y global, la gestión de compras y abastecimiento cumple un rol estratégico dentro de la empresa. Es necesario este tratamiento estratégico en vez de táctico debido a los importantes ahorros que se puedan conseguir a través de la implementación de iniciativas relacionadas con gestión de proveedores y establecimiento de economías de escala.

Muchas empresas operan en mercados globales y tienen la suficiente capacidad de negociar mejores precios con proveedores transnacionales.

Cuando una empresa tiene una estructura de compras robusta, con personal calificado y empoderado, demuestra el alineamiento estratégico de este proceso.

McHenry y Benton (1948), sostienen que en la gestión de abastecimiento es clave identificar riesgos y plantear acciones que permitan mitigarlos y asegurar la continuidad de las operaciones. La criticidad de los insumos para la producción implica contar con un plan de contingencia ante posibles desabastecimientos.

La gestión de almacenes e inventarios es una parte crítica de la logística. Richards (2014) afirma que entre las principales cuestiones que desafían a los directivos de hoy está la presión para aumentar la productividad y la precisión, reducir los costos y el inventario, mientras que el servicio al cliente mejora y se garantiza la seguridad del personal empleado en el almacén.

Para Richards (2014) los seis principios básicos de la gestión de almacén se pueden resumir de la siguiente manera: exactitud, control de costos, limpieza, eficiencia, seguridad y protección.

Las compañías pueden lograr mejoras y ahorros de costos mediante la introducción de nuevas tecnologías y equipos, procesos más ligeros e iniciativas ambientales (Richards, 2014).

“Varios factores clave continúan haciendo que la gestión de inventario sea un desafío, incluyendo el aumento de la variedad de productos, el acortamiento de los ciclos de vida de los productos y un aumento en el aprovisionamiento global” (Silver, Pyke & Thomas, 2017).

En la gestión del transporte debe introducirse planificación y gestión del desarrollo sostenible. “El transporte desempeña un papel clave en la sostenibilidad global” (Gudmundsson, Hall, Marsden, & Zietsman, 2015). Tanto la correcta planificación de rutas y ejecución de acciones que minimicen el impacto en el medio ambiente como inversión en telemetría para reducir consumo de combustible y controlar los accidentes viales.

Como indica Waters (2003), la eficiente gestión de costos logísticos contribuye significativamente al éxito de una empresa a largo plazo. La gestión de la innovación permite lograr más eficiencias en las compañías producto de las sinergias y está alineada a la gestión de costos fijos y variables.

2.10. Gestión y Control de la Calidad

Según mencionaron Chase et al. (2009), la calidad está definida, principalmente, por dos características: calidad del diseño y calidad del proceso. La primera de ellas se refiere a que las características que tiene un producto o servicio, cumplan con los requerimientos del cliente. Por otro lado, la calidad del proceso tiene como objetivo la eliminación de defectos en los productos que se fabrican.

Para cumplir con esas dos características, es fundamental que las empresas implementen los procesos necesarios que les permitan gestionar la calidad. En esa línea, Joseph Juran (1996), uno de los gurús de la calidad junto con Edwards Deming y Philip Crosby, mencionó que para gestionar la calidad se requieren de tres procesos, conocidos como la “trilogía de Juran”: (1) planificación de la calidad, (2) control de la calidad y (3) mejora de la calidad.

Estos tres procesos forman parte del modelo de un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) basado en procesos descrito por la International Organization for Standardization en la norma ISO 9001:2015; dado que, esta sigue la metodología “Planificar-Hacer-Verificar-Actuar” (PHVA). Este modelo, según se muestra en la Figura 17, al ser implementado como una decisión estratégica en la empresa, “puede ayudar a una organización a mejorar su desempeño global y constituye un componente integral de las iniciativas de desarrollo sostenible” (ISO, 2015).

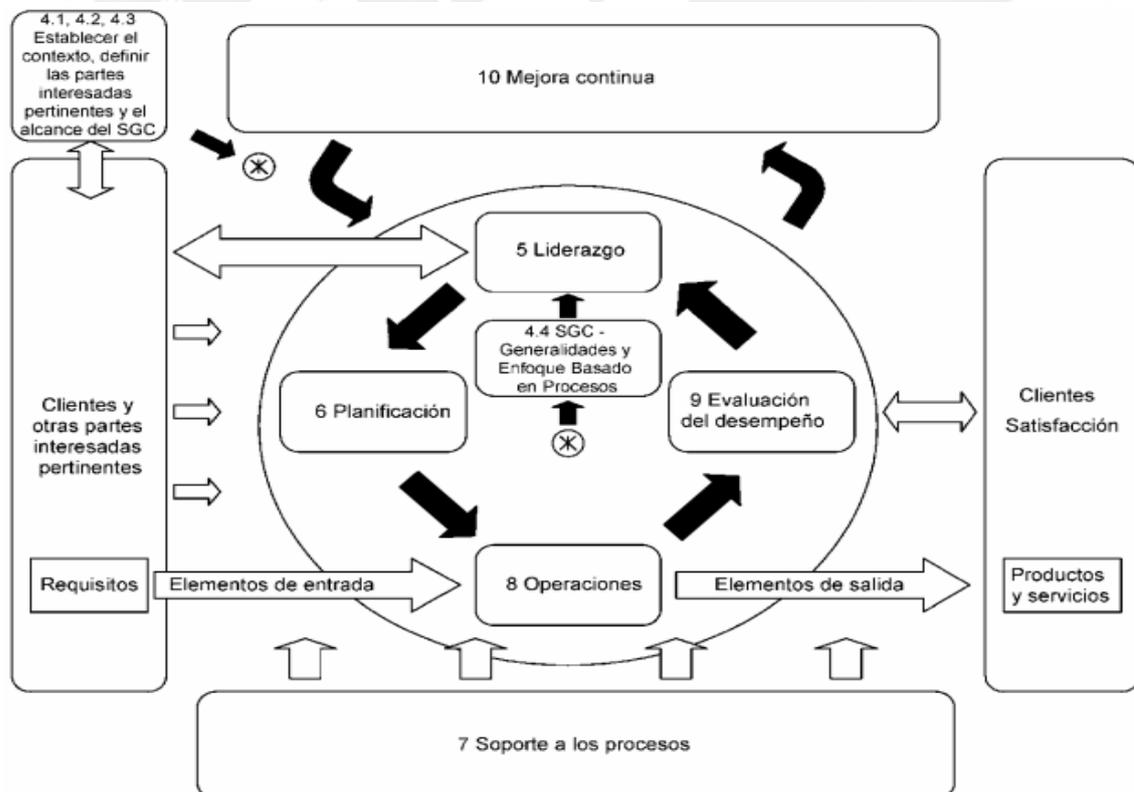


Figura 17. Modelo de un SGC basado en procesos según la Norma ISO 9001:2015. Tomado de *ISO 9001:2015*, por Organización Internacional de Normalización, 2015.

Según mencionó D'Alessio (2012), los beneficios notorios de una adecuada implementación del modelo de SGC descrito en la norma ISO 9001 son: (a) mejora la calidad del producto y del diseño, (b) mejora la calidad del proceso, (c) permite la reducción de deshechos, quejas y devoluciones, (d) mejora la utilización de los recursos obteniendo una mayor productividad, (e) aumenta la satisfacción de los trabajadores y la creación de una cultura de la calidad, (f) aumenta la confianza de los clientes y (g) mejora la imagen y credibilidad de la empresa.

El modelo del SGC mostrado en la ISO 9001:2015, al basarse en la metodología PHVA, busca la mejora continua del proceso y de la calidad de los productos. Para ello, una etapa fundamental es el control de la calidad. Este es el proceso en el cual “se monitorea y se registran los resultados de la ejecución de las actividades de calidad, a fin de evaluar el desempeño y recomendar los cambios necesarios” (PMI, 2013). Es decir, en el proceso de control de la calidad se busca verificar el cumplimiento de los requerimientos de la calidad (Veliz, 2014), tanto de los procesos como de los productos.

Para efectuar un adecuado control de la calidad, diversos autores (D'Alessio, 2012; Heizer y Render, 2009; Krajewski et al., 2013; PMI, 2013; Evans y Lindsay, 2013), hicieron referencia a una serie de herramientas, entre las que se pueden resaltar:

Hoja de verificación de datos: se emplean para obtener datos en los que se deben especificar todos los factores de interés de un problema determinado

Diagramas Causa-Efecto: permiten detectar, cualitativamente, las causas relacionadas con la maquinaria, los insumos, el personal, los procesos, el ambiente laboral, la cultura organizacional y los aspectos económicos de un problema determinado.

Diagramas de Flujo: permiten identificar la secuencia de actividades de un proceso, para posteriormente, mediante otras herramientas, realizar una inspección de cada actividad.

Diagramas de Pareto: se utilizan para priorizar los problemas que ocurren dentro de la empresa, de tal manera que se busca solucionar primero los problemas cuyas causas sean las más frecuentes.

Gráficos de tendencia: sirve para indicar cómo evoluciona una variable en el tiempo, de tal manera que se puede identificar la tendencia de la misma.

Histogramas: se emplean para mostrar con qué frecuencia sucede un determinado evento, siendo que se pueden determinar límites de control.

Diagramas de dispersión: permiten observar y evaluar la relación entre dos variables, una dependiente y la otra independiente, y ver cómo afecta la segunda a la primera.

Gráficas de control: se utilizan para evaluar la calidad de un proceso en el tiempo, fijando límites de control para eliminar las causas que ocurren con mayor frecuencia.

Adicionalmente a estas herramientas, Carro y González (2012) describieron: a) Estratificación: que permiten identificar las causas de variabilidad de un problema o situación determinados, dado que clasifica los datos de acuerdo a variables de interés; y c) muestreo de aceptación: el cual sirve para aceptar o rechazar un lote de un producto.

Todas las herramientas descritas pueden emplearse de manera independiente o de manera conjunta para permitir la identificación de problemas en la calidad y, por tanto, las oportunidades de mejora.

2.11. Gestión del Mantenimiento

Los procesos de fabricación se realizan dentro de instalaciones físicas, y con uso de equipos tanto para el mismo proceso productivo, como con los procesos de apoyo. En mayor o menor medida dependiendo de la ubicación del producto dentro de la matriz proceso-producto, así como de la demanda de los bienes, la entrega del producto al cliente depende de la disponibilidad de las instalaciones y equipos. La gestión de mantenimiento surge con el fin de atender las funciones que el proceso productivo requiere, esto incluye la capacidad de fabricar los productos de acuerdo a los estándares de calidad, y la disponibilidad de los equipos para atender la demanda (Pistarelli, 2010). En ese sentido la gestión del mantenimiento puede ser un factor crítico, en especial para aquellas empresas en donde la demanda de producto es alta, y se requiera una alta disponibilidad de equipos.

Las actividades de mantenimiento están relacionadas con reparación de equipos, mejoras en los mismos para aumentar su vida, y además la prevención de fallas (Weston, 2016), pero Pistarelli (2010) indicó además que la gestión del mantenimiento se inicia desde que se concibe un proyecto, aportando criterios de mantenibilidad en el proceso de compra de un equipo, y acompaña toda la vida útil de un equipo. Para intrincar más el tema, se debe de considerar que no solo basta con poner los equipos a disposición, y con capacidad de fabricar los productos con un nivel de calidad adecuado, sino además todo esto se debe hacer con un costo competitivo.

Las actividades de mantenimiento de manera general se pueden agrupar por el tipo de mantenimiento al que pertenecer, y al respecto D'Alessio (2012), considera cuatro tipos de mantenimiento, (a) Mantenimiento preventivo y periódico programado, (b) Basado en condición, (c) Correctivo, (d) Ingeniería/Control y Evaluación de fallas. Las empresas deben elegir un tipo o una combinación de estos para asegurar los requerimientos de las operaciones.

En la industria siderurgia, el mantenimiento es un tema de mucha preocupación ya que el entorno de trabajo es complejo, al someterse los equipos a trabajos continuos, en un entorno agresivo, con calor extremo, humedad y polvo, además, hay una fuerte presión por el volumen de producción, y es necesario un enfoque en el costo del producto para asegurar la rentabilidad del negocio. En este sentido, se busca reducir las interrupciones, incrementar la efectividad de los equipos y reducir el costo total del mantenimiento, y se plantean opciones como: (a) operar hasta la falla, (b) Mantenimiento preventivo basado en la condición, (c) Mantenimiento preventivo basado en el tiempo (Istrate, Schmitt, Apfel & Ilca, 2011). Y las empresas deben escoger aquel que sea el mejor para su negocio.

Además de las estrategias de mantenimiento mencionadas, existen algunas prácticas un poco más elaboradas que introducen mayor análisis del funcionamiento de los equipos, y de los modos de falla, este es el conocido Mantenimiento basado en la confiabilidad.

2.12. Cadena de suministro

Según Yücesan (2007), la gestión de la cadena de suministro es un factor de valor que facilita la toma de decisiones estratégicas. El diseño de la cadena es un proceso dinámico que incluye activos, organizaciones y competencias para lograr una ventaja competitiva.

Como refuerzan (Ivanov & Sokolov, 2010), hoy en día la gestión de la cadena de suministro es una estrategia clave para mejorar la competitividad de las empresas.

La propuesta básica de Rothaermel, Hitt y Jobe (2006) es que equilibrar la integración vertical y la externalización estratégica en la búsqueda de la integración enriquece la cartera de productos de una empresa y el éxito del producto y, a su vez, contribuye a la ventaja competitiva y, por lo tanto, al rendimiento global de la empresa.

De acuerdo a Porter (2001), el despliegue de Internet puede expandir el mercado. Entre sus beneficios para la gestión de la cadena de suministros está el hacer la información ampliamente disponible; reducir las dificultades de compra, comercialización y distribución;

lo que permite a los compradores y vendedores encontrarse y hacer negocios entre sí con más facilidad.

2.13. Conclusiones

En el presente trabajo de investigación se han aplicado todos los conceptos, herramientas, modelos y métodos descritos en este capítulo. La literatura e investigación de los autores referenciados ha sido relevante para el análisis e identificación de propuestas de mejora.

El diagnóstico operativo operacional cuyo alcance es toda la cadena de suministro, implica entender a profundidad los procesos de dimensionamiento de planta, planeamiento y diseño de productos, procesos, planta y trabajo, planeamiento agregado, gestión de costos, logística, calidad y mantenimiento.

La mayoría de métodos apuntan a lograr eficiencias en la cadena de suministro, sin impactar la calidad de servicio al cliente, lo importante es alcanzar un balance adecuado que asegure la satisfacción de los clientes.

El desarrollo de las operaciones productivas se caracteriza por el cumplimiento estructurado de rutinas que garanticen el cumplimiento de metas de indicadores clave de desempeño. El reto principal de los líderes de operaciones está en mantener la motivación y enfoque de sus equipos.

Capítulo III: Ubicación y Dimensionamiento de la Planta

En este capítulo se realiza la descripción y análisis de la capacidad instalada y la ubicación actual de la planta. Para ello, se evalúa la demanda actual, se realiza un ranking de los factores indispensables para correcta operación y se evalúa económicamente alternativas de reubicación.

3.1. Dimensionamiento de Planta

La demanda nacional de acero para construcción civil se encuentra alrededor de 136.000 t/mes, de las cuales aproximadamente el 85% es cubierta por la oferta de Empresa del Acero S.A. y otro productos nacional. De esta demanda global, Empresa del Acero S.A. satisface aproximadamente 60,000 t/mes. Sin embargo, su capacidad de producción es de 45.000 t/mes, por lo que requiere la importación de producto terminado para cubrir su demanda, importándolo según las especificaciones que Empresa del Acero S.A. solicita; aunque aproximadamente 5,000 t/mes corresponden a alambrones que es un producto que no se fabrica en Empresa del Acero S.A., lo cual obliga igualmente a importar.

Cabe mencionar que su proceso de fabricación involucra a dos plantas principalmente. La primera, la Acería, cuenta con una capacidad de 35,000 t/mes y elabora el producto semi-terminado denominado palanquilla, mientras que la segunda parte de la fabricación es completada en la Planta de Laminación, la cual cuenta con una capacidad de 45,000 t/mes. La empresa además de importar producto terminado, para completar la demanda, requiere la importación de producto semi-terminado, dado este desbalance entre las capacidades de ambas plantas.

A pesar de los esfuerzos de la planta de Acería por aumentar sus niveles de producción e igualar a los requerimientos de la planta de laminación, esa brecha no se ha llegado a acortar debido a que la planta de laminación también ha incrementado su productividad, según se puede apreciar en la Figura 18.

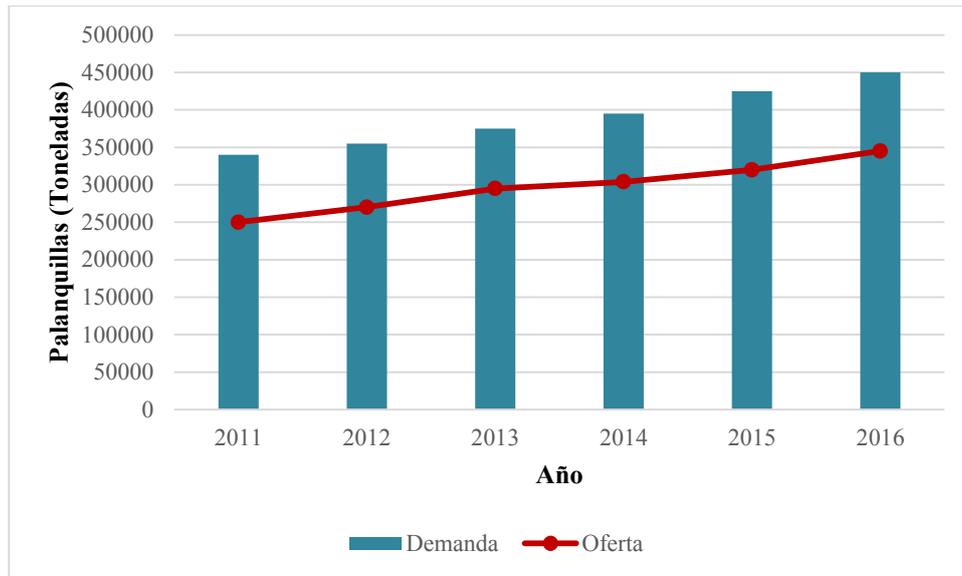


Figura 18. Demanda vs. Oferta anual de palanquillas producidas en la Empresa del Acero S.A.

Es importante considerar que en este tipo de plantas industriales, que involucran alto consumo de energía eléctrica y procesos a alta temperatura, es importante mantener la operación continua para evitar pérdidas térmicas. Desde el punto de vista de eficiencias en la operación, es conveniente evitar enfriamiento de equipos (horno, cucharas, etc.), por ello es favorable mantener la demanda por encima de la oferta, evitando así paradas por cumplimiento de programa de producción, y completar la demanda con productos importados, cuyo precio solo implica un ligero incremento comparado al costo de fabricación. Dado esto es que la capacidad actual de la planta es adecuada. Sin embargo, si la proyección de las ventas persiste aumentando, o el precio del producto importado es muy superior al nacional, llegará un momento en el que las mejoras de productividad ya no tendrán un efecto proporcional y será requerido invertir en otra línea en paralelo o reemplazar la actual.

3.2. Ubicación de Planta

Para analizar este aspecto hay que considerar que esta empresa fue fundada en 1956 como una empresa pública y hay que remontarnos al contexto de aquella época para entender los motivos que guiaron al gobierno a impulsar la industria siderúrgica nacional.

En estos años en América Latina se dieron múltiples gobiernos militares y movimientos nacionalistas, que impulsaron a que varios países decidieran invertir en siderúrgicas y petroleras (Chasteen & Wood, 2005), esto con el afán de contar con metal para fabricación de armamento nacional y para el desarrollo de la industria nacional en general. Fue entonces que en el gobierno de Manuel A. Odría se impulsó la creación de la Sociedad de Gestión de la Planta Siderúrgica y de la Central Hidroeléctrica Cañón del Pato, denominada SOGESA (Empresa del Acero S.A., 2017a).

Respecto a la macro localización se identificó en aquel momento al departamento de Ancash con gran potencial debido a que contaba con el desarrollo del proyecto de la Hidroeléctrica del Cañón del Pato que iba a brindar un superávit de disponibilidad de energía eléctrica en dicha región en una época en la cual no se contaba con la red del Sistema Interconectado Nacional del Perú. Además, se contaba con el gran río Santa, el cual es el río con mayor volumen de agua de la costa del Perú, y al estar ubicado en la costa facilitaba el acceso a puerto, para poder importar o exportar materiales. Por esos motivos es que en ese momento se decidió ubicar al complejo en la región de Ancash.

Respecto a la micro localización, la fábrica está ubicada en la zona noroeste de la ciudad de Chimbote en un terreno de 520 hectáreas, con acceso directo al puerto a través de unas líneas férreas, acceso directo a la carretera panamericana, mano de obra calificada en la ciudad de Chimbote, energía eléctrica del Sistema Interconectado Nacional del Perú y agua bombeada desde pozos contiguos al río Santa según se puede apreciar en la Figura 19. Otros recursos importantes empleados en el proceso son la cal, que es comprada a la empresa Cementos Pacasmayo, la antracita, que proviene de las minas de La Libertad, y el gas natural, el cual es trasladado desde la planta de licuefacción de Melchorita de Cañete.

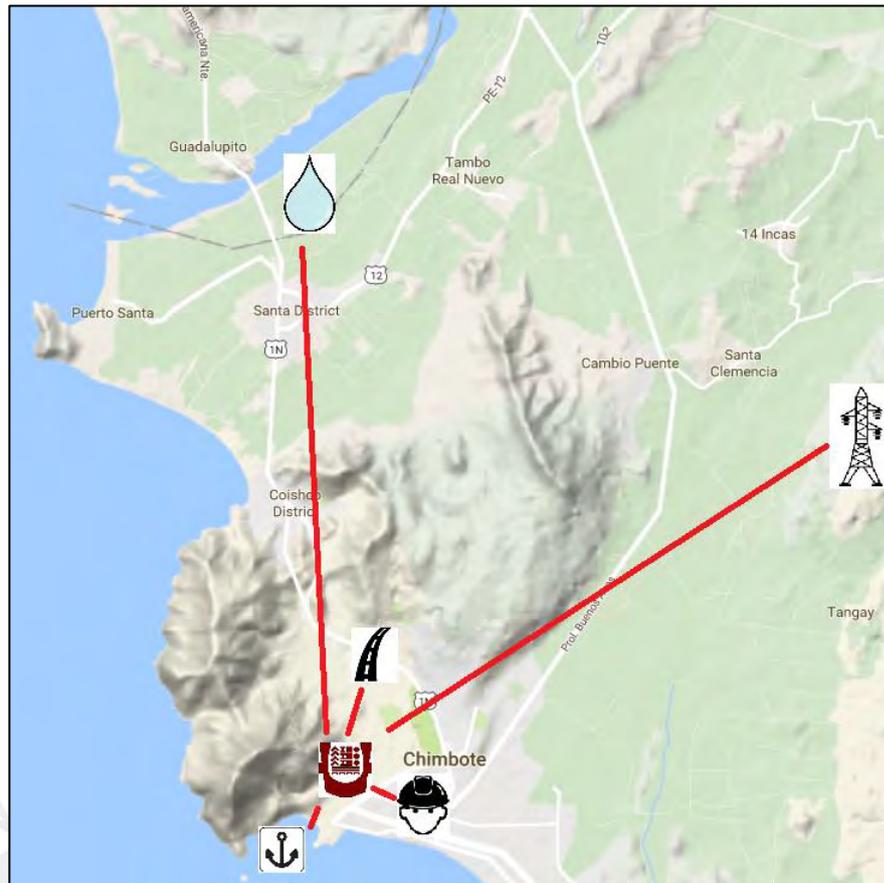


Figura 19. Ubicación referencial de recursos en proximidad de Empresa del Acero S.A. Adaptado de Google Maps, 2017. Recuperado de <https://goo.gl/NrPQq4>

La fábrica inicialmente contemplaba además de las plantas de acería y laminación, una planta de fundición y una fábrica de planchas de acero, pero dado los altos costos de los pellets de hierro y del coque actualmente resulta más rentable producir palanquillas a partir de chatarra reciclada, incluso importando chatarra de estados unidos, por lo cual no es rentable operar la planta de fundición. Mientras que la baja demanda de metal en planchas no justifica el funcionamiento de la segunda. Actualmente estas fábricas se encuentran montadas, pero no están en operación por lo mencionado.

Del área total asignada al complejo, aproximadamente 200 hectáreas corresponden a humedales, los cuales requerirían bombeo y drenaje para ser empleadas, mientras que otras 120 hectáreas corresponden a zonas con mucho desnivel. De las 200 hectáreas restantes, aproximadamente se han empleado de manera efectiva alrededor de 110 hectáreas, lo cual

incluso sería menos si se hubiera optado por una distribución de espacios más compacta, sin afectar la operación.

La ubicación a pesar de ya no contar con la exclusividad del acceso a energía, sigue siendo una buena ubicación dado su fácil acceso a los medios de transporte, agua y algunos proveedores críticos. La extensión del terreno parece excesiva, pero la misma ahora le permite estar relativamente aislada de la población que se asienta en sus fronteras.

3.3. Propuesta de Mejora

Respecto al dimensionamiento, se propone incrementar la capacidad de la planta de Acería para igualar la capacidad de la planta de Laminación. Dado que se tiene la demanda de palanquillas asegurada, lo que incluso permitiría disminuir el costo de fabricación de las palanquillas por el mayor volumen. Se cuenta con el espacio suficiente para instalar la nueva línea, por lo que el costo del terreno no tendría que considerarse. El ahorro por cada palanquilla fabricada nacionalmente en comparación con su importación sería de 20 USD/t, (valor que varía de acuerdo al mercado internacional) mientras que la estimación de la inversión para la ampliación de la capacidad, según lo conversado con el jefe de proyectos de ingeniería, sería de aproximadamente 20,000,000 USD. Mensualmente se consumen 10,000 toneladas de palanquilla importada, por lo que se generaría un flujo positivo de 200,000 USD/mes, los cuales mediante el método de valor presente (Blank y Tarquin, 2006) y un costo de capital del sector de 8.61% anual (New York University, 2017), tendría un periodo de recupero de 225 meses, o de 18 años y 9 meses (ver Apéndice A), lo cual es muy elevado y no corresponde a valores de una inversión inteligente.

Por otro lado, dado que no es recomendable tener una capacidad de planta por encima de la oferta en esta industria, para evitar paradas de planta por cumplimiento de programa y por ende pérdida de calor y de energía, no es recomendable aumentar la capacidad del sistema

acería-laminación, a menos que este acompañado con una estrategia de mercado para aumentar drásticamente la demanda.

Respecto a la localización de la planta, idealmente la mejor ubicación en la actualidad podría ser en las cercanías de la ciudad de Lima y se podría proponer el traslado a esta, por cercanía al mercado y a la chatarra, sin embargo, el alto costo de la operación del puerto del callao, el alto costo del terreno y el alto costo de trasladarse podrían hacer inviable esta propuesta.

Según se puede apreciar en la Tabla 2, la cual muestra una calificación de las diferentes opciones para ubicar el terreno, se puede apreciar que el puntaje de la ciudad de Chimbote antes tenía mayor puntaje que la calificación según el contexto actual, dado que ha perdido la exclusividad de la disponibilidad de energía eléctrica. Por otro lado, se aprecia que la ciudad de Lima presenta desventajas frente a la opción de Chimbote, con un puntaje mucho menor, especialmente por dificultad en los accesos y al costo del terreno. Sin embargo, la mejor opción sería Chancay, incluso mejor que el actual Chimbote, pero la poca diferencia en el puntaje muestra que Chimbote sigue siendo una buena opción y dado que actualmente la inversión está ya realizada en esta ciudad se podría adelantar que no amerita el traslado.

Tabla 2

Ranking de factores ponderados para calificar diferentes opciones de localización.

Factor Relevante	Peso	Chimbote (antes)		Chimbote (ahora)		Lima (ahora)		Chancay (ahora)	
		Escala	Valor	Escala	Valor	Escala	Valor	Escala	Valor
Valor del terreno	0.15	8	1.2	6	0.9	4	0.6	6	0.9
Mercado	0.15	6	0.9	6	0.9	8	1.2	8	1.2
Accesos	0.15	6	0.9	8	1.2	6	0.9	8	1.2
Energía	0.12	8	0.96	6	0.72	6	0.72	6	0.72
Agua	0.12	7	0.84	7	0.84	6	0.72	6	0.72
Insumos	0.14	6	0.84	6	0.84	7	0.98	7	0.98
Impacto ambiental	0.11	8	0.88	6	0.66	4	0.44	4	0.44
Mano de Obra	0.06	5	0.3	5	0.3	6	0.36	4	0.24
TOTAL	1		6.82		6.36		5.92		6.4

Por otro lado, para confirmar lo observado en el análisis cualitativo, también se realizó un análisis cuantitativo para determinar la viabilidad económica del traslado de la fábrica a la ciudad de Chancay. Para lo cual se tiene dos opciones: la primera es construir un complejo siderúrgico con equipo totalmente nuevo, lo cual tomaría aproximadamente dos años, y la segunda opción sería trasladar los equipos que se usan actualmente, para lo cual un año y cuatro meses sería de preparación del complejo, mientras se sigue trabajando en Chimbote, pero luego pararía la planta durante ocho meses para el traslado de las máquinas, lo que implica que por estos ocho meses Empresa del Acero S.A. atendería a partir de producto importado.

Para la primera opción, según la Tabla 3, la inversión para construir un nuevo complejo siderúrgico en la ciudad de Chancay asciende a aproximadamente 226,000,000 USD, además se tiene que según la Tabla 4 la estimación del valor residual de las instalaciones actuales corresponde a 84,000,000 USD. Este cambio generaría un ahorro anual en costos de transporte de chatarra y producto terminado desde Lima a Chimbote y viceversa, el cual asciende a 5,880,000 USD/año, y un ahorro por la operación en una planta moderna más eficiente, el cual asciende a 3,600,000 USD/año. Las consideraciones es que la planta actual debería seguir operando durante la construcción de la nueva planta. Mediante el método de valor presente (Blank y Tarquin, 2006) y un costo de capital del sector de 8.61% anual (New York University, 2017), se determina que la inversión no llegaría a recuperarse, pues luego de 50 años aún tendría 103,000,000 USD de saldo negativo (ver Apéndice B), por lo que esta alternativa quedaría totalmente descartada.

Tabla 3

Estimación de inversión para montar un nuevo complejo siderúrgico en Chancay.

Tipo	Monto en miles de USD
Terreno	30,000
Muelle	9,000
Patio de chatarra	2,000
Planta Acería	75,000
Planta Laminación	80,000
Almacén de Producto Terminado	8,000
Servicios de Eléctricos	12,000
Servicios de agua	5,000
Edificios administrativos	1,000
Cerco perimétrico, pista, caminos	4,000
TOTAL	226,000

Tabla 4

Valor residual de las instalaciones de Empresa del Acero S.A. en Chimbote.

Tipo	Monto en miles de USD
Terreno	30,000
Muelle	-
Planta de Alto Horno	-
Planta Acería	20,000
Planta Laminación	20,000
Almacén de Producto Terminado	8,000
Servicios de corriente	3,000
Servicios de agua	1,000
Edificios administrativos	2,000
TOTAL	84,000

Por otro lado, también se tiene la opción de trasladar los equipos actuales a la nueva ubicación y operar durante ocho meses con producto importados de acuerdo con las especificaciones de Empresa del Acero S.A.. En ese caso, según la Tabla 5 la inversión sería de 122,000,000 USD, mientras que el sobre costo de las ventas de ese año de traslado sería de 8,640,000 USD. Este cambio generaría un ahorro anual en costos de transporte de chatarra y producto terminado desde Lima a Chimbote y viceversa, el cual asciende 5,880,000 USD/año, y un ahorro por la operación en una planta con la misma maquinaria, pero en una disposición más eficiente, el cual asciende a 1,440,000 USD/año. El valor residual, según la Tabla 6, de las instalaciones remanentes en Chimbote asciende a 44,000,000 USD. Mediante el método de valor presente (Blank y Tarquin, 2006) y un costo de capital del sector de 8.61% anual (New

York University, 2017), se determina que la inversión llegaría a recuperarse recién luego de 40 años (ver Apéndice C), por lo que esta alternativa sigue siendo muy costosa.

Tabla 5

Estimación de inversión para trasladar el complejo siderúrgico a la ciudad de Chancay.

Tipo	Monto en miles de USD
Terreno	30,000
Muelle	9,000
Traslado de maquinaria de Acería	10,000
Nave industrial Acería	15,000
Traslado de maquinaria de Laminación	10,000
Nave industrial Laminación	15,000
Almacén de Producto Terminado	8,000
Servicios de corriente	10,000
Servicios de agua	5,000
Edificios administrativos	1,000
Cerco perimétrico, pista, caminos	4,000
Ingeniería	5,000
TOTAL	122,000

Tabla 6

Valor residual de las instalaciones de Empresa del Acero S.A. en Chimbote en caso de traslado.

Tipo	Monto en miles de USD
Terreno	30,000
Muelle	-
Planta de Alto Horno	-
Planta Acería	-
Planta Laminación	-
Almacén de Producto Terminado	8,000
Servicios de corriente	3,000
Servicios de agua	1,000
Edificios administrativos	2,000
TOTAL	44,000

Un análisis costo/beneficio de las opciones mencionadas anteriormente se muestra en la

Tabla 7.

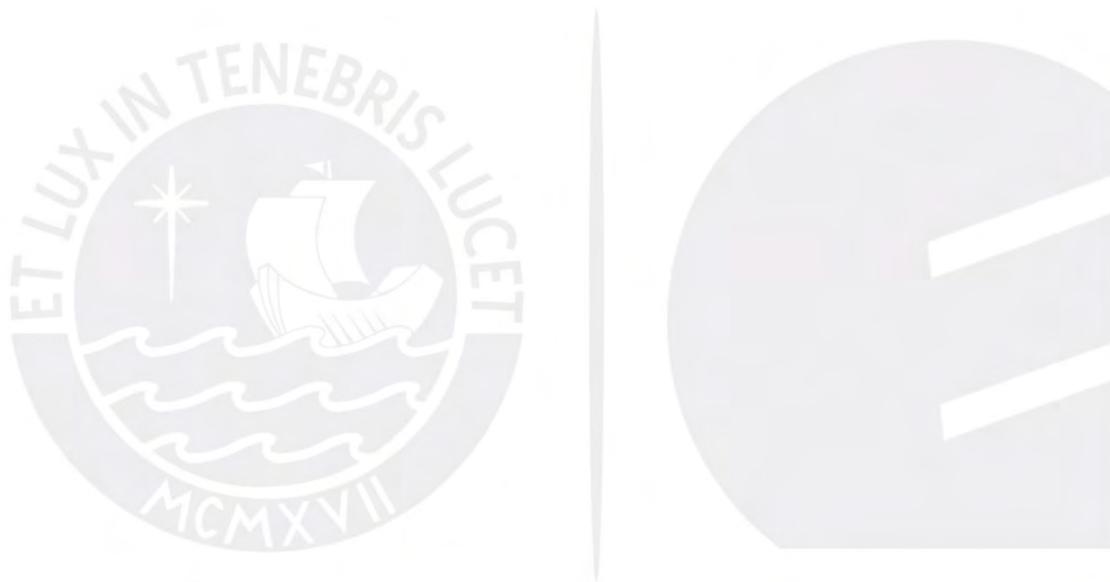
Tabla 7
Análisis Costo/beneficio de las alternativas de ampliación y traslado.

Concepto	Valor
Inversión ampliación capacidad (USD)	20,000,000
Ahorro por palanquilla fabricada versus importada (USD/t)	20
Consumo mensual de palanquillas importadas (t)	10,000
Ahorro mensual	200,000
Ahorro anual	2,400,000
Payback (años)	19
Traslado de fábrica a Chancay	
Inversión para construir nuevo complejo siderúrgico (USD)	226,000,000
Ahorro anual en transporte de chatarra y producto terminado de Lima a Chimbote (USD)	5,880,000
Ahorro por operación en planta más moderna y eficiente	3,600,000
Total ahorro anual	9,480,000
Payback (años)	Inviabile
Inversión en trasladar equipos actuales a nueva ubicación. Ocho meses de importación (USD)	122,000,000
Sobrecosto en ventas	8,640,000
Ahorro anual en transporte de chatarra y producto terminado de Lima a Chimbote (USD)	5,880,000
Ahorro por operación en planta más moderna y eficiente	1,440,000
Payback (años)	40

3.4. Conclusiones

Respecto al dimensionamiento, las líneas de acería y laminación se encuentran a su máxima utilización, por lo que resulta casi imposible aumentar considerablemente su capacidad sin una inversión fuerte, para la cual incluso no habría un retorno adecuado. Al menos que se tenga previsto una inversión para impulsar comercialmente los diferentes productos, según los niveles de demanda actuales no se justifica.

Respecto a la localización, a pesar de ya no contar con la ventaja exclusiva del acceso a la corriente eléctrica, Chimbote sigue siendo una muy buena ubicación por la amplitud del terreno, el acceso directo a muelle, el acceso a la carretera panamericana, la gran disponibilidad de agua y la cercanía de algunos recursos, como la cal y la antracita. El tamaño del terreno es bastante amplio y no representa una limitante para aumentar la capacidad de las plantas de acería y/o laminación. Según lo visto, la reubicación en Chancay para búsqueda de eficiencias en costos de traslado de chatarra desde Lima y de producto terminado hacia Lima, no se justifica económicamente, por lo que mantenerse en la ubicación actual es lo mejor para la empresa.



Capítulo IV: Planeamiento y Diseño de los Productos

En este capítulo se analiza la secuencia de planeamiento y los aspectos del mismo que Empresa del Acero S.A. considera en el proceso de diseño de los productos que fabrica y comercializa, principalmente en la división de construcción civil. Asimismo, se describen los medios empleados por la empresa para asegurar la calidad de sus productos y en base a ellos se proponen oportunidades de mejora en este proceso.

4.1. Secuencia del planeamiento y aspectos a considerar

Empresa del Acero S.A. ofrece, tanto al mercado nacional como al mercado extranjero, una serie de productos, los cuales los clasifica en tres grandes grupos, según el principal sector de mercado que los utiliza:

- **Construcción Civil:** Los productos fabricados para este sector son: alambtrn de construccin, alcantarillas, barras de construccin, calaminas, guardavas y reservorios
- **Industria:** Para el sector industrial, Empresa del Acero S.A. ofrece los siguientes productos: bobinas, planchas y tubos laminados en fro, laminados en caliente y zincados lisos, perfiles laminados y plegados, y planchas estriadas y gruesas.
- **Minera:** En cuanto al sector de minera, la empresa fabrica barras y bolas de molino.

En la Figura 20 se muestra de manera general los diversos productos que la empresa comercializa y su utilidad, de acuerdo con el proceso de fabricacin de los mismos.

Segn se mencion en el Capitulo II, las caractersticas funcionales y estticas de los productos se denominan variables y atributos. En ese sentido, de manera general, todos los productos de Empresa del Acero S.A. se disean y fabrican teniendo como base diferentes normas tcnicas; tales como, la NTP 341.031-2008, enfocada en barras de acero con resaltes y lisas para hormign armado, la norma antisísmica grado 60 ASTM A615, la norma E030 de

diseño sísmico, la E060 relacionada a concreto armado, la E090 enfocada en estructuras metálicas, etc. Estas normas técnicas definen las variables de los productos, tales como diámetro, medida de sección, peso, longitud, tolerancias, propiedades mecánicas, etc. A modo de ejemplo, en el Apéndice D se muestra la ficha técnica de las barras de construcción, el principal producto que fabrica la empresa.



Figura 20. Productos fabricados por Empresa del Acero S.A., y su proceso de fabricación. Adaptado *Fabricación y procesamiento del acero*, por Weldg, 2013. Recuperado de <https://goo.gl/vTMbMg>

Por otro lado, además de las variables, que se definen según la norma técnica que se aplique a cada producto, estos cumplen también con ciertos atributos, los cuales son definidos por el cliente y/o el usuario final del producto. Un claro ejemplo de ello se da también en las barras de construcción. De manera general, los usuarios pretenden que las barras no se rompan al doblarlas, a pesar de que ellos no apliquen las diferentes normas para realizar ese proceso. Por tanto, esto exige que Empresa del Acero S.A. tenga procesos de fabricación más rigurosos y pruebas de control de calidad específicas, como la prueba de doblado, de tal

manera que se asegure el cumplimiento de este atributo. Otro ejemplo que resaltar es que en el mercado nacional se espera que los diversos productos de acero no presenten oxidación, a pesar de que este atributo no es exigible en el mercado internacional. Es por ello que las barras de construcción, antes de que estas sean transportadas al mercado, se verifica, además de que cada paquete sea de dos toneladas, que las barras no presenten oxidación.

Para complementar lo mencionado anteriormente y realizar un diagnóstico del proceso de diseño de productos, se empleó la *Guía Metodológica: Diagnóstico de Diseño para el desarrollo de productos* (Instituto Nacional de Tecnología Industrial [INTI], 2006), la cual evalúa siete aspectos: oferta de productos, producción, conocimiento del usuario, diseño, innovación en productos, calidad percibida y sustentabilidad. Los resultados de la evaluación se muestran en la Figura 21.

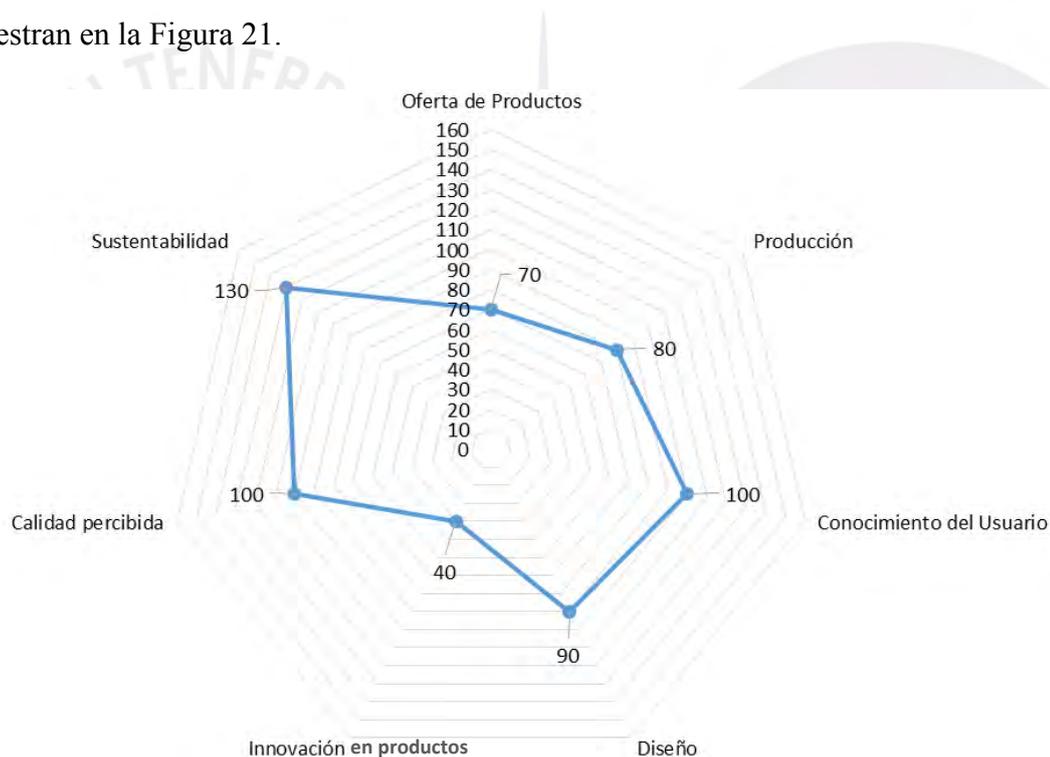


Figura 21. Diagnóstico del diseño de productos en Empresa del Acero S.A.

En la Figura 21 se aprecia que el rubro en el que se obtiene un mayor puntaje es en el de sustentabilidad, esto debido a las exigentes normas técnicas y regulaciones ambientales y de seguridad y salud en el trabajo que debe cumplir la empresa. Por el contrario, el rubro de puntaje más bajo es el de innovación en productos, esto debido a la inexistencia de una unidad

especializada en ello y a que la estrategia que persigue la empresa es incrementar su volumen producción y de ventas de la cartera de productos con los que ya cuenta, más no aumentar la misma. Cabe mencionar que, según la herramienta empleada y los resultados obtenidos, es factible evaluar oportunidades de mejora en los siete rubros considerados.

En cuanto a la secuencia del planteamiento y diseño del producto, como se mencionó en el Capítulo II, este cuenta con seis etapas: generación de la idea, selección del producto, diseño preliminar, construcción del prototipo, pruebas y diseño definitivo del producto y su proceso. Sin embargo, en Empresa del Acero S.A., no se sigue este proceso debido a los siguientes motivos:

1. Limitada innovación en productos: Empresa del Acero S.A. no cuenta con una unidad especializada que se dedique a la generación de nuevas ideas orientada a productos. Asimismo, la estrategia de la empresa no es crear nuevos productos, si no incrementar las ventas de los productos con los que cuenta. Por tal motivo, no se promueve la generación de ideas, primera etapa del proceso.
2. Restricciones legales: Los productos que fabrica Empresa del Acero S.A. deben cumplir con una serie de estándares y regulaciones (normas técnicas, leyes gubernamentales, etc.), por tanto, esas exigencias limitan la búsqueda de oportunidades de desarrollo de nuevos productos.
3. Costos y rentabilidad: Una de las etapas del proceso implica el desarrollo de prototipos y la realización de pruebas. Sin embargo, efectuar ello podría implicar el uso de maquinaria especial con la que no se cuenta. Esto se puede traducir en altos costos y/o en la reducción de la rentabilidad.

4.2. Aseguramiento de la calidad del diseño

Como se ha mencionado en la sección anterior, la empresa aplica y verifica el cumplimiento de los diversos requisitos, según las diferentes normas técnicas que emplea en

la fabricación de sus productos. Para ello cuenta con laboratorios físicos y químicos que verifican y aseguran el cumplimiento de los parámetros establecidos en las normas. De esta manera, la empresa asegura la calidad de los productos que comercializa, dado que estas características, que la propia compañía expresa en las fichas técnicas, son medibles y comprobables también por los clientes y usuarios finales.

A modo de ejemplificar las pruebas de calidad que realiza la empresa, así como también el cumplimiento de las diversas normas, se centró la atención en las propiedades mecánicas de las barras de construcción #4 (de 1/2”), dado que estas barras representan el 45% del acero que se produce en la planta de acero. Específicamente se verificó el cumplimiento de la propiedad mecánica denominada como límite de Fluencia (F), la cual se determina mediante la prueba de tracción. Para ello, se analizaron los resultados de las pruebas realizadas a 325 lotes de barras, los cuales han sido producidos entre abril y mayo del 2017. Los resultados de este análisis se muestran en la Figura 22.

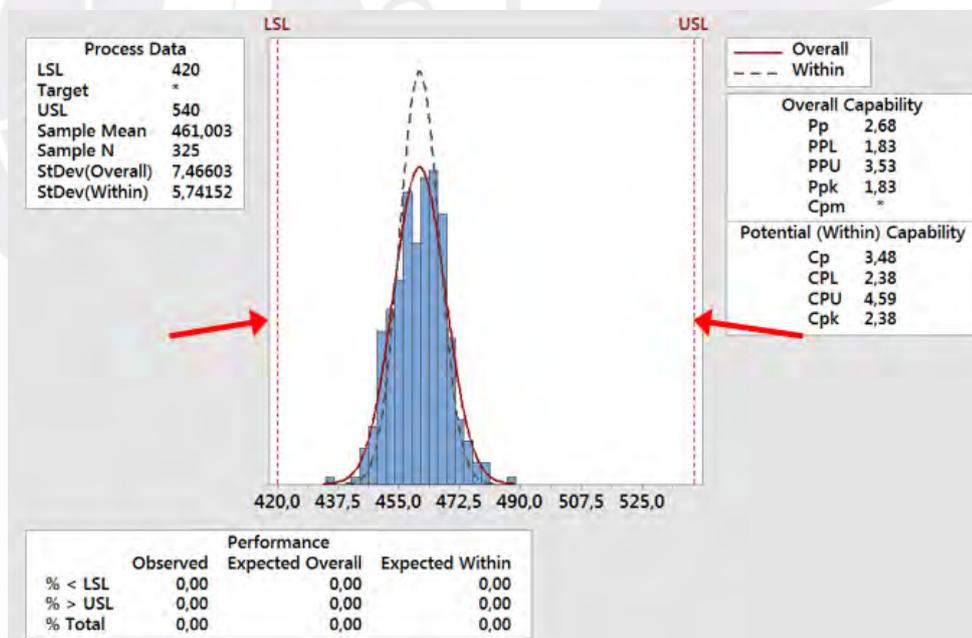


Figura 22. Análisis de límite de fluencia a 325 lotes de barras de construcción #4. Adaptado de *Reporte de Calidad de Producto*, por Empresa del Acero S.A., s.f. b.

Es importante mencionar que, de acuerdo con la norma técnica nacional NTP 341.041, el mínimo de fluencia que debe cumplir una barra de construcción es de 420 MPa, y que la

norma no establece un máximo. Por tanto, una barra con 425 MPa de límite de fluencia tendría la misma validez y calidad mecánica que una barra con un límite de 495 MPa; dado que en ambos casos se estaría cumpliendo con el requisito definido en la norma.

Como se aprecia en la Figura 22, el 100% de las muestras supera el valor de 420 MPa y, por tanto, cumplen con el requisito determinado en la norma. Adicionalmente, el índice CP, el cual determina la capacidad del proceso de cumplir con los límites establecidos por la norma, tiene un valor de 3.48, mayor a dos, por tanto, se puede determinar que es muy capaz de cumplir los límites.

Adicionalmente, es importante mencionar que Empresa del Acero S.A. tiene implementado un sistema integrado de gestión y cuenta con certificaciones ISO 9001, para la gestión de la calidad; ISO 14001, para la gestión ambiental; OHSAS 18001, para la gestión de la seguridad; e ISO 17025, para los laboratorios de ensayos. Esto demuestra que la empresa realiza constantes esfuerzos por la mejora continua de sus productos y procesos.

4.3. Propuesta de mejora

Como se ha descrito, Empresa del Acero S.A. fabrica sus productos de acuerdo con normas técnicas y asegura la calidad de los mismos mediante la verificación de los parámetros de estas normas por medio de laboratorios químicos y físicos y de la implementación de un sistema integrado de gestión. Sin embargo, si bien la empresa supera largamente los requisitos de calidad que deben cumplir sus productos de acuerdo con normas, está sobre-exigencia o sobrecumplimiento podría estar ocasionando un desperdicio de recursos.

En tal sentido, cabe mencionar que las propiedades mecánicas de las barras de construcción están asociadas con la formulación química y el porcentaje de ferroaleaciones que se emplea en la fabricación de las palanquillas. Es así como elementos como el Manganeso (Mn), Carbono (C), Silicio (Si), Niobio (Nb) y Vanadio (V), se diluyen en el acero en diversas proporciones hasta cumplir con las diferentes propiedades mecánicas. En

Empresa del Acero S.A., se emplean diferentes ferroaleaciones, como Carbono (C), Ferro Silico Manganeso (FeSiMn), Ferro Silicio (FeSi), y Ferro Niobio (FeNb), en recetas definidas por el grado de acero y el diámetro de barra a fabricar. De estas ferroaleaciones, el FeSiMn, representa el 65% del costo de las ferroaleaciones agregadas al acero, y es uno de los componentes principales que le se agrega a la aleación para alcanzar el límite de fluencia. Adicionalmente, el costo por tonelada de este, el cual es de 1,100 USD, es alto en comparación con los demás, por ejemplo, con el del carbono, que tiene un precio de 200 USD por tonelada.

Por tanto, como se puede inferir, una disminución del porcentaje de ferroaleaciones y, específicamente, del FeSiMn, sin que se afecte la calidad de las barras, podría significar una oportunidad de ahorro en costos de fabricación de las barras. En tal sentido, actualmente, para las barras de construcción #4, se adicionan 370 Kg por lote, y al mes se fabrican aproximadamente 428 lotes de esa aleación. En esa línea, y conforme se intercambiaron opiniones con los responsables del proceso, una disminución de 30 Kg de FeSiMn por lote, es decir, en lugar de emplear 370 Kg por lote, se emplearían 340Kg, lo cual representa un ahorro de 33 USD/ lote. Si, como se ha mencionado, mensualmente se fabrican 428 lotes de la barra #4, el ahorro mensual potencial sería de 14,124 USD, lo cual anualizado representaría un ahorro de 169,488 USD.

Para validar la propuesta realizada, por política de la empresa, sólo se requiere de un estimado de dos semanas de pruebas para poder comprobar, mediante la prueba de tracción, que una disminución de 30 Kg de FeSiMn por lote de barra de construcción #4, no afecta la calidad de la misma y se siga cumpliendo con que el 100% de muestras supera los 420 MPa de límite de fluencia establecidos por la norma. Asimismo, cabe mencionar que, de tener una validación exitosa, el ahorro estimado en el párrafo anterior podría ser mayor, dado que este sólo considera la fabricación de la barra #4. Por tanto, se podría realizar un ejercicio similar

para ajustar las formulaciones químicas de las demás barras. Es importante mencionar que se debe validar el cumplimiento de todas las propiedades física y mecánicas de las barras y no solo el límite de fluencia.

En la Tabla 8 se muestra un resumen del beneficio potencial de la disminución de consumo de Kg de FeSiMn por lote, según lo descrito anteriormente. Adicionalmente, en esta tabla se ha incluido una propuesta pesimista, en la cual solo se reducen 15 Kg de FeSiMn por lote de barra de construcción #4. Como se puede apreciar, aún en esta propuesta pesimista el ahorro potencial es considerable.

Tabla 8

Beneficio potencial de la disminución de Kg de FeSiMn por lote de barra de construcción #4.

	Propuesta Optimista	Propuesta Pesimista
Costo (USD/Tn) de FeSiMn	\$ 1,100.00	\$ 1,100.00
Consumo actual (Kg/lote)	370	370
Costo actual (USD/lote)	\$ 407.00	\$ 407.00
Producción (lotes/mes)	428	428
Consumo propuesto (Kg/lote)	340	355
Costo propuesto (USD/lote)	\$ 374.00	\$ 390.50
Ahorro potencial por lote (USD)	\$ 33.00	\$ 16.50
Ahorro mensual potencial (USD)	\$ 14,124.00	\$ 7,062.00
Ahorro anual potencial (USD)	\$ 169,488.00	\$ 84,744.00

4.4. Conclusiones

Empresa del Acero S.A. se preocupa por el cumplimiento de las diversas normas técnicas requeridas para los productos que fabrica, para lo cual tiene implementado y certificado un sistema integrado de gestión.

Asimismo, Empresa del Acero S.A. se preocupa por la comprobación, mediante pruebas específicas en laboratorios especializados, del cumplimiento de las variables y de los atributos que caracterizan a los productos que fabrica. En tal sentido, se puede mencionar, por ejemplo, la prueba de tracción para determinar la variable de límite de fluencia, y la prueba de doblado, para determinar el atributo del mismo nombre.

Se ha identificado, que aparentemente, debido a la sobre-exigencia en el cumplimiento de los estándares y normas técnicas, la empresa está en condiciones de optimizar el uso de recursos, en este caso de ferroaleaciones. Esto se verificó mediante la evaluación del cumplimiento del requisito del límite de fluencia, en el cual todas las muestras consideradas superaban largamente el límite requerido. Entendiendo que esta propiedad depende del porcentaje de aleantes en el acero, que cual proviene de la adición de las ferroaleaciones y siendo el FeSiMn, el de mayor representación en costos y cuyo propósito es alcanzar el mínimo de fluencia, vemos que se puede lograr una disminución de 30 Kg por lote de barras de construcción #4 podría significar un ahorro potencial de 169,488 USD/año.

Es sumamente importante validar la propuesta dada para comprobar que se siguen asegurando la calidad de los productos que se fabrican. Para ello, se estima que el periodo de pruebas sería de al menos 4 semanas. De tener éxito en la validación, se puede realizar lo mismo con las demás barras de construcción, con lo cual se incrementaría el ahorro potencial determinado.

Por último, se ha comprobado que Empresa del Acero S.A., no cumple con la formal secuencia de planeamiento y diseño del producto, que sugieren los autores, debido a que: a) no cuenta con una unidad especializada en la innovación, b) cada producto que fabrica debe cumplir con normas, reglamentos y estándares muy exigente, c) la realización de pruebas o prototipos puede significar largos tiempos de para en la producción que se traducen en menor volumen y menor rentabilidad, y d) la estrategia de la empresa no es la innovación de productos, ni aumentar la cartera de productos, sino la fabricación para stock a costos competitivos, con la intención de incrementar la rentabilidad.

Capítulo V: Planeamiento y Diseño del Proceso

No tiene sentido realizar actividades que tengan como resultado un producto que no es apreciado por el cliente. Ni tampoco es conveniente hacer las actividades haciendo un mal uso de los recursos (capital, personas, equipos, materiales, tiempo, etc.). De allí que es importante analizar. Es por ello, que el presente capítulo busca explorar los procesos en Empresa del Acero S.A., y así por un lado analizar los procesos en la empresa, y así, por un lado, aumentar el valor en los procesos, e incluso la eliminar aquellos procesos que no aportan, y por otro lado identificar y reducir los desperdicios de recursos. .

5.1. Mapeo de Procesos

Toda empresa agrega valor para beneficio de sus clientes, accionistas y la sociedad mediante actividades que generan cambios, es decir transformado algo que puede ser un bien físico, información, o una persona en un resultado de valor superior. Esta transformación se realiza con los recursos de la empresa, y es limitada a factores de caracteres físicos, tecnológicos y éticos establecidos por la propia empresa. A estos cambios se les denomina procesos. Una definición más formal propone Chase et al. (2009), para quienes un proceso se refiere a “una parte cualquiera de una organización que toma insumos y los transforma en productos que, según espera, tendrán un valor más alto para ella que los insumos originales”. Ahora siendo rigurosos a la anterior definición, se encasilla en los procesos principales o “core” de un negocio, es decir cómo define Harmon (2011), aquellas actividades por la que el cliente está pagando porque agregan valor al producto o servicio. Pero las empresas también tienen procesos que no están claramente en la cadena de valor, pero que son también importantes para el normal desarrollo y éxito de la organización, denominados como procesos de soporte.

Empresa del Acero S.A. ha definido de manera macro sus procesos, en donde aquellos relacionados a producir, comercializar y entregar productos siderúrgicos, vienen a ser los procesos principales, y los demás serían los procesos de soporte o apoyo. En la Figura 23,

podemos ver el mapa de procesos de Empresa del Acero S.A., donde apreciamos los procesos principales y de soporte. Al ser una empresa productora industrial, las operaciones están justo al medio de los procesos principales.

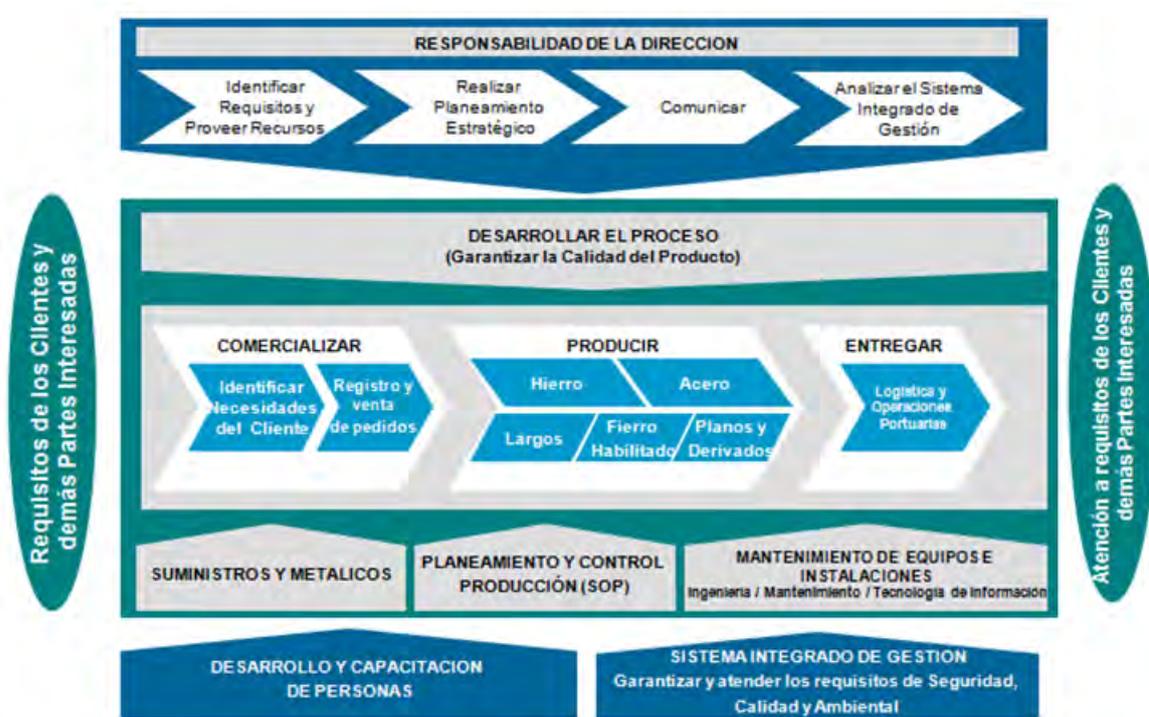


Figura 23. Mapa de procesos de Empresa del Acero S.A.

Adaptado de *Manual de Sistema Integrado de Gestión*, por Empresa del Acero S.A., 2015b, p.8.

Los procesos estratégicos están a cargo de la dirección de la empresa y brindan lineamientos, estrategia y control a toda la organización. Los procesos de suministros y metálicos, SOP y mantenimiento son procesos muy cercanos a los procesos principales y brindan soporte para el normal funcionamiento de los procesos principales, los cuales se inician con identificar las necesidades del cliente, y terminan con la entrega de los productos, pasando por los procesos de operaciones de los cuales nos ocuparemos con más detalle en el presente DOE. Es de mencionar que no siempre hay una correspondencia entre los departamentos funcionales, descritos en la Figura 3, y los procesos identificados en el flujo de procesos de la Figura 23. Los procesos pueden atravesar más de un área funcional de la empresa, lo que está alineado a una gestión por procesos.

La estrategia del proceso, tal como lo señala Heizer y Render (2009), es el enfoque que determina la organización para transformar los recursos en bienes; y al respecto de los cuatro enfoques, que proponen los mencionados autores, y de acuerdo a la ubicación de Empresa del Acero S.A. en la matriz de transformación que vimos en la Figura 12, la estrategia del proceso de la empresas siderúrgicas tienen un enfoque en el producto, es decir sus procesos y sus instalaciones se alinean alrededor de la fabricación de los productos, esto sucede en especial organizaciones con lotes de producción grandes, continuos y en general con poca variedad de productos. No es un proceso flexible, si no por el contrario es un proceso especializado, y como tal, el diseño del proceso está alineado con la prioridad competitiva de bajo costo y calidad consistente.

A continuación, vamos a ampliar el proceso operativo utilizado en la línea de construcción civil, que es objeto de estudio del presente diagnóstico. En la Figura 24, podemos distinguir que el proceso operativo de la fabricación de productos de construcción civil, el cual se realiza mediante una secuencia de actividades, que se suceden en dos fábricas. En primer lugar, se encuentra la planta de Acería, cuyo propósito es suministrar palanquillas a un precio competitivo, y, por otro lado, la planta de laminación, cuyo propósito es producir las barras de construcción cumpliendo con los estándares de calidad.

5.1.1. Procesos en la Planta de Acería

Los procesos que se realizan en la planta de Acería tienen por propósito, fabricar palanquillas (productos semiterminados de acero), cumpliendo estrictamente estándares de calidad, tanto en composición química, como en forma y dimensiones, a un costo competitivo.

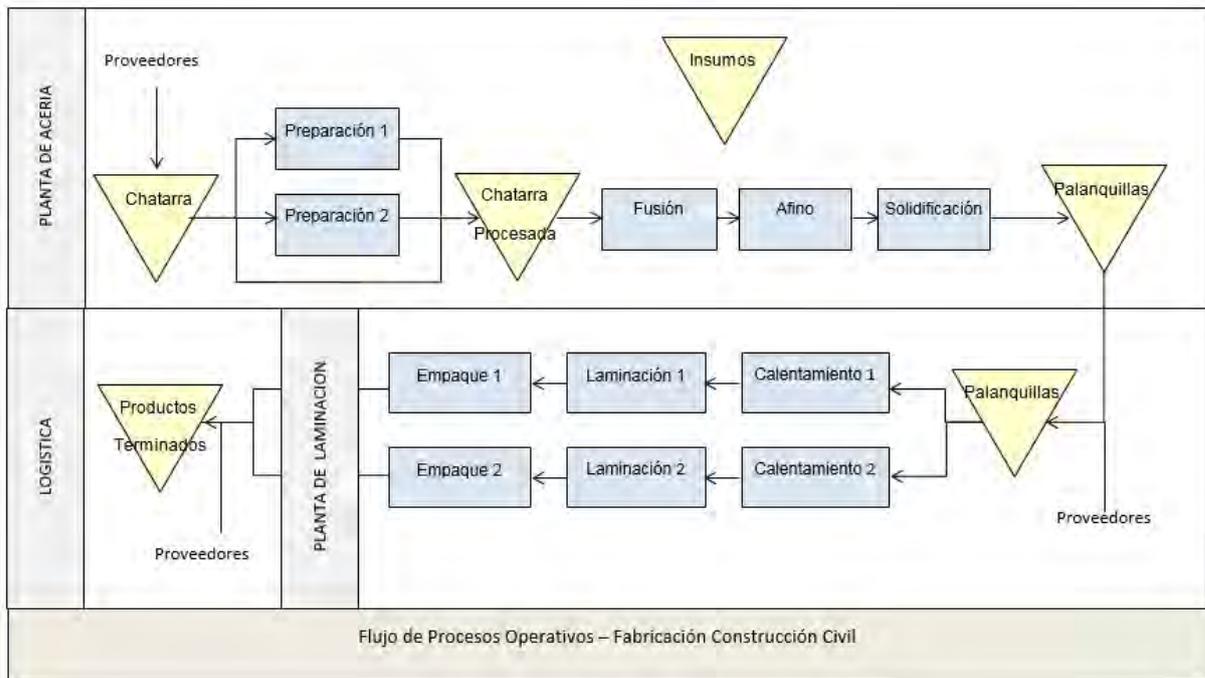


Figura 24. Flujo de procesos operativos – Línea de negocios de construcción civil.

La planta de Acería inicia su proceso en el patio de chatarra, donde se recibe chatarra de los diversos proveedores, y una vez clasificada se envía al almacén de chatarra procesada, donde es procesada ya sea por cizallamiento (Preparación 1) u oxicorte (Preparación 2). En la Tabla 9 se detalla los ingresos por tipo de chatarra, así como sus consumos y costos específicos que el cliente interno pagaría. A lo largo del tiempo, por algunas compras spot o campañas de achatarramiento interno, se ha acumulado un inventario de alrededor de 57,000 t de chatarra, las mismas que se consumen en función de la capacidad de los procesos cizalla e oxicorte. Al no tener capacidad suficiente procesamiento, es necesario importar al menos cuatro barcos con chatarra importada, para cubrir la necesidad del cliente interno. La chatarra importada es traída desde el puerto hasta el almacén en el patio de chatarra, y hacia el patio de chatarra, y de allí se mueve al almacén de chatarra procesada, que se ubica a una distancia de unos 400 metros. Cabe mencionar que en el almacén de chatarra procesada es posible habilitar un espacio para recibir esta chatarra importada y evitar el costo asociado al movimiento entre estos almacenes. Es menester de las operaciones de la empresa, y esta observación será desarrollada como oportunidad de mejora, en el capítulo de correspondiente a diseño de la

planta en el presente diagnóstico, ya que podría representar un ahorro del orden de los 90,000 USD anuales.

Tabla 9

Ingresos y consumos de chatarra por tipos en abril de 2017.

	Inventario (t)	Ingresos Mensuales (t)	Pérdidas del proceso	Consumo mensual (t)	Costos (US \$/t)
Chatarra Cizalla	18200	13000	4%	14040	190
Chatarra Oxicorte	35000	3800	5%	4200	202
Chatarra Lista	4000	8000	-	8000	175
Chatarra Importada	(*)	(*)	-	12760	295
Total	57200	24800		39000	

(*) Esta chatarra es traída por vía marina, en embarques de 30,000 t aprox. Se busca mantener un stock mínimo de 8,000 t

Es de notar que la chatarra importada tiene un costo por tonelada de alrededor de 100 USD más que la chatarra nacional, así que todo esfuerzo por reemplazar la chatarra importada ayuda al objetivo de tener una palanquilla a costo competitivo. La chatarra importada, puede ser reemplazada toda vez que los procesos de preparación de chatarra nacional sean capaces de elevar su producción, en especial el proceso de oxicorte, ya que como vemos en la Tabla 9, hay un inventario 35,000 t pendientes de ser procesadas. Considerando además que la demanda del proceso de oxicorte hoy en día se limita al nivel de capacidad del proceso. Si hubiera más disponibilidad de chatarra oxi-cortada, la demanda crecería hasta llegar a un nivel de 7,000 t por mes, debido a que sobre este valor se podría presentar problemas operativos en el horno eléctrico.

El proceso de acería continúa con la fusión en el horno eléctrico, en el cual por medio de un arco eléctrico de alta potencia y energía química se funde la chatarra que previamente ha sido cargada al horno siguiendo una receta de mezcla de tipos de chatarra. Este proceso se da en lotes de 33 t, por cada 38 minutos. El acero líquido que sale del horno eléctrico pasa al proceso de afino, en donde se ajusta la composición química y se refina el acero en el horno cuchara. Y por último el acero líquido es solidificado en la máquina de colada continua que logra enfriar el acero líquido por medio de un molde cobre refrigerado y un sistema de

refrigeración de dos etapas hasta obtener la palanquilla terminada, en las dimensiones y calidad requerida. La operación de acería se realiza en forma continua en un esquema de tres turnos de trabajo, los siete días a la semana, con paradas cíclicas cada 15 días, y paradas por restricción de energía en hora punta.

Este proceso es un excelente ejemplo de la teoría de las restricciones pues la capacidad de producción de la planta se ve limitada por el equipo con menos capacidad, tal como se aprecia en la Tabla 10, la capacidad de producción se ve limitada al proceso de fusión, en donde la empresa concentra su atención para aumentar su producción, y sea por medio de reducción de interrupciones, o por medio de mejoras en eficiencias los ritmos. Si bien las palanquillas tienen una demanda del cliente interno de 45,000 t/mes y el afino y la solidificación tienen capacidad para satisfacerlo, estos se ven limitados a la capacidad de producción del horno eléctrico.

Tabla 10

Capacidades de los procesos en la planta de Acería en abril de 2017.

Proceso	Capacidad (t/mes)	Tecnología empleada
Fusión	35,000	Horno eléctrico de arco.
Afino	45,000	Horno cuchara
Solidificación	55,000	Colada continua de 4 líneas. 2 formatos: 100x100 y 130x 130

Ya con las palanquillas producidas en los procesos que se dan en la planta de Acería, como se mostró en la Figura 24, los procesos productivos de la línea de construcción civil continúan en la planta de laminación.

5.1.2. Procesos en la Planta de Laminación

La Planta de laminación largos es una planta acabadora donde trabajan 190 colaboradores. Su proceso transforma las palanquillas recibidas de acería por un tratamiento termo mecánico y laminado hasta obtener barras de construcción de las dimensiones y calidad especificada. Consta de dos hornos de recalentamiento, dos trenes de laminación e

instalaciones auxiliares. La capacidad de producción de esta planta es de 45,000 t de barras por mes.

Para atender el déficit de palanquillas, se importa regularmente palanquillas, la misma que son guardadas en el almacén de palanquillas de la planta de laminación, que es donde comienza el proceso de laminación. Este proceso consta de tres grandes transformaciones. Primero se da el calentamiento las palanquillas, donde son calentadas en hornos a gas hasta llevarlas a temperaturas alrededor de los 1200 °C, que es la temperatura para el proceso subsecuente. Es de notar que una práctica que se desarrolla, aunque aún con muchas limitaciones, es la llamada “carga caliente”, la cual consiste en aprovechar la temperatura de las palanquillas recién producidas en la acería (alrededor de 600 °C), para reducir el gasto en combustible en 1.92 USD por tonelada producida.

Una vez que la palanquilla alcanza la temperatura de laminación, sale del horno y es conducida por una serie de rodillos transportadores al proceso de laminación, en donde por una serie de pases por pares de rodillos, denominada tren de laminación, se logra reducir la sección y se estira hasta obtener una barra de las dimensiones requeridas. El proceso continúa en el empaque, en donde por medio de máquinas especializadas y semiautomáticas, se cortan las barras, se pesan y empaican, quedando listas para la transferencia a los almacenes de productos terminados. Algunos detalles del proceso y equipamiento podemos verlos en la Tabla 11, donde notamos que mientras en el tren laminador uno el cuello de botella se encuentra en el proceso de laminación, en el tren mercantil dos es el de calentamiento.

Lo particular del proceso de laminación de Empresa del Acero S.A. es que esto se realiza en dos trenes de laminación paralelos. El tren de laminación 1 se alimenta de palanquillas de 130x130 mm, mientras que el tren de laminación 2 usa como insumo palanquillas de 100x100 mm de sección. Esta particularidad obliga a, por un lado, mantener un inventario de ambas dimensiones de palanquillas, lo que ocasiona cambios de formato en

la colada continua en donde se cambia los moldes en paradas de 5 horas para pasar del formato de 130 mm al de 100 mm, y, por último, limita el uso de la práctica de carga caliente. Es relevante mencionar que, además de la sección de las palanquillas, el número de SKU de palanquillas se determina por la clase de acero y por la longitud de las palanquillas, las cuales se han optimizado en función del diámetro de la barra a fabricar. En la actualidad son alrededor de 9 SKU de palanquillas que se almacenan.

Tabla 11

Capacidades de los procesos en la planta de Laminación en abril de 2017.

Proceso	Capacidad (t/mes)	Tecnología empleada
Almacén	80,000	Movimiento con equipos pesados. Traslado a laminación por ferrocarril
Calentamiento 1	30,000	Horno a gas. Automatizado
Laminación 1	23,000	Tren abierto. Mecánico, con cierto nivel de automatización
Empaque 1	25,000	Corte en equipo automático. Embalaje semi automático.
Calentamiento 2	20,000	Horno a gas. Automatizado. Carga caliente eleva el ritmo en 5%
Laminación 2	23,000	Tren cerrado. Con buen nivel de automatización
Empaque 2	25,000	Corte en equipo automático. Embalaje semi automático.

En la Figura 25 se muestra la interface entre Acería y las líneas de laminación. En la actualidad en la colada continua se hacen campañas de producción de palanquillas en formato 100x100 mm, y luego de un cambio de formato se hacen campañas de 130x130 mm. Vemos que unas 345 horas al mes se fabrica palanquillas de 100x100 mm, y en este periodo la acería mantendría un ritmo de 58 t/hora, pero como solo abastece al laminador dos, solo se puede aprovechar como carga caliente una parte. Al realizar la práctica de carga caliente, la acería mantendría un ritmo de 58 t/h, pero solo se aprovecharía 30 t/h que corresponde al ritmo de laminador dos, el resto iría al almacén. Además, es de notar que por temas operativos solo el 80% de la carga caliente disponible se logra a enviar al laminador dos, mientras que solo el 60% al laminador uno. Así vemos que, en esquema actual solo se aprovecha el 39% (5418 t/mes +8280 t/mes) de la producción como carga caliente.

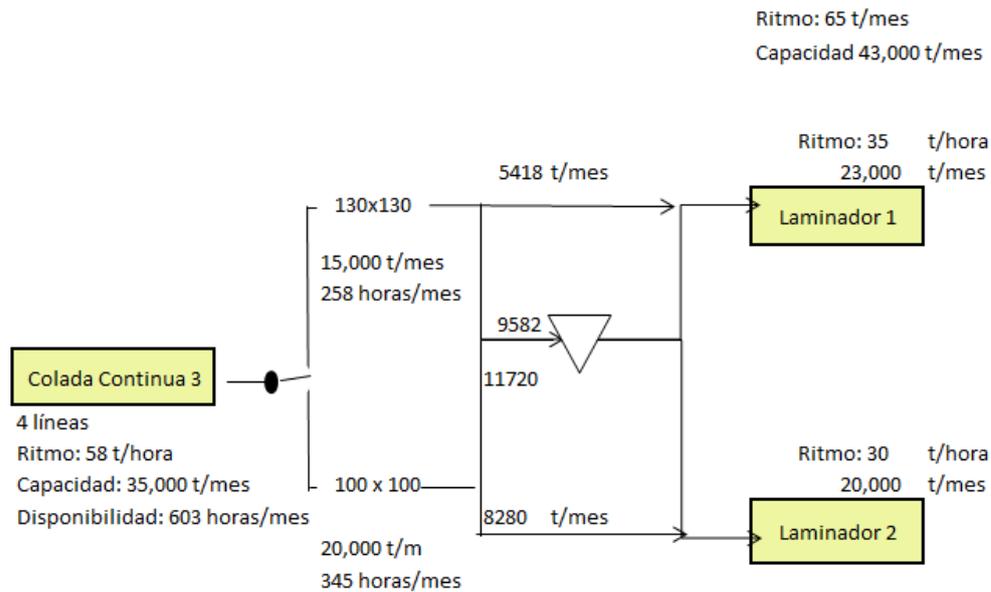


Figura 25. Distribución de las palanquillas fabricadas en colada continua en la actualidad.

5.2. Diagrama de Actividades de Proceso

Con el objetivo de detectar propuestas que ayuden a aumentar el valor de los procesos, mejorar eficiencias, y reducir desperdicios en los procesos de fabricación, se elaboró una serie de diagramas de actividades de proceso (DAP), los cuales muestran la secuencia de actividades de los procesos que se realizan en el patio de chatarra, planta de acería, y planta de laminación. Cabe de notar que tanto el proceso de Acería como el de laminación cuentan con instalaciones diseñadas específicamente para procesos muy repetitivos, en donde el ritmo de producción lo da el cuello de botella del proceso.

Consideramos que los diagramas DAP, deben recoger suficientes detalles de las actividades de manera que permitan identificar desperdicios a eliminar u oportunidades a mejorar. Es así que hemos realizado los DAP subdividiendo el proceso de Acería en sus diferentes procesos que lo conforman, vemos así en la Figura 26 el DAP del proceso de oxicorte, el cual dentro de las operaciones siderúrgicas vendría a ser el que mayor uso hace de trabajo manual y sin ningún tipo de automatización, por lo que es un trabajo rudo, y con exposición a condiciones de calor que involucran periodos de descansos. En la Figura 27 se

muestra el DAP del horno eléctrico y en la Figura 28 el DAP del horno cuchara. Vemos que en el proceso de oxicorte el 30% del tiempo corresponde a esperas, situación muy diferente a los demás procesos en donde el tiempo de espera es mucho menor al 5%. A excepción del proceso de horno cuchara que tiene un tiempo de espera también cercano al 30%, pero esto debido a que su tiempo de procesamiento por características metalúrgicas es mucho menor que el proceso que lo antecede.

D.A.P Proceso Oxicorte de Chatarra								Operación	8
								Transporte	1
								Inspección	1
								Espera	4
								Almacenamiento	0
Recurso Humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	Descripción	
2	0	8						Tendido de material	
3	0	2						inspección	
1	0	1						Colocar EPP	
3	0	7						Oxicortar	
3	0	3						Descanso	
3	0	7						Oxicortar	
3	0	3						Descanso	
3	0	7						Oxicortar	
3	0	4						Descanso	
1	0	1						Llamar a equipo movil	
1	0	8						Espera de equipo movil	
2	0	3						Retiro de chatarra cortada	
1	300	4						translado de material a almacen de chatarra preparada	
1	0	1						Reporte de producción	
Total	300	59							

Figura 26. Diagrama de actividades de proceso: oxicorte de chatarra (actual).

D.A.P Fabricación de Acero vía Horno Eléctrico								Operación	13
								Transporte	7
								Inspección	2
								Espera	0
								Almacenamiento	0
Recurso Humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	Descripción	
1	0	3	●	→	□	D	▽	Preparación primera cesta	
0	12	1	○	→	□	D	▽	Ingreso de cesta a nave	
1	20	1.5	○	→	□	D	▽	Traslado de cesta con grúa	
1	0	1	●	→	□	D	▽	carguío de horno	
3	0	10	●	→	□	D	▽	fusión	
1	0	0	●	→	□	D	▽	Preparación segunda cesta. En simultaneo con fusión	
1	12	0	○	→	□	D	▽	Ingreso de cesta a nave. En simultaneo con fusión	
1	20	0	○	→	□	D	▽	Traslado de cesta con grúa. En simultaneo con fusión	
1	0	1	●	→	□	D	▽	carguío de horno	
3	0	8	●	→	□	D	▽	fusión	
1	0	0	●	→	□	D	▽	Preparación tercera cesta. En simultaneo con fusión	
0	12	0	○	→	□	D	▽	Ingreso de cesta a nave. En simultaneo con fusión	
1	20	0	○	→	□	D	▽	Traslado de cesta con grúa. En simultaneo con fusión	
1	0	1	●	→	□	D	▽	carguío de horno	
3	0	7	●	→	□	D	▽	fusión	
1	0	1	○	→	■	D	▽	Toma de temperatura, y análisis químico	
3	0	5	●	→	□	D	▽	Afino	
3	0	2	●	→	□	D	▽	Sangrado	
1	40	3	○	→	□	D	▽	Traslado de acero a H. Cuch. Simultaneo con prep. horno	
3	0	2	●	→	■	D	▽	Preparación de horno	
1	0	1	●	→	□	D	▽	Reporte de producción	
Total	92	31							

Figura 27. Diagrama de actividades de proceso: horno eléctrico (actual).

Para complementar las observaciones se ha realizado la determinación del % de Touch Time del proceso de oxicorte, horno eléctrico y horno cuchara, los cuales se pueden consultar en la Figura 29 para el proceso de Oxicorte, y en el Apéndice E para los demás procesos.

D.A.P Fabricación de Acero . Proceso Horno Cuchara								Operación	7
								Transporte	1
								Inspección	3
								Espera	0
								Almacenamiento	0
Recurso Humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	Descripción	
1	0	1	●	→	□	○	▽	Recepción de cuchara con acero	
1	0	1	○	→	■	○	▽	Toma de temperatura y muestra para análisis	
1	0	1	●	→	□	○	▽	Adiciones de ferroaleaciones	
1	0	2	●	→	□	○	▽	Preparación de escoria	
1	0	9	●	→	□	○	▽	Calentamiento	
1	0	1	○	→	■	○	▽	Recepción de Analisis Químico	
1	0	2	●	→	□	○	▽	Ajuste composición química (De ser necesario)	
1	0	1	○	→	■	○	▽	Toma de temperatura	
1	0	1	●	→	□	○	▽	Desconexión de cuchara	
1	50	2	○	→	□	○	▽	Traslado de Acero a Colada continua	
1	0	1	●	→	□	○	▽	Reporte de producción	
1	0	11	○	→	□	●	▽	Espera de próxima cuchara	
Total	50	33							

Figura 28. Diagrama de actividades de proceso: horno cuchara (actual).

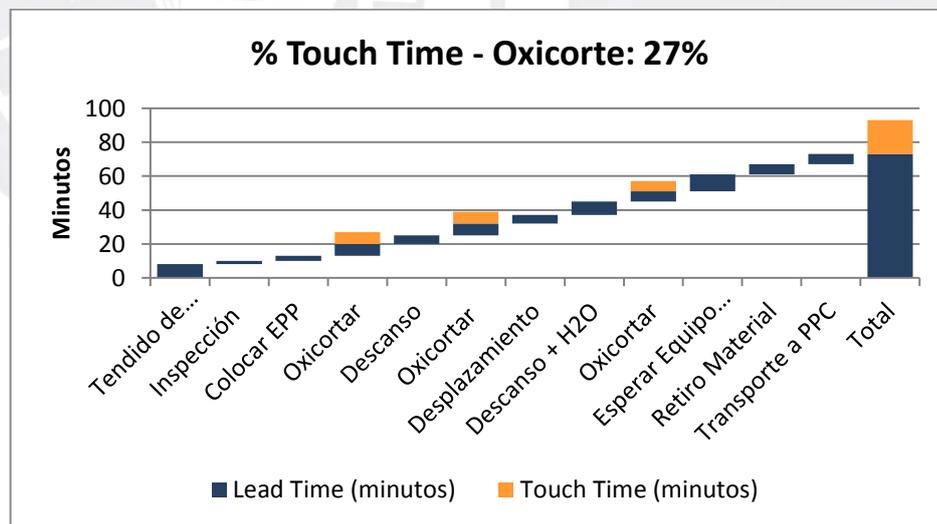


Figura 29. Análisis % touch time para proceso de oxicorte de chatarra (actual).

Vemos que el % de Touch time brinda una idea de donde centrar la atención para dirigir las mejoras, y señala que el proceso de oxicorte, con un % de Touch time de 27%, es donde

hay mayor oportunidad de aumentar el valor de las actividades, esto en comparación de valores sobre 42% de los demás procesos.

Tanto en el proceso de horno eléctrico (figura 27), como en el horno cuchara (figura 28) no se distinguen movimientos innecesarios. Si bien en el caso del horno eléctrico hay movimientos repetitivos para el carguío del horno, esto es debido a las características del proceso. Reducir los movimientos es posible, reduciendo el carguío del horno a tres cestas, pero para esto sería necesario aumentar el porcentaje de chatarra fragmentada en el carguío, pero debido al costo actual de este material no hace sentido aplicar esta sugerencia.

Dado que el cuello de botella en el proceso de fabricación de acero es el horno eléctrico, los esfuerzos para aumentar la producción se concentran allí. Si bien este proceso ya ha pasado por múltiples procesos de mejora que le ha permitido superar su capacidad de diseño en 18% en cinco años.

Las distancias recorridas por el acero líquido una vez que ha salido del horno eléctrico, son realmente excesivas, en comparación con industrias similares, esto debido a un crecimiento desordenado de las ampliaciones de la planta. Sin embargo, corregir este problema involucra inversiones superiores a seis millones de dólares, y dejar de producir alrededor de un año. Igualmente, la distancia desde la planta de Acería a laminación no obedece a criterios de diseño modernos en industrias siderúrgicas, lo que ocasiona un costo de transporte interno elevado.

El proceso de colada continua, cuyo DAP se muestra en la Figura 30, no es el cuello de botella en la fabricación de acero, y todo el proceso se realiza en forma continua, siguiendo el flujo de material no se aprecia pérdida de tiempo, ya que en realidad el ritmo del proceso lo da el proceso metalúrgico de solidificación del acero. Del mismo modo los desplazamientos de materiales son mínimos

D.A.P Fabricación de Acero . Proceso Colada Continua								Operación	7
								Transporte	1
								Inspección	4
								Espera	1
								Almacenamiento	1
Recurso Humanos	Distancia en metros	Tiempo en minutos	Operación	Transporte	Inspección	Espera	Almacenamiento	Descripción	
1	0	1	●	→	□	⊖	▽	Recepción de cuchara con acero	
1	0	1	●	→	□	⊖	▽	Apertura de cuchara	
1	0	1	●	→	□	⊖	▽	Regulación de chorro	
1	0	2	○	→	■	⊖	▽	Toma de temperatura y muestra para análisis	
1	0	35	●	→	□	⊖	▽	Colado y solidificación (Proceso continuo)	
1	0	35	○	→	■	⊖	▽	Inspección de nivel de acero (Continuo)	
1	0	8	●	→	□	⊖	▽	Corte de palanquillas	
1	20	10	○	→	□	⊖	▽	Evacuación de palanquillas	
1	0	5	○	→	■	⊖	▽	Inspección visual	
1	0	2	○	→	□	⊖	▽	Almacenamiento	
1	0	2	○	→	■	⊖	▽	Verificación de resultados químicos	
1	0	1	●	→	□	⊖	▽	Transferencia	
1	0	1	●	→	□	⊖	▽	Reporte de producción	
Total	20	104							

Figura 30. Diagrama de actividades de proceso: colada continua (actual).

5.3. Herramientas para Mejorar Procesos

La empresa aplica ya hace varios años herramientas de calidad para mejorar sus procesos. Desde que se trabajó con el sistema de calidad basado en ISO 9001 las herramientas de calidad se fueron asentando y madurando en el uso.

La rutina se maneja con cinco herramientas básicas que constituyen la base de la gestión de los procesos y estas son:

- Estandarización
- Entrenamiento crítico
- Ejecución de acuerdo con estándar
- Auditoría de estándares
- Tratamiento de Falla

Todo esto se realiza con el fin de asegurar resultados estables. La empresa cuenta con un área llamada tecnología de gestión, cuya función es entrenar y velar por el buen uso de las herramientas para la gestión de la rutina y la mejora. Desde las más sencillas, pero igualmente poderosas, hasta algunas más potentes como six sigma, pasando por programas participativos de carácter individual, como el programa ideas, hasta grupos de solución de problemas. Alrededor del 40% de los colaboradores participó en programas de mejora en el 2016.

En relación con las herramientas de mejora, las más comunes son: grupo de solución de problemas, control estadístico de procesos, y six sigma. Vemos oportunidad de aplicar herramientas del abanico que ofrece Lean Manufacturing, ya que estas herramientas son de muy poco uso en la compañía además de poder usar metodologías más recientes como Agile o design thinking, o avanzando más explorar el internet de las cosas, ya que con el nivel de automatización que ya se tiene es posible realizar algunas aplicaciones que permitan detectar y corregir desvíos remotamente. Sin duda estas son oportunidades que es posible explorar.

5.4. Descripción de los Problemas Detectados para Mejorar Procesos

La industria siderúrgica es una industria compleja de procesos variados, amplias instalaciones, y uso intensivo de capital, ya sea en equipamiento como en los inventarios que se manejan. Además, es una industria expuesta a la dura competencia que exige la globalización, así que la mejora continua no es una moda sino una necesidad fundamental de este rubro, y, dada la complejidad y extensión de la operación, los problemas detectados pueden ser extensos, pero conviene centrarse un pocas y potentes oportunidades de mejora. Con la información recogida en la vista a campo y las entrevistas realizadas podemos listar las siguientes oportunidades de mejora:

- El nivel de compra de chatarra nacional cubre solamente el 65% de la necesidad, así que la empresa se ve forzada a completar vía importaciones la principal

materia prima que utiliza. En el capítulo correspondiente a cadena de suministros se analizará esta situación a mayor detalle.

- Si bien el proceso cuenta con un nivel importante de automatización, no se gestiona aún toda la información que los equipos generan, perdiéndose la oportunidad de aplicar herramientas de mejoras más avanzadas como mantenimiento predictivo o basado en condiciones.
- Si bien hay stock de chatarra para oxicotar, la falta de capacidad de este proceso limita su utilización y conlleva a usar más chatarra importada de costo elevado. Este proceso dado que es manual y de condiciones severas de trabajo presenta tiempos de espera elevados.
- La distancia entre el patio de chatarra y el almacén de chatarra preparada es significativa (300 m), así que hay un costo elevado de transporte desde un almacén a otro, incluso este traslado debiera ser innecesario para chatarras listas o importadas. Esto se tratará en la sección de diseño de planta.
- En el cuello de botella de la planta de acero es el horno eléctrico, se ve que hay actividades del tipo traslado de cestas con chatarra, que en principio no aportan valor, pero son necesarias.
- La colada continua pierde cinco horas de producción todos los meses para hacer cambios de formato por las secciones que exige los dos laminadores de la planta de laminación. Esto implica también tener inventario de moldes de cobre para ambos formatos.
- Las capacidades de producción entre el proceso de Acería y Laminación no están balanceadas. La planta de acería puede cubrir solamente el 80% de la necesidad de palanquillas del proceso de laminación y la diferencia es atendida vía importaciones de acuerdo con los precios internacionales.

- Actualmente solo se aprovecha el 39% de la producción de la colada continua en carga caliente. Teniendo en cuenta que se ahorra unos 1.92 USD/t es importante subir este porcentaje.
- El almacén de palanquillas se ve forzado a mantener inventarios de palanquillas, tanto de 100x100mm como de 130x130 mm, lo que eleva capital de trabajo inmovilizado.

5.5. Propuestas de Mejora

Tener un costo competitivo, es fundamental en este negocio y vemos que si bien existe la práctica de carga caliente de palanquillas que permite ahorrar 1.92 USD/t, esta se usa limitadamente debido a las campañas de producción. El planteamiento es montar una caja de laminación adicional en el tren laminador dos y con esto poder utilizar solamente un formato de palanquillas para atender a ambos trenes. De acuerdo con información proporcionada por el área de ingeniería de la empresa, se estima que esto se lograría con una inversión de 1,200,000 USD, incluyendo obras civiles y puesta en marcha. El esquema de producción quedaría como se muestra en la Figura 31.

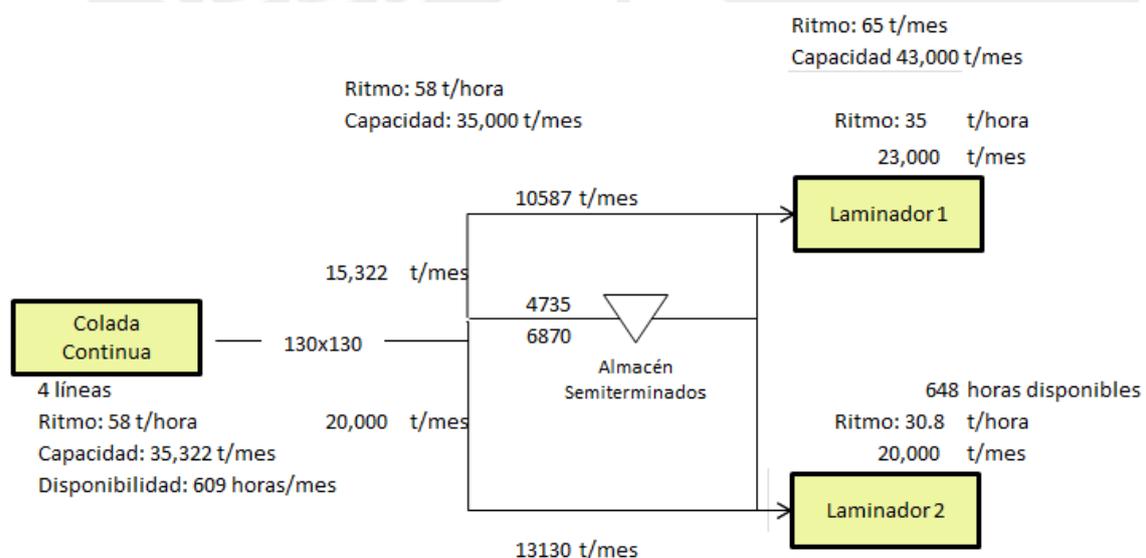


Figura 31. Distribución de las palanquillas fabricadas en colada continua según propuesta.

Las ventajas que se obtienen son:

- Aumento del porcentaje de carga caliente de 39% al 67%. Lo que significa procesar 15,437 t adicionales de carga caliente, lo que representa un ahorro anual de 355,670 USD, es decir que el periodo de recuperación de la inversión sería menor a 4 años.
- Aumento de producción de la Acería, debido a que ya no se pierde el tiempo en cambio de formato en la colada continua. Este incremento equivale a 332 t/mes, o 3,864 t al año. Este aumento de producción evita la importación de esta misma cantidad de palanquilla importada, que por diferencia en el costo implica un ahorro de 73,419 USD/año.
- Por otro lado, se tendrá una reducción de inventario de palanquillas del orden de 15%. Esto se ampliará en el capítulo de gestión de costos.
- Y por último se liberará 22,000 USD de capital de trabajo, ya que solo será necesario mantener inventario de moldes de 130x130. Los cuales tienen un valor de 5,000 USD cada uno.

Adicionalmente, como otra propuesta de mejora, también se plantea ampliar la capacidad de almacenamiento de chatarra procesada, a fin de evitar los costos de flete. Esta idea será desarrollada en el capítulo de diseño de planta, pero se adelanta que tiene un potencial de 90,000 USD/año.

Por último, se propone además optimizar las actividades del proceso de oxicorte, ya que tan solo elevando la producción 100 t por mes, y considerando la diferencia en el costo de la chatarra nacional e importada, se tendría un ahorro anual de cerca de 100,000 USD. El potencial de ahorro de este proceso será tratado con detalle en el capítulo de diseño del trabajo. En la Tabla 12, se muestra un análisis costo/beneficio de las propuestas mencionadas anteriormente.

Tabla 12

Costo y beneficios de propuestas de mejora de procesos.

Concepto	Costo (USD)	Beneficio anual (USD)
Inversión montar caja de laminación adicional en tren laminador dos (USD)	1,200,000	
Aumento del porcentaje de carga caliente de 39% al 67%		355,670
<i>Otros beneficios:</i>		
Aumento de producción de acería para disminuir importación (332 t/mes)		73,419
Liberación de capital de trabajo		22,000
Ampliar capacidad de almacenamiento de chatarra procesada para reducir costo de flete		90,000
Optimizar actividades del proceso de oxicorte (100 t/mes), para disminuir chatarra importada		100,000
Total beneficios		641,089

5.6. Conclusiones

Empresa del Acero S.A. representa un claro ejemplo de una industria madura donde ya se han realizado múltiples iniciativas de mejora, como la reducción los tiempos muertos en los cuellos de botella, reducción de flota de transporte, reducción de inventarios, logro de eficiencias energéticas, etc. Sin embargo, a pesar de ello, fue posible identificar algunas oportunidades con potencial económico considerable.

El uso de datos, observación y métodos ordenados de análisis permite explorar y encontrar nuevas oportunidades de mejora, en este caso, se encontró que la diferencia de capacidades de la planta de acería con laminación es ciertamente un problema muy caro de resolver; sin embargo, con variaciones menores en el proceso, como es el caso de mantener solo un formato de palanquillas en lugar de dos, brinda ahorros importantes y ayuda también a reducir capital de trabajo.

Capítulo VI: Planeamiento y Diseño de Planta

El presente capítulo contiene el detalle de la distribución actual de la planta industrial y, con el empleo del diagrama de relación de actividades, se analiza y propone una nueva distribución interna, con un mejor aprovechamiento del espacio, orientada a proporcionar eficiencias y efectividad de las operaciones de la empresa.

6.1. Distribución de Planta

En la presente investigación se analizará únicamente la distribución de las plantas de acería y laminación, que son las que tienen mayor actividad y además corresponden a los productos de construcción civil. El perímetro del terreno es irregular en ambos casos, ya que se encuentran dentro de un complejo industrial más grande, tal como se aprecia en la Figura 32 y en la Figura 33.

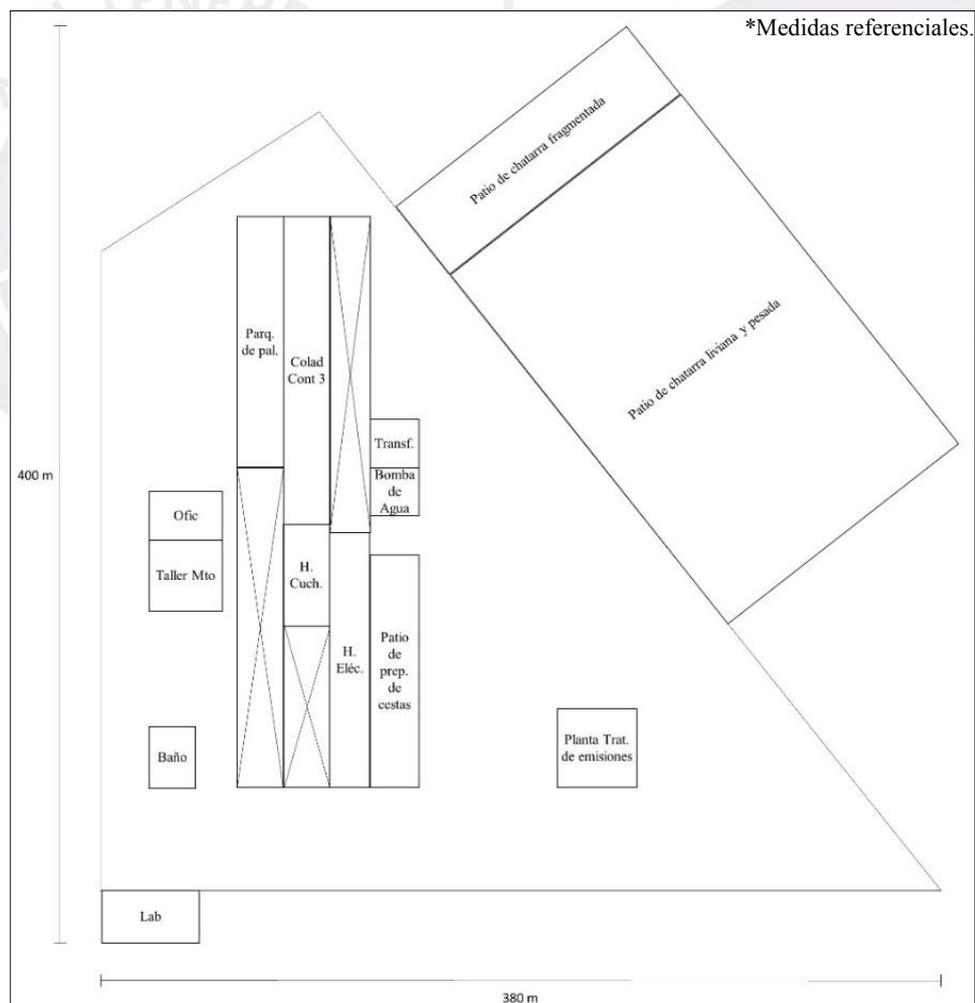


Figura 32. Esquema de distribución de la planta acería.

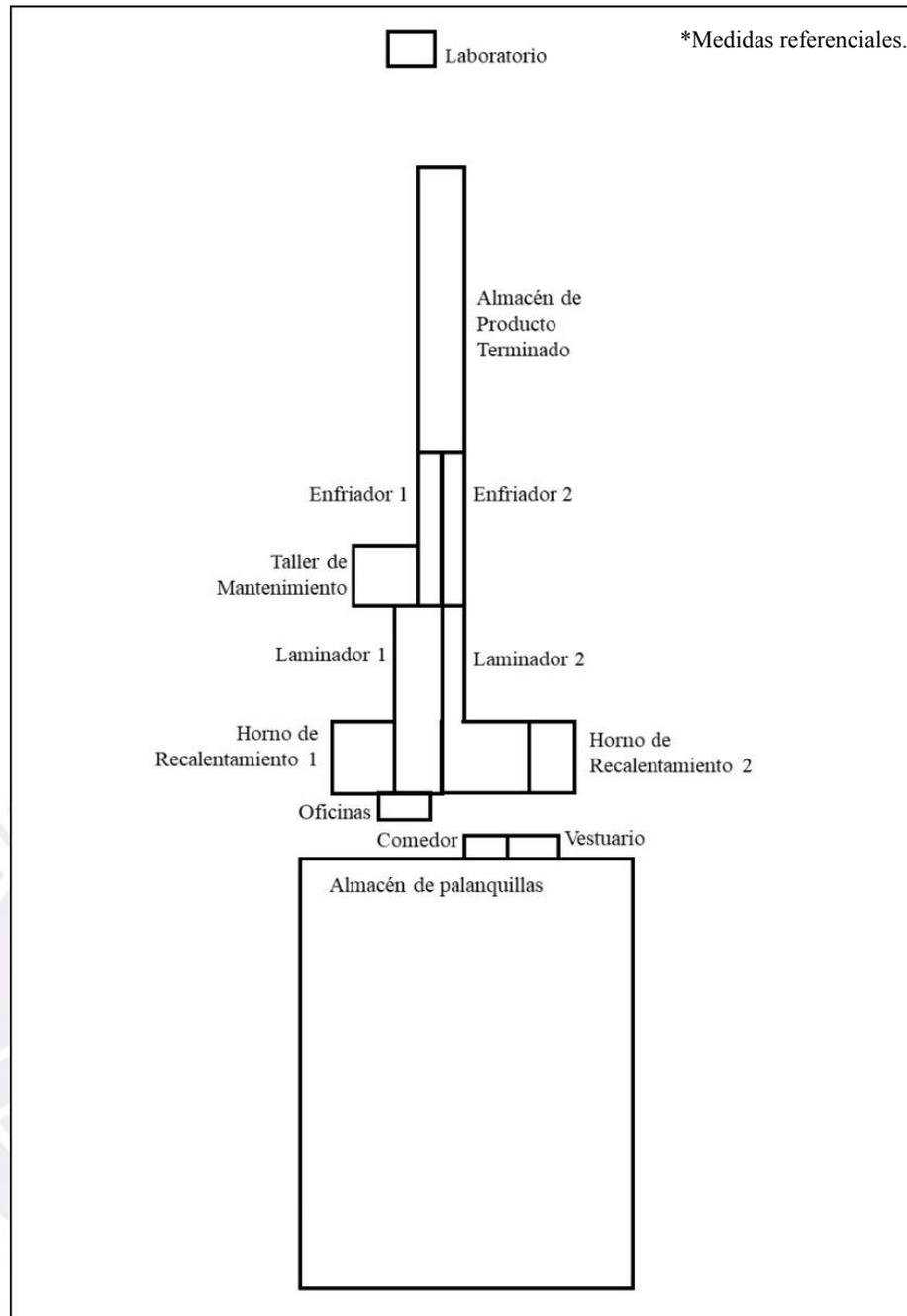


Figura 33. Esquema de distribución de la planta de laminación.

6.2. Análisis de Distribución de Planta

En la Figura 34 se aprecia que el espacio entre las áreas es bastante amplio. Además, en los cuadros que tiene líneas cruzadas hay gran variedad de maquinaria que ya no se emplea, ya sea porque los productos están discontinuados o porque ha sido

reemplazado por maquinaria más moderna. También se observa la lejanía relativa del laboratorio de la planta, pudiendo estar más cerca a las oficinas.

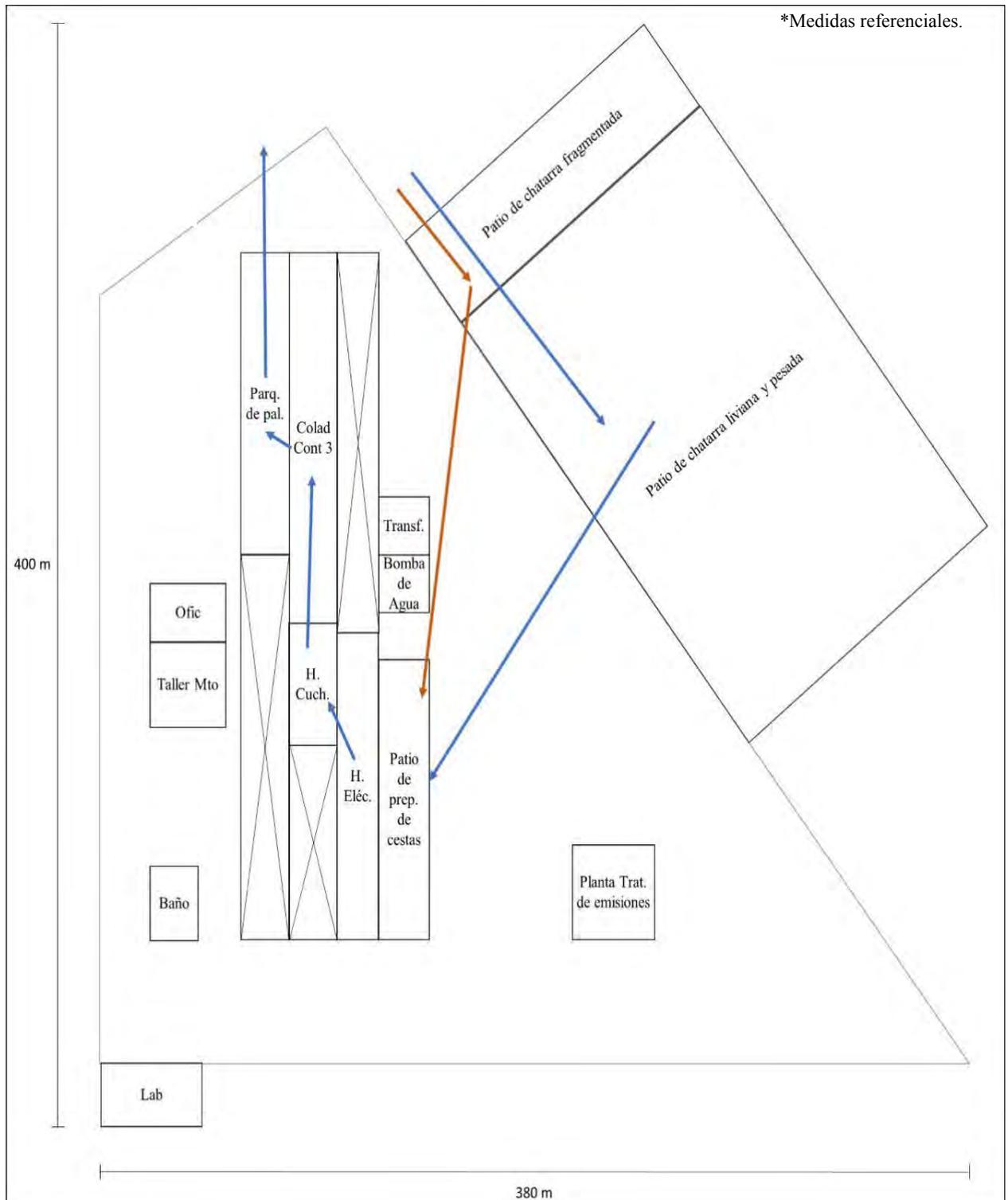


Figura 34. Esquema de distribución de la planta acería y flujo de materiales.

En la figura 34 se aprecia además el flujo de los materiales que comienza con la llegada de los camiones de chatarra al patio de chatarra y culmina con el almacenamiento de las palanquillas en el parque de palanquillas, el cual está habilitado con grúas puente para una fácil carga a los camiones o al tren y posterior traslado al almacén de palanquillas en la planta de laminación.

Cabe mencionar que el patio de chatarra alberga 3 tipos de chatarra: la chatarra fragmentada, la cual corresponde al 25% de lo que se emplea, es importada y es una chatarra que se traslada sin ningún procesamiento al patio de preparación de cestas; la chatarra liviana, que corresponde al 45% de lo utilizado y requiere ser procesado en la cizalla antes de ser trasladada; y la chatarra pesada, la cual corresponde aproximadamente al 30% y es necesario aplicar oxicorte para poder ser trasladada al patio de preparación de cestas.

El diseño de la planta con espacios amplios fue realizado de esa manera con el objetivo de expandirse y por el espacio de maniobra requerido por los camiones y maquinaria pesada que traslada los materiales. Las líneas que actualmente no trabajan no afectan sustancialmente la operación de las líneas actuales dado que no interrumpen el flujo de producto, aunque si afectan los costos indirectos de fabricación. Sin embargo, se aprecia que hay espacio disponible en el área cerca al patio de preparación de cestas, donde sería posible trasladar total o parcialmente la chatarra fragmentada, para evitar traslados innecesarios.

En la planta de acería se identificó oportunidades de relocalización del laboratorio y del patio de chatarra fragmentada, por lo cual se realizó un diagrama de relación de actividades (Figura 35) que muestra la posibilidad de trasladar estos dos espacios sin generar otras complicaciones en el proceso.

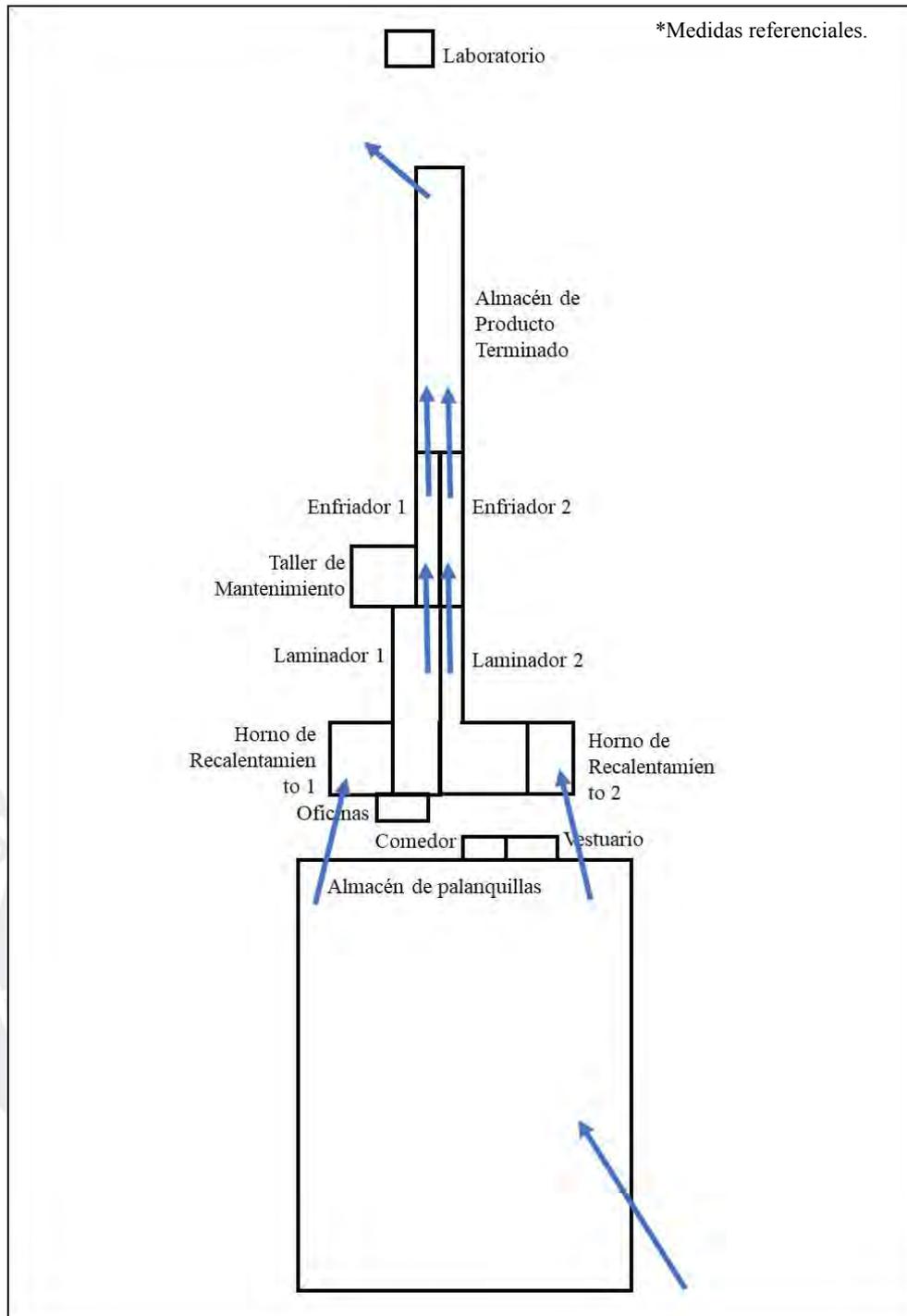


Figura 36. Esquema de distribución de la planta laminación y flujo de materiales.

De manera similar a la planta de acería, para la planta de laminación también se realizó un diagrama relacional, el cual se muestra en la Figura 37, y muestra que el laboratorio puede ser trasladado a zonas cercanas al proceso sin inconvenientes.

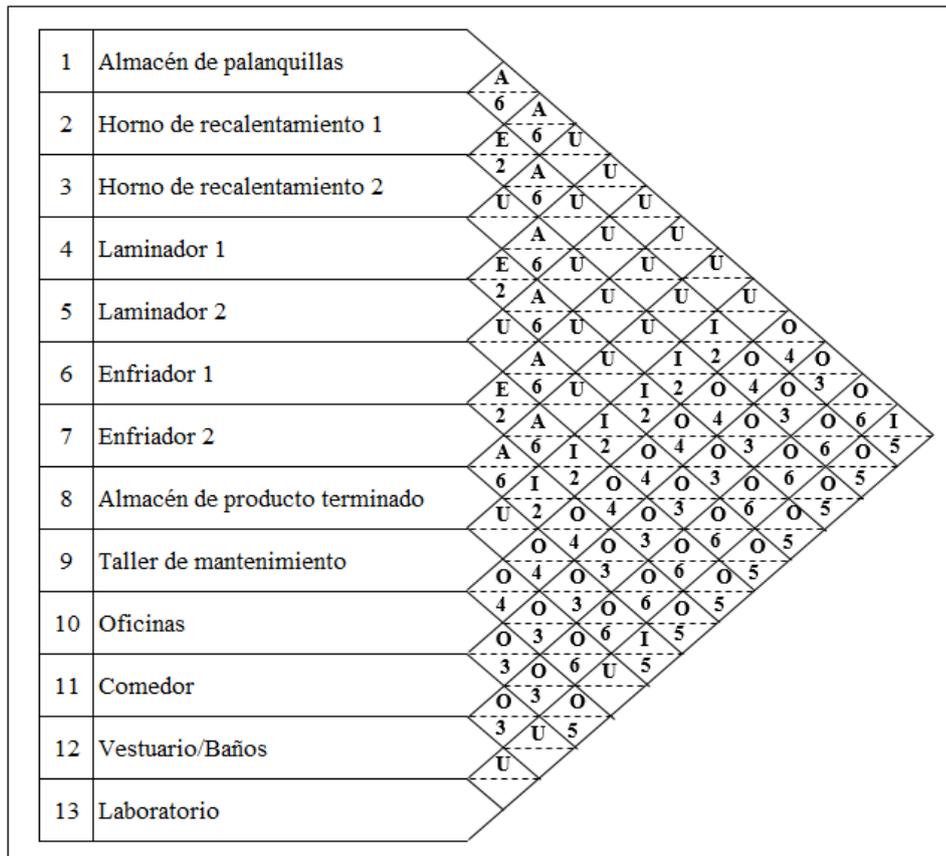


Figura 37. Diagrama de relación de actividades de planta laminación. Adaptado de *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia*, por D’Alessio, 2012, p. 180.

6.3. Propuesta de Mejora

Según el diagrama de relación de actividades de la Figura 35 y el esquema de la Figura 34, se aprecia que se están respetando la mayoría de las conexiones según la importancia relativa, específicamente las de flujo de trabajo, pero igualmente se identificó dos propuestas: reubicar el laboratorio, y reubicar el patio de chatarra fragmentada. Para la primera propuesta se cuenta con un ambiente disponible bastante grande al costado de las oficinas, para lo cual se requiere únicamente limpieza, pintura y habilitación de puntos eléctricos, lo cual requeriría una inversión estimada de S/ 7,000. Dado que se estima que el ahorro en tiempo de traslado sería de 600 horas-hombre, a un costo de S/ 11,000 por año. Dado que esa inversión se recuperaría en menos de un año, resulta muy beneficioso habilitar el espacio y asignar otras actividades a este personal, ya que se dispondrá de más tiempo para realizar otros análisis o apoyo en labores administrativas.

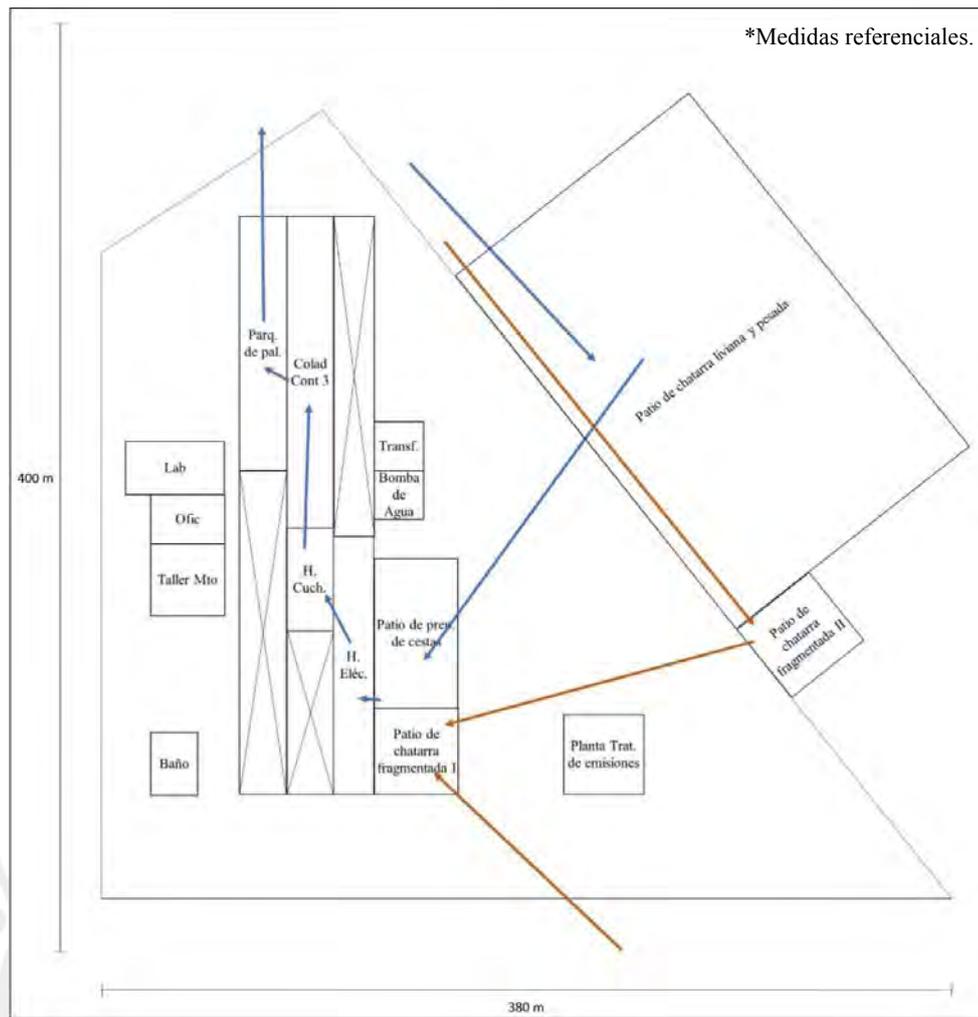


Figura 38. Esquema de distribución de la planta acería ideal.

Por otro lado, la segunda propuesta consiste en la reubicación parcial del patio de chatarra fragmentada, según se puede apreciar en la Figura 38. Este patio se emplea para recibir la importación de chatarra, la cual llega en barcos, al menos cuatro veces al año, que traen alrededor de 29,000 toneladas cada vez. Luego en camiones es transportada hacia el patio de preparación de cestas de manera cotidiana, a un costo de 1.5 USD/TM. Es posible habilitar junto al patio de preparación de cestas un espacio para chatarra fragmentada de 10,000 toneladas, por lo que al año se ahorraría el traslado de aproximadamente 40,000 toneladas que serían descargadas directamente en la nueva área de almacenamiento. Como no es posible habilitar espacio para toda la chatarra fragmentada, igualmente se tendría que mantener un espacio para dicha chatarra en el patio actual. Evitando el doble manipuleo de las

40,000 t anuales de chatarra importada anuales, se lograría un ahorro anual de aproximadamente 60,000 USD. La habilitación de esta área requiere, según la jefatura de dicha planta, una inversión aproximada de 25,000 USD, por lo que esta inversión tendría un periodo de recupero de alrededor de 6 meses.

Respecto a la planta de laminación, solo se cuenta con la recomendación de reubicar el laboratorio, lo cual demandaría, según el encargado de proyectos de la empresa, una inversión superior a los 80,000 USD, ya que no se cuenta con un edificio cerca en desuso y tendría que construirse uno nuevo, para únicamente ganar tiempo de traslado a los técnicos de laboratorio, lo que equivale a 700 horas-hombre al año, que representan un costo de 4,000 USD/año, por lo que se recuperaría en más de 20 años, incluso sin considerar el costo del capital, por lo que no resulta rentable.

En la Tabla 13 se muestra un análisis costo/beneficio de las propuestas desarrolladas anteriormente.

Tabla 13
Costo/beneficio de propuestas de mejora en diseño de planta

Concepto	Valor
Reubicar el laboratorio de planta de acería	
Costo de limpieza, pintura y habilitación de puntos eléctricos (S/)	7,000
Ahorro anual en tiempo de traslado (horas-hombre)	600
Ahorro anual en tiempo de traslado (S/)	11,000
Reubicación parcial del patio de chatarra fragmentada de planta de acería	
Número de arribos de barcos por año	4
Toneladas transportadas por barco	29,000
Costo unitario de traslado hacia el patio de preparación de cestas (USD/TM)	2
Habilitación de espacio junto al patio de preparación de cestas (t)	10,000
Inversión para habilitar esta área (USD)	25,000
Ahorro anual en traslado (USD)	60,000
Payback (meses)	6
Reubicar laboratorio planta de laminación (USD)	80,000
Ahorro anual en tiempo de traslado a los técnicos de laboratorio (horas-hombre)	700
Ahorro anual en tiempo de traslado a los técnicos de laboratorio (USD)	4,000
Payback (años)	20

6.4. Conclusiones

Dado el vasto espacio con el que cuentan en la planta de acería y a que el flujo de materiales no se ha cortado, el espacio ocupado por las líneas paradas no afecta el funcionamiento de las actuales, no ha sido necesario movilizar la maquinaria o retirarla, dando continuidad a la operación sin inconvenientes.

El laboratorio de la planta de acería debe ser reubicado a la cercanía de las oficinas, para ahorrar tiempo de traslado del personal y mejorar la comunicación.

Debe habilitarse un área junto al patio de preparación de cestas, para almacenar chatarra fragmentada y evitar gastos innecesarios en traslados de materiales que se van a procesar tal cual se reciben. Se cuenta con espacio adecuado para maniobra de los camiones, además de contar con el equipo de acarreo pertinente, ya que se cuenta con grúas puente

En la planta de laminación únicamente se encontró que el laboratorio ha sido situado en un lugar muy lejano, lo cual consume tiempo de traslado para hacer las pruebas a las muestras, pero el alto costo de inversión en un laboratorio más cercano no justificaría su traslado.

Capítulo VII: Planeamiento y Diseño del Trabajo

En este capítulo se evalúa el planeamiento y diseño del trabajo en Empresa del Acero S.A., para lo cual se analizan los puestos de trabajo, la cantidad de colaboradores, la especialización del personal, entre otros aspectos. Asimismo, se evalúa el grado de satisfacción de los mismos y las acciones que realiza la empresa para motivar e incentivar al personal. Adicionalmente, se describe el método de trabajo y se verifica la disposición de personal por turnos y las horas extras. En base a ello se proponen algunas mejoras, como una adecuada planificación de turnos de trabajo y del personal necesario por turno, que permitan ahorro de tiempos y movimientos y que conlleven a un aumento de la productividad.

7.1. Planeamiento del Trabajo

En Empresa del Acero S.A., el área de Recursos humanos se denomina como “Personas”. Esta área se encarga de gestionar, en coordinación con otras, todos los aspectos relacionados al personal, tales como: selección, contratación, tercerización, diseño de puestos, programas de capacitación, programas de beneficios, supervisión de las horas y horas extras trabajadas, evaluación de la satisfacción, entre otros. En esa línea, la Tabla 14 muestra una primera aproximación al número de trabajadores por áreas generales.

Tabla 14

Número de trabajadores por áreas generales en Empresa del Acero S.A.

Áreas generales	Número de trabajadores
Soporte	149
Industrial	705
Logística	153
Total	1007

Una visión más detallada de la distribución de trabajadores en Empresa del Acero S.A., se muestra en la Tabla 15, Tabla 16, y Tabla 17, las cuales refieren al área de soporte, industrial y logística respectivamente. Adicionalmente, en estas tablas se incluye la variación del número de trabajadores entre el 2016 y marzo del 2017.

Tabla 15

Número de trabajadores y variación en el área de soporte.

Sub-área	N° de trabajadores 2016	N° de trabajadores Marzo 2017	Variación
Comercial	58	58	0
Contraloría	46	44	-2
Personas	13	13	0
Suministros	13	13	0
Suministros metálicos	12	12	0
Legal	4	4	0
Dirección ejecutiva	2	2	0
Auditoría interna	1	1	0
Desarrollo de nuevos negocios	1	1	0
ICC	1	1	0
Total	151	149	-2

Tabla 16

Número de trabajadores y variación en el área industrial.

Sub-área	N° de trabajadores 2016	N° de trabajadores Marzo 2017	Variación
Acería	201	201	0
Largos	197	196	-1
Planos y derivados	123	123	0
Servicios generales	83	80	-3
Energía	34	36	2
Habilitación de productos	21	21	0
Calidad	20	19	-1
IG	7	7	0
Ingeniería	9	6	-3
Seguridad industrial y gestión Ambiental	9	7	-2
Salud ocupacional	-	3	3
Industrial	7	6	-1
Total	711	705	-6

Tabla 17

Número de trabajadores y variación en el área logística

Sub-área	N° de trabajadores 2016	N° de trabajadores Marzo 2017	Variación
Transporte y mantenimiento	37	35	-2
Centros de distribución	32	33	1
Almacén planos y derivados	26	25	-1
Almacén largos	24	24	0
Distribución y op. portuarias	14	17	3
Estandarización Chimbote	7	7	0
Logística Callao	6	6	0
Logística	3	3	0
Logística Chimbote	3	3	0
Total	152	153	1

En base a estas tablas, se puede afirmar que, de manera general, y considerando la cantidad de trabajadores de Empresa del Acero S.A., la variación y rotación de personal es mínima. En esa línea, Castillo (2006) señala que el índice de rotación de personal (IRP) se determina como la relación de las variaciones de personal en un período de tiempo con la cantidad promedio de personal en ese mismo período. Si realizamos este cálculo, obtenemos que el IRP en Empresa del Acero S.A., entre el 2016 y marzo del 2017, es de 1.24%, lo cual, como se ha mencionado, es un valor bajo. Ello debido a que el 55% del personal está sindicalizado, lo cual complica los despidos de personal, ya sea por exceso de recursos o por mal desempeño.

Asimismo, en el país tan solo hay dos empresas dedicadas a la siderurgia. Esto también genera que la rotación de personal sea baja, dado que, hay pocas opciones de cambio y los puestos de trabajo requieren de un alto grado de especialización técnica. Es por estas razones que los principales motivos de variación o rotación del personal son por razones inevitables (jubilación o fallecimiento), o por creación de nuevos puestos, tal como se refleja con el sub-área de Salud Ocupacional. Cabe mencionar que en el cálculo del IRP no se deben incluir las

variaciones inevitables, sin embargo, en el cálculo realizado se han considerado todas las variaciones, al no tener mayor especificación del motivo de las variaciones. Esto refleja que, probablemente, el IRP sea menor al determinado.

Además del personal contratado por la empresa, Empresa del Acero S.A. complementa sus operaciones con trabajadores o empresas tercerizadas, las cuales cumplen principalmente labores de apoyo o que no están involucradas directamente con su proceso productivo. Entre estas labores se pueden mencionar: vigilancia, limpieza, conductores, auxiliares, entre otros. A marzo del 2017, la empresa contaba con 245 colaboradores tercerizados.

7.2. Diseño del Trabajo

Tal como se mencionó en el capítulo dos, el diseño del trabajo consiste en la descripción clara y sencilla de cada puesto de trabajo, considerando, entre otros aspectos, las funciones, los objetivos y las habilidades necesarias para lograr un óptimo desempeño. En Empresa del Acero S.A., el área de Personas, en coordinación con las áreas operativas (industrial o logística), realiza una descripción detallada de cada puesto de trabajo. Asimismo, cada cierto tiempo, el área de Personas revisa estas descripciones y, de ser necesario, toma la iniciativa de actualizarlas. Como algunos ejemplos de estas descripciones se presentan en el Apéndice F y Apéndice G, las descripciones de los puestos de jefe de horno eléctrico y de operador de horno eléctrico II.

En cuanto a los turnos de trabajo, el personal técnico de Empresa del Acero S.A. labora en tres turnos rotativos de ocho horas cada uno, dado que el proceso productivo de la empresa es continuo. A pesar de ello, hay personal que, por diversas razones, requiere cumplir con horas extras. En esa línea, la compañía tiene como meta mensual que la relación de horas de sobretiempo con las horas totales trabajadas sea de máximo 5%. En la Tabla 18 se muestra esta relación para los meses de marzo y abril del 2017 para las áreas de Industrial y de Logística, y para todas las sub-áreas de soporte.

Como se aprecia en la Tabla 18, ni el área de Industrial, ni el área de logística cumplen con la meta propuesta por la empresa. Esto genera que la empresa incurra en grandes sumas de dinero para pagar estos sobretiempos. Un acercamiento a los montos que invierte la empresa por cada área y sub-área, se muestran en la Figura 39.

Tabla 18

Relación Horas de sobretiempo y horas totales para marzo y abril del 2017

Área	H. Sobretiempo/H.Totales	H. Sobretiempo/H.Totales
	Marzo	Abril
Industrial	5.6%	8.8%
Logística	6.0%	8.4%
Comercial	0.5%	0.5%
Contraloría	3.8%	5.0%
Personas	2.8%	3.6%
Suministros	2.3%	4.0%
Suministros Metálicos	3.2%	2.7%
Legal	0.3%	0.4%
Dirección Ejecutiva	0.3%	0.0%
Auditoría interna	0.0%	0.0%
Desarrollo de Nuevos Negocios	0.0%	0.0%
ICC	0.0%	0.0%
Total	5.0%	7.8%

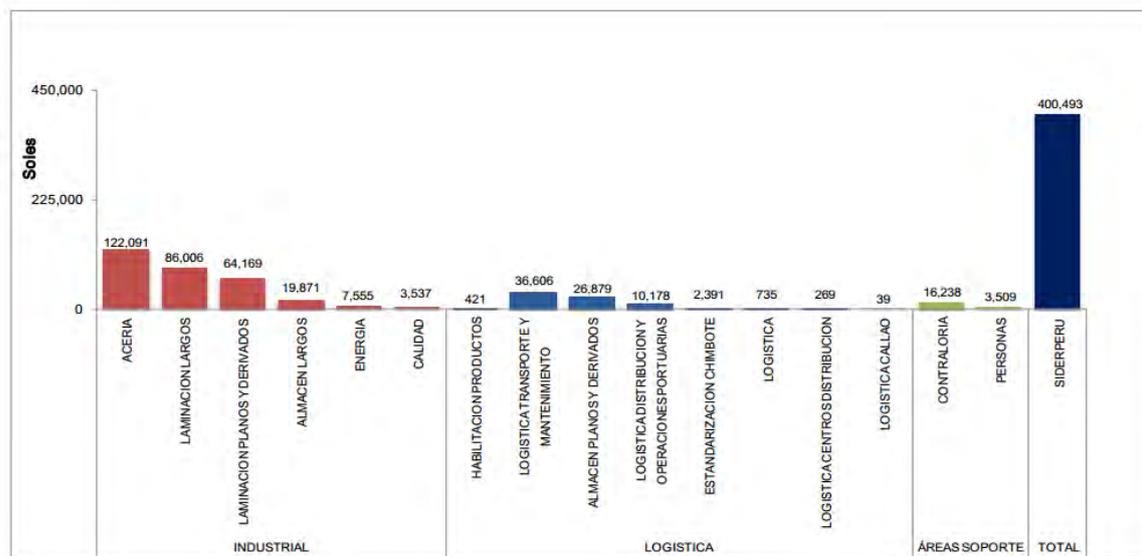


Figura 39. Horas de sobretiempo pagadas por áreas de febrero a marzo del 2017.

En cuanto a la satisfacción en el trabajo, como se puede apreciar en la Tabla 19, los resultados obtenidos se mantienen a lo largo de los años dentro de un rango aproximado. Ello reafirma lo mencionado anteriormente en relación con la baja rotación de personal.

Asimismo, los resultados confirman que la empresa no realiza esfuerzos significativos por mejorar el clima laboral y la satisfacción en el trabajo. Sin embargo, se considera que los resultados no son malos, sino por el contrario tienden a ser positivos, para una empresa con el 55% de sus empleados sindicalizados.

Tabla 19

Resultados de evaluación de satisfacción laboral entre el 2013 y el 2016.

Año	Satisfacción laboral
2013	72.00%
2014	78.00%
2015	76.00%
2016	77.00%

Los resultados de satisfacción laboral mostrados tienen relación, también, con los diferentes programas sociales y beneficios que ofrece la empresa a sus colaboradores, así como también a los familiares de los mismos y a la comunidad. Cabe mencionar que entre los beneficios se incluyen los diversos programas de capacitación que ofrece la empresa, los cuales se detallan en la Tabla 20.

En lo referente a la ergonomía en el trabajo, cabe mencionar que, debido a las características propias del proceso productivo, el cual requiere de grandes maquinarias, y debido al nivel de automatización de la empresa, la mayoría de labores se realizan desde celdas de control. Estas se ubican adecuadamente y están equipadas con una serie de pantallas y módulos de control, que permiten a los operarios observar y controlar el proceso. Un ejemplo de ello se muestra en la Figura 40.

Tabla 20

Programas e incentivos para trabajadores y comunidad.

Programa	Descripción
Capacitaciones	Capacitación permanente en diversos temas, principalmente en SST, para concientizar a los colaboradores y prevenir accidentes laborales. Desde el 2006, se han acumulado alrededor de 10 mil horas de capacitación.
Coaching	Programas de coaching, como el coaching de tipo sombra. Este permite capacitar al personal para que pueda estar preparado a asumir un puesto de mayor nivel.
“Hora de la seguridad”	Charlas semanales para concientizar a los colaboradores en SST. Se ha notado que, a medida que se incrementa el porcentaje de participación de colaboradores se reduce la frecuencia de accidentes.
Escolaridad	Apoyo a los colaboradores a que terminen sus estudios primarios y secundarios y puedan aplicar al sistema de capacitación industrial. Cerca del 75% de los colaboradores sin estudios han sido beneficiados.
Homologación de operadores	Capacitación técnica a los colaboradores, para mejorar su desempeño. El programa dura 320 horas, y más de 120 personas ya han sido beneficiadas.
Formación de instructores internos y monitores	Formación técnica a los colaboradores. Más de 150 personas ya han sido beneficiadas con estos programas.
Concurso de 5S por sub-áreas	Concursos para motivar a los colaboradores a implementar las 5S en sus lugares de trabajo, para mejorar el resultado de sus operaciones. A cambio, se da reconocimiento al sub-área de mejor desempeño.
Escuela técnica	Educación técnica gratuita en mecánica y metalúrgica a jóvenes de la zona y posibilidad de practicar en la empresa, siendo los principales beneficiados los hijos de los colaboradores. A la fecha más de 110 jóvenes han podido practicar.
Voluntario “Gerdau”	Incentiva a los colaboradores a que participen en actividades de apoyo social, logrando mejorar su motivación al sentir que apoyan al desarrollo de su comunidad.
“Ver para aprender”	Evaluación visual gratuita a escolares de colegios nacionales de la zona. Al 2017, más de 40 mil escolares han sido atendidos y cerca de 1500 lentes han sido entregados gratuitamente.
Escuela musical	Busca desarrollar la primera orquesta sinfónica infantil-juvenil de la zona, siendo que al 2017 se han educado a más de 150 niños, alrededor de 100 de los cuales ha sido becado.
Bonificación por descanso médico no utilizado	Bonificación de dinero para los colaboradores que no han utilizado el descanso médico en el año. El 2017, 822 colaboradores han recibido esta bonificación.
Becas	Becas a los hijos de los colaboradores para que puedan culminar sus estudios superiores. En el 2017, se entregaron 57 becas.
Asignación de escolaridad	Apoyo a los colaboradores con los gastos de matrícula de sus hijos. En el 2017, 455 colaboradores han sido beneficiados.



Figura 40. Cabina de control.

Lo mencionado anteriormente está en línea con los métodos de trabajo y la economía de movimientos. Esto, debido a que, al considerar que la mayoría de operadores en las plantas de acería y laminación trabaja en celdas de control y monitorean procesos cuyo tiempo está determinado por el tiempo de máquina, no hay mayor oportunidad de reducir los movimientos que efectúan o de simplificar la forma en que estos ejecutan su labor para que la realicen de manera más eficiente.

En relación con la medición de tiempos, se efectuó un análisis de Touch Time Vs. Tiempo de Ciclo para las etapas que conforman el proceso de fabricación de palanquillas. Ello con la intención de identificar cuál es el proceso que tiene mayores oportunidades de introducir mejoras que aumenten el porcentaje de tiempo neto invertido en esa etapa que realmente agregue valor, cuyos resultados se pueden apreciar en la Figura 41. Se puede determinar que es el horno eléctrico la etapa en la cual la mayor parte del tiempo invertido en sí misma agrega valor al producto final. Adicionalmente, las etapas de cizallamiento y horno

cuchara tienen resultados similares y alrededor del 40%, lo que refleja que no hay demasiado tiempo desperdiciado o que no agregue valor. Sin embargo, la etapa de oxicorte, al tener el valor más bajo (24%), refleja que es la etapa ideal en la cual se pueden aplicar mejoras. Estos resultados se pueden explicar debido a que las etapas de cizallamiento, horno eléctrico y horno cuchara son procesos continuos, en donde el trabajo es realizado por maquinarias y equipos especializados para su función.

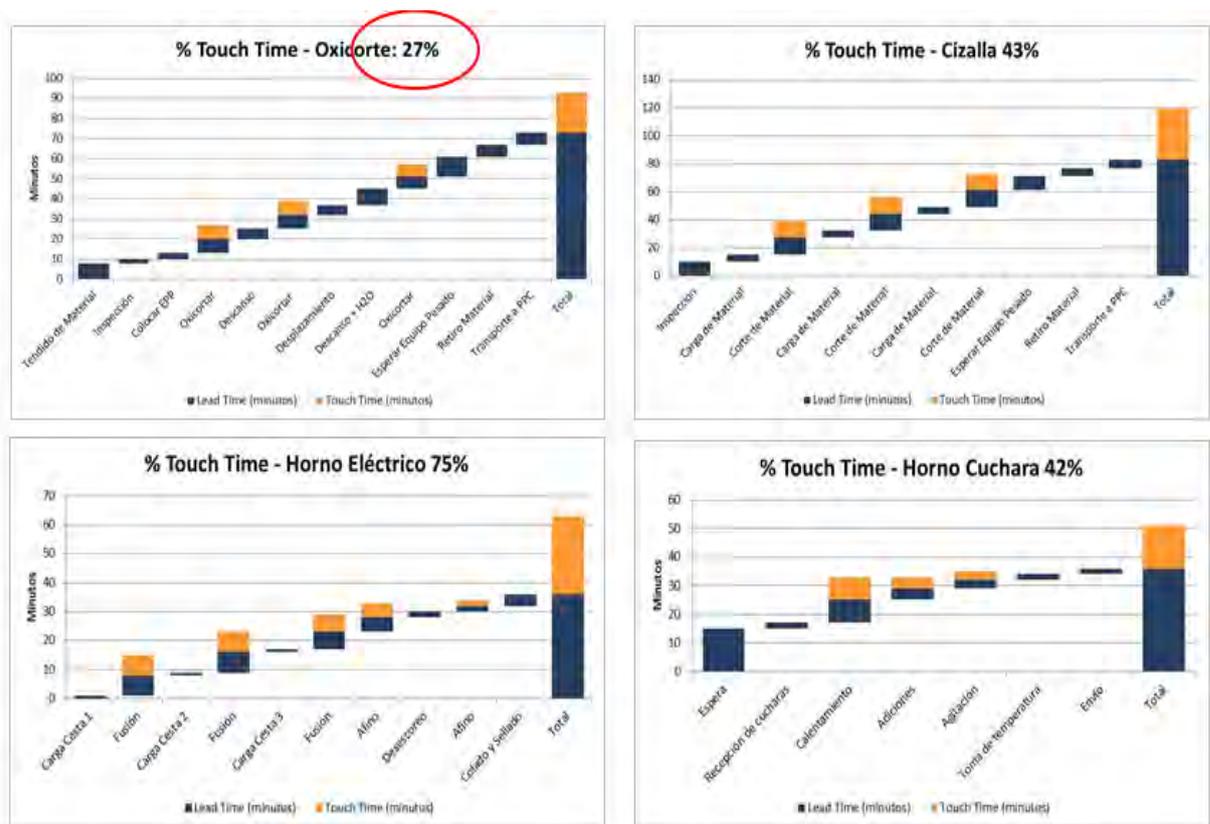


Figura 41. Análisis de Touch Time Vs. Tiempo de Ciclo.

El análisis realizado permite centrar la atención en la etapa de oxicorte, con lo cual, tal como se muestra en la Figura 42, se comprueba que, entre enero y abril del 2017, esta etapa dejó de producir alrededor de 650 t de chatarra de oxicorte según la demanda determinada por el plan de producción.

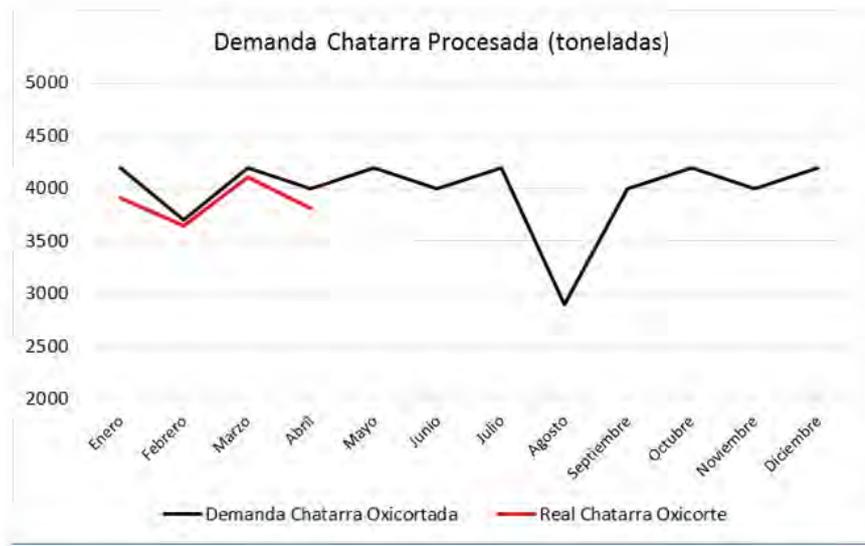


Figura 42. Demanda de chatarra Oxicortada.

Para indagar las razones del incumplimiento de la demanda, se efectuó un balance de líneas (ver Tabla 21), en la cual se aprecia que mensualmente quedarían sin atender 243 t de chatarra, la cual se debe reemplazar por chatarra importada. Esto significa que mensualmente se tendría un sobrecosto de 24,300 USD. Adicionalmente se identifica que los FTE disponibles los domingos equivalen a 2.5 colaboradores, dado que no en todos los turnos de trabaja se cuenta con 3 colaboradores. Por tanto, sólo los días domingo se dejan de entregar 110 t mensuales, mientras que el déficit semanal (lunes a sábado) es de 133 t.

Tabla 21

Balance de líneas de Oxicorte.

Proceso	Tiempo disponible por persona (minutos)	FTE (# personas /equipos)	Tiempo de proceso (minutos)	Capacidad (t/turno)	Demanda (t/turno)	Takt Time (minutos /t)	FTE ideal (#)	Capacidad con FTE ideal	Demanda no atendida mensual (t)
Oxicorte L-S	420	3	28	45	46.7	8.99	3.1	47	133
Oxicorte D	420	2.5	28	37.5	46.7	8.99	3.1	47	110
Total									243

7.3. Propuesta de Mejora

Se ha podido apreciar que la empresa gasta altas cantidades de dinero en pagar los sobretiempos de los operadores, dado que no se está cumpliendo con la meta del 5% de horas de sobretiempos en relación con las horas de trabajo totales. Esto sucede, principalmente, en las áreas de Industrial y Logística, es decir en las áreas operativas de la empresa. Por tal motivo, se propone hacer un estudio para identificar cuáles son las sub-áreas y los puestos de trabajo que más incurren en sobretiempos. A partir de ello, se debería analizar el diseño de esa sub-área y de ese puesto, de tal manera que se identifique las razones por las cuales se incurre en sobretiempos y tomar las acciones correctivas.

Por ejemplo, si se identifica que, en el área de Acería, el puesto de jefe de mantenimiento mecánico incurre frecuentemente en sobretiempos, se podría realizar un análisis de “Wrench Time”, con la finalidad de identificar la proporción de tiempo que el colaborador no está ocupado en trabajo productivo y, en base a ello, hacer las mejoras que se necesiten, como puede ser optimizar la planificación del mantenimiento. Adicionalmente, se debería analizar el diseño del puesto para verificar si este colaborador tiene la potestad de tomar las decisiones sobre el horario que labora y las funciones que realiza.

De efectuar los estudios sugeridos e implementar las acciones correctivas que permitan lograr reducir en 15% el sobretiempos sólo en Acería, la empresa ahorraría S/.18,313.65 mensuales, lo cual anualizado asciende a un monto de S/.219,763.80 (considerando los montos mostrados en la Figura 39). De lograr reducir el sobretiempos en otras áreas, el monto ahorrado sería aún mayor.

Adicionalmente, se ha comprobado que la etapa de oxicorte, entre enero y abril, ha tenido un déficit de 650 t de chatarra, lo cual, anualizado y considerando que se debe reemplazar por chatarra importada (US\$ 100 por tonelada más costosa), implicaría un sobre costo anual de 187,000 USD. En respuesta a ello, el balance de líneas del proceso de

oxicorte mostrado en la Tabla 21, sugiere la posibilidad de completar el número de colaboradores en los 3 turnos del domingo. Con ello, si bien se incrementa el costo laboral en aproximadamente 1,200 USD mensuales, se reduce el déficit de chatarra de oxicorte. Ello permite que la cantidad de chatarra importada que se emplea mensual se reduzca de 243 t a 153 t, lo que representa, como se muestra en la Tabla 22, un ahorro potencial anual de 93,600 USD.

Tabla 22

Balance de líneas de Oxicorte – Futuro.

Proceso	Tiempo disponible por persona (minutos)	FTE (# personas /equipos)	Tiempo de proceso (minutos)	Capacidad (t/turno)	Demanda (t/turno)	Takt Time (minutos /t)	FTE ideal (#)	Capacidad con FTE ideal	Demanda no atendida mensual (t)
Oxicorte L-S	420	3	28	45	46.7	8.99	3.1	47	133
Oxicorte D	420	3	28	45	46.7	8.99	3.1	47	20
Total									153
Sobrecosto (US\$)									15,300
Diferencia con estado actual (US\$)									9,000
Costo laboral (US\$)									1,200
Ganancia mensual (US\$)									7,800
Ganancia anual (US\$)									93,600

7.4. Conclusiones

Si bien el área de “Personas” de Empresa del Acero S.A. realiza unas descripciones de puestos detalladas, en las cuales se especifican el objetivo, las funciones, los conocimientos, las habilidades y el entorno de cada puesto de trabajo, se ha comprobado que el personal incurre en muchas horas extras, lo cual representa altos montos de dinero mensuales para la empresa.

Se ha demostrado que el índice de rotación de personal en Empresa del Acero S.A., es bajo. Esto debido a que la compañía cuenta con el 55% del personal sindicalizado, lo cual, complica los despidos de personal, ya sea por exceso de recursos o por mal desempeño. Además, en el país tan solo hay dos empresas dedicadas a la siderurgia y los puestos de trabajo requieren de un alto grado de especialización técnica.

A pesar de tener el 55% del personal sindicalizado, los resultados de satisfacción laboral se mantienen constantes a lo largo de los últimos años. Esto se debe al bajo índice de rotación y a las diversas iniciativas y programas de capacitación y apoyo social que tiene implementada la empresa.

La mayoría de puestos de trabajo, tanto en la planta de Acería como en la de laminación, se efectúan desde celdas de control. Desde ellas se monitorean y controlan los procesos productivos por medio de pantalla y módulos de control.

Un estudio de tiempos y de balance de líneas, demostró que, completando el turno de domingo en la etapa de oxicorte, se reduce la cantidad de chatarra importada que se emplea, la cual, al ser más costosa, representa una posibilidad de disminución de costos para la empresa.

Capítulo VIII: Planeamiento Agregado

En este capítulo se revisa todo lo concerniente al planeamiento agregado de la empresa, enfocándonos principalmente en la estimación de la demanda y en el requerimiento de recursos de manufactura.

8.1. Estrategias utilizadas en el planeamiento agregado

El proceso de planificación en Empresa del Acero S.A., en general es bastante completo y bien llevado en cuanto a su rigor, información y lógica. De manera general, los planes y programas para gestionar los recursos se llevan con la lógica mostrada en la Figura 43.



Figura 43. Esquema de planeamiento de Empresa del Acero S.A.

El plan de negocio, conocido como PEX, se realiza todos los años, en donde se comienza revisando el mapa estratégico, lineamientos corporativos, escenario económico y resultados obtenidos. Participan las principales gerencias, con ayuda de un asesor que actúa como moderador.

El resultado es el llamado PEX, que incluye el plan de ventas, plan de producción, plan de importaciones, plan de inversiones y el plan financiero. La planificación es estresada, hasta que calcen con las expectativas del accionista y con los lineamientos corporativos.

8.2. Análisis del Planeamiento Agregado

La planeación agregada, o según se denomina en la compañía Rolling Forecast, es liderada por el área de planeamiento y se lleva con un horizonte de 18 meses. Esta se realiza actualizando información con el uso de la información mostrada en la Figura 44.



Figura 44. Planificación en el mediano plazo.

Se realiza una revisión, con frecuencia mensual, entre planeamiento y cada una de las áreas involucradas, y el resultado es la actualización del plan de ventas, del plan de inventarios, del plan de importaciones y del plan de producción. Esta planeación se realiza manualmente en una hoja de cálculo de Microsoft Excel y se envía parcialmente a las partes involucradas.

En la Tabla 23 se puede apreciar un ejemplo de la planeación agregada para la planta de acería y la planta de laminación. Se observa que el plan es bastante regular de mes a mes, las variaciones se deben principalmente a paradas por mantenimiento programadas y feriados. En el caso de las líneas de colada continua, en Acería, se observa una baja utilización de la línea dado a que siempre es utilizada a menor capacidad debido a que en esa planta el cuello de botella es el horno eléctrico. Adicionalmente se observa que en la planeación agregado no se alcanza mucho detalle en cuanto a recursos de mano de obra o costos.

Tabla 23

Planeación agregada de Empresa del Acero S.A. del periodo julio de 2016 a diciembre de 2017.

PRODUCCIÓN		Jul-16	Ago-16	Set-16	Oct-16	Nov-16	Dic-16	Ene-17	Feb-17	Mar-17	Abr-17	May-17	Jun-17	Jul-17	Ago-17	Set-17	Oct-17	Nov-17	Dic-17
ACERIA																			
Horno Eléctrico	Tn	32,084	32,812	32,771	34,573	33,370	34,014	34,429	30,834	33,507	34,069	34,957	34,166	34,386	16,635	33,551	35,045	33,947	34,738
Colada Continua III	Tn	31,394	32,106	32,065	33,828	32,652	33,282	33,688	30,171	32,786	33,336	34,205	33,431	33,646	16,277	32,829	34,291	33,216	33,990
LAMINACIÓN																			
Laminador I	Tn	21,072	21,465	22,552	20,949	22,270	22,660	22,660	21,601	20,167	22,366	21,601	22,366	11,565	17,496	20,120	20,869	22,557	21,792
Laminador II	Tn	18,354	19,933	20,700	19,161	16,553	19,461	18,618	19,547	18,084	20,236	19,634	20,322	19,634	20,322	20,322	19,634	14,768	17,746
Laminador III	Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enderezado de Barras	Tn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Enderezado de Alambrón	Tn	3,453	4,125	3,972	4,324	4,416	4,048	4,303	3,995	4,456	4,303	4,456	4,303	3,728	4,456	4,303	4,456	4,303	4,303
UTILIZACIÓN DE CAPACIDAD																			
ACERIA																			
Horno Eléctrico	%	92%	94%	97%	99%	91%	93%	94%	87%	92%	93%	96%	94%	94%	46%	92%	96%	93%	95%
Colada Continua III	%	63%	64%	64%	68%	65%	67%	67%	60%	66%	67%	68%	67%	67%	33%	66%	69%	66%	68%
LAMINACIÓN																			
Laminador I	%	92%	93%	98%	91%	97%	99%	99%	94%	88%	97%	94%	97%	50%	76%	87%	91%	98%	95%
Laminador II	%	87%	95%	99%	91%	79%	93%	89%	95%	86%	96%	93%	97%	93%	97%	97%	93%	70%	85%
Laminador III	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Enderezado de Barras	%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
Enderezado de Alambrón	%	80%	101%	96%	86%	88%	81%	86%	80%	89%	86%	89%	86%	45%	89%	86%	89%	86%	86%

8.3. Pronóstico y modelación de la demanda

En el sistema productivo acería-laminación existen dos estimaciones de la demanda. Primero se determina la demanda por productos a partir de la planeación agregada, con la cual luego se determina que parte se producirá en la línea de laminación y que parte se importará. Luego, para la línea de acería, a partir del plan de producción de laminación, se determina que parte será importada y que parte será producida por la acería. Dado que la capacidad de las líneas de producción es menor a la demanda, siempre se presume que el exceso de la demanda será cubierto con importaciones o con el stock de producto acumulado.

A pesar de tenerse esto estructurado siempre hay desviaciones, dado que la estimación de la demanda agregada no utiliza un método cuantitativo para esta estimación, por lo que es común apreciar errores importantes de estimación en algunos meses, como se ve en la Figura 45 que muestra el pronóstico y la demanda real de una de las líneas de negocio. Nótese errores de más de 20% en algunos meses, lo que generó desvíos en el plan de inventarios y en general en la capacidad de atención a la demanda. La planificación no incluye plan de recursos humanos ni definiciones tácticas en relación con personas.

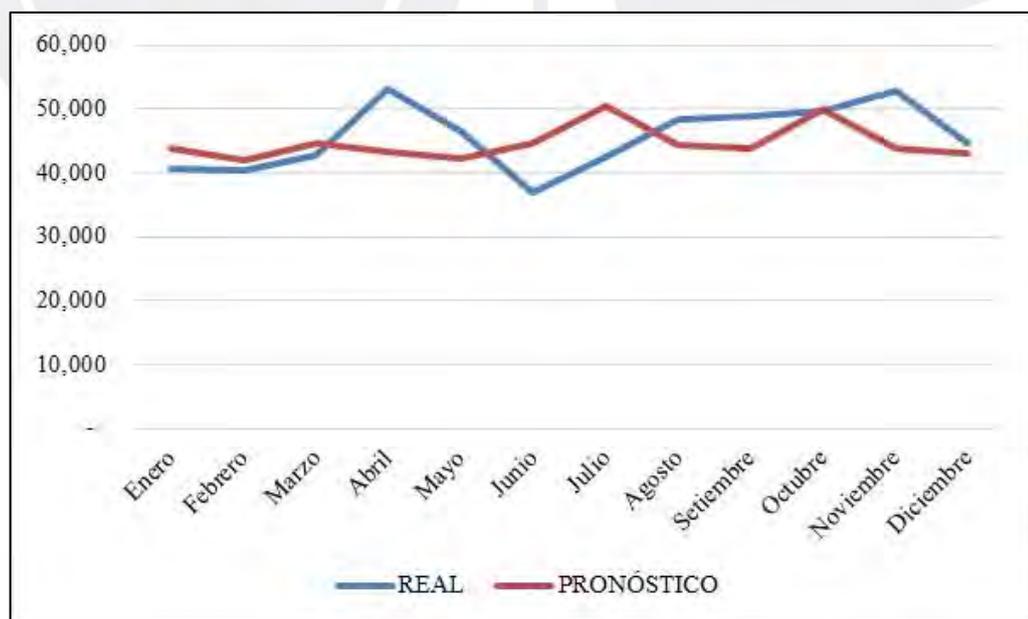


Figura 45. Demanda mensual real vs. estimada año 2016 en líneas de construcción civil.

En acería, la demanda está dada por el cliente interno laminación, quienes ocupan toda la capacidad de producción de la planta de Acería. Y como se puede apreciar, la demanda es mayor a la capacidad de oferta de la planta de Acería. La diferencia entre la demanda y oferta se suple con importación de palanquilla importada, que no deja de ser un competidor de la palanquilla nacional ya que su precio es bastante competitivo. Por ello, la planificación y programación de la acería se programar a toda su capacidad todos los meses, de manera de lograr un bajo costo fijo y reducir la necesidad de importación de semiterminado importado.

Si bien el producto de la acería son las palanquillas, y la planeación agregada se realiza en función al tonelaje, se tiene varias presentaciones de las mismas que dependen del tamaño y aleaciones específicas, las cuales son llevadas a volúmenes relativos a las diferentes presentaciones, dependiente también de la planificación de las importaciones y de las presentaciones que se consigan a precios competitivos.

8.4. Planeamiento de Recursos (Programa Maestro)

El plan agregado de producción es usado, para determinar las necesidades de materiales productivos, definir las necesidades producción, y poder definir paradas por mantenimiento. El plan agregado, al ser revisado, debería levantar alarmas por una futura falta de capacidad o falta de materias primas, pero, al ser un proceso manual, no siempre se activan estas alarmas. El área de suministros utiliza el plan de producción agregado para planificar las compras de las materias primas, este proceso, se realiza en paralelo al Rolling Forecast, también en Microsoft Excel.

Se cuenta con una lista de materiales por cada SKU, con suficiente nivel de detalle. Las listas de materiales se encuentran en la base de datos del sistema SAP que se tiene instalado; pero en paralelo, el área de Suministros maneja además ratios de consumo, que son también una buena referencia para verificar los reportes en algunos casos.

Respecto a la utilización del SAP para la planificación de recursos se puede resaltar lo siguiente:

- Es ampliamente utilizado como software para el registro de las operaciones y se mantiene actualizado por turno de manera disciplinada.
- La disponibilidad de listas de materiales en el SAP es adecuada.
- Disponibilidad de rutas de fabricación en SAP y disponibilidad de datos maestros completos.

SAP es un muy bien sistema de control de la producción y control de costo, pero no se usa como herramienta de planificación y programación, a pesar de que está disponible realizando algunos ajustes. Sin embargo, se tiene un sistema de información paralelo en las carpetas de red en hojas de cálculo de Microsoft Excel que alimenta al SAP y toma datos del mismo. Como resultado se ha tenido casos recientes en donde la planificación de materiales productivos, algunos de ellos de importación, se realizó sin el uso del Rolling Forecast vigente, lo que ocasionó molestias y sobrecostos por compras urgentes.

8.5. Propuestas de mejora

En el planeamiento de las operaciones se ha identificado dos debilidades: el método para la determinación de la demanda y adicionalmente la no utilización del software SAP respecto a sus funciones de MRP.

Respecto a la determinación de la demanda, según Anderson et al. (2011) existen diferentes métodos cualitativos y cuantitativos. En Empresa del Acero S.A. se emplea el juicio experto para la determinación de esta, pero no se encontró una justificación adecuada que explique su método subjetivo ni se evidencio que se haya probado otro método para lo mismo, además, según se aprecia en la Figura 46, son varios años en que hay imprecisiones en la demanda.

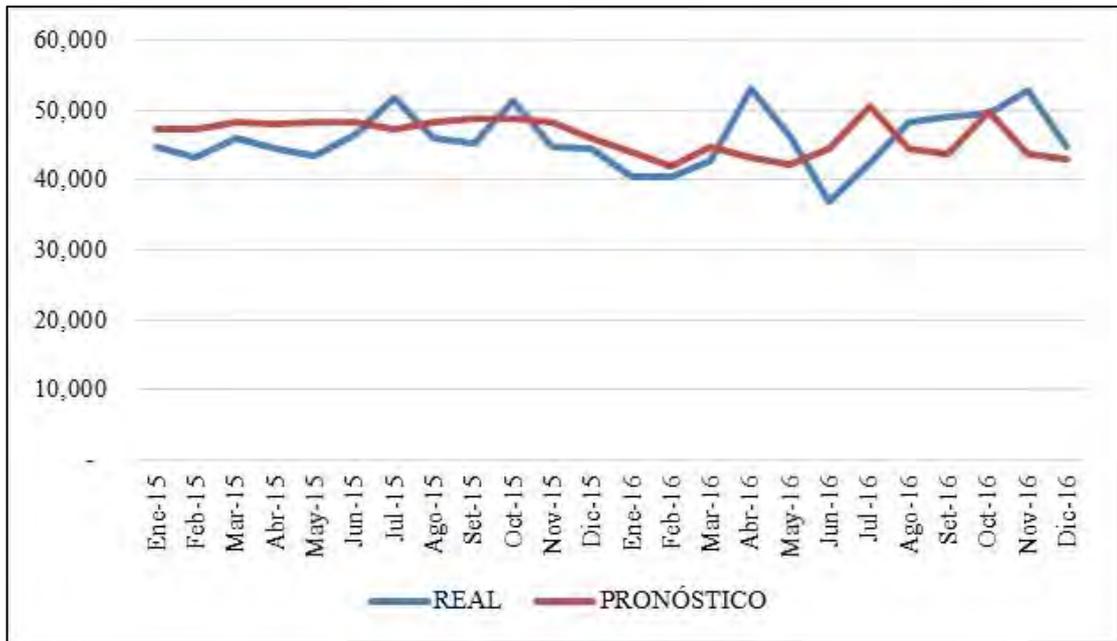


Figura 46. Demanda real vs. Estimada 2015-2016 para barras de construcción.

Dada esta imprecisión se optó por analizar la gráfica de la demanda mensual desde el año 2013 al año 2016, la cual se puede apreciar en la Figura 47. En la gráfica se puede apreciar una tendencia resaltada en la línea de color verde, además de un patrón de estacionalidad ya que se puede apreciar por cada año dos picos altos y dos picos bajos.

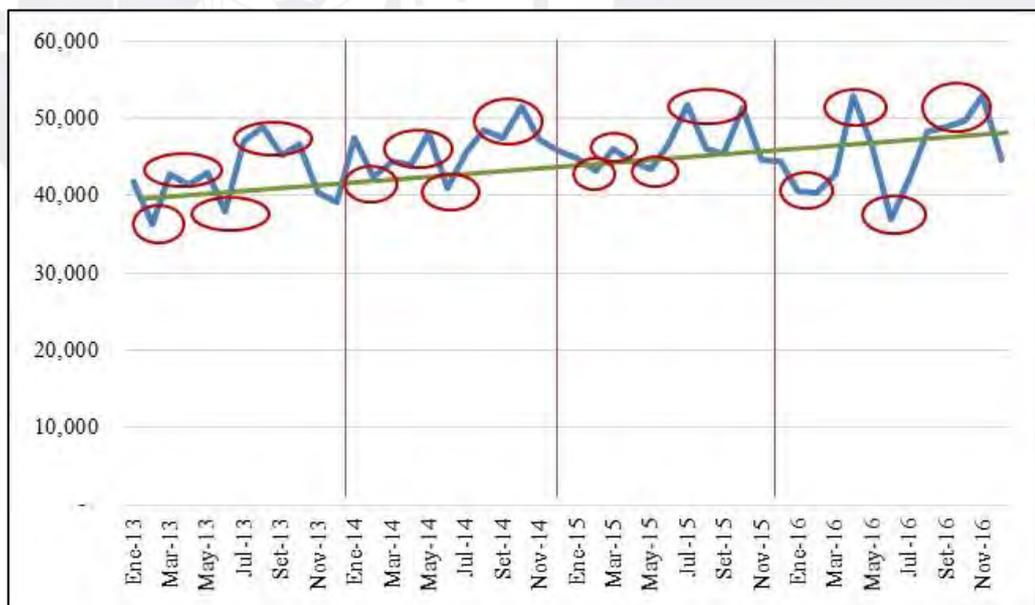


Figura 47. Demanda real en una de las líneas de negocio del año 2013 al año 2016.

Adaptado de *Reporte de Ventas 2013, 2014, 2015, 2016*, por Empresa del Acero S.A. s.f. c.

Con la información obtenida en la gráfica se optó por probar un modelo cuantitativo de proyección de tendencia ajustada por influencia estacional, según recomiendan Anderson et al. (2011). Se obtuvo una tendencia de 94 toneladas por mes y los índices de estacionalidad, mostrados en la Tabla 24. El pronóstico obtenido para el año 2017 se muestra en la Tabla 25, el cual fue obtenido mediante los cálculos mostrados en el Apéndice H, tomando como información la demanda real desde el año 2013.

Tabla 24

Índices de estacionalidad por mes de modelo cuantitativo de pronóstico de demanda.

Mes	Índice de estacionalidad
Enero	0.97
Febrero	0.90
Marzo	0.98
Abril	1.01
Mayo	1.00
Junio	0.90
Julio	1.04
Agosto	1.06
Setiembre	1.04
Octubre	1.10
Noviembre	1.03
Diciembre	0.97

Tabla 25

Pronóstico de demanda mensual para el año 2017 en toneladas.

Mes	Pronóstico
Enero	45,919
Febrero	42,729
Marzo	46,426
Abril	48,380
Mayo	47,909
Junio	43,176
Julio	49,732
Agosto	51,104
Setiembre	49,957
Octubre	53,289
Noviembre	49,612
Diciembre	46,790

Con la información obtenida de la Tabla 23, el pronóstico de los expertos para el año 2017 y la demanda real de los meses de enero a mayo del mismo año, se determinó la desviación por mes y acumulada de la demanda, según se aprecia en la Tabla 26. Se aprecia en dicha tabla que en el acumulado se ha logrado mayor precisión que el juicio de los expertos, sin embargo, en ambos casos la diferencia de la estimación es muy alta.

Tabla 26

Cálculos de diferencia entre demanda estimada y demanda real para juicio de expertos y modelo cuantitativo.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Acumulado
Juicio de expertos	46,496	45,417	47,483	47,536	47,016	233,947
Demanda real	43,465	41,941	39,163	36,950	46,572	208,091
Diferencia	- 3,031	- 3,476	- 8,320	- 10,586	- 444	- 25,856
Modelo cuantitativo	45,919	42,729	46,426	48,380	47,909	231,364
Demanda real	43,465	41,941	39,163	36,950	46,572	208,091
Diferencia	- 2,454	- 788	- 7,263	- 11,430	- 1,337	- 23,273

Adaptado del «Informe de mensual de ventas» (p. 5), por Empresa del Acero S.A., 2017, Chimbote, Perú: Autor.

Dada la situación mostrada, se optó por analizar la gráfica de la demanda real, según se aprecia en la Figura 48. En la gráfica se observa que desde el año 2016 hubo picos de baja demanda mensual más baja que en los años anteriores, igualmente se ve que, a pesar de que hubo picos altos, estos no eran cada vez mayores, lo cual se confirma con la información del año 2017, donde se ve que la menor demanda del primer semestre es menor que la menor demanda del semestre del año anterior, lo que evidencia una modificación en la tendencia. Esto muestra que hay factores externos que están afectando la tendencia de la demanda, como por ejemplo el contexto político económica actual del país, los cuales imposibilitan la utilización de este tipo de modelo cuantitativo según indican Anderson et al. (2011). Por lo que a pesar de que muestra menor diferencia en la predicción, el modelo más adecuado para determinar la demanda en estos tiempos sería el juicio de los expertos.

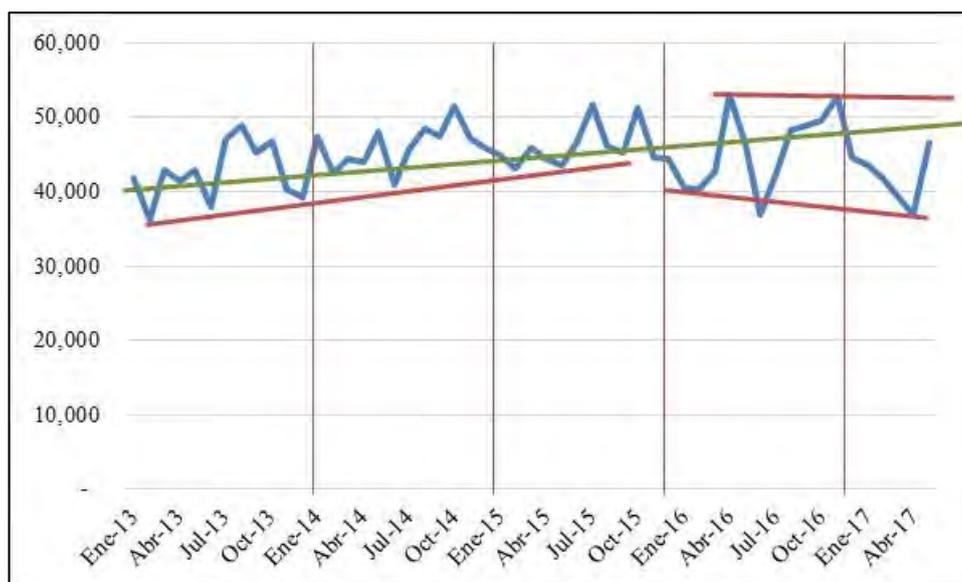


Figura 48. Demanda real en barras de construcción del 2013 a Mayo de 2017.

Respecto a la utilización del SAP como herramienta MRP, se ha observado dos factores, el primero es que el SAP es una herramienta muy potente que actualmente, según la teoría de sistemas de información de Badiru (2006), se está empleando solo como un sistema de gestión transaccional, donde se registra la información y termina siendo usado como una herramienta de registro y de costo. Más no se ha logrado alcanzar el nivel soporte de decisiones o soporte de ejecutivos. Tampoco se ha logrado utilizar como herramienta de gestión de inventarios inclusive. El otro factor es que esta planificación a mediano y largo plazo, como se evidenció con decisiones que se están dando en paralelo en hojas de cálculo de Microsoft Excel que circulan a través de los mandos medios a través de correo, tiene diferentes fuentes de información confusas y redundantes, y no se tienen procedimientos estandarizados, lo cual genera sobrecostos por malas decisiones.

Por ejemplo, un problema que se ha identificado como frecuente, es que el área de compras en los últimos años ha realizado compras spot del insumo Ferro Silico Manganeso. Junto con el encargado del área se evaluó escenarios y sus probabilidades respecto de las pérdidas generadas por estas compras spot, las cuales eran de 180 USD/tonelada, con la cual se elaboró la Tabla 27, donde se muestra una pérdida esperada anual de 42,840 USD. Este

sobrecosto se da debido a que este insumo se compra anualmente de manera corporativa de acuerdo con la planificación maestra la cual tiene un precio mucho menor a las compras spot.

Tabla 27

Pérdida esperada anual por compras spot de Ferro Sílico Manganeso en USD

Escenario	N° compras spot/año	Pérdida	Probabilidad	Pérdida esperada
A	0	-	10%	-
B	1	25,200	20%	5,040
C	2	50,400	60%	30,240
D	3	75,600	10%	7,560
Esperado				42,840

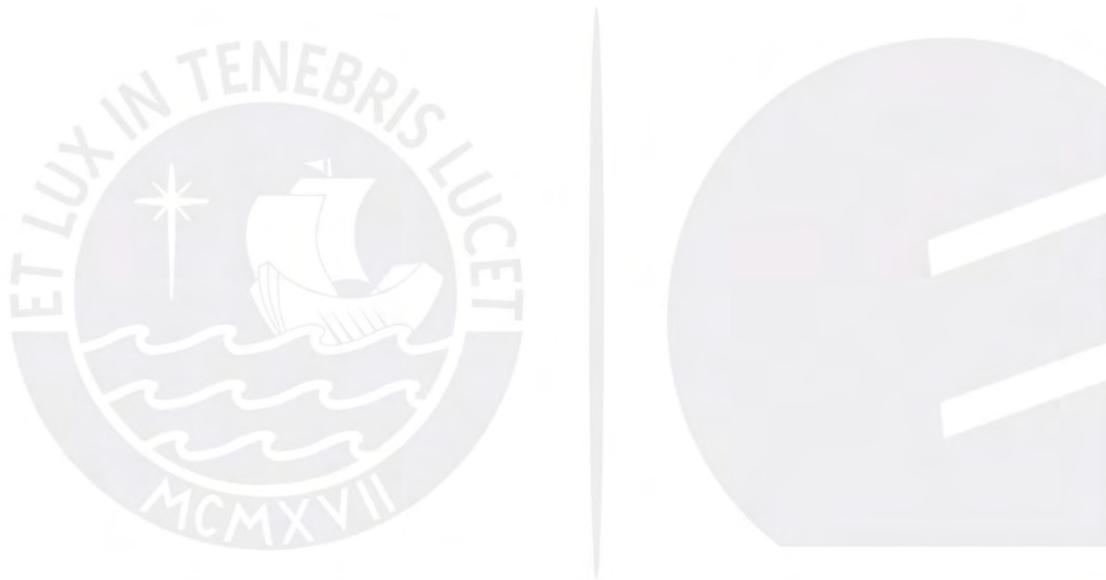
Se identificó que el personal de compras no realizaba estas compras corporativas por sugerencias del SAP, la cual se obtendría luego de correr el MRP de acuerdo con los niveles de stock del SAP y al plan de ventas y producción. Esta información no está disponible en el SAP, por lo que realizan la compra viendo manualmente unas hojas de cálculo y no utilizan correctamente los stocks del SAP tampoco.

Se identificó cuatro gerencias, con un total de 35 personas que requieren una nueva capacitación para mejorar el proceso de MRP y asegurar la disponibilidad de los materiales, tanto como la adquisición de los mismos a precios competitivos. Esta capacitación requiere un total de 40 H-H por ejecutivo, con un costo promedio ponderado de H-H para el personal ejecutivo de S/ 94. Según lo consultado con el jefe del área de sistemas, el costo del personal de instrucción para esta capacitación sería de S/16,000. En total la inversión sería de 44,500 USD, por lo que la inversión se recuperaría en poco más de un año, incluso teniendo en cuenta solo el sobrecosto generado en este insumo. Adicionalmente se identificó que el cierre de órdenes en SAP es mensual, lo que impide que puedan realizar un correcto MRP en el mismo, ya que es difícil rastrear movimientos sin registro. De esta manera se mejoraría la utilización del SAP como una herramienta transaccional más eficiente, y finalmente emplearla como herramienta de toma de decisiones y de planificación.

8.6. Conclusiones

El pronóstico de la demanda a partir del juicio de expertos no es el método más acertado, pero desde el año 2016 ha habido mucha variabilidad en la misma por factores externos, que impide utilizar algún modelo cuantitativo, por lo que el juicio de los expertos continúa siendo una buena alternativa. Posteriormente se recomienda utilizar el modelo cuantitativo de proyección de tendencia ajustada por influencia estacional.

La utilización del SAP se limita a la de un sistema de información transaccional, lo que está generando ciertos desordenes con las hojas de cálculo de Microsoft Excel empleadas, generando sobrecostos por un MRP mal llevado. Sin embargo, una capacitación del personal podría corregir el error y la inversión se recuperaría en tan solo un año.



Capítulo IX: Programación de Operaciones Productivas

En el presente capítulo se realiza una revisión de las consideraciones para la optimización del proceso productivo y su programación. Además, se plantea algunas mejoras para mejorar el desempeño de los procesos.

9.1. Optimización del Proceso Productivo

Dado que para Empresa del Acero S.A. la demanda es más alta que la oferta por un motivo estratégico, ambas plantas están obligadas a trabajar el mayor tiempo posible y la optimización de la programación resulta crítica.

Ambas plantas trabajan 24 horas al día y los 7 días de la semana. La planta de acería tiene un requerimiento de parar 10 horas cada 15 días para actividades de inspección, limpieza, lubricación y cambios de repuestos programados. Es poco habitual que los trabajos se extiendan por unas horas más ya que el trabajo es bastante estructurado y se ha optimizado tras varios años de trabajo con ese ciclo operativo. Además, por el alto costo de la energía eléctrica, es necesario parar la planta algunos días de la semana en las noches por tres horas, según el nivel máximo de demanda brindada por la empresa proveedora de corriente, lo que al mes totaliza alrededor de 22 horas de paradas por este concepto. La planta de laminación para 4 horas semanales cada línea para mantenimiento programado. Igual que en la planta de acería se para 15 días al año cada línea para mantenimiento. Esta planta no para por hora punta ya que su consumo de corriente no es tan alto. En el caso de las paradas de mantenimiento prolongado las dos plantas nunca paran a la vez por la disponibilidad del personal de mantenimiento y de personal contratista especializado.

Los productos que se fabrican en la planta de laminación han sido diseñados de acuerdo con estándares de la industria y la variedad de productos actualmente se limita a ocho SKU. Mientras que las palanquillas producidas en acería también presentan ocho formatos de acuerdo con la barra de fierro que le corresponde. A pesar de ser ocho tipos de palanquillas,

estas únicamente tienen dos perfiles: uno de 100x100 cm y otro de 130x130 cm. La variedad que genera los ocho tipos no es por aleación sino por longitud.

9.2. Programación

El área de planeamiento elabora el programa de producción mensual de laminación, teniendo en cuenta el plan de ventas, las importaciones de producto terminado y el stock de producto terminado; luego, a partir de este programa, el stock de palanquillas y las importaciones de palanquillas, se elabora el programa de producción de acería. Ambos programas son enviados a la vez a través de correo electrónico a todo el personal de operaciones. Normalmente el programa de acería no cambia a lo largo del mes, mientras que el de laminación a veces tiene revisiones semanales, pero no es común.

En la planta de acería, la fabricación de palanquillas se realiza en lotes de 35 toneladas, aunque se producen varios lotes del mismo acabado de manera continua por varias horas, o incluso días. El tamaño del lote está limitado por la capacidad del horno eléctrico y las grúas. Estos lotes se producen cada 40 a 44 minutos. Otro aspecto importante por considerar en la programación, además de las paradas de mantenimiento, es el tiempo de cambio de producto, los cuales demoran aproximadamente 5 horas, por lo que se programa el mismo producto por varios días para evitar paradas.

La calidad es importante, como prioridad competitiva, y por ello se trabaja en un proceso estandarizado, monitoreando los parámetros en forma continua. La mayoría de los equipos de producción tiene instrumentación suficiente para capturar los principales parámetros de proceso, sin embargo, solo se tiene capacidad de monitorear en línea algunos pocos parámetros.

La capacidad actual de la planta de acería es de 35,000 t por mes, con una utilización del 94% aproximadamente. Una de las prioridades competitivas es el bajo costo, y además hay demanda sin atender de nuestro cliente interno. Así que, es de interés del área de

operaciones aumentar la capacidad para tener una mayor economía de escala, y cubrir la necesidad del proveedor interno. En este sentido, se ha venido aumentando el nivel de producción con mejoras en los ritmos de producción, reducción de interrupciones y aumento del tiempo disponible para la producción. Por cada tonelada de palanquilla producida nacionalmente se ahorra aproximadamente 20 USD.

La capacidad de la planta de laminación esta alrededor de las 45,000 toneladas por mes, por lo que siempre ingresan palanquillas importadas. Igualmente se importa barras de fierro en producto terminado ya que hay un déficit de aproximadamente 5,000 toneladas mensuales. En este caso, el déficit es necesario, ya que como se ha mencionado anteriormente se requiere que las líneas no paren para mantener las maquinas calientes y evitar perdida de energía, por lo que la capacidad debe ser menor que la oferta, e incluso si no lo fuera, tendría que reducirse intencionalmente.

Si bien se identificó orden y claridad en la programación de las líneas de producción que tienen procesos continuos, no fue así en el patio de chatarra de acería, donde se realizan las actividades de recepción de la chatarra, oxicorte, corte en cizalla y traslado de la chatarra al patio de preparación de cestas. Al no ser un proceso continuo y no agregar tanto valor como los procesos que se dan en el horno eléctrico, colada continua y trenes de laminación, no hay una utilización eficiente de los recursos.

Los operadores tienen inconvenientes con la llegada de camiones, la cual es irregular y sorpresiva. Ellos desconocen la cantidad de camiones que recibirán diariamente, además desconocen el tipo de chatarra que traerán. Esta información es importante ya que en esta área cuentan con grúas para el traslado de estos materiales que es un recurso limitado y les resulta muy complicado programar su mantenimiento correspondiente a cada una de ellas, y también es común que se generen colas largas de camiones, lo que genera fastidio en el área.

9.3. Gestión de la Información

Se identificó que el proceso de requerimiento de materiales y programación es bastante claro, sin embargo, se identificó que, como se vio en el capítulo VIII, no se está empleando el SAP en su totalidad y se trabaja de manera excesiva en hojas de cálculo de Microsoft Excel. Incluso se detectó que no hay generación automática de órdenes de fabricación a partir de órdenes previsionales de las recomendaciones del MRP del SAP, sino que estas se están creando de manera manual.

Si bien se realiza el registro adecuado y por lo general oportuno de las operaciones diarias y por turno, puntualmente se ha detectado algunos movimientos pendientes que, por falta de stock, generados en el sistema por inconvenientes con la documentación en el área de almacén que no permitan generar ingresos en el sistema, quedando en espera. Dado que las cierran mensualmente, pueden quedar algunos movimientos en espera que luego generan ineficiencias en el registro.

A pesar de tener una cantidad limitada de SKUs, no se ha logrado emplear el SAP como una herramienta de análisis, planeación y programación. Dado el potencial tremendo de esta herramienta es posible indicar que esta subutilizada.

9.4. Propuesta de Mejora

Se identificó tres oportunidades importantes. La primera es mejorar la utilización del SAP como herramienta de programación, la cual genera desorden y confusión, y coincide con lo encontrado y desarrollado en el capítulo VIII. La segunda propuesta está relacionada con la optimización de la acería, y consiste en minimizar los tipos de palanquilla, determinando en conjunto con la planta de laminación longitudes de la misma que puedan servir para varios tipos de barra, minimizando así los tiempos de parada por cambio de producto. Esta propuesta fue desarrollada también en el capítulo V desde un punto de vista de mejora del proceso productivo, pero también brinda mayor simpleza a la programación de las líneas. La tercera

propuesta está relacionada con la programación del trabajo en el patio de chatarra para optimizar la utilización de los camiones pulpo, reducir la cola de camiones y además mejorar el flujo de material de oxi-corte.

Respecto a la mejora de la programación de los trabajos en el patio de chatarra se identificó dos oportunidades relacionada con la ausencia de un programa. La primera oportunidad es la mejora de la recepción de camiones de chatarra. En el área de recepción no tienen un programa diario de cuantos camiones y que tipo de chatarra llegará. Esto produce que se desconozca cuando se puede disponer de los camiones pulpo para otras labores, como apoyo a otras áreas, reordenamiento del patio o para mantenimiento. Dado que estas compras de chatarra son muchas veces de oportunidad y no es posible realizar una plan con muchos días de proyección, se conversó con el área de compras y confirman que muchas veces estas compras las realizan con tan solo una semana de anticipación, por lo cual no hay un programa muy estructurado, pero nos indican que si tienen conocimiento de que camiones y que tipo de chatarra llegara con una proyección bastante cercana de dos semanas en adelante, y que normalmente ellos coordinan el día con el transportista.

Otro aspecto importante identificado es que los camiones tienen diferente tipo de chatarra, la cual es muy irregular al momento de ser descargado desde la grúa y el tiempo de descarga es muy variable. Los operadores saben identificar el tipo de chatarra y desde que un camión esta en cola se sabe aproximadamente cuanto demorara cada uno. La observación es que se aprecia que según la clasificación de las reglas de prioridad en la secuenciación sugerida por Render y Heizer (2014), ellos emplean un sistema PEPS, lo cual produce que cuando lleguen camiones con chatarra difícil de descargar el número de camiones aumente.

Se analizó información suministrada por el jefe del área de chatarra. En dicha área realizan conteo de la cola de unidades una vez por turno todos los días a la misma hora, según la información mostrada en el Apéndice I, donde se aprecia a nivel semana para el año 2016

el número de unidades en cola promedio y el tamaño máximo de cola de dichas semanas. La cola promedio oscila normalmente entre tres y ocho unidades, según se aprecia en la Figura 49, mientras que la cola máxima oscila entre 7 y 20 unidades. En la Figura 50, se observa que hay seis observaciones entre 15 y 20 camiones, mientras las demás observaciones se encuentran entre 7 y 11 unidades.

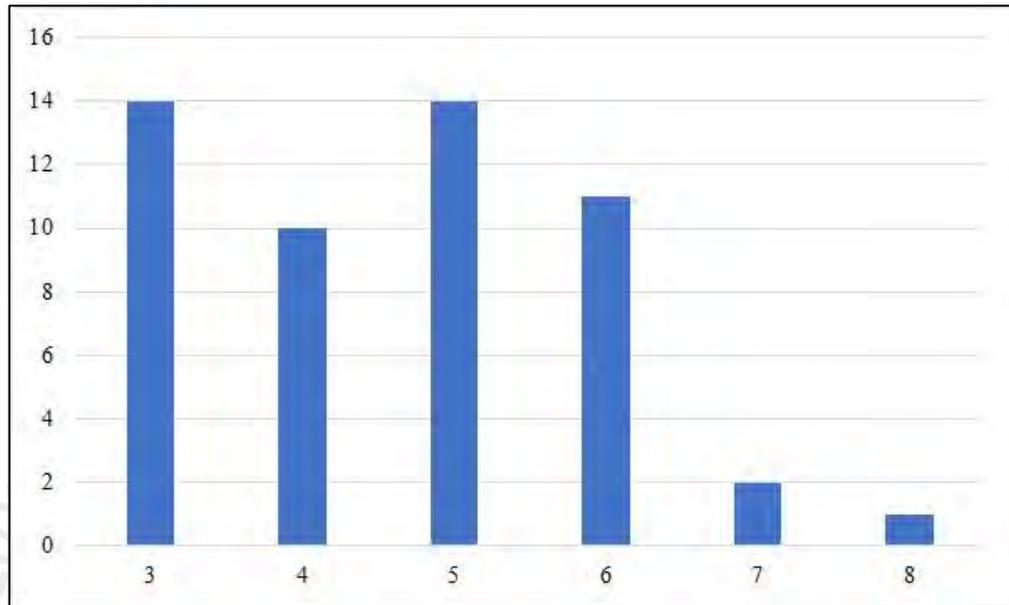


Figura 49. Histograma de número de unidades promedio en cola durante el año 2016.

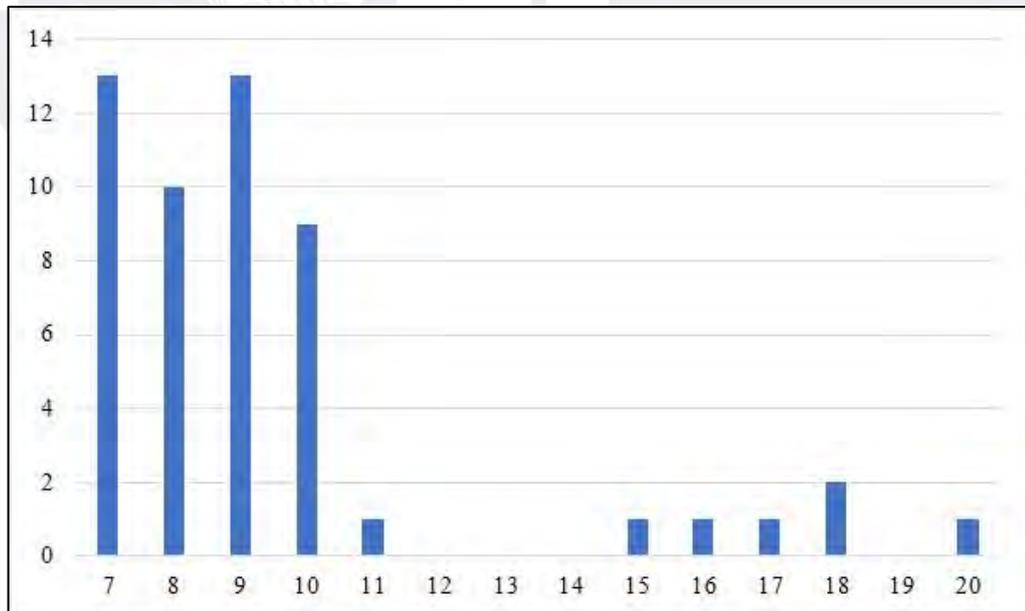


Figura 50. Histograma de número de unidades máximo en cola durante el año 2016.

Se conversó con el jefe de área de chatarra e indica que esto se debe a que en algunas oportunidades una de las grúas se malogra cuando está operando, o que la mandan a mantenimiento porque ya tendría algunos días de retraso o porque pensaban que no iban a llegar muchas unidades. El jefe del área, indica que no hay una penalidad económica por estos retrasos en descargar las unidades, las cuales estima que al mes pueden llegar a esperar entre todas un adicional de 230 a 250 horas, lo cual genera bastante fastidio entre los operadores y los choferes, además de aumentar el riesgo de accidente por trabajo a mucha presión. Considerando 40 US\$/hora, se estaría generando un sobre costo para los transportistas de US\$ 10,000 mensuales, lo cual anualizado sería un monto de US\$120,000. Esto evidencia la falta y necesidad de un programa de recepción de camiones.

Dada esta información, se propone que el área de compras indique las unidades que llegaran con una semana de anticipación. El programador de producción debería elaborar un Gráfico de Gantt indicando la recepción, mantenimientos y labores de apoyo que debe realizar cada grúa. De esta manera se estaría cumpliendo el criterio de disminución de tiempo de espera del cliente indicado por Render y Heizer (2014), que en este caso el camión sería de alguna manera el cliente, y si bien no hay un cobro directo por esta espera, el proveedor lo tiene en cuenta al momento de costear su servicio. Igualmente se estaría reduciendo el tiempo de flujo de trabajo, que según Krajewski et al. (2013), es una forma de medir el desempeño de los sistemas productivos.

La segunda oportunidad encontrada en el patio de chatarra se da en oxicorte, donde se detectó que el personal trabaja de acuerdo con su disponibilidad y una cantidad de entrega mínima, sin ninguna programación específica. A pesar de que se ha acumulado gran cantidad de material, siguen procesando material al mismo ritmo. El personal que realiza esta labor es tercero y no trabaja todos los días de la semana para avanzar con el material acumulado. Esta mejora fue desarrollada en el Capítulo VII, obteniéndose un beneficio de 93,600 USD por año

al realizar la programación los domingos para así reducir el consumo de la chatarra importada que tiene un costo mayor.

9.5. Conclusiones

Como se ha mencionado, la programación de producción en las líneas continuas de las plantas de acería y laminación está bastante optimizada. Sin embargo, esto no sucede en las operaciones realizadas en el patio de chatarra, tanto en la descarga de camiones (proveedores de chatarra), que dependen de las grúas pulpo, como en el área de oxicorte, que depende de personal de tercero.

Se requiere mejorar la programación de la llegada y descarga de camiones en el patio de chatarra, ya que eso permitirá disponer adecuadamente de los recursos necesarios para ello, así como también evitaría el malestar en los transportistas por el tiempo de espera, y por tanto, reduciría sobrecostos de transporte.

De manera similar, se debe mejorar la programación en el área oxicorte para poder determinar los recursos necesarios en la misma, ya que ello puede generar importantes ahorros para la empresa.

La utilización del SAP como herramienta de planificación y control da bastante potencial para mejorar la programación de los diferentes SKU, por tanto se debería potenciar su uso.

Capítulo X: Gestión Logística

El contenido de este capítulo describe los procesos de logística de la empresa, los cuales buscan aumentar la competitividad, optimizando costos, asegurando el suministro de materias primas y energéticos y optimizando la gestión del inventario. Se analizará la función de compras, almacenes, transporte y los principales costos logísticos para proponer acciones de mejora que contribuirán a que Empresa del Acero S.A. cumpla sus objetivos estratégicos.

10.1. Diagnóstico de la Función de Compras y Abastecimiento

Empresa del Acero S.A. tiene un esquema de productor e importador de productos de acero, de esta forma complementa su portafolio de productos y atiende la demanda que excede su capacidad instalada de producción. En este esquema se adquieren diferentes bienes y servicios, los cuales suman un volumen de compra anual del orden de 250 millones de dólares al año, y la distribución del monto pagado por familia de productos adquiridos es como se muestra en la Figura 51, donde observamos que más del 60% de las compras se centran en dos familias, la cuales manejan pocos SKUs, pero grandes volúmenes por cada uno.

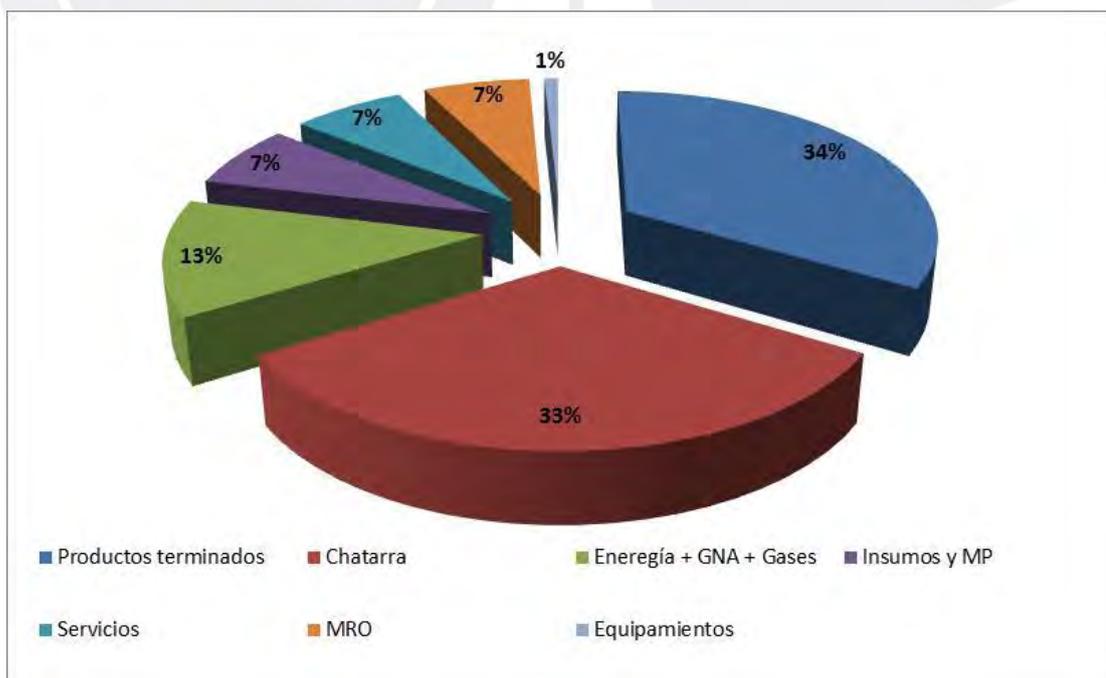


Figura 51. Distribución del volumen anual de compras.

Abriendo a categoría de productos terminados, y energía se ha construido un diagrama de Pareto que vemos en la Figura 52, para los principales materiales adquiridos.

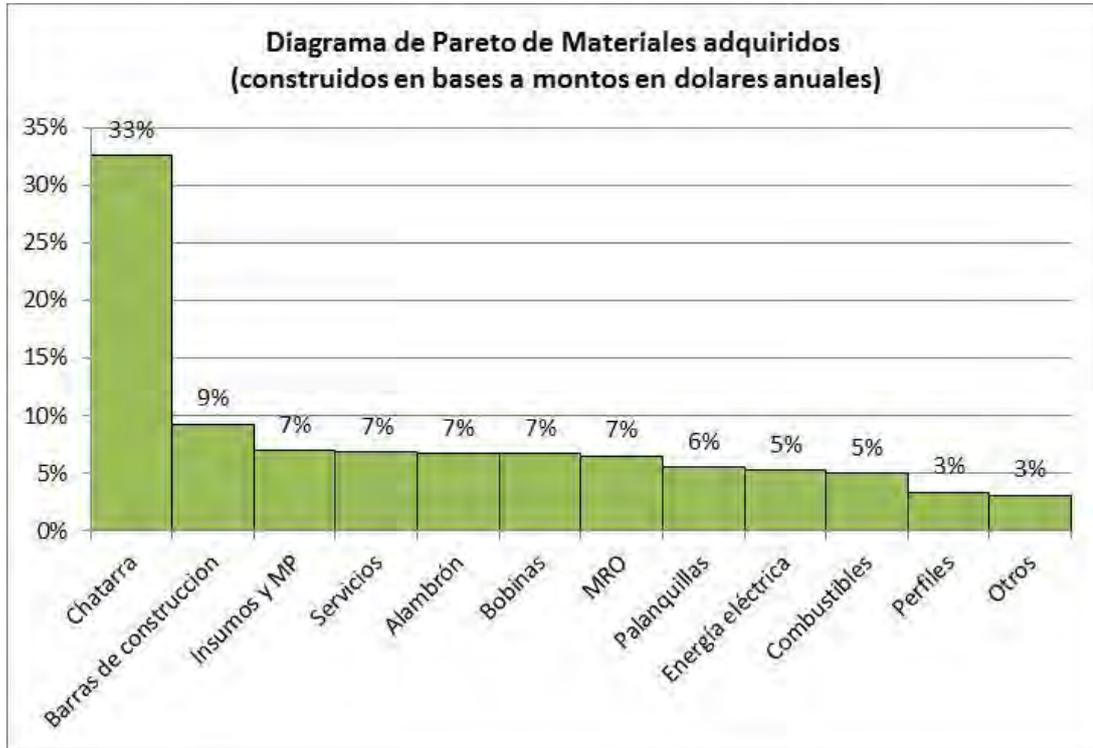


Figura 52. Diagrama Pareto de los principales materiales adquiridos.

Los productos adquiridos por Empresa del Acero S.A. destinados a fabricar productos de acero son diversos, estos van desde chatarra, que constituye la principal materia prima, hasta materiales de embalaje, pasando por MRO, insumos nacionales e importados y diversos servicios necesarios para mantener un complejo industrial donde trabajan poco más de 900 personas.

El catálogo de materiales que gestiona el área de suministros comprende más de 12,000 ítems, de los cuales 1,200 se manejan bajo la modalidad de reposición automática y se cuenta con alrededor de 120 contratos de abastecimientos, que cubren poco más del 50% del número de órdenes de compras generadas.

Por otro lado, los productos terminados o semiterminados que se adquieren para atender la demanda que excede la capacidad productiva, están conformados por 32 ítems, los cuales representan el 34% de volumen comprado. En estos productos no se manejan contratos de

abastecimiento, ni reposición automática. Se tiene mucho cuidado en escoger proveedores de este tipo de materiales, pero no se cuenta con un sistema formal que los homologue y evidencie su desempeño.

A continuación, se presenta en la Figura 53 una clasificación de los productos adquiridos usando la matriz de Kraljic, definiendo estrategias diferentes de acuerdo al cuadrante donde están ubicados los productos adquiridos.

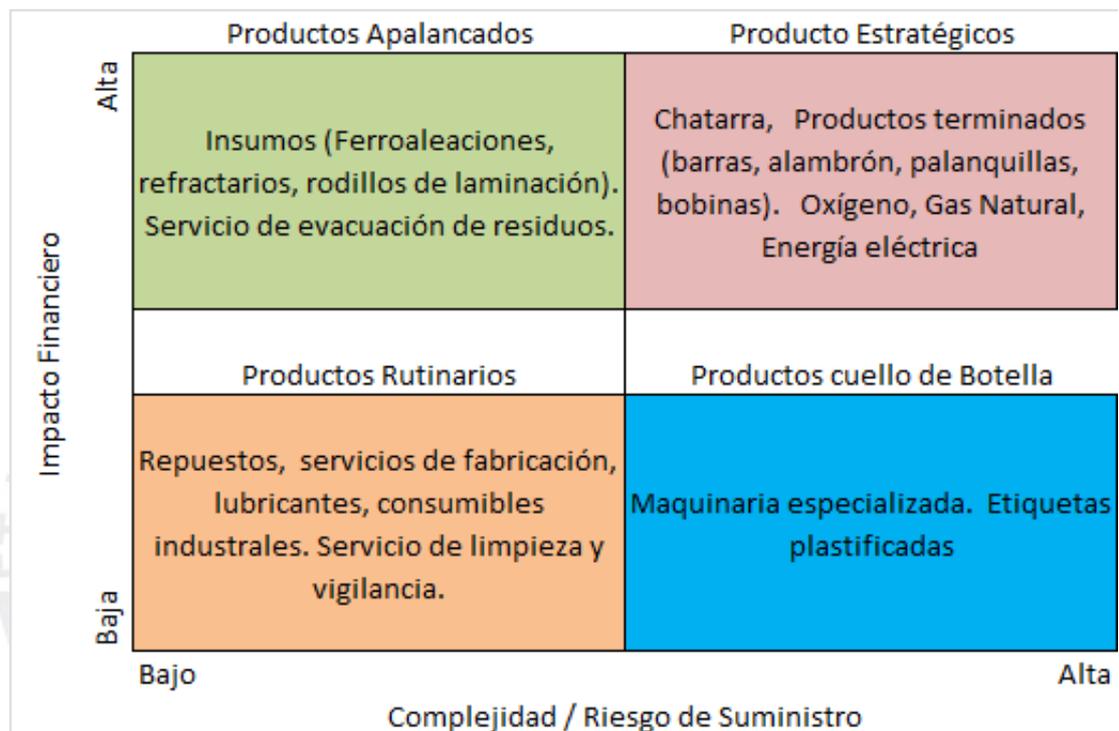


Figura 53. Matriz Kraljic de productos adquiridos por Empresa del Acero S.A.

Con la información recogida de la matriz de Kraljic, en la Tabla 28 se muestran las buenas prácticas que sugiere la literatura de cadena de suministros, para identificar en que productos ya se tienen algunas prácticas maduras y cuales muestran en forma preliminar oportunidades de mejora en la estrategia de abastecimiento.

Tabla 28

Alineamiento a las Buenas Prácticas de Compra de Acuerdo a la Ubicación de los Productos en la Matriz de Kraljic

	Estrategia sugerida	
Productos cuello de botella	Elaborar programa de productos sustitutos	Buenas relaciones con proveedores
Maquinaria especializada	○	✓
Etiquetas		
Productos rutinarios	Contratos de abastecimiento	
Repuestos	○	10% de ítems tiene contrato de abastecimiento
Servicios de fabricación	○	
Lubricantes	✓	
Consumibles industriales	✓	
Servicio de limpieza y vigilancia	✓	
Productos apalancados	Negociación enfocada en precio	JIT
Ferroaleaciones	✓	○
Rodillos de laminación	✓	○
Refractarios	✓	○
Evacuación de residuos	○	○
Productos estratégicos	Contratos de abastecimiento de mediano/largo plazo	Fomentar alianza con proveedores
Chatarra	○	○
Productos terminados	○	✓
Oxígeno	✓	✓
Gas natural	✓	✓
Energía eléctrica	✓	✓

Podemos notar con la información de la Tabla 28 que algunos productos como los gestionados por el área de suministros y energía se alinean con las buenas prácticas sugeridas mientras que la chatarra y los productos terminados aplican parcialmente las prácticas sugeridas. Vale notar que estas dos familias de materiales representan más del 60% de volumen de compras.

Las funciones de compras de los materiales adquiridos por Empresa del Acero S.A., no son tercerizadas. Las funciones de compras están separadas en diversas áreas de la compañía,

por un criterio que busca la de especialización en el mercado. La división de la función de compras es como se muestra en Tabla 29.

Tabla 29

Distribución de la Función de Compras en Empresa del Acero S.A..

Área funcional	Función de abastecimiento
Suministros	MRO
	Insumos, ferroaleaciones, materias primas
	Servicios diversos
Energía	Equipos y bienes de capital
	Contratos de suministro de energía y gases industriales (GN, O, Ar, N)
Metálicos	Compra de chatarra, y metálicos
Logística	Fletes terrestres, servicio de estiba, gastos aduaneros, operación logística
Planeamiento	Compras de bienes terminados para comercialización. Ahora depende de Productos semiterminados, y productos terminados importados.

El área de Suministros que es quien maneja la mayor cantidad de ítem comprados, y un volumen de compras de 55 millones de dólares al año, está formado por una gerencia con siete agentes compradores y un planner.

El área de Metálicos, con una jefatura, cinco agentes de compra y dos auxiliares administrativos, manejan un volumen de compra de 82.5 millones de dólares al año, de este monto, cerca del 30% proviene de compras spot a proveedores del extranjero.

El área de planeamiento, destina a tres personas para realizar la gestión de compras de productos terminados y semiterminados. Algunas de las decisiones de compra de productos importados son validadas por la gerencia general, y el controller, esto debido a los fuertes desembolsos que se realizan en cada compra. El volumen de compra que maneja el área de planeamiento es del orden de 85 millones de dólares año.

Respecto a los riesgos de abastecimiento, de acuerdo al diagrama pareto mostrado en la Figura 52, la chatarra ocupa el mayor volumen de compra, por este motivo se presenta un análisis del riesgo de abastecimiento de este material, en la Figura 54.



Figura 54. Análisis del riesgo de abastecimiento de chatarra.

Excluyendo la chatarra, el stock de los principales materiales, se controlan en forma rutinaria, y se anticipa la adquisición de los mismos, sin embargo se tiene riesgos de abastecimientos en:

- a) **Productos terminados:** Si bien los productos de acero, se rigen por normas técnicas internacionales, hay atributos en el producto que son percibidos por los usuarios y no necesariamente forman parte de una norma técnica. Dentro de la propuesta de valor de Empresa del Acero S.A., la diferenciación de su calidad es muy importante, por lo cual el cuidado de la calidad de los productos terminados importados es crítico, de esta manera se minimiza el riesgo de ofertar un producto de calidad inadecuada.
- b) **Repuestos especializados:** Al tener solo dos fábricas siderúrgicas en el Perú, no se tiene proveedores locales de algunos repuestos mecánicos y eléctricos propios de la industria, por lo que el tiempo de abastecimiento de algunos repuestos puede demorar hasta cuatro meses. Han habido ocasiones que se ha tenido que traer repuestos en forma urgente, generando sobre costos de fabricación y transporte. El área de Suministros estima que una compra urgente tiene un costo 25% mayor que una compra regular.

Tanto en la importación de chatarra y/o productos terminados, hay una fuerte incertidumbre en relación al precio de compra, ya que estos son variables a nivel internacional, las compras se realizan en forma Spot, no es una práctica en la industria de realizar contratos de abastecimientos que aseguren el precio en un periodo de tiempo. Lo que ocasiona un riesgo de hacerse de un stock con precio tóxico, si hay una bajada importante en los precios internacionales.

Dentro las áreas funcionales que realizan compras, el área de Suministros es la que tiene una gestión más ordenada y trabaja mejor los indicadores de gestión, los cuales son obtenidos del sistema SAP. Los indicadores y metas que maneja son los siguientes:

Tabla 30

Indicadores del Área de Suministros

Indicador	UM	Real 2015	Meta 2015	Meta 2016
MRO				
Puntualidad solicitada - MRO	%	80%	81%	85%
Ítems MRO vencidos pendientes de emisión de O/C	Ítem	10	0	0
Compras por contrato	%	52%	50%	55%
% de urgencias MRO	%	17%	14%	14%
SV				
Puntualidad solicitada - servicios	%	90%	90%	93%
Urgencias	%	15%	2%	2%
Materiales productivos				
Costo de canasta básica de insumos (materiales productivos)	USD	39.84	43.51	44.70
Cobertura de estoques de materiales productivos (días)	Días	36	37	31

El área de Planeamiento es responsable de la compra de productos terminados y semiterminados, los cuales representan el 34% del total de compras. En la actualidad solo se mide volumen, precio de compras, e inventarios en stock, no se tiene metas claras en estos indicadores.

El área de Compras cuenta maneja algunas funciones del sistema de información ERP SAP, el cual le permite tener a disposición las siguientes opciones:

- Acceder y registrar información en forma continua, contar con los principales indicadores, y estado de las cestas de compra, estado de las órdenes.
- Mantener actualizada la información de los proveedores y su desempeño, esta base incluye a los proveedores de Empresa del Acero S.A., así como a los proveedores de las demás unidades de la corporación, ya que el ERP es común en la corporación.
- Disponibilidad de funciones de subastas inversas electrónicas, las cuales se realiza para artículos o servicios poco complejos.

Si bien se cuenta con un ERP, aún no se usan todas las funciones disponibles, mucha de la información, incluyendo indicadores, se exporta y se maneja en excel. SAP aún no maneja en forma sistémica la función de MRP o MRP II.

La planificación de las compras de insumos, materias primas, productos terminados, se lleva en forma rutinaria en hojas excel y con la información que se recoge de diversas fuentes.

En la Tabla 31 se muestra el grado en que se han implantado algunas tecnologías y buenas prácticas en el proceso de compras. Como se ve, la aplicación de las diversas opciones disponibles no es uniforme en los diversos materiales que se adquieren.

Tabla 31

Tecnología y Buenas Prácticas Empleadas en los Procesos de Compra por Tipo de Material Adquirido.

	Homologación de proveedores	Subastas inversas	Intercambio electrónico de datos	Evaluación de desempeño de proveedores	Automatización del proceso de compra	Uso de MRP/ERP
Productos terminados	Limitado	x	x	x	x	x
Chatarra	x	N/A	N/A	x	x	x
MRO	✓	✓	x	✓	✓	x
Insumos industriales	✓	✓	x	✓	x	parcial
Servicios	✓	x	x	✓	x	x
Combustibles	✓	x	✓	✓	✓	x

10.2. La Función de Almacenes

La empresa tiene cuatro tipos de almacenes: materias primas, semiterminados, productos terminados y centros de distribución.

Los almacenes de materias prima que se encuentran en Chimbote, tienen las siguientes capacidades:

- Almacenes de MRO, Insumos: 30,000 m2. Ocupado solo al 30% aproximadamente.
- Almacén de chatarra: Capacidad de almacenamiento de 105,000 t de chatarra (tres meses de inventario).
- Almacén de semiterminados: Capacidad de almacenamiento de 60 días de inventario.
- Almacenes de productos y centros de distribución. Se encuentran ubicados como se muestra en la Figura 55 y buscan atender con la mayor velocidad al cliente.

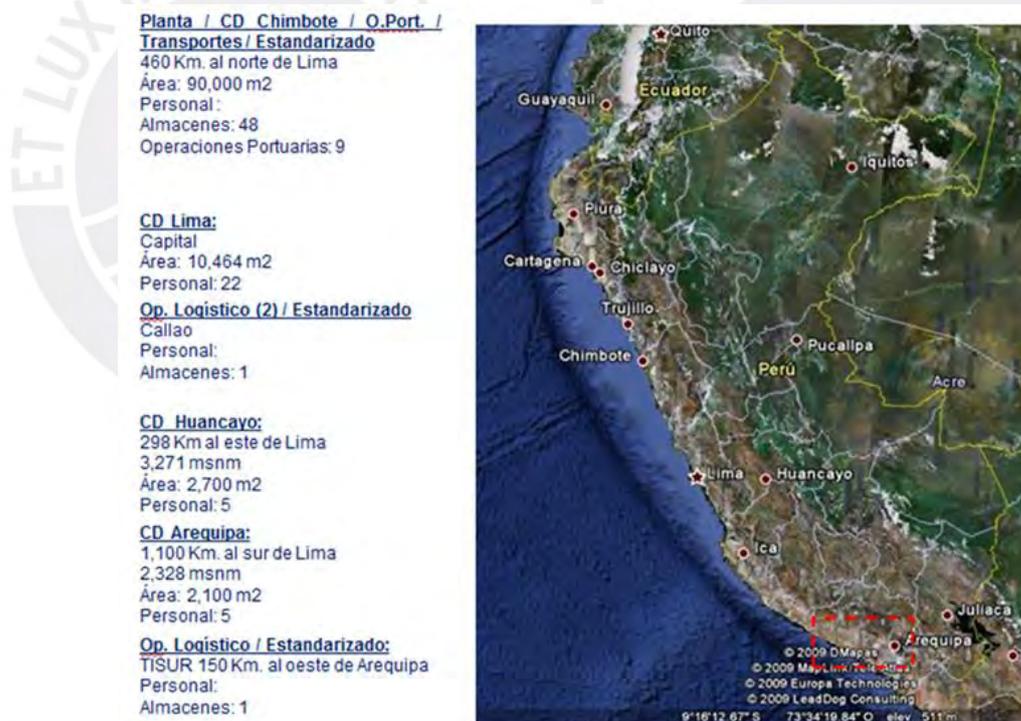


Figura 55. Ubicación de almacenes y centros de distribución.

El almacén de MRO, tiene automatizada la reposición de 1,200 ítems, se cuenta con SAP para el registro de ingreso y salida de mercancías, más las transacciones son manuales. No se cuenta con software WMS para gestión de almacenes.

Los almacenes de productos, materias primas, semiterminados y terminados son manejados en por personal propio.

10.3. Gestión de Inventarios

El almacén de materias primas mantiene un inventario US \$ 2'000,000 en MRO, y US \$ 2'200,000 en insumos (ferroaleaciones, carburantes, cal, etc.).

En MRO, se tiene definido tamaño de lotes, punto de reorden para alrededor de 1,200 ítems. La diferencia se maneja de acuerdo a requerimiento de los clientes internos.

Respecto a productos semiterminados, la cantidad de material por SKU a almacenar sigue la programación de producción, la cual se realiza en archivos Excel. En cuanto a los productos terminados, la reposición de inventarios, la activa el área de planeamiento, de acuerdo a la previsión de la demanda. Como ejemplo se muestra en la Figura 56, la variación en la cobertura de palanquillas, que es un producto semiterminado para el proceso de laminación, donde se aprecia una cobertura irregular, entre 12 y 71 días.

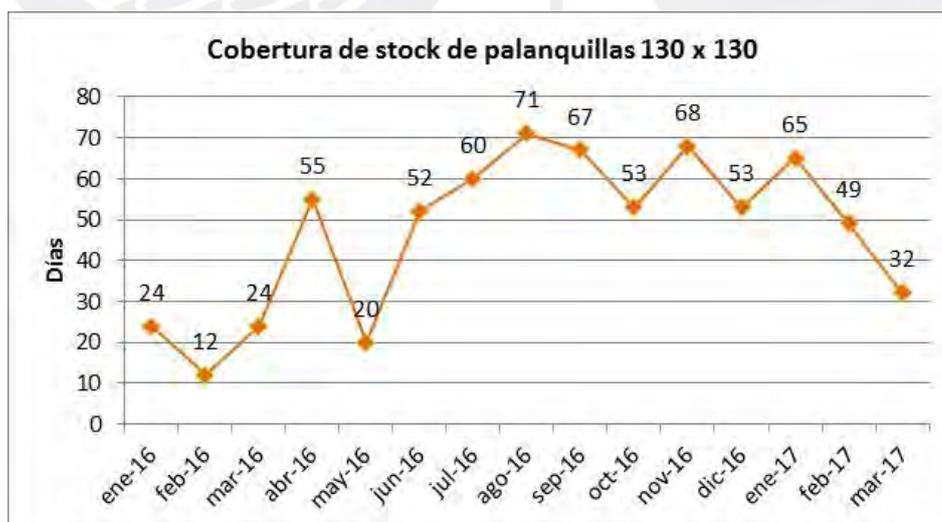


Figura 56. Cobertura de productos semiterminados 130x130.

La explicación primera explicación que se da esta gran variación en la cobertura, sería el poco acierto en el pronóstico de demanda, del cual se comentó en el capítulo VIII. Pero por otro lado, no se encontró definido formalmente puntos de reposición, ni inventarios promedios objetivos. La gestión de inventarios no garantiza una estabilidad de la operación. No se apreció una gestión formal del desvió de inventarios.

El almacén de productos terminados cuenta con 769 SKUs y de acuerdo a la rotación se considera como productos A al 15% de estos, B al 30%, y C al 55%.

Al analizar con más detalle la cobertura de los productos terminados, se escogieron dos productos para ver la variación de la misma en el año 2016.

En las Figuras 57 y 58, se aprecia irregularidad en la cobertura de dos mercancías, la primera de ellas corresponde a un producto de alta rotación, conformado por un 70% de fabricación nacional. Mientras que, el alambro es un producto importado, con un movimiento ocho veces menor que las barras de construcción, sin embargo se aprecia una cobertura elevada en comparación con las barras de construcción.

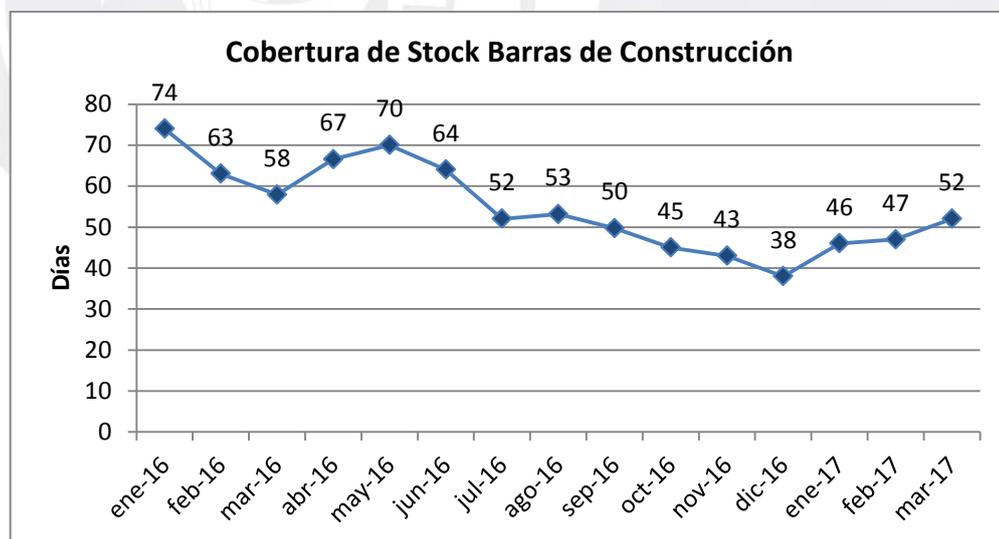


Figura 57. Variación mensual de la cobertura en días para barras de construcción.

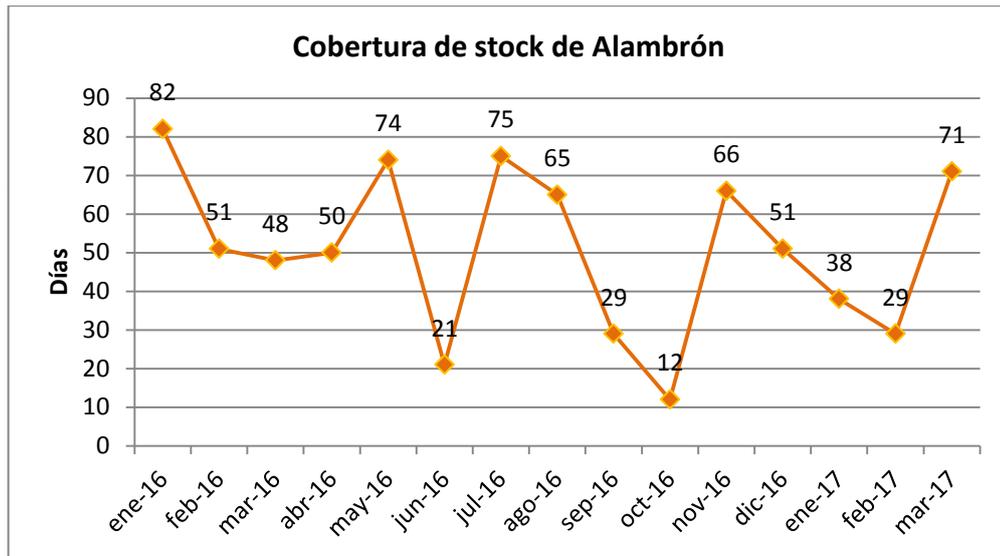


Figura 58. Variación mensual de la cobertura en días para alambción.

No se aprecia una gestión adecuada de los inventarios, y el impacto de esta situación no solo inmoviliza capital de trabajo que en el 2016 cerró en 114 millones de dólares, sino que puede afectar el nivel de servicio al cliente.

10.4. Gestión del Transporte

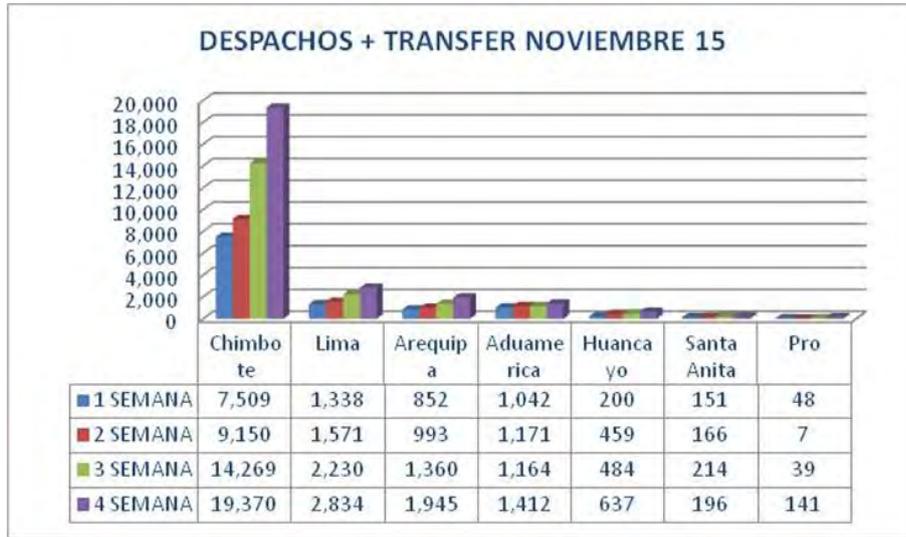
El transporte es tercerizado en Empresa del Acero S.A., no cuenta con camiones propios como activos de la empresa. La modalidad de transporte de materia prima y producto terminado es terrestre y marítimo.

Existe un seguimiento mensual al desempeño de volúmenes de transferencias y despachos por cada centro de distribución, con sus respectivos impactos en los costos variables unitarios.

Existe variabilidad en los despachos por localidad, en algunas es más significativa. Es necesario asegurar las capacidades para afrontar estos picos de variación que generar ineficiencias y costos elevados en la operación.

En el resumen de despachos y transferencias de la Figura 59 se aprecia que en cada localidad que por lo general incrementa el volumen en la última semana del mes. Esta

volatilidad encarece el transporte, se debe alisar estas variaciones para generar eficiencias, es



decir tener un desempeño más flat.

Figura 59. Despachos y transferencias por localidad.

Como se muestran en la Figura 60 y 61, el seguimiento y control de fletes es detallado y se revisa mensualmente. Cada año se licitan las principales rutas. Actualmente cuentan con ocho proveedores, anteriormente se trabajaba con hasta 29 diferentes transportistas. Del mismo modo se hace seguimiento para los fletes de despacho del centro de distribución de Lima.

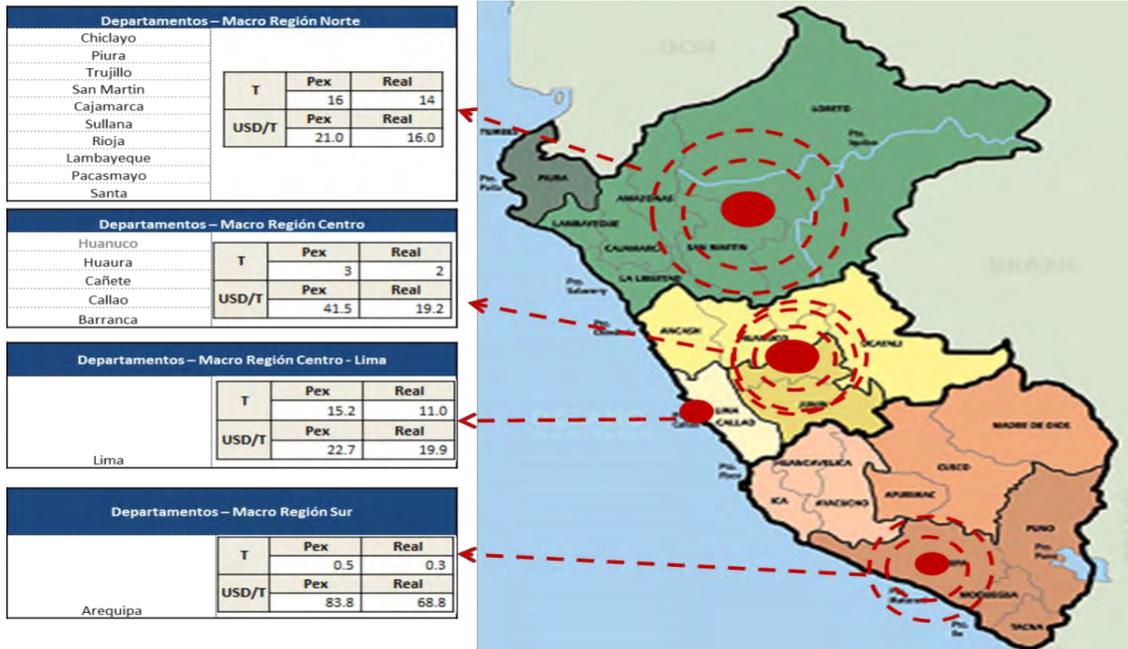


Figura 60. Fletes despacho Chiclayo – macro regiones.

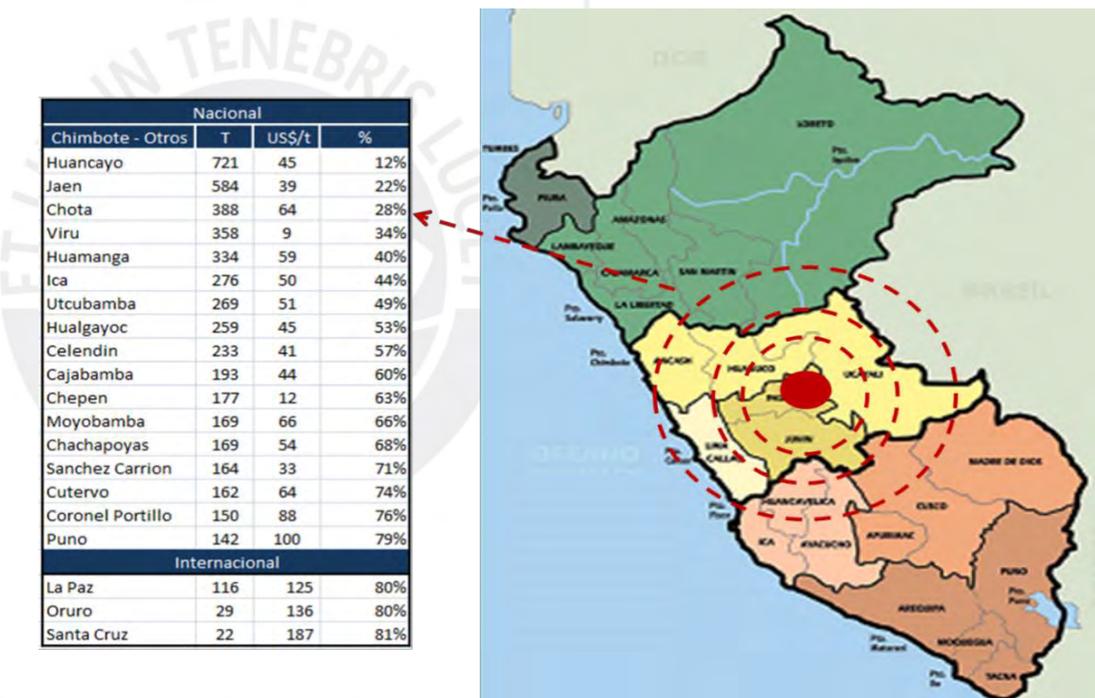


Figura 61. Fletes despacho Chiclayo – otros e internacional.

Todos los vehículos de transporte terrestre, que movilizan productos terminados, son rastreados vía GPS, contando con una aplicación que permite realizar un control en tiempo real del cumplimiento de rutas, y avisar al cliente la hora estimada de la entrega de su mercancía,

10.5. Definición de los Principales Costos Logísticos

A continuación en la Figura 62, se muestra el desempeño de los principales costos logísticos (despachos, transferencias, gastos logísticos) respecto al presupuesto.

Costo Logístico Total (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	2,467	3,054	- 588	✓ -19.2%
YTD 15	28,286	31,552	- 3,266	✓ -10.4%
RF 2015	31,162	34,213	- 3,051	✓ -8.9%

Fletes de Despacho (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	1,340	1,654	- 313	✓ -19.0%
YTD 15	15,961	17,931	- 1,970	✓ -11.0%
RF 2015	17,445	19,510	- 2,065	✓ -10.6%

Fletes de Transferencias (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	569	808	- 240	✓ -29.7%
YTD 15	6,072	7,059	- 986	✓ -14.0%
RF 2015	6,540	7,526	- 986	✓ -13.1%

Gastos Logísticos (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	558	592	- 35	✓ -5.8%
YTD 15	6,253	6,562	- 309	✓ -4.7%
RF 2015	7,178	7,178	0	✓ 0.0%

Costo Logístico Total (US\$/t desp)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	45.6	52.9	- 7.3	✓ -13.8%
YTD 15	47.3	50.3	- 3.0	✓ -5.9%
RF 2015	47.9	50.1	- 2.2	✓ -4.3%

Figura 62. Costos logísticos absolutos.

Se distingue una ejecución eficiente del costo absoluto, sin sobrecostos por lo general. Sin embargo en el costo unitario mensual, debido al incumplimiento de los volúmenes proyectados se incurre en sobrecostos en el flete de transferencia.

Costo Logístico Total (US\$/t desp)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	45.6	52.9	- 7.3	✓ -13.8%
YTD 15	47.3	50.3	- 3.0	✓ -5.9%
RF 2015	47.9	50.1	- 2.2	✓ -4.3%

Fletes de Despacho (US\$/t desp)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	24.8	28.7	- 3.9	✓ -13.5%
YTD 15	26.7	28.6	- 1.9	✓ -6.6%
RF 2015	26.8	28.6	- 1.7	✓ -6.1%

Fletes de Transferencias (US\$/t transf)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	35.1	33.8	1.3	⚠ 3.9%
YTD 15	30.9	32.1	- 1.2	✓ -3.7%
RF 2015	30.1	31.3	- 1.2	✓ -3.8%

Gastos Logísticos (US\$/t desp)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	10.3	10.3	0.1	✓ 0.5%
YTD 15	10.5	10.5	0.0	✓ 0.0%
RF 2015	11.0	10.5	0.5	⚠ 5.0%

Figura 63. Costos logísticos unitarios.

Tabla 32

Toneladas Despachadas y Transferidas

Periodo	Toneladas despachadas				Toneladas Transferidas			
	Actual	Pex	Δ ton.	Δ %	Actual	Pex	Δ ton.	Δ %

nov-16	54,063	57,721	-3,659	-6.3%	16,187	23,912	-7,725	-32.3%
YTD 16	598,058	627,656	-29,598	-4.7%	196,300	219,628	-23,328	-10.6%
RF 2016	649,969	682,745	-32,775	-4.8%	217,476	240,804	-23,328	-9.7%

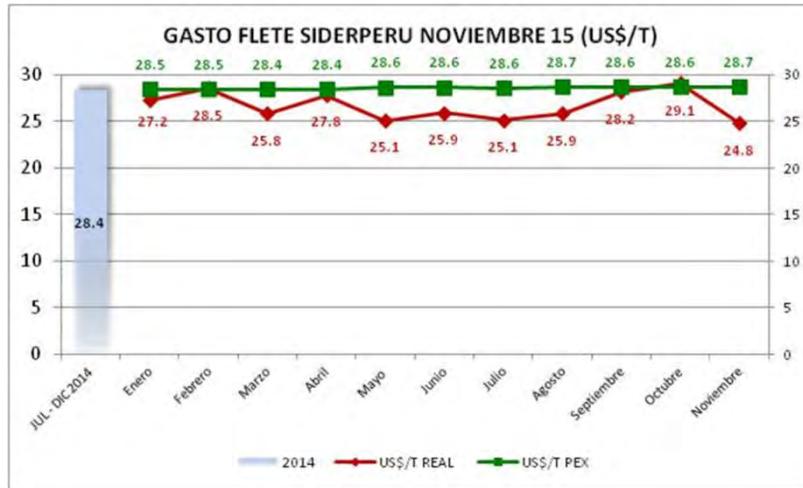


Figura 64. Evolutivo gasto de flete.

El detalle de la gestión de costos se maneja por almacén, siendo el de Chimbote el que genera más gastos, y esto debido a que maneja más volumen. Como muestra vemos en la Figura 65 el detalle de los costos del almacén de Chimbote. No se observa desviaciones respecto a la proyección del gasto.

Fletes Despacho (US\$/t desp)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	24.4	28.6	- 4	-14.7%
YTD 15	28.7	28.6	0	0.2%
RF 2015	28.7	28.6	0	0.2%

Fletes Despacho (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	888	1,106	- 217	-19.7%
YTD 15	11,925	12,087	- 162	-1.3%
RF 2015	12,967	13,140	- 173	-1.3%

Toneladas Despachadas				
Period	ACTUAL	PEX	Δ	Δ %
nov-15	36,362	36,625	- 2,263	-5.3%
YTD 15	415,649	422,245	- 6,596	-1.6%
RF 2015	452,062	459,051	- 6,989	-1.5%

CLT Chimbote (US\$/t desp)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	45.5	53.7	- 8.2	-15.3%
YTD 15	48.9	50.6	- 1.7	-3.4%
RF 2015	48.2	50.3	- 2.1	-4.2%

Fletes Transferencias (US\$/t transf)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	38.7	39.4	- 1	-1.7%
YTD 15	37.2	39.3	- 2	-5.3%
RF 2015	37.4	39.3	- 2	-4.9%

Fletes Transferencias (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	537	727	- 190	-26.1%
YTD 15	5,701	6,595	- 895	-13.6%
RF 2015	6,129	7,023	- 895	-12.7%

Toneladas Transferidas				
Period	ACTUAL	PEX	Δ	Δ %
nov-15	13,858	18,448	- 4,590	-24.9%
YTD 15	153,041	167,711	- 14,670	-8.7%
RF 2015	163,952	178,623	- 14,670	-8.2%

CLT Chimbote (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	1,654	2,074	- 420	-20.2%
YTD 15	20,306	21,346	-1,040	-4.9%
RF 2015	21,776	23,080	-1,304	-5.7%

Gastos Logísticos (US\$/t desp)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$/t	Δ %
nov-15	6.3	6.3	0	0.7%
YTD 15	6.4	6.3	0	2.2%
RF 2015	5.9	6.4	- 0.5	-6.7%

Gastos Logísticos (K US\$)				
Period	ACTUAL	PEX	Δ US\$	Δ %
nov-15	229	242	- 12	-5.2%
YTD 15	2,680	2,664	16	0.6%
RF 2015	2,680	2,916	- 236	-8.1%



Figura 65. Costos logísticos Chimbote

10.6. Propuesta de Mejora

Respecto a la función de compras, en base a la información mostrada en las figuras y tablas precedentes y a la información recopilada de entrevistas a las diferentes áreas funcionales de la empresa, se han listado las principales oportunidades de mejora en la Tabla 33.

Tabla 33
Oportunidades de Mejora de la Gestión de Compras

N°	Oportunidades de mejora	Observaciones
1	Los indicadores de gestión que se llevan en las compras de productos terminados no permiten evaluar el desempeño.	No es posible conocer, controlar ni mejorar un proceso si no hay indicadores que soporten la gestión
2	El nivel de compra de chatarra es bajo en comparación con el planeado	Esto obliga a aumentar la compra de chatarra importada
3	Los indicadores de calidad del producto terminado son reactivos y no formales	Por el volumen de compra y el alineamiento con la propuesta de valor, se puede asumir una posición más preventiva para asegurar la calidad del producto comprado
4	Hay riesgo de desabastecimiento de chatarra nacional	Considerando que este material es estratégico. Involucra el 33% del material comprado
5	El abastecimiento de chatarra está casi enteramente vinculado con el precio de compra	Esto genera una dependencia grande de las variaciones de precio en el mercado
6	No hay una relación a mediano o largo plazo con los proveedores de chatarra extranjeros. Las compras son spot, de acuerdo a la disponibilidad del material y las naves	Considerando que hay una tendencia en aumentar la compra de este material estratégico, podría buscarse un marco de trabajo más estable y predecible
7	El nivel de urgencias en las compras de MRO y servicios es elevado	Esto genera un aumento del costo del material y pérdida de eficiencia en el proceso de compras
8	El uso de tecnología y buenas prácticas de compras es muy limitado en la compra de productos terminados	
9	El uso de tecnología y buenas prácticas de compras es limitado en la compra de chatarra.	La informalidad del mercado de chatarra y la atomización de los proveedores es un punto a considerar
10	No se realiza un seguimiento al desempeño de los proveedores de productos terminados	En la propuesta de valor de la empresa, se es explícito en relación a la calidad de los productos
11	El uso de tecnología en el proceso de compras es muy limitado	

Dada la variedad de problemas encontrados en la gestión de compras, se ha optado por valorar su relevancia usando una matriz de GUT (Gravedad, Urgencia, Tendencia), la cual se muestra en la Tabla 34, donde notamos que los problemas más significativos están relacionados al limitado uso de indicadores de gestión, riesgo de abastecimiento de chatarra nacional, relaciones débiles con proveedores de chatarra importada, y uso limitado de tecnología en el proceso de compras. Estos puntos son un buen inicio para plantear mejoras que apoyen en lograr un mejor resultado en las operaciones productivas.

Identificados los problemas más relevantes, se plantean alternativas de solución las cuales se detallan en la Tabla 35, en donde luego de enunciar las causas básicas de los problemas, se proponen alternativas de solución.

Tabla 34

Matriz de GUT para la Función de Compras.

Problema	Gravedad	Urgencia	Tendencia	GUT	Prioridad
Los indicadores de gestión que se llevan en las compras de productos terminados no permiten evaluar el desempeño.	5	5	3	75	1
El nivel de compra de chatarra es bajo en comparación con el planeado	4	3	3	36	2
Los indicadores de calidad del producto terminado son reactivos y no formales	4	3	2	24	5
Hay riesgo de desabastecimiento de chatarra nacional	4	4	2	32	3
El abastecimiento de chatarra está casi enteramente vinculado con el precio de compra	4	3	2	24	5
No hay una relación a mediano o largo plazo con los proveedores de chatarra extranjeros. Las compras son spot, de acuerdo a la disponibilidad del material y las naves	4	4	2	32	3
El nivel de urgencias en las compras de MRO y servicios es elevado	2	2	4	16	8
El uso de tecnología y buenas prácticas de compras es muy limitado en la compra de productos terminados	3	3	3	27	4

El uso de tecnología y buenas prácticas de compras es limitado en la compra de chatarra.	3	3	2	18	7
No se realiza un seguimiento al desempeño de los proveedores de productos terminados	4	4	2	32	3
El uso de tecnología en el proceso de compras es muy limitado	4	3	2	24	6
La cantidad de personal que realiza el proceso de compra de productos terminados parece limitada	3	3	3	27	4

Nota. Gravedad: 1 no es grave, 5 muy grave. Urgencia: 1 puede esperar, 5 necesita acción inmediata. Tendencia: si no se hace nada: 1 no va a cambiar, 5 va a empeorar rápidamente

Asimismo, en la Tabla 35, se ha valorado la facilidad en la implementación de la propuesta planteada, además del impacto de la mejora. Vemos así, que medidas como apoyarse de un asesor para facilitar un refuerzo en la gestión por medio de indicadores, y desarrollar un proveedor estratégico en el suministro de chatarra importada, serían las medidas más recomendadas.

Tabla 35

Plan de Acción Propuesto para la Gestión de Compras.

Problema	Causas	Plan de acción	Complejidad de implementación			Impacto de la mejora		
			Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Los indicadores de gestión que se llevan en las compras de productos terminados no permiten evaluar el desempeño.	Definición de responsabilidades poco claras	Benchmarking del proceso de compras de producto terminado		x			x	
		Contratar asesoría para apoyar en la definición de indicadores y proceso de compra	x					x
El uso de tecnología y buenas prácticas de compras es limitado en la compra de chatarra.	Excesiva carga de trabajo operativo	Tercerizar la parte operativa de las compras de producto terminado. Existen empresas expertas en este sector		x				x
		Contratar asesoría para apoyar en la definición de indicadores y proceso de compra		x				x
	Desconocimiento de SCM	Benchmarking del proceso de compras de producto terminado		x			x	
		Implementar sistema MRP		x				x

El nivel de compra de chatarra es bajo en comparación con el planeado	Baja capacidad de acopio de proveedores pequeños	Desarrollar centro de acopio de chatarra en Lima		x		x
	Bajo nivel de servicio a proveedor	Generar un programa que premie fidelidad de chatarreros (capacitaciones, reconocimientos, descuentos por compras de productos en canales de distribución)		x		x
Riesgo de desabastecimiento de chatarra nacional	Generación de chatarra insuficiente para demanda nacional	Desarrollar y establecer un contrato a mediano plazo con el proveedor extranjero para completar la necesidad de chatarra	x			x
No hay una relación a mediano o largo plazo con los proveedores de chatarra extranjeros. Las compras son spot, de acuerdo a la disponibilidad del material y las naves	No se han desarrollado proveedores extranjeros	Desarrollar y establecer un contrato a mediano plazo con el proveedor extranjero para completar la necesidad de chatarra	x			x

La gestión de inventarios de la Empresa del Acero S.A., es también un punto que muestra oportunidad para liberar capital de trabajo. Para asistir a este propósito, se plantea en la Tabla 36, alternativas de solución para los principales problemas encontrados en la gestión de inventarios. Y vemos que acciones relacionadas a fomentar la atención de los diversos niveles en la organización hacia una eficiente gestión de inventario, serían las medidas más sencillas y efectivas.

Tabla 36

Propuestas de Mejora para la Gestión de Inventarios

Problema	Causas	Plan de acción	Complejidad de implementación			Impacto de la mejora		
			Baja	Media	Alta	Baja	Media	Alta
Cobertura de inventarios irregular en productos semiterminados	Sistema de planificación de la producción no adecuado para la naturaleza del negocio	Implementar sistema MRP II		x				x
	La gestión se centra en gastos, no entrada a detalle en los costos asociados al inventario	Replantear indicadores de gestión de almacenes, procurar que incluyan una visión más completa de SCM	x				x	

Capital de trabajo superior a las referencias de la industria, impactando en el ROA	Solo el área financiera asume la bandera del control de inventarios	Sensibilizar a todos los ejecutivos sobre la importancia de la gestión de inventarios, incluyendo indicadores de ROA como parte de su remuneración variable	X	X
Desvíos de inventarios mayor al máximo definido	Practicas inadecuadas en el registro de SKU en el inventario	Proyecto de mejora para identificar causas de desvío de inventario (círculo de calidad)	X	X
Riesgo de no atender al cliente por falta de SKU	La gestión de inventario actual no identifica el inventario por SKU, sino de forma agregada	Replantear indicadores de gestión de almacenes, procurar que incluyan una visión más completa de SCM	X	X
Los indicadores de gestión en la compras de producto terminado no permiten evaluar el desempeño	Excesiva carga de trabajo operativo	Contratar asesoría para ayudar en replantear indicadores y profundizar el estudio en la gestión de inventarios	X	X

Las propuestas en gestión de inventarios no necesitan grandes niveles de inversión, pero sí mucho trabajo, conocimiento, y liderazgo. La empresa cuenta con ERP implementado, el cual no es utilizado en todo su potencial.

Así como el área comercial realiza seguimiento diario al avance de la venta respecto al pronóstico, el área de Logística debe realizar un seguimiento diario al costo variable logístico o VLC, de esta manera se pueden tomar decisiones oportunas que minimicen el impacto en P&L de la empresa. Para lograr esto se deben definir procedimientos para construir esta información diaria para que pueda ser compartida con los líderes y se logre el seguimiento diario.

Cada año se deben mapear y dimensionar las principales iniciativas logísticas con sus respectivos impactos en costos fijos y variables; estos impactos se deben convertir en metas con calendarización mensual para el próximo año, contar con responsable e incluirla en el presupuesto. De esta manera se realizará seguimiento disciplinado al compromiso de ahorros

de cada iniciativa o sinergia ya sea de compras, almacenamiento o transporte, asegurando la innovación, mejora continua y disminución de costos.

10.7. Conclusiones

Si bien es necesario definir y desplegar los principales KPIs por proceso y asegurar su seguimiento, se debe además implementar rutinas en todos los niveles para asegurar el seguimiento diario al cumplimiento de las metas de desempeño, cada colaborador de operaciones de Empresa del Acero S.A. debe conocer el sentido de su trabajo e impacto en el negocio.

Se recomienda concientizar al personal que cada indicador e iniciativa o proyecto debe tener un impacto, ya sea positivo o negativo en los costos de operación, de esta manera los mantenemos enfocados objetivamente y los involucramos como dueños de la empresa.

La gestión logística de Empresa del Acero S.A. es bastante compleja y tiene un gran impacto, ya que se gestionan volúmenes grandes de inventarios y el margen de utilidad es relativamente bajo por la competencia en este rubro. En este sentido, es necesario dedicar el tiempo necesario para entender a profundidad los problemas y el impacto de estos en la cadena de suministros y en los resultados financieros de la empresa.

Una de las primeras acciones recomendadas sería concientizar a todos los ejecutivos en tener como foco de operación el logro de eficiencias.

Se observan varios vacíos en la gestión logística, en especial falta de definiciones de metas y políticas claras en relación con la gestión de inventarios.

Para ganar tiempo, consideramos importante traer conocimiento de experto, que se puede lograr vía benchmarking, asesorías. La dirección debe definir cuál de estas alternativas es la que mejor se le acomoda.

La planificación de ventas y operaciones, es una función que puede hacer uso de métodos y/o programas ya maduros que están disponibles en el mercado. La forma como se

realiza las previsiones y la gestión de las operaciones, es muy básica para la complejidad de la empresa.

La dirección de la empresa, ya ha dado muestras claras de buscar reducir el capital de trabajo, pero se puede ejecutar varios que ayudarán a lograr una compañía más esbelta, y con mayor retorno sobre la inversión.



Capítulo XI: Gestión de Costos

En un rubro industrial, donde debido a un mercado abierto a las importaciones, con partidas arancelarias liberadas de ad valorem, es una obligación ser competitivos en el costo, y en este sentido una excelente gestión de costos, puede hacer diferencia entre tener o no rentabilidad en una línea del negocio, y así asegurar la sustentabilidad económica de la empresa. Con esto en consideración, se espera que la empresa siderúrgica, cuente con un sistema de costeo, que brinde información oportuna y exacta, con el fin de apoyar a la gerencia en la toma de decisiones necesarias para la gestión.

De acuerdo a las observaciones realizadas, e información recogida en campo, se ha constatado que la gestión de los costos en la empresa siderúrgica, se soporta en un sistema de información integrado y transversal a todos los procesos de la compañía, este sistema ERP (SAP R/3), el cual colecta las transacciones de ingresos y salidas de materiales, ya sean estos materias primas, semiterminados, MRO, productos terminados, insumos de todos los almacenes de la empresa, así como los generadores de costos en todos los procesos, incluyendo mano de obra directa, indirecta, y en general todos los costos indirectos de fabricación. Este sistema ya tiene 6 años de implementado, y en general hay consenso entre las distintas áreas de la empresa que el sistema es una herramienta madura y confiable como sistema de soporte de la gestión de costos. A diferencia de en otras funciones de la empresa siderúrgica, la implementación del ERP en la gestión de costos parece marchar bastante bien, con buena aceptación, y mínima necesidad de recurrir a archivos Excel, para obtener reportes que ayuden a las funciones gerenciales.

La producción de productos de acero, es un proceso con varias etapas y con cierta complejidad, donde se da una secuencia de procesos en forma repetitiva, entre lote y lote de fabricación. Existen algunas variaciones en las proporciones de los materiales directos utilizados en función de la calidad de acero a fabricar. Para explicar la gestión de costos, en

la producción de productos de acero destinados a la construcción civil, podemos partir de la clasificación general de los costos que componen las palanquillas de acero fabricadas por la empresa siderúrgica, las cuales luego se transformarán a barras destinadas a atender el mercado de construcción civil. Clasificaremos los costos de acuerdo a los criterios de: a) patrón de comportamiento del costo, b) patrón de asignación del costo al objeto de costo. Es así que en la Figura 66 vemos un resumen de los costos que intervienen en la fabricación de palanquillas, pero en la práctica estos los generadores de costos indirectos se pueden ampliar a más de 30 o más si se entra en el detalle que la empresa actualmente maneja. Todos estos costos son registrados en forma oportuna y están disponibles en el ERP de la empresa, lo que facilita su gestión.

		Asignación al objeto de costos	
		Costos directos	Costos Indirectos
Patrón de Comportamiento de los costos	Costos Variables	Objeto de Costos: Palanquilla de Acero producida Chatarra Ferrosa Carbón Ferro silicio Ferro Niobio Ferro Manganeso	Objeto de Costos: Palanquilla de Acero producida Gas Natural Cal Agua Energía eléctrica Material de mantenimiento Oxígeno
	Costos Fijos	Objeto de Costos: Palanquilla de Acero producida Sueldo de operadores de planta MOD.	Objeto de Costos: Palanquilla de Acero producida Sueldo de staff de ingenieros Depreciación Mantenimiento de instalaciones Rateo de áreas de apoyo

Figura 66. Clasificación de los costos de las palanquillas de Acero.

Adaptado de *Contabilidad de Costos. Enfoque gerencial*, por Horngren et al., 2012, p.34.

Conocer cómo están distribuidos los diversos costos que componen los productos, así como el conocimiento del proceso, permite tener una idea que sistema de costeo funcionaría mejor en la organización. Ya en los capítulos 1, 5 y 7 se ha brindado información sobre el

proceso de fabricación y en generar del negocio de la empresa siderúrgica, y para entender mejor la estructura de costos de la empresa, vemos en la Figura 67 la distribución de los costos de acuerdo a su asignación, en se aprecia que el mayor componente del costo del producto son los costos directos, que son los que constituyen las materias primas a utilizar (chatarra, ferroaleaciones y palanquillas), en ese sentido los primeros esfuerzos para reducir el costos del producto, y así aumentar la rentabilidad, se debe orientar a aumentar la productividad en el uso de las materias primas, así como explorar continuamente alternativas de suministros más económicas. Vale mencionar que los costos de las materias primas, regularmente se dan por precios internacionales o en todo caso por las fuerzas que ejerce el mercado, así que no siempre es sencillo para la empresa siderúrgica mantener una ventaja competitiva en función del precio de la materia prima, pero sí, siempre se pueden hacer esfuerzo en reducción de fletes, movimientos, evitar desperdicios, y acciones para aumentar el rendimiento de las materias primas.

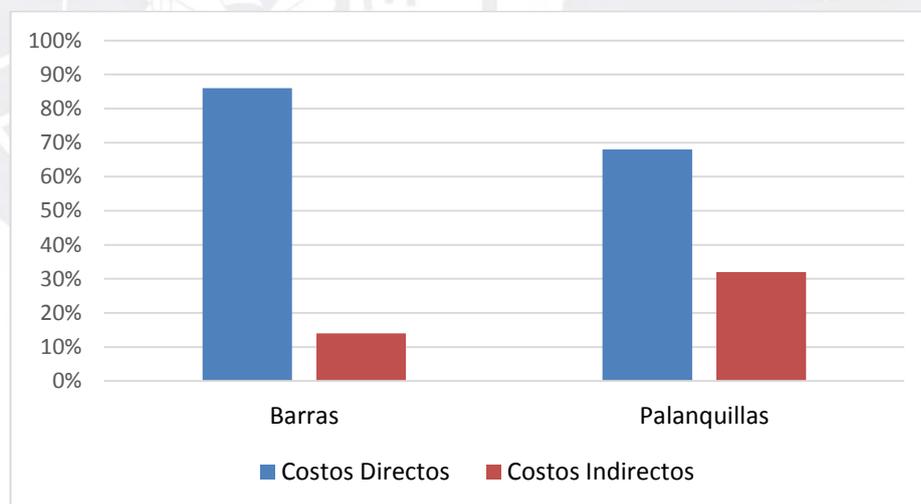


Figura 67. Distribución de los costos directos e indirectos en palanquillas y barras.

La gestión de costos en la empresa siderúrgica comienza con un ciclo de planeamiento anual, en donde se presupuestan los gastos de las diferentes funciones de la empresa, costo de personal, costos administrativos, costo de mantenimiento, materiales directos e indirectos, se

incluye también la mejor aproximación a los costos de los materiales productivos que constituyen los costos directos e indirectos de fabricación, es así que se obtiene un documento llamado PEX, el que ayuda a estimar los resultados de la empresa, identificar desafíos y oportunidades.

Ya con el presupuesto establecido, la empresa en sus actividades rutinaria genera los costos y gastos los cuales son registrados en el sistema de información de la empresa, con un costeo basado en órdenes de trabajo, y con diferentes criterios de asignación de costos, como se explicará más adelante en este mismo capítulo.

La gestión de costos en la empresa siderúrgica, busca aplicar el principio de gestión PHVA, y es así que compara los resultados de costos reales con los costos presupuestados, para verificar el apego al plan, detectar desvíos y oportunidades de aumentar la rentabilidad, así como hacer correcciones necesarias al plan, ya en el capítulo 8, se comentó sobre la forma de realizar el planeamiento en la empresa siderúrgica, en donde la gestión de costos es parte medular del ciclo de planeamiento y administración de la empresa. La verificación y acciones de para corregir desvíos se realizan en reuniones de frecuencia mensual, desplegadas a distintos niveles comenzando a nivel de áreas operacionales, y terminando a nivel gerencial.

La práctica generar de la empresa siderúrgica es comparar los costos unitarios expresados en US \$ por tonelada de acero producida, y de manera rutinaria se comparan los costos no solo con el presupuesto sino además con los costos de los productos importados. Además de ser una de las prioridades competitivas de las operaciones mantener costos bajos, la industria siderúrgica es un sector muy expuesto a competir por costos, esto tanto con los competidores locales, y especialmente con los importadores. De acuerdo a lo observado, la empresa siderúrgica busca mantener la gestión de costos como una de sus herramientas con más usada, tanto para el análisis de información, como para toma de decisiones.

11.1. Costeo por Ordenes de Trabajo

Una de las decisiones importantes en la gestión de costos es definir el sistema de costeo a utilizar, es decir, establecer la forma como tanto los costos directos, y los costos indirectos son asignados en el objeto de costeo. Existen diversos sistemas de costeo, como los mostrados en el texto de Horngren et al. (2012), quienes señalan al sistema de costeo por órdenes de trabajo, y al costeo por procesos como los sistemas básicos de costeo, y además señalan, que las empresas utilizan una combinación de ambos métodos, en función a sus necesidades.

El método escogido por las empresas depende de las características de la empresa, la capacidad de poder asignar los costos al objeto de costo de manera oportuna y precisa, y del grado de detalle que las empresas necesitan del sistema de gestión de costos como herramienta de análisis y toma de decisiones.

La empresa siderúrgica ha definido un sistema de costeo basado en órdenes de trabajo, donde las materias primas son asignadas directamente a las órdenes de correspondientes, mientras que los costos indirectos de fabricación son asignados de acuerdo a bases de aplicación definidas, que en su mayoría es horas máquina utilizada por orden de fabricación. El sistema de costeo, no es sistema de órdenes de trabajo puro, sino que tiene algunas características de costeo por procesos, ya que no se asigna los costos a unidades individuales de productos, sino a lotes de productos con las mismas características producidas en periodos determinados de tiempo, además las órdenes de trabajo se emiten en forma independiente para los principales procesos productivos. Es así, que al mes la planta de acería maneja entre 4 y 6 órdenes de trabajo, y laminación maneja un número similar de órdenes de trabajo tanto para el tren de laminación 1, como para el tren de laminación 2.

En la Tabla 37, se muestra una distribución general de costeo de una orden de trabajo, en donde podemos apreciar que los costos indirectos de fabricación se asignan a la orden de

trabajo vía las horas máquinas utilizadas, las cuales son cargadas en forma automática al sistema de información de la empresa, así que la empresa tiene confianza en los datos recogidos

Tabla 37

Distribución de Costos en Orden de Trabajo

Orden de Trabajo 021-17		Objeto de costeo: Barras de construcción 1/2" x 9 m NTP 341.031 G60					
Proceso productivo: T2		Mes: Febrero 2017		Tonelaje producido: 8200			
Costos Directo	Costo total (US \$)	Criterio para la asignación de costos	Total de Horas Máquina	Tasa de aplicación de costos Indirectos (USD /HM)	Cantidad de HM utilizada	Costo Asignado (US \$)	Costo Unitario (US \$/t)
Materiales Directos							
Palanquilla tipo A	1,520,713	Directo				1,520,713	185.5
Palanquilla tipo B	1,600,210	Directo				1,600,210	195.1
Mano de Obra directa	132,744	Horas Máquina	432	307	130	39,946	4.9
Costos Indirectos de Fabricación							
Energía eléctrica	144,604	Horas Máquina	432	335	130	43,515	5.3
Gas GLP	362,015	Horas Máquina	432	838	130	108,940	13.3
Materiales específicos	131,258	Horas Máquina	432	304	130	39,499	4.8
Mantenimiento	221,251	Horas Máquina	432	512	130	66,580	8.1
Rateo Areas de Apoyo	175,746	Horas Máquina	432	407	130	52,886	6.4
Otros Gastos	247,235	Horas Máquina	432	572	130	74,399	9.1
Total	4,535,775					3,546,689	432.5

La forma de llevar el sistema de costeo, permite las siguientes ventajas: (a) es posible conocer el costo de fabricación de cada SKU fabricado, lo que permite decisiones considerando la rentabilidad de cada tipo de artículo fabricado; (b) la base de asignación es bastante confiable, y hay buen control en la asignación de materiales directos a las órdenes; (c) el uso de horas máquina como criterio de asignación, permite identificar los productos más caros de fabricar, y así priorizar la importación de aquellos productos que son más caros en fabricación local; (d) se puede realizar análisis del costo operacional por los principales proceso, ya que las órdenes están creadas en los principales procesos.

En general la empresa siderúrgica tiene un sistema de costeo basado en órdenes de trabajo bastante confiable y robusto, lo que soportaría la estrategia de la empresa.

11.2. Costeo Basado en Actividades

Los sistemas de costeo en operaciones, son herramientas para la toma de decisiones, y en algunas empresas un sistema convencional de costeo, sea este basado en órdenes, procesos, o incluso híbrido no es suficiente para que la gerencia tome decisiones relevantes. Cuevas (2010), señala que el sistema convencional de costeo no tiene mayores problemas en la asignación de los costos directos, pero podría haber distorsiones al distribuir los costos indirectos de fabricación.

La empresa siderúrgica no utiliza un sistema de costeo basado en actividades, y esto se sustenta en que como se vio en la Figura 67 más del 80% del costo de las barras de construcción corresponden a costos directos de fabricación, lo cuales son bien asignados. Adicionalmente las actividades que se realizan son las mismas, independiente del producto que se fabrique, y la aplicación del criterio de asignación en horas máquina usado evita mayores distorsiones en el costo. En tal sentido no se ve necesidad de justificar el costo y el esfuerzo de implementar un sistema de costeo basado en actividades.

11.3. El Costeo de Inventarios

La empresa realiza un costeo del inventario usando el sistema por absorción. El costo de inventarios se mantiene por SKU, y se usa el método de promedio ponderado para costear los inventarios de productos terminados y productos intermedios. Los sistemas de información permiten recuperar el costo de inventarios por almacén. Una buena referencia de costo del inventario total la podemos ver en la Tabla 38, de donde notamos que se mantiene una cantidad importante de capital de trabajo en los inventarios, se señala esto considerando que como se hizo ver en el capítulo X, el nivel de inventarios cubre con holgura la demanda de materias primas, productos semiterminados y productos terminados.

Tabla 38

Distribución del Inventario

	Cantidad de Inventario (t)	Costo Unitario (US\$/t)	Costo del Inventario (US\$)	% del costo
Materias Primas	91,200	200	18,240,000	20%
Semiterminados	84,000	380	31,920,000	35%
Productos terminados	92,100	440	40,524,000	45%
Total	267,300		90,684,000	

Es de notar la oportunidad de reducir el capital de trabajo, por un lado reduciendo las compras de materias primas hasta rebajar el inventario en un 10%, calcular y reducir el volumen de compra de productos importados, y mantener la capacidad de producción plena, a fin de reducir también el volumen de inventario de productos semiterminados y terminados. Es de mencionar que este análisis se debe de considerar por SKU, a fin de cuidar el nivel de servicio de cada uno de los productos ofrecidos.

11.4. Propuesta de Mejoras

En general la empresa muestra un sistema de información de costos sólido, y buenas prácticas rutinarias de planeamiento, ejecución y control de costos. El sistema de costeo es adecuado para la naturaleza de la empresa.

Donde se ve oportunidad de mejora en la reducción del costo del inventario, como se mencionó líneas arriba. Ante esta situación. Se plantean 3 posibles escenarios de reducción de capital de trabajo, el cual va desde una reducción de 20%, en un escenario optimista, hasta una reducción mínima de 5%. En la Tabla 39 vemos los escenarios planteados. Considerando una reducción de 10% en los inventarios vemos que el costo del inventario liberaría US \$ 9,068,400, lo que significa liberar ese capital, con un ahorro por el costo de oportunidad de unos US \$ 634,788.

Tabla 39

Escenarios de reducción de capital de trabajo en los Inventarios

	Escenarios			
	Base	Esperado (reducción 10%)	Pesimista (reducción 5%)	Optimista (reducción 20%)
Materias Primas	18,240,000	16,416,000	17,328,000	14,592,000
Semiterminados	31,920,000	28,728,000	30,324,000	25,536,000
Productos terminados	40,524,000	36,471,600	38,497,800	32,419,200
Total	90,684,000	81,615,600	86,149,800	72,547,200
Reducción de capital de trabajo (US \$)		9,068,400	4,534,200	18,136,800
Ganacia por reducción de capital de trabajo (Tasa 7%)		634,788	317,394	1,269,576

Ciertamente nos encontramos con un sector productivo que maneja cantidades relevantes de capital de trabajo, y la gestión de las operaciones puede aportar beneficios importantes al negocio, ya sea con aumento de eficiencias, o liberando capital de trabajo.

11.5. Conclusiones

El sistema de costeo que lleva la empresa siderúrgica es completo, oportuno y confiable. Permite toma de decisiones tanto a nivel de productos, como análisis de rentabilidad, con el fin de tomar decisiones del tipo “¿producir o comprar?”, y definir con bastante acierto, la política de precios.

Se nos comentó con detalle decisiones de nivel estratégico tomadas con base a la gestión de costo, lo que corrobora que la gestión de costos es una herramienta que puede ser considerada como una ventaja para competir. Mientras que por otro lado, no tener un buen sistema de costeo puede privar a la gerencia de operaciones de detectar oportunidades de mejora, y tomar decisiones con información distorsionada.

Al no ser un sistema de costeo por órdenes puro, es posible obtener y gestionar información de los grandes procesos de las operaciones de fabricación, lo cual es apreciado por la gerencia de operaciones, y ayuda a alinear a las operaciones a los objetivos estratégicos.

Capítulo XII: Gestión y Control de la Calidad

En este capítulo se evalúa el proceso de Gestión de la Calidad que tiene implementado Empresa del Acero S.A. Asimismo, se verifica las diversas pruebas y mecanismos de control de calidad que realiza la empresa para cumplir con los requerimientos de sus clientes y con las exigentes normas aplicadas al sector siderúrgico.

12.1 Gestión de la Calidad

Empresa del Acero S.A. incluye en su organigrama un área denominada “Calidad”, la cual cuenta actualmente con 19 trabajadores. Esta área se encarga de supervisar y definir las pautas relacionadas a la gestión y al control de la calidad de los procesos y productos que se fabrican en la empresa, de tal manera que se asegure el cumplimiento de las normas y regulaciones que aplican a cada uno de los productos que fabrica, así como también de los requerimientos de sus clientes.

Para ello, la empresa tiene implementado un Sistema de Gestión de la Calidad (SGC) y cuenta con certificación ISO 9001:2008. Adicionalmente, Empresa del Acero S.A., como muestra de su mejora continua, se encuentra en proceso de actualización de esta certificación a su versión del 2015. El contar con esta certificación y estar en proceso de actualización nos demuestra que la empresa procura seguir las buenas prácticas de gestión y de operación en sus procesos.

Siguiendo las pautas de esta norma, la empresa cuenta con un manual de calidad, en el cual se definen las políticas, los objetivos, los alcances y los medios para tener un proceso de producción orientado a la calidad, que permita ofrecer al mercado productos de calidad, altamente competitivos y confiables. Esta información es, luego, comunicada al personal por diferentes medios, tal como lo refleja el cartel de la Figura 68.

Sistema	Meta/Límite	Periodicidad
SEGURIDAD	18 (CPT + SPT)	Anual
AMBIENTAL	0 reclamos externos por temas ambientales	Mensual
CALIDAD	5 reclamos de clientes*	Mensual
	7 kg/t de productos no conformes	

* Se refiere a reclamos por calidad de producto.

Figura 68. Objetivos y Metas del Sistema integrado de Gestión (SIG).

Como se aprecia en la Figura 68, y como se adelantó en el capítulo IV, la empresa tiene implementado, en realidad, un sistema integrado de gestión; ya que, además de la certificación ISO 9001, cuenta con ISO 14001 para la gestión ambiental y OHSAS 18001 para la gestión de la seguridad. Ello reafirma lo mencionado anteriormente, que la empresa realiza constantes esfuerzos por la mejora continua de sus productos y procesos. En la Tabla 40, se muestra el estado actual de los objetivos mostrados en la Figura 68. Cabe mencionar que estos objetivos comprenden toda la empresa en general.

Tabla 40

Estado Actual de los objetivos del SIG para el 2017.

Sistema	Objetivo	Periodicidad	Estado Actual
Seguridad	3 Accidentes CPT	Anual	1
	15 Accidentes SPT	Anual	2
Ambiental	0 reclamos externos por temas ambientales	Mensual	0
Calidad	5 reclamos de clientes por calidad de producto	Mensual	2
	7 kg/t de productos no conformes	Mensual	4.3 kg/t

La Tabla 40 demuestra que en la actualidad la empresa cumple con los objetivos globales de su sistema integrado de gestión. Sin embargo, si centramos la atención en las barras de construcción, dado que estas representan más del 65% del volumen de ventas de la empresa, se tienen tres principales objetivos de calidad: (1) mantener operaciones de bajo costo, (2) ofrecer productos con una calidad uniforme y (3) cumplir con los tiempos de entrega. En la Tabla 41, se muestran estos objetivos con sus respectivos indicadores y su estado actual.

Tabla 41

Objetivos de Calidad y Estado Actual de barras de construcción

Objetivo	Indicador	Periodicidad	Estado Actual
Mantener operaciones de bajo costo	Costo de fabricación <8% menor a precio de barra importada (en base a 3t)	Anual	5%
Tener productos con una calidad uniforme	0 reclamos de calidad	Anual	0
Cumplir con los tiempos de entrega	Stock out < 2%	Anual	0%

Como se aprecia, el único objetivo que no se cumple es el de bajo costo, por lo cual, se puede deducir que cualquier esfuerzo por reducir los costos de las barras de construcción sería de utilidad. En tal sentido, y debido a que el 70% del costo de la barra de construcción se encuentra en el costo de la palanquilla, la cual se fabrica en la planta de acería, se centrará la atención en esta planta. Por tanto, en la Tabla 42, se presentan los objetivos de calidad, el nivel actual y el nivel deseado, de los procesos que se realizan en esta planta.

Las tres tablas mostradas (40, 41 y 42), nos permiten ejemplificar que Empresa del Acero S.A., tiene implementado un sólido Sistema de Gestión, con objetivos de calidad adecuadamente definidos y con indicadores específicos, medibles, relevantes y alcanzables, de acuerdo con diferentes áreas o niveles de la empresa. Asimismo, si bien de manera global,

la empresa cumple sus objetivos, centrando la atención por áreas puntuales, se aprecia que hay objetivos no alcanzados y que, por tanto se podrían identificar e implementar acciones correctivas que permitan su cumplimiento.

Tabla 42

Objetivos de Calidad en procesos de planta de Acería

Proceso	Objetivo	Nivel Deseado	Nivel Actual	¿Cumple?
Oxicorte	% de muestras que cumplen con un tamaño < 50 cm	>95%	90%	X
	Minutos de interrupción por elementos residuales (mensual)	<60 min	30 min	✓
	Toneladas entregadas por turno	>47 t	42 t	X
	Costo operacional	<28 US\$/t	25 US\$/t	✓
Cizalla	% de muestras que cumplen con un tamaño < 30 cm	>95%	95%	✓
	Minutos de interrupción por elementos residuales (mensual)	<60 min	50 min	✓
	Toneladas entregadas por turno	>135 t	140 t	✓
	Costo operacional	<20 US\$/t	18 US\$/t	✓
Horno Eléctrico	% ppm en colada de acero (500 - 900 ppm)	100%	96%	X
	Lotes con %P<0.045%	>95%	100%	✓
	Temperatura de envío de lote (1560-1600°C)	>95%	90%	X
	Ritmo de producción (t/hora)	>58 t/h	55 t/h	X
	Costo operacional	<75 US\$/t	75 US\$/t	✓
Horno Cuchara	% ppm en colada de acero (500 - 900 ppm)	100%	97%	X
	Lotes con no conformes	<1%	0.5%	✓
	Temperatura de envío de lote (1580-1600°C)	>95%	95%	✓
	Ritmo de producción (t/hora)	>58 t/h	60 t/h	✓

12.2. Control de la Calidad

Parte fundamental del SGC de Empresa del Acero S.A. y de que este incluya indicadores tan radicales como el no tener reclamos de calidad en las barras de construcción,

son sus procesos y herramientas de control de calidad de los productos que fabrica. Para esto, la empresa cuenta con dos laboratorios: uno de pruebas mecánicas y otro de ensayos químicos. Ambos tienen la certificación ISO 17025, la cual se enfoca en asegurar la calidad en laboratorios de ensayos y de calibración.

Tal como se adelantó en el capítulo IV, los productos que fabrica la empresa, y especialmente las barras de construcción, deben cumplir exigentes regulaciones internacionales y normas técnicas, principalmente, la NTP 341.031-2008 enfocada en barras de acero con resaltes y lisas para hormigón armado y la norma antisísmica ASTM A615. Estas normas técnicas definen las variables de los productos, tales como diámetro, medida de sección, peso, longitud, tolerancias y propiedades mecánicas como fluencia y tracción.

Para verificar el cumplimiento de estas variables, y así controlar la calidad de sus productos, tanto el laboratorio de ensayos mecánicos como el de ensayos químicos realizan diversas pruebas. En tal sentido, el laboratorio de ensayos mecánicos realiza, principalmente, tres pruebas o validaciones: (1) ensayo de tracción, con el cual se determina el límite de fluencia y la resistencia a la tracción; (2) comprobación de medidas, en la cual mediante procesamiento de imágenes por computadora se verifica el cumplimiento de las medidas de las barras, y (3) prueba de doblado, con la cual se confirma que la barra no se rompa al doblarse y no presente fisuras. Cabe mencionar que por lote de producción, se realizan estos tres ensayos en al menos una barra.

A modo de comprobar el resultado de estos ensayos, en el capítulo IV se mostró el cumplimiento del límite de fluencia en las barras de construcción #4 (de 1/2''), analizando los resultados de las pruebas realizadas a 325 lotes de barras producidas entre abril y mayo del 2017. Las normas establecen que para esa medida de barra de construcción el mínimo del límite de fluencia es de 420 MPa. El análisis demostró que el 100% de los lotes cumplía

ampliamente con el requisito. En la Figura 69, se muestran, nuevamente, los resultados obtenidos.

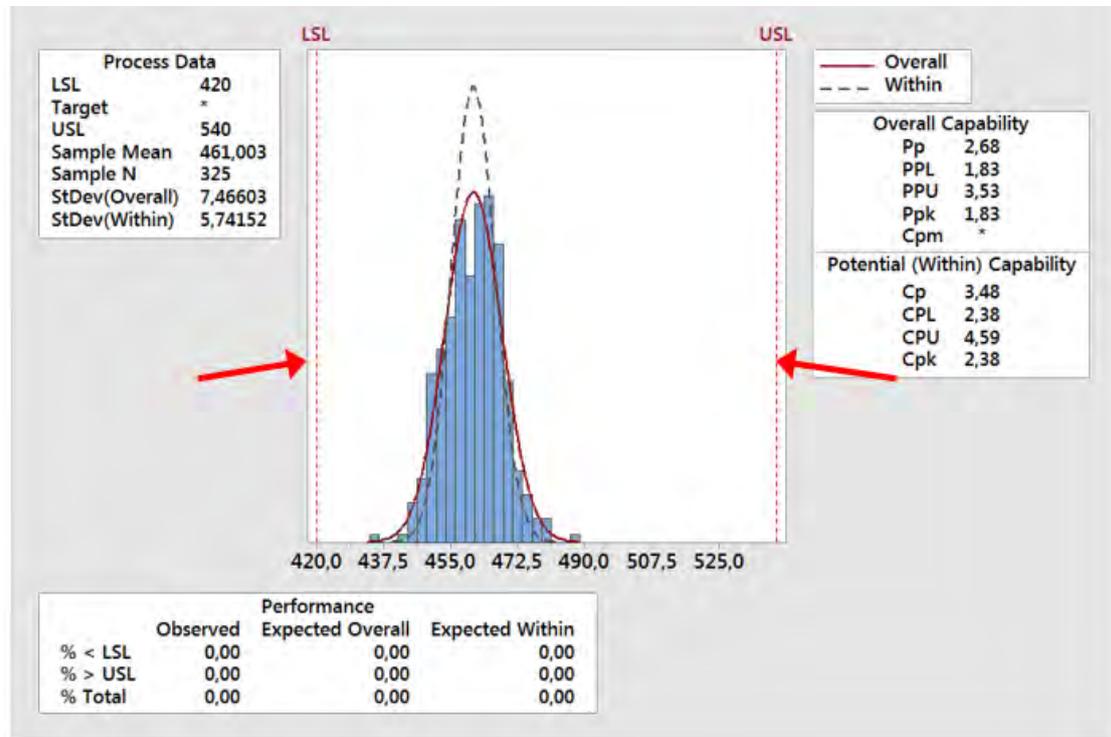


Figura 69. Análisis de límite de fluencia a 325 lotes de barras de construcción #4.

A modo de complementar el análisis realizado, se procedió a efectuar otro análisis a los resultados de las pruebas mecánicas de límite de fluencia y resistencia a la tracción de 358 lotes de barras de construcción de 3/8'' y 5/8''. Los resultados se muestran en la Figuras 70 y 71.

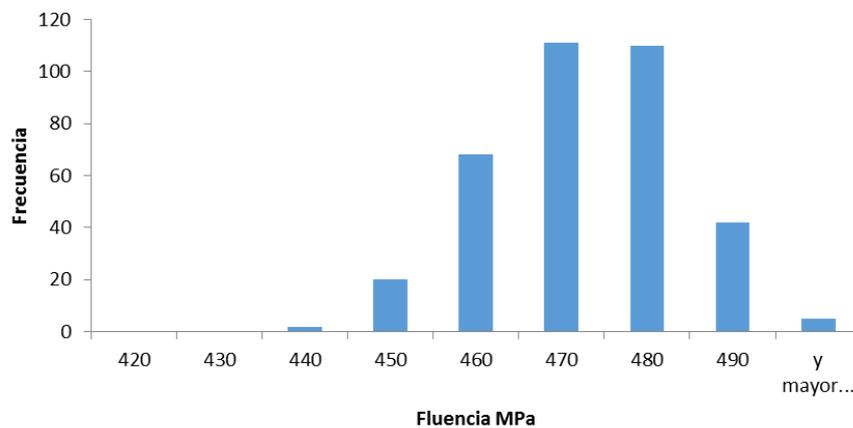


Figura 70. Límite de Fluencia en Barras de 3/8'' y 5/8''.

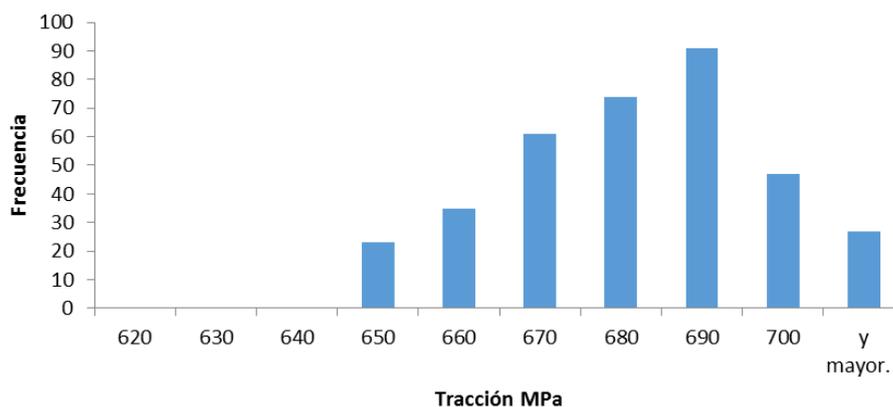


Figura 71. Resistencia a la tracción en Barras de 3/8'' y 5/8''.

Según la Norma Internacional ASTM A615 Grado 60 y la Norma Técnica Peruana NTP 341.031, las barras de construcción de 3/8'' y de 5/8'' deben cumplir con un límite de fluencia mínimo de 420 MPa y una resistencia a la tracción mínima de 620 MPa. Por tanto, este análisis complementario confirma que las barras de construcción fabricadas por Empresa del Acero S.A. cumplen y superan ampliamente los requisitos de límites de fluencia y resistencia a la tracción.

Según se mencionó, las otras pruebas que se realizan en el laboratorio de pruebas mecánicas son la comprobación de medidas y forma, y el ensayo de doblado. Para la primera de estas, se emplea un software de procesamiento de imágenes, que verifica el diámetro, las medidas de sección y la forma de las barras, tal como se muestra en la Figura 72. Por otro lado, en la Figura 73, se muestra una barra, luego de la prueba de doblado, en la cual se puede visualizar que esta no se ha roto ni presenta fisuras.

Por otro lado, cabe recordar que las propiedades mecánicas de las barras dependen, directamente, de la composición química y del porcentaje de ferroaleantes empleado en cada colada. Por tanto, el laboratorio de ensayos químicos supervisa y verifica cada colada en la etapa de horno cuchara, e ingresa la información en tiempo real al SAP, de tal manera que se generan gráficos de control, como los mostrados en las Figuras 74 y 75.



Figura 72. Comprobación de medidas por computadora.



Figura 73. Barra luego de prueba de doblado.

Los gráficos de control mostrados en las Figuras 74 y 75, permiten, además de asegurar las propiedades mecánicas de las barras y, por tanto, asegurar la calidad de las mismas y el cumplimiento de las normas; controlar la calidad de la chatarra que se envía desde el patio de chatarra. Esto debido a que, al tener el valor de los residuales en tiempo real, le permite al patio de chatarra, si nota que el valor de alguno de estos supera los límites, evaluar y clasificar de mejor manera la chatarra.

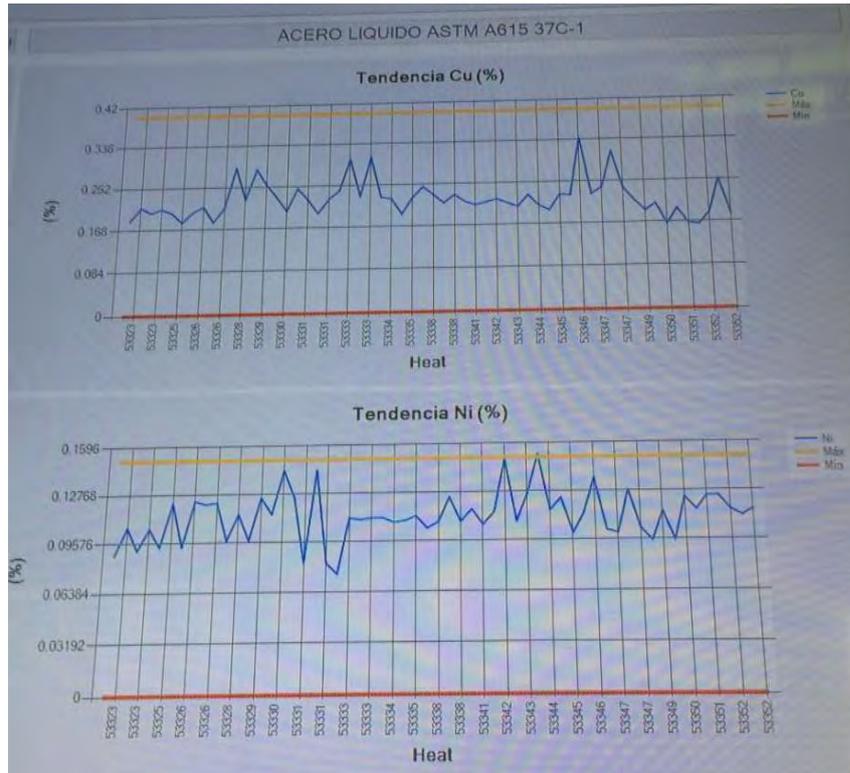


Figura 74. Gráficos de control de Cu y Ni.

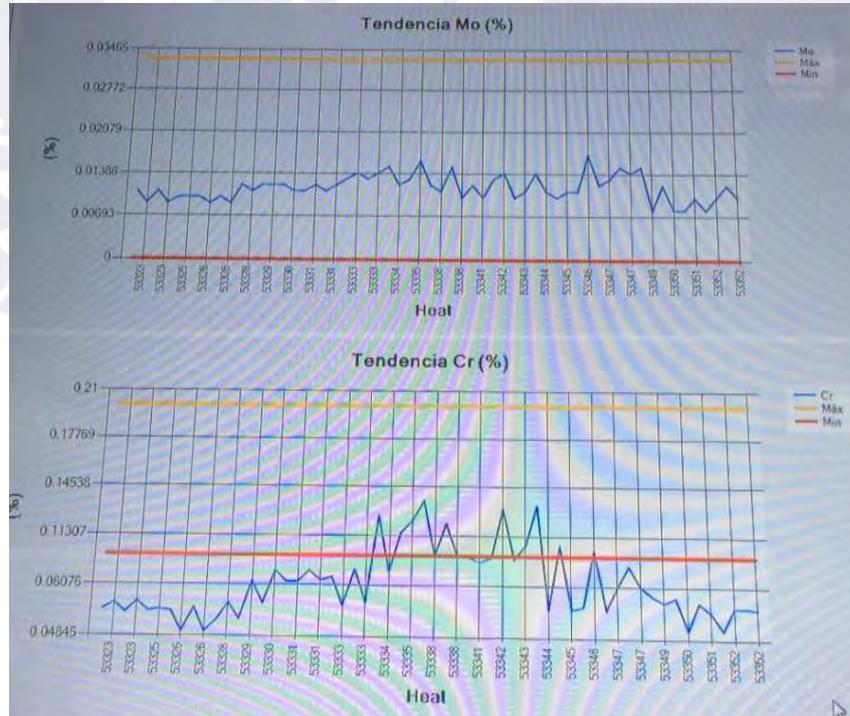
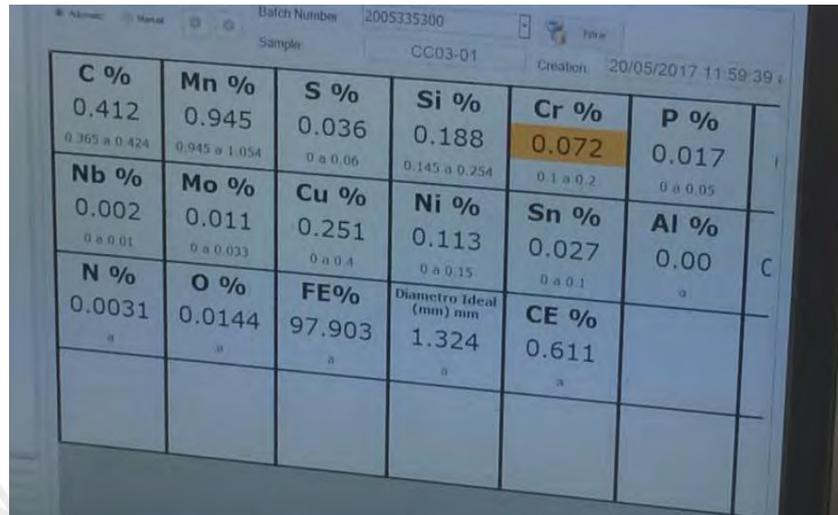


Figura 75. Gráficos de control de Mo y Cr.

Adicionalmente, esta misma información de los gráficos de control, pero mostrada de otro manera, es utilizada por el operador de horno cuchara para poder conocer y controlar la composición química de cada colada. Como se muestra en la Figura 76, el operario puede apreciar el estado actual, el rango y si un valor supera los límites.



Batch Number: 2005335300					
Sample: CC03-01					
Creation: 20/05/2017 11:59:39					
C % 0.412 <small>0.365 a 0.424</small>	Mn % 0.945 <small>0.945 a 1.054</small>	S % 0.036 <small>0 a 0.06</small>	Si % 0.188 <small>0.145 a 0.254</small>	Cr % 0.072 <small>0.1 a 0.2</small>	P % 0.017 <small>0 a 0.05</small>
Nb % 0.002 <small>0 a 0.01</small>	Mo % 0.011 <small>0 a 0.033</small>	Cu % 0.251 <small>0 a 0.4</small>	Ni % 0.113 <small>0 a 0.15</small>	Sn % 0.027 <small>0 a 0.1</small>	Al % 0.00 <small>0</small>
N % 0.0031 <small>0</small>	O % 0.0144 <small>0</small>	FE% 97.903 <small>0</small>	Diametro Ideal (mm) mm 1.324 <small>0</small>	CE % 0.611 <small>0</small>	

Figura 76. Composición química empleada por el operario del horno cuchara.

Otras pruebas de control de calidad se realizan en la planta de laminación. Es así, que cada hora se controlan el peso métrico y la calidad superficial de las barras de construcción que se están fabricando. El responsable de realizar estas pruebas es el laminador mismo, es decir el mismo operario. En la Figura 77, se muestra la prueba del peso métrico.



Figura 77. Prueba de comprobación del peso métrico.

Adicionalmente, las barras se empaquetan en paquetes de 2 tn, peso que también se controla en la planta de laminación. Sin embargo, además de verificar el peso de cada

paquete, se designan operarios para realizar el conteo de las barras por cada paquete, debido a que, para cada medida de barra, hay una cantidad de barras definidas. En este conteo, como en cualquier proceso realizado por el hombre, se pueden generar errores de conteo debido al error humano. Esto puede afectar la calidad.

Si bien todas las pruebas mencionadas están destinadas a asegurar la calidad del producto, Empresa del Acero S.A. tiene incorporado también herramientas para el control de la calidad del proceso. Entre ellas se puede mencionar los paneles de control (Kanban) (Figura 78), que permiten determinar el estado de un proceso; y los gráficos de tendencia (Figura 79), que muestra lo que está pasando en los proceso a tiempo real para balancear los mismos.

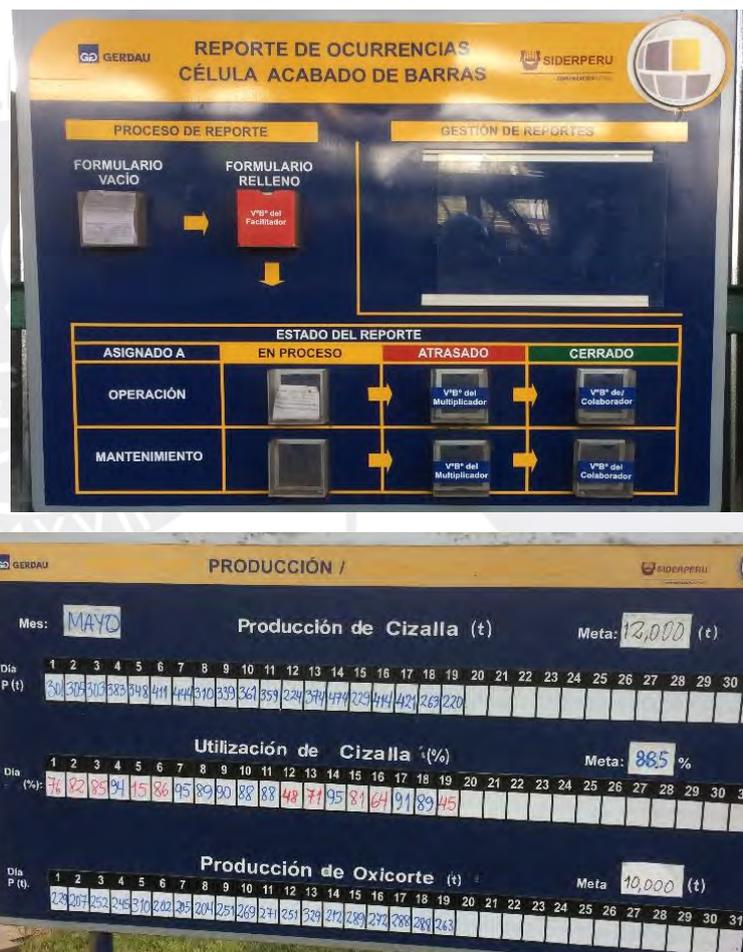


Figura 78. Paneles de control (Kanban).

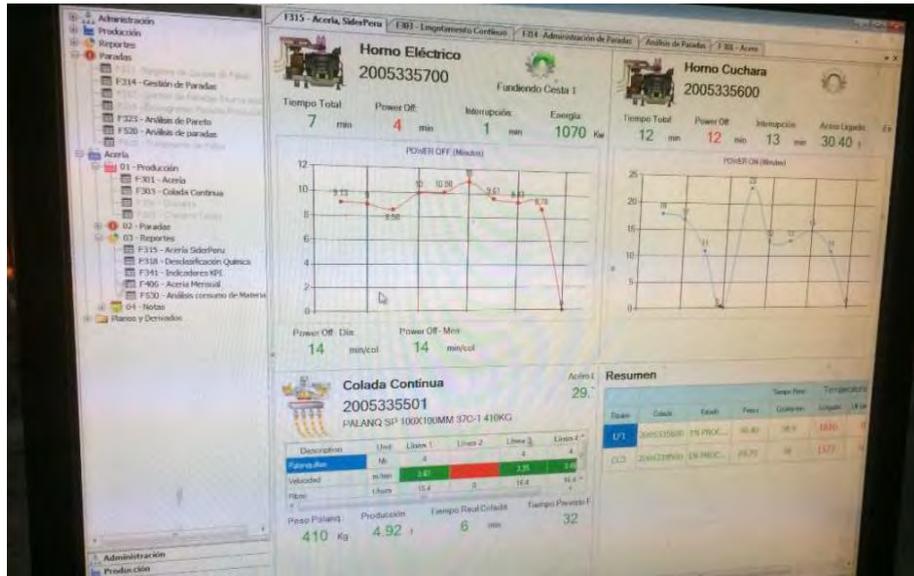


Figura 79. Gráficos de tendencia del estado de los procesos.

Finalmente, una evaluación que también realiza la empresa en busca de ser ambientalmente responsable, además de ser un requisito legal, es el control de emisiones. En la Tabla 43, se muestra el resultado de la medición realizada en marzo del 2017. Además, en la Figura 80, se muestra las iniciativas de la empresa por la calidad ambiental.

Tabla 43

Resultado de medición emisiones de marzo 2017

Límite máximo de material particulado	Medición
100 mg/m ³	10.3 mg/m ³



Figura 80. Iniciativas de Calidad Ambiental.

12.3. Propuesta de Mejoras

Empresa del Acero S.A. tiene implementado un sólido Sistema Integrado de Gestión, lo cual se demuestra con las certificaciones con las que cuenta la empresa: ISO 9001, para la gestión de la calidad; ISO 14001, para la gestión ambiental, OHSAS 18001, para la gestión de la seguridad; e ISO 17025 para los laboratorios de ensayos. Estas certificaciones son, en cierta medida, una garantía de que la empresa busca la mejora continua e implementa las buenas prácticas de gestión.

Sin embargo, el análisis a las barras de 3/8'' y de 5/8'', demuestra que la empresa supera ampliamente los requisitos de límite de fluencia y de resistencia a la tracción; y por tanto, se refirma la propuesta de mejora que se dio en el capítulo IV. Cabe recordar que, tal como se determinó, solo con una reducción 30 Kg de FeSiMn (ferroaleante de mayor precio) por lote de fabricación de las barras #4 se tendría un ahorro mensual potencial de US\$ 14,124.00, lo cual anualizado representaría un ahorro de US\$ 169,488.00.

Para confirmar esta propuesta de mejora, la empresa tendría que realizar una prueba de 2 semanas; de tal manera que se pueda asegurar que esa reducción no afecta a la calidad de los productos que fabrica. De ser positivo el resultado de la prueba, el ahorro podría ser incluso mayor, dado que el análisis a las barras de 3/8'' y de 5/8'', demuestra que sería posible extender la propuesta a la barras de otras medidas.

Además, esta propuesta de mejora, de tener resultado positivos en las pruebas, permitiría que la empresa reduzca los costos de las barras, de tal manera que se incremente la diferencia con el precio de las barras importadas y se pueda cumplir el objetivo fijado por la empresa (<8%).

Por otro lado, se ha comprobado que la empresa emplea de manera adecuada diferentes herramientas de control de calidad, tales como gráficos de control, gráficos de tendencia,

paneles de control, etc. Asimismo, la empresa asegura la calidad de sus productos con diferentes pruebas. Esto ha permitido que la empresa no tenga ningún reclamo.

Finalmente, si bien el conteo de barras al empaquetar podría considerarse un trabajo inútil y susceptible al error humano, es una forma de garantía para el cliente, dado que estos esperan una cantidad exacta de barras según el tamaño.

12.4. Conclusiones

La empresa tiene implementado un SIG, que le permite gestionar de manera adecuada la calidad, la seguridad y la responsabilidad ambiental. Asimismo, estas certificaciones, junto con la certificación de sus laboratorios, son una garantía de que la empresa busca la mejora continua.

Se confirmó, mediante el análisis de propiedades mecánicas de barras de 3/8'' y de 5/8'', que la empresa cumple ampliamente con los requisitos de las normas. En tal sentido, debido a que estas dependen de los ferroaleantes, la empresa podría estar desperdiciando estos y por tanto, podría estar incurriendo en costos innecesarios. Como se ha calculado, con una reducción de 30Kg por lote de barra de #4, la empresa podría ahorrar US\$ 169,488.00 anuales.

Las diferentes verificaciones, prueba y controles de calidad que realiza la empresa, así como también las herramientas que emplea para ello, permiten que la empresa no tenga ningún reclamo en barras de construcción.

Capítulo XIII: Gestión del Mantenimiento

En el presente capítulo se realiza una revisión de la gestión del mantenimiento de activos, de manera correctiva como preventiva, y se plantea mejoras para mejorar la confiabilidad de los equipos.

13.1. Mantenimiento Correctivo

Las dos plantas de Empresa del Acero S.A. tienen programas de producción muy exigentes, por lo cual trabajan de manera continua los siete días de la semana y las 24 horas del día. Cualquier parada de cualquiera de las plantas implica un sobrecosto directo al precio de producto terminado, ya que implica reemplazar esa producción con producto importado. En el caso de la planta de acería el costo por hora de parada inesperada de la planta es de 936 USD, mientras que en la planta de laminación tiene un costo de aproximadamente 550 USD por cada hora de parada de cualquiera de los trenes de laminación.

Los correctivos de urgencia se realizan por los mantenedores de turno, quienes intervienen en toda la planta de acería a solicitud de los usuarios. La prioridad del personal del turno es reponer en el menor tiempo las interrupciones. Además de realizar algunas correcciones o mejoras encomendadas.

El mantenimiento correctivo planeado se realiza en situaciones en que la falla en un equipo no llegó a generar interrupciones, y su intervención puede realizarse en las paradas cíclicas (cada 15 días), o en los días donde se para por restricción de energía. Los hallazgos e intervenciones se registran en un block de notas electrónico, pero no se registran como órdenes de mantenimiento, ni se indica detalles del tiempo y recursos utilizados. Toda la planta tiene acceso a ver el block de notas. En la Figura 81, se muestra el block de notas, que da la ventaja de compartir la información, y se podría tomar la información de pendientes para generar backlog en el SAP.

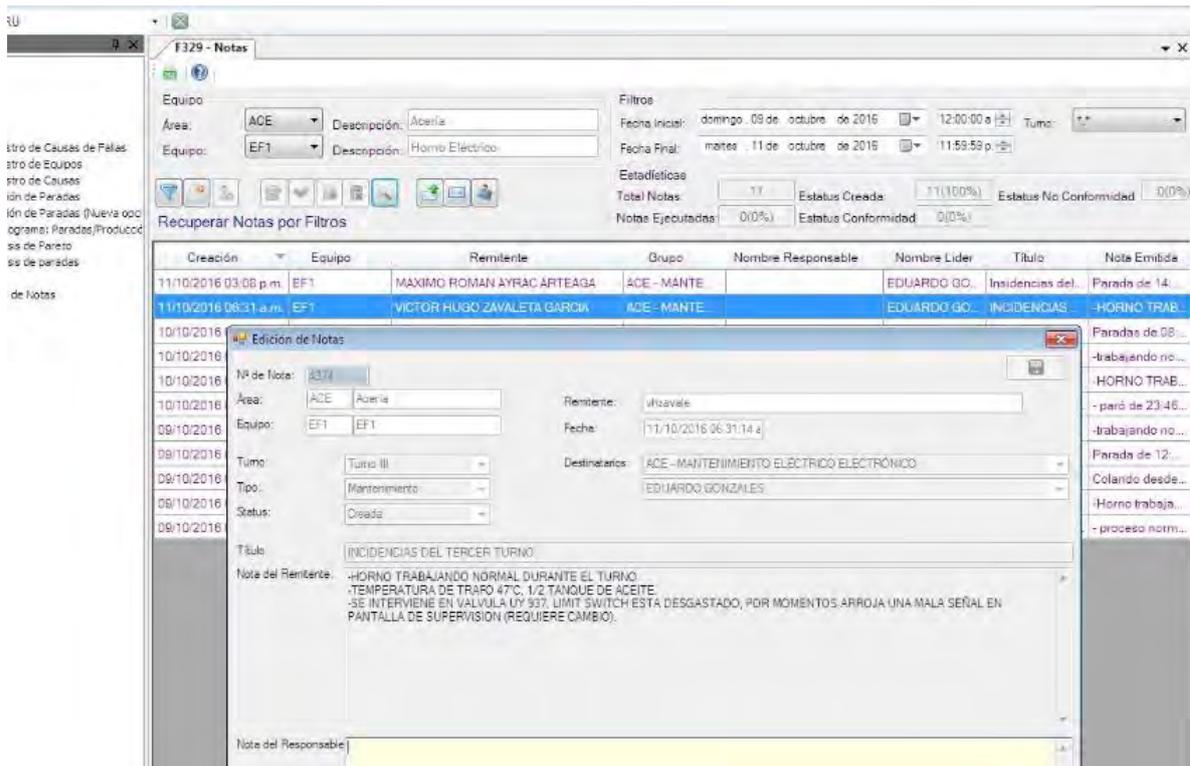


Figura 81. Block de notas de mantenimiento correctivo.

Se identificó los puntos de destaque y oportunidades de mejora en relación con el mantenimiento correctivo, según se puede apreciar en la Figura 82.

+

- En general, personal con experiencia, conocimiento y compromiso.
- Repuestos básicos y herramientas a la mano.
- Apoyo de producción.
- Se registra los hallazgos en block de notas.
- Interrupciones mayores a 1 hora genera tratamiento de falla.

-

- Los hallazgos de inspecciones de turno, no siempre se convierten en backlog o O/T.
- La información del block de notas, no interacciona automáticamente con SAP.
- Por los multiples sistemas, exige contar con personal experimentado.
- Personal subutilizado en caso de no tener urgencias.

Figura 82. Mantenimiento correctivo: puntos fuertes y oportunidades de mejora.

13.2. Mantenimiento Preventivo

El mantenimiento preventivo, se realiza de acuerdo con planes de mantenimiento cargados y recuperados del software SAP. Los planes se actualizan casi exclusivamente, producto de un tratamiento de falla.

Las actividades de mantenimiento preventivos incluyen:

- Inspecciones de mantenimiento.
- Rutas de lubricación.
- Cambio periódico de algunos componentes críticos.
- Limpieza

Usualmente, las actividades de mantenimiento correctivo planeado comprometen el tiempo y los recursos destinados a mantenimiento preventivo. Puede darse el caso que las actividades de mantenimiento planeado no se realicen por resolver problemas de tipo correctivos. Las actividades del mantenimiento preventivo siguen un ciclo de planificación y ejecución, según se puede apreciar en la Figura 83.

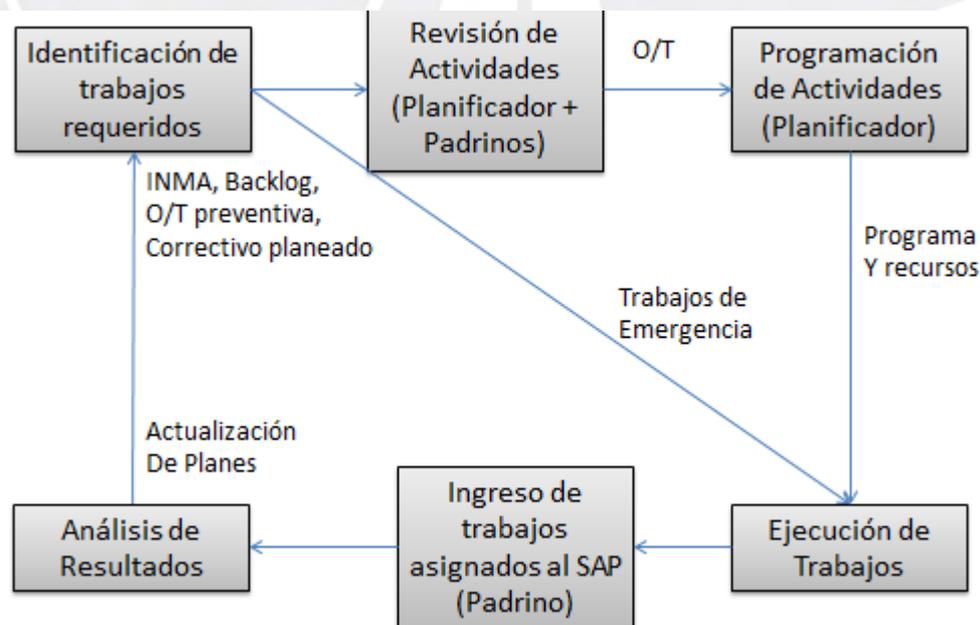


Figura 83. Flujo de mantenimiento preventivo.

La empresa ha logrado buenos resultados con una agenda semanal (ver Figura 84), para el programa de mantenimiento semanal, y las paradas quincenales. Esta agenda (ver Tabla 44 y Tabla 45) es llevada por el planificador, donde participan los padrinos y mantenedores. Además, se debe reportar el cumplimiento de las actividades al planificador.

Tabla 44

Agendas de planificación de programas de mantenimiento (A)

Vier	Sab	Dom	Lun	Mar	Miér	Juev	Vier
			Consolidación de programa. Reunión con padrino CC3 a las 4pm	Reunión con padrino HE, HC, PTE a las 3:30pm		Consolidación de programa y envío a facilitadores y padrinos para revisión, 4:00 pm	Envío de observaciones de facilitadores y padrino hasta las 11:00 am. Envío de programa, 4:00pm

Tabla 45

Agendas de planificación de programas de mantenimiento (B)

Sab	Dom	Lun	Mar	Miér	Jue	Vier	Sab	Dom	Lun	Mar	Miér
				Consolidación de programa	Reunión de coordinación Programador, padrinos y facilitadores, 4:00 a 5:00pm	Consolidación de programa de parada quincenal. Envío a padrinos y facilitadores para revisión final, 4:00pm		Revisión por parte de los padrinos y facilitadores de programa quincenal hasta el domingo 10:00pm	Envío de programa de parada quincenal, 4:00pm		Día de parada

La estrategia de mantenimiento preventivo, inicialmente, en 2008, fue basada casi en su totalidad en la condición aparente de los activos. Actualmente luego de aprendizajes, tratamientos de falla, y buscando aumentar el tiempo disponible para la producción, se ejecutan cambios de componentes críticos de acuerdo con ciclos de trabajo definidos.

Se identificó las fortalezas y oportunidades de mejora en relación con el mantenimiento preventivo, según se puede apreciar en la Figura 84.

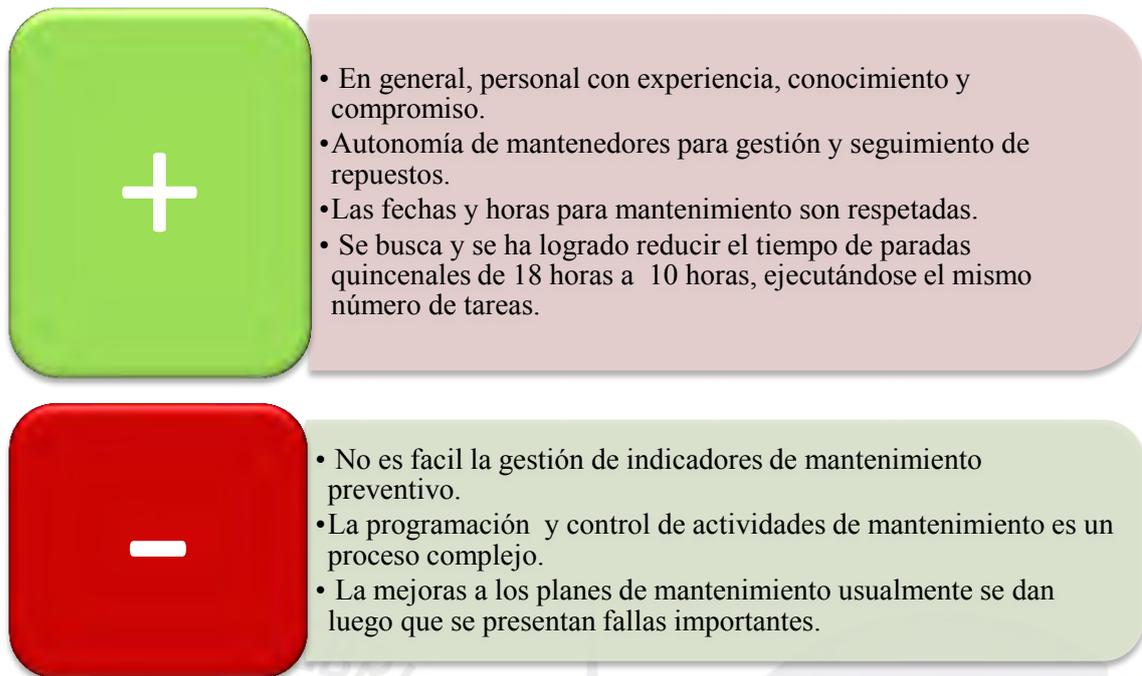


Figura 84. Mantenimiento preventivo: puntos fuertes y oportunidades de mejora.

Adicionalmente se identificó prácticas correspondientes a mantenimiento predictivo, el cual se realiza con personal propio especialista, de acuerdo con un plan ingresado al SAP, y consiste en análisis de fotografías térmicas y análisis de aceites de transformadores.

Anteriormente se realizaba medición de vibraciones, pero se dejaron de hacer al eliminarse mantenimiento central.

Los resultados se presentan y se comparan con referencias, que indican el nivel de criticidad de los hallazgos, y se incluyen en los programas semanales y quincenales. Las actividades de mantenimiento predictivo han mostrado eficacia en muchas ocasiones, especialmente en el manejo de transformadores de mayor capacidad.

Igualmente, que, en el mantenimiento correctivo y preventivo, se identificaron las fortalezas y oportunidades de mejora, según se puede verificar en la Figura 85.

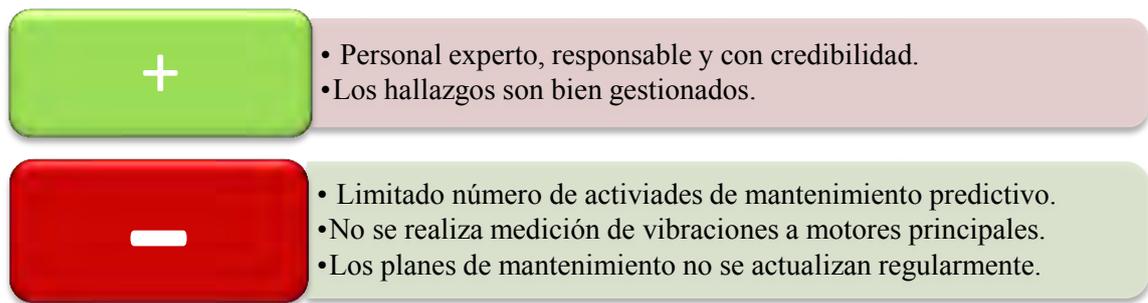


Figura 85. Mantenimiento predictivo: puntos fuertes y oportunidades de mejora.

13.3. Propuesta de Mejora

En general, en SIDEPERU se lleva una buena gestión del mantenimiento dado a la consciencia que hay respecto a los altos costos de las paradas y a la prioridad de darle continuidad a sus operaciones, las cuales no solo generan sobrecostos por reemplazo de oferta con producto importado, sino que reducen la pérdida de energía calorífica y mermas en el proceso durante el arranque.

Luego de revisar el sistema de gestión de mantenimiento, se identificó las principales fortalezas y oportunidades de mejora del sistema, las cuales se presentan a continuación:

Fortalezas:

- Personal comprometido, experimentado y entrenado.
- Integración entre áreas de mantenimiento, suministros y operaciones.
- Buena plataforma tecnológica para obtener información de equipos.
- Mantenimiento eficaz y rápido.
- Búsqueda y logro de mayor disponibilidad de los equipos mediante la reducción de horas de mantenimiento vía mejoras y reducción de interrupciones.
- Respeto al calendario de paradas para mantenimiento.

Oportunidades de Mejora:

- Proactividad limitada.

- Gestión de datos inadecuada.
- Pocos indicadores, no se tiene despliegue a equipos principales.
- Dificultad de programación y control de órdenes de mantenimiento.
- Dificultad de ingreso de datos al SAP.

Las opciones de mejora en mantenimiento son diversas y se podría plantear implementar RCM, gestión de activos, o predicar el TPM. Sin embargo, en este caso particular, el problema principal está asociado con datos confiables, oportunos y de fácil registro y acceso, dado que los mantenedores encuentran engorroso y confuso el procedimiento de registro de información y difícil de analizar, especialmente en la planta de acería, por lo que la mejora está enfocada en esta planta. Para esto se plantea tres medidas sencillas, muy enfocadas y de corta implementación, las cuales son:

- 1.- Implementación de programa de mantenimiento autónomo.
- 2.- Implementación de handheld para colecta de datos de rondas de inspección.
- 3.- Implementación de Software de Mantenimiento.

De esta forma se busca mejorar la utilización del tiempo de los operadores, recuperar la capacidad de gestión del mantenimiento y comenzar a identificar oportunidades para alargar vida de componentes, reducir nivel de urgencia de repuestos, identificar problemas crónicos y aumentar la productividad. En consecuencia, la repercusión económica, sería reducir el costo del mantenimiento.

Los beneficios del mantenimiento autónomo:

- Descargar el tiempo empleado en labores de limpieza, inspección y lubricación simples.
- Mejorar el conocimiento sobre la maquinaria al personal de producción, lo que permitirá identificar mejor los síntomas y alarmas de falla.

Los beneficios del uso de tecnología handheld son:

- Capacidad de tomar los planes del SAP, y ponerlos en las manos del mantenedor.
- Guía al mantenedor en sus rondas de inspección.
- Evidencia cierta de ejecución de inspección con el uso de tags de código de barra o etiquetas RFID.
- Tiempo mínimo para recuperar las órdenes de trabajo.
- Tiempo mínimo para registrar cumplimiento de órdenes.
- Opciones de toma de fotografías, para reportar hallazgos.

Los beneficios de la implementación de software de mantenimiento serían:

- Facilidad en generación y control de órdenes de trabajo.
- Ayuda a mejorar la productividad del personal de mantenimiento.
- Gestión de costo, y horas trabajadas por activo.
- Mejora gestión de planes de mantenimiento preventivo.
- Disponibilidad de indicadores desplegados en línea.
- Eliminación de trabajo en papel.
- Acceso amigable a planes de inspección.

En general un software de mantenimiento permite disponer de los planes de inspección, facilitar el registro de datos, disponer de información de activos, e indicadores de gestión relevantes y oportunos. En resumen, mejora la gestión de mantenimiento.

Una vez con información e indicadores, se podrá identificar oportunidades para alargar vida de componentes, reducir nivel de urgencia de repuestos, identificar problemas crónicos y aumentar la productividad.

Para realizar la evaluación, se consideró por un lado los costos asociados a la implementación de las 3 alternativas (ver Tabla 46), y para estimar los beneficios (ver Tabla 47), lo cual para este tipo de mejoras es de carácter subjetivo, se determinó la brecha del costo

de mantenimiento entre Empresa del Acero S.A. y otra planta del grupo donde se cuenta con tecnología similar y donde ya se ha logrado implementar el mantenimiento autónomo y el software, y se estimó capturar el 20% de la brecha.

Tabla 46

Costos de implementación de mejoras en USD.

Tipo	Costo
Implementación de mantenimiento autónomo	
Capacitación/Asesoría	5,000
Materiales	2,000
Difusión	500
Subtotal	7,500
Implementación de handheld	
Compra de equipos	17,000
Etiquetado de equipos	1,200
Implementación	5,000
Subtotal	23,200
Software de mantenimiento	
Licencia para 20 usuarios (2 años)	32,000
Capacitación	3,000
Implementación	12,000
Subtotal	47,000
TOTAL	77,700

Tabla 47

Beneficios obtenidos de implementación.

Campo	Cantidad	Unidad
Costo unitario de mantenimiento actual	14.6	USD/t
Costo unitario de mantenimiento de benchmark	10.2	USD/t
Brecha	4.4	USD/t
Ahorro esperado (20%)	0.9	USD/t
Producción mensual	35,000	t
Ahorro mensual	30,800	USD
Ahorro anual	354,200	USD

Podemos apreciar, que la resta del beneficio y el costo nos da 276,500 USD a favor del proyecto lo que indica la conveniencia de la ejecución de las mejoras.

El mantenimiento, es un proceso fundamental para lograr los objetivos de la empresa, en SIDEPERU, así se entiende y se ha trabajado para una integración con los demás procesos, se ha mejorado mucho las prácticas y los resultados, pero se ha llegado un punto que la información que se maneja es insuficiente para seguir avanzando, así que la mejora en este caso comienza con medir más y mejor, y luego a gestionar en otro nivel.

13.4. Conclusiones

Se ha comprobado que el personal de mantenimiento es altamente especializado y conoce correctamente los procedimientos de sus áreas.

Si bien la empresa tiene varios años de trabajo, en acería se identificó oportunidades para un mejor manejo de datos y gestión del mantenimiento.

De manera general, se ha identificado que el área de mantenimiento no maneja indicadores de manera formal, y la medición del desempeño se realiza únicamente a través de horas de parada acumuladas.

Capítulo XIV: Cadena de Suministro

14.1. Definición del Producto

El presente diagnóstico operativo empresarial nos ocupa de la fabricación y entrega de productos de la línea de construcción civil de SIDEPERU, y en este caso como se vio con detalle en los capítulos I y IV de este documento, el producto está constituido por barras y alambón de construcción, los cuales son productos de acero utilizados como refuerzo estructural en el concreto armado.

El formato de entrega es en paquetes longitud de 9 metros para las barras desde 6 mm hasta $\frac{3}{4}$ " , y en longitud de 12 m para barras de 1" y 1 $\frac{3}{8}$ ". En todos los casos se suministran paquetes enzunchados e identificados con un peso de 2 toneladas, similares a los mostrados en la Figura 86.



Figura 86. Paquetes de barras de construcción embaladas para entrega al mercado.

La unidad de comercialización para los productos de construcción civil de Empresa del Acero S.A. es la tonelada, pero el despacho se realiza en múltiplos de 2 toneladas, ya que el paquete de barras tiene este peso. En más del 90% de los despachos se entregan a los clientes en camiones que completan 30 t de material para aprovechar la capacidad del transporte y así reducir el costo unitario del flete.

En los extremos de la cadena de suministro, hacia el lado del usuario final del segmento de autoconstrucción, las barras llegan al usuario final en barras unitarias, que es como las

ferreterías venden el producto a los usuarios finales. Mientras que por otro lado la construcción formal (constructoras medianas y grandes) reciben el producto por lo general en los paquetes de dos toneladas.

Las características del producto están definidos en las normas ASTM A615, y NTP 341.031, en donde se definen características de forma, propiedades mecánicas, requerimientos mínimos de composición química, así como requerimientos de ensayos a realizar.

14.2. Descripción de las empresas que conforman la cadena de abastecimiento.

La cadena de suministros de una empresa manufacturera, está formada por aquellas entidades que se encargan de las funciones de abastecimiento, transporte, almacenamiento, fabricación, y distribución, en los procesos de transformar materias primas en productos terminados, y entregar estos al usuario final. En este proceso se realiza un intercambio continuo de materiales y de información a través de toda la cadena. Idealmente, las organizaciones deben entender y gestionar su cadena de suministros de forma tal que aporte a la estrategia de la empresa, en este sentido Chopra y Meindl (2008) señalaron que “Las decisiones acerca de ésta tienen un gran impacto en el éxito o el fracaso de cada firma, ya que influyen de manera significativa tanto en los ingresos generados como en el costo incurrido” (p. 20). Con estas consideraciones, se detalla aspectos relevantes de la cadena de suministros de Empresa del Acero S.A.

La cadena de suministros es particular para cada giro de negocio, y empresa. En el caso de Empresa del Acero S.A., la podemos representar en forma resumida tal como se muestra en la Figura 87. En donde, vemos que el alcance de la cadena desborda los límites de la empresa, llegando proveedores nacionales y extranjeros, quienes aportan materiales para la fabricación del acero, y hacia el extremo del cliente se llega a través de distribuidores y ferreterías al usuario final.

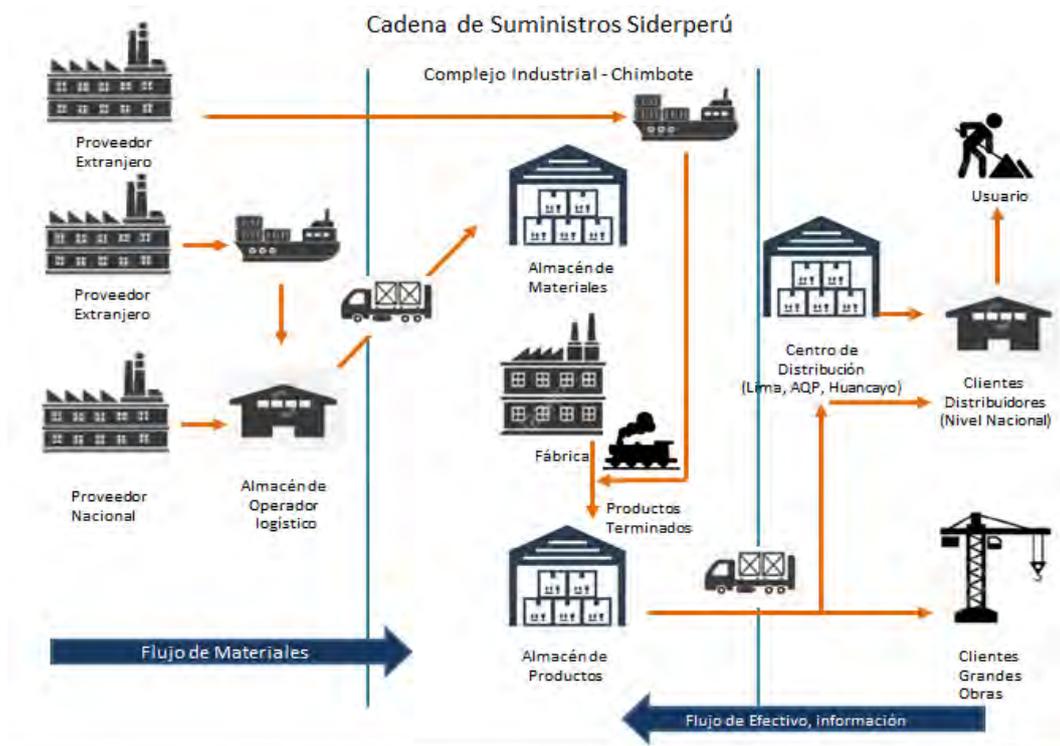


Figura 87. Cadena de suministros de Empresa del Acero S.A.

La cadena de suministros de la industria siderúrgica es ciertamente amplia y compleja. Partiendo del lado de los proveedores y siguiendo el flujo de materiales se aprecia proveedores nacionales y extranjeros, quienes abastecen materias primas e insumos en su gran mayoría vía la ciudad de Lima, a través de un operador logístico y en materiales a granel como carbón, chatarra, cal, palanquillas, el abastecimiento es directo de las instalaciones del proveedor a la fábrica en la ciudad de Chimbote. En la Tabla 48, se muestra los principales materiales que desde el punto de vista de volumen de compra ingresan a la cadena de suministros, en donde vemos que la chatarra sea nacional e importada, así como las palanquillas, son los materiales que constituyen alrededor 80% del gasto total de materias primas e insumos (Sin incluir materiales de mantenimiento).

La cadena de suministros se atomiza en el caso de la chatarra, ya que la empresa cuenta con una base de más de 80 proveedores, repartidos a lo largo del Perú, los cuales entregan material directamente a Empresa del Acero S.A., o a través de acopiadores. Este material

implica el ingreso de alrededor de 28 trayler por día, de los cuales alrededor del 50% procede de la ciudad de Lima y Callao. No todos los vehículos que ingresan con chatarra regresan con carga a Lima, lo que encarece el costo del flete.

Tabla 48

Principales materiales que ingresan en la cadena de suministros de Empresa del Acero S.A.

Materiales	Origen	Empresas	volumen de compra mensual (US \$ x 1000)
Chatarra	Nacional	Diversas	3,960
Chatarra	Importada	TMC	2,900
Ferrosilico Manganeso	Venezuela, China	Ferro Atlantica, diversas	429
Carbon	Nacional	Diversas	60
Carburante	Alemania	Puremetal	35
Electrodos	México	Ucar	297
Refractarios	China, Brasil	VSV, Magnesita	375
Oxigeno, Nitrogeno	Chimbote	Messer	264
Cal	Pacasmayo	CNP	99
Palanquillas	Brasil	Gerdau,	2,940
Combustible	Cuzco	EGP	403
Rodillos	Brasil, China	Villares, BRM China	47

La chatarra importada y las palanquillas importadas ingresan directamente a la fábrica a través del muelle administrado por la empresa, lo que permite tener un costo logístico menor (se estima que US \$/t 30 menos) en comparación con el costo de ingresar material vía Callao.

La cadena de suministros continúa con los procesos de transformación en la fábrica, hasta obtener el producto terminado para ser almacenado en galpones techados, dentro de las instalaciones de la empresa en la ciudad de Chimbote. El producto se fabrica en modalidad “make to stock”, y se mantiene un inventario que varía en función de la demanda. Además de los almacenes en Chimbote, se reparte inventario en centros de distribución en las ciudades de Lima, Arequipa y Chiclayo.

Las barras de construcción continúan su flujo a través de la cadena de distribución, de dos formas, por un lado directamente de las instalaciones de Empresa del Acero S.A. a las

obras de los grandes clientes constructores; o a los usuarios a través de ferreterías, que son abastecidas por distribuidores ubicados en las principales ciudades del Perú, los cuales no forman parte de Empresa del Acero S.A., pero actúan como socios estratégicos.

14.3. Nivel de integración vertical, tercerización, alianzas o Joint-venture.

Dentro de la cadena de suministros de Empresa del Acero S.A., no se observa una integración vertical, ni hacia atrás, ni hacia adelante, sino más bien relaciones formales y de larga data, con empresas de independientes. Las opciones de integración vertical aguas arriba, podría darse en el abastecimiento de algunas materias primas como mineral de hierro, caliza o carbón, o en proyectos energéticos. Sin embargo, la empresa optó por no realizar integración vertical, sino concentrarse en los procesos principales de la fabricación, venta y distribución de productos de acero.

Empresa del Acero S.A. se caracteriza y es reconocida por mantener relaciones serias, largas y con un gran respeto a los acuerdos con buena parte de los participantes de la cadena de suministro. Sin llegar a ser iniciativas joint –venture, la empresa mantiene una relación muy cercana y cierta integración comercial y financiero con sus principales distribuidores comerciales. La cadena de suministros de Empresa del Acero S.A., es liderada y controlada por la propia empresa, a nivel de aprovisionamiento, no se identifica una empresa que pueda ejercer una amenaza importante a la cadena de suministros, si no por el contrario se aprecian relaciones con los proveedores bastante consolidadas.

La incertidumbre de abastecimiento, así como la incertidumbre de la demanda, son más bien bajas, y coherentemente la cadena de suministros de Empresa del Acero S.A., es una cadena que busca eficiencia. Empresa del Acero S.A. maneja dentro de su estrategia en la cadena de aprovisionamiento, una serie de acciones con el fin de minimizar riesgos en la cadena de aprovisionamiento, las mismas que podemos ver en la Tabla 49, en donde notamos que mantener un inventario alto de materiales, es una práctica habitual en la empresa para

contrarrestar los riesgos, ya esta observación se detalló en el desarrollo del capítulo 10 del presente diagnóstico.

Tabla 49

Riesgos en la cadena de aprovisionamiento.

Punto de riesgo	Probabilidad de ocurrencia			Impacto en la cadena			Contingencia
	Baja	media	Alta	Baja	media	Alta	
Incumplimiento de especificaciones	x				x		Penalizaciones, homologación
Retraso de importación	x					x	Inventarios altos, proveedores locales
Escasez por factores externos	x					x	Relaciones sólidas con proveedores
Precios al alza		x			x		Traslado al precio de venta
Desastres naturales	x					x	Inventario
Cambios políticos/normativos	x				x		

14.4. Describir las estrategias del canal de distribución

La estrategia y decisiones en la cadena de suministros, está alineada con tener velocidad de entrega, y disponibilidad de producto. Esto en la actualidad, se realiza manteniendo un nivel de inventario de producto terminado relativamente alto, usualmente se mantiene más de dos 60 días de seguridad inventarios (dependiendo de la demanda) en los locales propios de la empresa.

Como se indicó, el gran almacén se encuentra en la ciudad de Chimbote, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de poco más de 3 meses de venta (Sobre 130,000 t de producto). En la Figura 88, se muestra un esquema de la red de distribución de los productos de la línea de construcción civil, donde se aprecia que desde Chimbote se distribuye el producto a los centros de distribución de Lima, Arequipa, así como directamente a los distribuidores ubicados en las principales ciudades de norte, nor-oriental e incluso distribuidores grandes en Lima. El centro de distribución en Lima con una capacidad de 30,000 t, abastece a distribuidores y clientes directos en principalmente en Lima e Ica. Además desde Lima, se transfiere producto al centro de distribución en la ciudad de Huancayo, el cual tiene una capacidad de almacenamiento de 6,000 t, sin embargo entrega a clientes entre 2,000 a 3,000 t por mes.

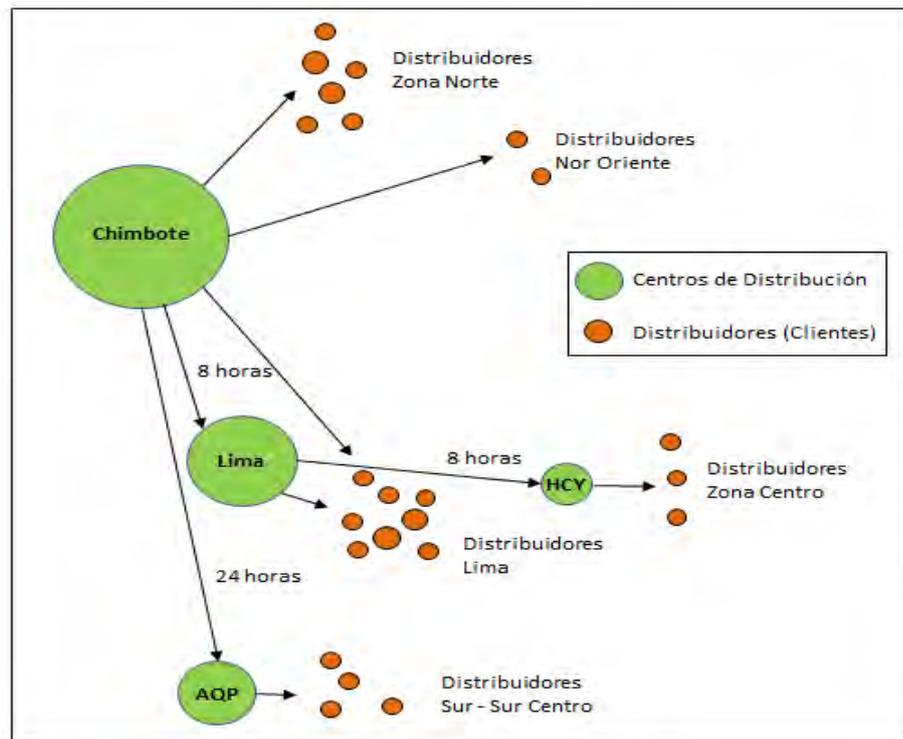


Figura 88. Red de centros de distribución y distribuidores de Empresa del Acero S.A.

Los locales de Chimbote y Lima, son propios, mientras que los locales de Arequipa y Huancayo son alquilados. En Arequipa se trabaja con 5 personas, y en Huancayo con 5 colaboradores, más servicio de vigilancia y mantenimiento.

En este esquema el tiempo de entrega para toda la costa peruana, y las principales ciudades del centro y sur del Perú, no es más de 24 horas. No se ha tenido reclamos logísticos por demoras en abastecimiento del producto a los distribuidores, pero sí, por falta de información del estado de sus entregas.

La disponibilidad de todas las medidas, es otra de las estrategias comerciales para llegar al consumidor final, es así que se mantiene no menos de 45 días de inventario de ciclo para todas las medidas de barras de construcción. No se ha tenido rotura de stock en los últimos 3 años, más, de acuerdo a entrevistas con los responsables de almacén, hay una tendencia a reducir el nivel de inventario para liberar capital de trabajo, sin embargo aún no se ha redefinido un nuevo inventario de seguridad que asegure el nivel de servicio, minimizando el capital de trabajo.

14.5. Proponer mejoras al desempeño de la cadena de aprovisionamiento

Dada la relevancia en el flujo de efectivo que representa la compra de chatarra, tanto nacional como importada, se propone buscar una integración vertical hacia el lado de la recolección de chatarra, a fin de buscar reducir el costo de la misma eliminando intermediarios en la cadena de abastecimiento. La integración puede lograrse ya sea mediante centros de acopio en zonas de mayor generación como sectores industriales de Lima, o grandes ciudades del norte y sur del Perú. Otra opción es realizar joint venture con el fin de formar o potenciar a una Empresas Prestadoras de Servicios de Residuos Sólidos (EPSS).

El beneficio sería el aumento de la captación de chatarra, y así eliminar la importación de chatarra importada de precio sustancialmente mayor. En la tabla 50, se muestra que es posible obtener un potencial de ganancia de US \$ 528,264 al año.

Por el lado de la cadena de distribución, se propone eliminar el centro de distribución de la ciudad de Huancayo, el cual tiene un reparto de 2,000 t a 3,000 t por mes, volumen que puede ser entregado desde el centro de distribución de Lima, es cual por su ubicación a solo 8 horas de Huancayo, y al ser la ruta Lima-Huancayo altamente comercial, no se sacrificaría el nivel de servicio al cliente. El ahorro estimado por evitar gastos de alquileres de predios, equipos, servicios de vigilancia y mantenimiento y costo de personal propio asciende a US \$ 117,000

Tabla 50

Ganancia estimada al integrar verticalmente la cadena de suministros de chatarra.

	Escenarios			
	Base	Esperado (reducción 4%)	Pesimista (reducción 2%)	Optimista (reducción 8%)
Demanda Aual de chatarra Importada (t)	146,740	140,870	143,805	135,001
Ahorro esperado Anual (US \$)		528,264	264,132	1,056,528

Nota. Para el cálculo del ahorro esperado se considera un costo menor del orden de US \$ 95, de la chatarra nacional captada adicionalmente en comparación de la chatarra importada.

14.6. Conclusiones

Se ha visto que la cadena de suministros de Empresa del Acero S.A., es amplia y compleja, abarcado en su origen proveedores nacionales y extranjeros. Sin embargo es importante ampliar es análisis en la cadena por tipo de familia de materiales adquiridos, con el fin de detectar oportunidades que alinean más a la empresa a su estrategia.

No es una práctica de la empresa integrarse verticalmente, en la cadena, sino mas bien mantener buenas y largas relaciones con empresas que brinden fortaleza a su cadena, es esta también una opción válida, ya que le permite centrarse en sus procesos propios de su negocio, y dejar en manos de “expertos” la administración de parte de la cadena.

Vemos que si bien de no es una práctica tener integración vertical con recursos propios, vemos en el caso del abastecimiento de chatarra, una opción para explorar esta alternativa, y el beneficio económico estaría en el orden de medio millón de dólares al año, y además sería una sana práctica que la empresa refuerce su sentido de innovación en sus modelos de negocio.

La distribución es parte de la estrategia comercial, así que cualquier cambio o propuesta se ve sometida a criterios comerciales. Sin embargo se encontró un centro de distribución subutilizado, y el cual puede ser reemplazado con otra opción logística sin afectar el nivel de servicio, y generando un ahorro anual de más de US \$ 100,000.

Capítulo XV: Conclusiones y Recomendaciones

En este capítulo se detallan las principales conclusiones y recomendaciones obtenidas del desarrollo del presente trabajo de investigación.

15.1. Conclusiones

- Empresa del Acero S.A. tiene una administración de sus operaciones productivas soportada por diversos sistemas de gestión reconocidos, lo que le permite tener alineada sus operaciones con el plan estratégico empresarial, de tal manera que se incentive la mejora continua, aspecto fundamental debido al mercado competitivo y globalizado en el que se desarrolla la empresa.
- Empresa del Acero S.A. tiene implementado un sistema integrado de gestión, contando con las certificaciones ISO 9001, para la gestión de la calidad; ISO 14001, para la gestión ambiental; OHSAS 18001, para la gestión de la seguridad; e ISO 17025, para los laboratorios de ensayos.
- Debido a la antigüedad de la empresa, esta presenta un organigrama vertical, en el cual la ubicación de ciertas áreas a cargo de alguna gerencia no favorece el cumplimiento óptimo de sus funciones. El mejor ejemplo de ello es el área de Planeamiento y Control, el cual pertenece a la Gerencia de Finanzas, lo que no favorece su integración con las necesidades de operaciones.
- Los productos que fabrica y comercializa Empresa del Acero S.A., requieren el cumplimiento de estrictas normas técnicas, tanto nacionales como internacionales. Para ello, la empresa cuenta con laboratorios químico y mecánico que realizan pruebas especializadas para asegurar la calidad de los productos. Como se ha verificado, la empresa cumple con cabalidad con estos requerimientos. Sin embargo, no se observa una práctica madura que busque ajustar el nivel de calidad requerido, que garantice

cumplimiento de las normas, pero sin generar desperdicios, como ejemplo vemos la adición de ferroaleantes.

- La diferencia de capacidad entre la planta de acería y la planta de laminación, genera la necesidad de importación de productos semiterminados, lo que expone a la empresa a los riesgos y oportunidades que se presentan en un mercado global del acero.
- La empresa del Acero S.A. mantiene altos niveles de inventarios, tanto en materias primas, como en productos terminados, así mantiene un nivel de servicio elevado, pero esto en contra parte inmoviliza montos relevantes de capital de trabajo, y seguramente oculta gestiones y operaciones ineficiencias.
- La empresa tiene el 55% de su personal sindicalizado. A pesar de ello, los niveles de satisfacción laboral se mantienen constantes (aproximadamente 75%). Asimismo, este porcentaje de personal sindicalizado, favorece la baja rotación laboral, dado que complica los despidos, ya sea por exceso de recursos o mal desempeño.
- Si bien la empresa cuenta con el sistema SAP implementado, y a nivel transaccional está bien implementado. Solamente se usa este ERP de forma oportuna y gerencial en la gestión de costos, y su uso es limitado como herramienta de apoyo a decisiones gerenciales a procesos como planeamiento programación, compras, inventarios. El actual uso del SAP, no permite obtener el mayor provecho a las potencialidades de este sistema.
- En el área de chatarra no hay una programación de los camiones que van a llegar.. Esta falta de programación y coordinación genera incomodidad en los proveedores, por las largas colas y tiempos de espera, así como también impide la planificación de los recursos, específicamente de pulpos, necesarios en chatarra, y podría ocasionar tal malestar que fomente que los proveedores prefieran llevar esta materia crítica a algún competidor.

- La falta de capacidad de procesamiento de chatarra nacional, se resuelve vía importación de chatarra importada, la cual tiene un costo de hasta USD 100 mayor a la chatarra nacional, y además aumenta el nivel de inventario.
- La gestión de mantenimiento se gestiona orientada a la eficacia, mas muy poco hacia la eficiencia, y como es de esperarse el resultado es que la gestión de mantenimiento en la Empresa del Acero S.A. es eficaz, sin embargo no es eficiente, en comparación a empresas referenciales.

15.2. Recomendaciones

Las prioridades competitivas de la Empresa del Acero S.A., están orientadas a operaciones de bajo costo, calidad uniforme y entrega oportuna. Los resultados de la empresa son sólidos en cuanto a las dos últimas prioridades, sin embargo en relación a costos competitivos, la presión es constante por la exposición al mercado internacional. Las recomendaciones planteadas se orientan a coadyuvar al logro de las prioridades competitivas y así a la estrategia de la empresa. Del recorrido realizado a través del desarrollo de diagnóstico operativo empresarial destacamos las siguientes recomendaciones.

- Se sugiere que la gerencia general se involucre en la implementación de cada propuesta de mejora, para asegurar que cada una de ellas esté alineada con el plan estratégico y la visión, misión y valores de la empresa.
- Reforzar la implementación y la interiorización por parte del personal de las herramientas de mejora continua y de las buenas prácticas detalladas en los diversos sistemas de gestión incorporados.
- Evaluar las modificaciones que sean necesarias en el organigrama, de tal manera que se facilite la coordinación y comunicación entre las áreas y estas puedan cumplir con sus funciones establecidas.

- Ejecutar un proyecto, que priorice la gestión y reducción de los inventarios, tanto de materias primas, como de semiterminados y productos terminados. Partiendo de objetivos, revisión de cálculos de inventarios de ciclo, y de seguridad, y en general proceso que cuestionen la necesidad de un alto inventario se espera un ahorro potencial del orden de US \$ 630,000 al año.
- Considerando el nivel de atención y cobertura de la cadena de distribución se recomienda cerrar el centro de distribución en Huancayo, y atender a los clientes del centro a través de centro de distribución de Santa Anita (Lima). No se aprecia un riesgo en el nivel de servicio en esta medida, y más bien un ahorro potencial anual de US \$ 117,000.
- El abastecimiento de chatarra, es crítico para la continuidad de la operación así como para el costo del producto fabricado. Se recomienda abrir centros de acopio de chatarra en la ciudad de Lima, que es donde se concentra la mayor generación de chatarra nacional. De esta forma se busca reemplazar la importación de chatarra importada costosa, con potencial ahorro de US \$ 528,264 anualmente.
- Si bien la empresa cumple a cabalidad con los requerimientos técnicos de las normas técnicas aplicables, ello podría estar ocasionando, desperdicio en el uso de ferroaleantes. Por tanto, se recomienda reducir el consumo de ferroaleantes (FeSiMn), esto por su puesto sin afectar la calidad del producto. Esta medida tiene un ahorro potencial: US \$ 169,488
- Implementar la utilización de un solo formato de palanquillas, y así se logra reducir la brecha de la capacidad entre la planta de acería y la planta de laminación, se aprovecha mejor la temperatura de las palanquillas (carga caliente) y se reduce el inventario de palanquillas. Esta medida, que con una inversión del orden de los US \$ 1'200,000, lograría un ahorro potencial de US \$ 451,089.

- Si bien la empresa se plantea metas de cantidad de horas extras, se recomienda realizar un estudio (“wrench time analysis”), para aumentar la eficiencia de personal de mantenimiento. Ya que como se comentó, la productividad del área es limitada en comparación a empresas del sector, y a pesar de ello se generan sobretiempos.
- Evaluar la ampliación de la capacidad del patio de preparación de cestas para almacenar chatarra fragmentada, de tal manera que se evitan gastos de transporte innecesario de material que se va a utilizar tal cual se recibe.
- Empresa del Acero S.A. debe procurar explotar las potencialidades del sistema SAP que tiene implementado, dado que ello permitirá optimizar la programación de sus operaciones, la gestión de sus recursos, el manejo de indicadores, la generación de informes, entre otros; logrando un ahorro potencial anual de alrededor de US \$ 43,000. Para ello se sugiere capacitar continuamente al personal en el uso de esta herramienta.
- Se sugiere coordinar con los proveedores de chatarra el momento de entrega de la misma, de tal manera que se eviten las largas colas e incomodidades y se pueda programar los recursos necesarios para la recepción de la misma. Esto podría generar un ahorro anual de US \$ 120,000.
- Con la intención de disminuir el consumo de chatarra internacional, y por ende ahorrar costos, se sugiere completar el personal de oxicorte por turno todos los días de la semana, lo cual generaría un ahorro potencial anual de US \$ 93,600.00.

A manera de resumen de los principales beneficios económicos de las recomendaciones listadas a lo largo de presente diagnóstico operativo realizado a la Empresa del Acero S.A. Vemos en la Tabla 51, que es posible obtener un ahorro estimado de US \$ 2'641,197 al año, lo que reafirma la importancia de las operaciones y su buena gestión en el logro de los objetivos estratégicos de las empresas.

Tabla 51

Resumen de Propuestas de Mejora, inversión y ahorros potenciales.

Propuesta de Mejora	Inversión única (US\$)	Ahorro anual (US \$)
Reducción de consumo de ferroaleantes		169,488.00
Estandarizar el formato de palanquilla a 130x130	1,200,000.00	451,089.00
Reubicación del Laboratorio de Ensayos Químicos de la planta de Acería	2,121.00	3,333.00
Reubicación parcial del patio de chatarra fragmentada	25,000.00	60,000.00
Reducción de 15% de horas de sobretiempo en Acería		66,595.00
Completar el personal del turno de Domingo de Oxicorte		93,600.00
Optimización del uso de SAP en la programación y planificación de recursos	44,500.00	42,840.00
Programación de llegada de camiones de chatarra para evitar colas		120,000.00
Reducción del 10% de inventarios		634,788.00
Implementación de Mantenimiento Autónomo, Handheld y Software	77,700.00	354,200.00
Integración vertical de la CS de chatarra		528,264.00
Cerrar centro de distribución de Huancayo		117,000.00
Total	1'349,321	2'641,197

Referencias

- Anderson, D., Sweeney, D., Williams, T., Camm, J., y Martin K. (2011). *Elaboración de Pronósticos en Métodos cuantitativos para los negocios*. México: Cengage Learning.
- ASTM International (2016). *A615/A615M-16: Standard specification for Deformed and Plain Carbon-Steel Bars for Concrete Reinforcement*. West Conshohocken, Pennsylvania.
- Badiru, A. B. (2006). *Handbook of industrial and systems engineering*. Londres: CRC Press Taylor & Francis.
- Banco Central de Reserva del Perú. (s.f.). *Serie de datos estadísticos*. Recuperado de <https://goo.gl/mm8eN9>
- Barndt, S. E. y Carvey, D. W. (1982). *Essentials of operations management*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Blank, L. y Tarquin, A. (2006). *Ingeniería Económica. Sexta Edición*. México D.F.: McGraw-Hill.
- Carro R. y González D. (2012). *Administración de la calidad total*. Argentina: Universidad Nacional del Mar de Plata.
- Castillo, A. J. (2006). *Administración de personal: un enfoque hacia la calidad (2ª ed.)*. Bogotá, Colombia: Ecoe ediciones.
- Chase, R. Jacob, R. y Aquilano, N. (2009). *Administración de Operaciones. Producción y cadena de suministros*. México D.F., México: McGraw-Hill / Interamericana Editores, S.A.
- Chasteen, J. & Wood, J. (2005). *Problems in Modern Latin American History: Sources and Interpretations*. Lanham: SR Books.
- Cuevas, C. (2010). *Contabilidad de Costos. Enfoque gerencial y de gestión*. México D. F., México: Pearson Educación.

- D'Alessio, F. (2012). *Administración de las operaciones productivas: un enfoque en procesos para la gerencia*. Lima, Perú: Pearson Educación.
- Empresa del Acero S.A. (2016). *Manual del Sistema Integrado de Gestión*. Chimbote, Perú: Autor.
- Empresa del Acero S.A. (2017a). *Informe de Gestión de personas*. Chimbote, Perú: Autor.
- Empresa del Acero S.A. (s.f. a). *Historia*. Recuperado de <https://goo.gl/EunBbm> .
- Empresa del Acero S.A. (s.f. b). *Reporte de Calidad de Producto 2017*. Chimbote, Perú: Autor.
- Empresa del Acero S.A. (s.f. c). *Reporte de Ventas 2013, 2014, 2015, 2016* Chimbote, Perú: Autor.
- Evans, J. R. y Lindsay, W. M. (2013). *Administración y control de la calidad* (9a ed.). México D. F., México: Cengage Learning.
- Grasas, A. (2016). *Análisis de Procesos. Nota Técnica 69346*. Barcelona, España: Escuela de Alta Dirección y Administración EADA.
- Gudmundsson, H., Hall, R., Marsden, G. & Zietsman, J. (2015). *Sustainable Transportation - Indicators, Frameworks, and Performance Management*. Berlin: Springer (Springer Texts in Business and Economics).
- Harmon, P. (2011). Core versus Support Processes. *Bussines Process Trend*. 9 (11).
Recuperado de <https://goo.gl/841so4>
- Heizer, J. y Render, B. (2009). *Principios de Administración de Operaciones*. México D. F., México: Pearson Educación.
- Horngren, C., Datar, S. y Rajan, M. (2012). *Contabilidad de Costos. Enfoque gerencial*. México D.F. México: Pearson Educación.
- Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual. (2008). *Norma Técnica Peruana NTP 341.031-2008: Hormigón*

- (Concreto). *Barras de acero al carbono con resaltes y lisas para hormigón (concreto) armado. Especificaciones* (3ª edición). Lima, Perú: Autor.
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. (2006). *Guía Metodológica: Diagnóstico de Diseño para el desarrollo de productos*. Buenos Aires, Argentina: Autor.
- Istrate, R., Schmitt, M., Apfel, J. & Ilca, I. (2011). Efficiency of Maintenance in Steel Making Industry. *Annals of Faculty Engineering Hunedoura*, 9. Recuperado de <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2011/ANNALS-2011-4-19.pdf>
- Ivanov, D. & Sokolov, B. (2010). *Adaptive Supply Chain Management*. London: Springer Science & Business Media.
- Juran, J. (1996). *Juran y la calidad por el diseño. Nuevos pasos para planificar la calidad de bienes y de servicios*. Madrid, España: Diaz de Santos.
- Kern, D. (2011). *Essays on Purchasing and Supply Management*. Wiesbaden: Gabler Verlag.
- Krajewski, L. J., Malhorta, M.K. y Ritzman, L.P. (2013). *Administración de operaciones: procesos y cadena de suministro*. México D.F., México: Pearson Educación.
- Maslow, A. H. (1963). *Motivación y personalidad*. Barcelona, España: Sagitario.
- McHenry, L. y Benton, W. (1948). *Construction purchasing and supply chain management*. New York: McGraw Hill.
- Monks, J. G. (1991). *Administración de Operaciones*. México D.F., México: McGraw Hill.
- New York University. (2017). *Cost of Capital by Sector (US)*. Recuperado de <https://goo.gl/jPkaQ9>
- Organización Internacional de Normalización (2015). *ISO 9001:2015 Sistemas de gestión de la calidad — Requisitos*. Génova, Suiza: Autor.
- Pistarelli, A. (2010). *Manual de Mantenimiento. Ingeniería, Gestión y Organización*. Buenos Aires, Argentina: Talleres gráficos R y C.

- Porter, M. E. (2001). Strategy and the Internet. *Harvard Business Review*. Recuperado de <https://hbr.org/2001/03/strategy-and-the-internet>
- Project Management Institute Inc. (PMI) (2013). *Guía de los fundamentos para la dirección de proyectos (guía del PMBOK) (5ª ed.)*. Newtown Square, Pennsylvania.
- Render, B. y Heizer, J.H. (2014). *Principios de administración de operaciones*. México D.F., México: Pearson Educación.
- Richards, G. (2014). *Warehouse Management: A Complete Guide to Improving Efficiency and Minimizing Costs in the Modern Warehouse*. London: Kogan Page.
- Rothaermel, F. T., Hitt, M. A. & Jobe, L. A. (2006). Balancing vertical integration and strategic outsourcing: effects on product portfolio, product success, and firm performance. *Strat. Mgmt. J.*, 27: 1033–1056. doi:10.1002/smj.559
- Rusjan, B. y Castka, P. (2010). Understanding iso's 9001 Benefits and Research through an Operations Strategy Framework. *Managing Global Transitions* 8 (1), 97–118.
- Silver, E., Pyke, D. & Thomas, D. (2017). *Inventory and Production Management in Supply Chains, Fourth Edition*. Baton Rouge: Taylor & Francis Group.
- Veliz, C. (2014). *Estadística para la administración y los negocios (2ª ed.)*. Lima, Perú: Pearson Educación.
- Waters, C. D. J. (ed.) (2003). *Global Logistics and Distribution Planning: Strategies for Management*. London: Kogan Page Ltd.
- Weldg, M. (2013). *Fabricación y procesamiento del acero*. [Figura]. Recuperado de <https://goo.gl/vTMbMg>
- Weston, J. (2016). *Notas de clase, gestión de mantenimiento. Sesión 1*. Clase Maestría Especializada en Operaciones – Virtual I, en CENTRUM Católica, Lima, Perú.
- Yücesan, E. (2007). *Competitive Supply Chains: A Value-Based Management Perspective*. New York: Palgrave Macmillan.

Apéndice A. Cálculo del valor presente del flujo de efectivo para propuesta de redimensionamiento de planta Acería.

i_{mensual}	0.72%
----------------------	-------

F. Acum.				Flujo Acum.					Flujo Acum.					
Mes	i_n	Flujo	Flujo (VP)	(VP)	Mes	i_n	Flujo	Flujo (VP)	(VP)	Mes	i_n	Flujo	Flujo (VP)	(VP)
0		-20,000,000	-20,000,000	- 20,000,000	51	1.44	200,036	138,917	- 13,774,464	102	2.07	200,087	96,497	- 7,858,120
1	1.01			- 20,000,000	52	1.45	200,037	137,928	- 13,636,536	103	2.09	200,088	95,810	- 7,762,310
2	1.01			- 20,000,000	53	1.46	200,038	136,946	- 13,499,589	104	2.10	200,089	95,128	- 7,667,181
3	1.02			- 20,000,000	54	1.47	200,039	135,972	- 13,363,618	105	2.12	200,090	94,451	- 7,572,730
4	1.03			- 20,000,000	55	1.48	200,040	135,004	- 13,228,614	106	2.13	200,091	93,779	- 7,478,952
5	1.04			- 20,000,000	56	1.49	200,041	134,043	- 13,094,572	107	2.15	200,092	93,111	- 7,385,840
6	1.04			- 20,000,000	57	1.50	200,042	133,088	- 12,961,483	108	2.16	200,093	92,448	- 7,293,392
7	1.05			- 20,000,000	58	1.51	200,043	132,141	- 12,829,343	109	2.18	200,094	91,790	- 7,201,602
8	1.06			- 20,000,000	59	1.52	200,044	131,200	- 12,698,142	110	2.20	200,095	91,137	- 7,110,465
9	1.07			- 20,000,000	60	1.54	200,045	130,266	- 12,567,876	111	2.21	200,096	90,488	- 7,019,978
10	1.07			- 20,000,000	61	1.55	200,046	129,339	- 12,438,538	112	2.23	200,097	89,844	- 6,930,134
11	1.08			- 20,000,000	62	1.56	200,047	128,418	- 12,310,120	113	2.24	200,098	89,204	- 6,840,930
12	1.09			- 20,000,000	63	1.57	200,048.00	127,503.81	- 12,182,616	114	2.26	200,099	88,569	- 6,752,361
13	1.10	200,000	182,249	- 19,817,751	64	1.58	200,049	126,596	- 12,056,020	115	2.28	200,100	87,939	- 6,664,422
14	1.11	200,000	180,951	- 19,636,800	65	1.59	200,050	125,695	- 11,930,325	116	2.29	200,101	87,313	- 6,577,110
15	1.11	200,000	179,662	- 19,457,138	66	1.60	200,051	124,800	- 11,805,525	117	2.31	200,102	86,691	- 6,490,419
16	1.12	200,001	178,383	- 19,278,755	67	1.61	200,052	123,912	- 11,681,613	118	2.32	200,103	86,074	- 6,404,345
17	1.13	200,002	177,113	- 19,101,642	68	1.63	200,053	123,030	- 11,558,583	119	2.34	200,104	85,461	- 6,318,884
18	1.14	200,003	175,852	- 18,925,790	69	1.64	200,054	122,154	- 11,436,430	120	2.36	200,105	84,853	- 6,234,031
19	1.15	200,004	174,600	- 18,751,190	70	1.65	200,055	121,284	- 11,315,146	121	2.38	200,106	84,249	- 6,149,783
20	1.15	200,005	173,357	- 18,577,832	71	1.66	200,056	120,421	- 11,194,725	122	2.39	200,107	83,649	- 6,066,134
21	1.16	200,006	172,123	- 18,405,709	72	1.67	200,057	119,563	- 11,075,162	123	2.41	200,108	83,053	- 5,983,080
22	1.17	200,007	170,898	- 18,234,811	73	1.69	200,058	118,712	- 10,956,449	124	2.43	200,109	82,462	- 5,900,618
23	1.18	200,008	169,681	- 18,065,130	74	1.70	200,059	117,867	- 10,838,582	125	2.44	200,110	81,875	- 5,818,743
24	1.19	200,009	168,473	- 17,896,657	75	1.71	200,060	117,028	- 10,721,554	126	2.46	200,111	81,292	- 5,737,451
25	1.20	200,010	167,274	- 17,729,383	76	1.72	200,061	116,195	- 10,605,359	127	2.48	200,112	80,713	- 5,656,737
26	1.20	200,011	166,083	- 17,563,300	77	1.73	200,062	115,368	- 10,489,992	128	2.50	200,113	80,139	- 5,576,599
27	1.21	200,012	164,901	- 17,398,399	78	1.75	200,063	114,546	- 10,375,445	129	2.51	200,114	79,568	- 5,497,030
28	1.22	200,013	163,727	- 17,234,672	79	1.76	200,064	113,731	- 10,261,714	130	2.53	200,115	79,002	- 5,418,028
29	1.23	200,014	162,561	- 17,072,111	80	1.77	200,065	112,921	- 10,148,793	131	2.55	200,116	78,440	- 5,339,589
30	1.24	200,015	161,404	- 16,910,707	81	1.78	200,066	112,117	- 10,036,675	132	2.57	200,117	77,881	- 5,261,708
31	1.25	200,016	160,255	- 16,750,452	82	1.80	200,067	111,319	- 9,925,356	133	2.59	200,118	77,327	- 5,184,381
32	1.26	200,017	159,114	- 16,591,337	83	1.81	200,068	110,527	- 9,814,829	134	2.61	200,119	76,776	- 5,107,605
33	1.27	200,018	157,981	- 16,433,356	84	1.82	200,069	109,740	- 9,705,089	135	2.63	200,120	76,230	- 5,031,375
34	1.28	200,019	156,857	- 16,276,499	85	1.84	200,070	108,959	- 9,596,130	136	2.64	200,121	75,687	- 4,955,688
35	1.28	200,020	155,740	- 16,120,759	86	1.85	200,071	108,183	- 9,487,947	137	2.66	200,122	75,148	- 4,880,540
36	1.29	200,021	154,631	- 15,966,128	87	1.86	200,072	107,413	- 9,380,534	138	2.68	200,123	74,613	- 4,805,927
37	1.30	200,022	153,531	- 15,812,597	88	1.88	200,073	106,648	- 9,273,886	139	2.70	200,124	74,082	- 4,731,845
38	1.31	200,023	152,438	- 15,660,159	89	1.89	200,074	105,889	- 9,167,997	140	2.72	200,125	73,555	- 4,658,290
39	1.32	200,024	151,352	- 15,508,807	90	1.90	200,075	105,135	- 9,062,861	141	2.74	200,126	73,031	- 4,585,259
40	1.33	200,025	150,275	- 15,358,532	91	1.92	200,076	104,387	- 8,958,475	142	2.76	200,127	72,511	- 4,512,748
41	1.34	200,026	149,205	- 15,209,327	92	1.93	200,077	103,644	- 8,854,831	143	2.78	200,128	71,995	- 4,440,753
42	1.35	200,027	148,143	- 15,061,183	93	1.94	200,078	102,906	- 8,751,925	144	2.80	200,129	71,482	- 4,369,271
43	1.36	200,028	147,088	- 14,914,095	94	1.96	200,079	102,173	- 8,649,752	145	2.82	200,130	70,974	- 4,298,297
44	1.37	200,029	146,041	- 14,768,054	95	1.97	200,080	101,446	- 8,548,306	146	2.84	200,131	70,468	- 4,227,829
45	1.38	200,030	145,002	- 14,623,052	96	1.99	200,081	100,724	- 8,447,582	147	2.86	200,132	69,967	- 4,157,862
46	1.39	200,031	143,969	- 14,479,083	97	2.00	200,082	100,007	- 8,347,575	148	2.88	200,133	69,469	- 4,088,394
47	1.40	200,032	142,944	- 14,336,138	98	2.02	200,083	99,295	- 8,248,281	149	2.90	200,134	68,974	- 4,019,420
48	1.41	200,033	141,927	- 14,194,211	99	2.03	200,084	98,588	- 8,149,693	150	2.92	200,135	68,483	- 3,950,937
49	1.42	200,034	140,917	- 14,053,295	100	2.04	200,085	97,886	- 8,051,807	151	2.94	200,136	67,995	- 3,882,941
50	1.43	200,035	139,913	- 13,913,381	101	2.06	200,086	97,189	- 7,954,617	152	2.96	200,137	67,511	- 3,815,430

Mes	i_n	Flujo Acum.			Mes	i_n	Flujo Acum.		
		Flujo	Flujo (VP)	(VP)			Flujo	Flujo (VP)	(VP)
153	2.99	200,138	67,031	- 3,748,399	204	4.30	200,189	46,562	- 893,629
154	3.01	200,139	66,554	- 3,681,846	205	4.33	200,190	46,231	- 847,398
155	3.03	200,140	66,080	- 3,615,766	206	4.36	200,191	45,902	- 801,496
156	3.05	200,141	65,609	- 3,550,156	207	4.39	200,192	45,575	- 755,922
157	3.07	200,142	65,142	- 3,485,014	208	4.42	200,193	45,250	- 710,671
158	3.09	200,143	64,679	- 3,420,336	209	4.46	200,194	44,928	- 665,743
159	3.12	200,144	64,218	- 3,356,117	210	4.49	200,195	44,608	- 621,135
160	3.14	200,145	63,761	- 3,292,357	211	4.52	200,196	44,291	- 576,844
161	3.16	200,146	63,307	- 3,229,049	212	4.55	200,197	43,976	- 532,868
162	3.18	200,147	62,856	- 3,166,193	213	4.59	200,198	43,662	- 489,206
163	3.21	200,148	62,409	- 3,103,784	214	4.62	200,199	43,352	- 445,854
164	3.23	200,149	61,965	- 3,041,820	215	4.65	200,200	43,043	- 402,811
165	3.25	200,150	61,523	- 2,980,296	216	4.68	200,201	42,737	- 360,075
166	3.28	200,151	61,086	- 2,919,211	217	4.72	200,202	42,432	- 317,642
167	3.30	200,152	60,651	- 2,858,560	218	4.75	200,203	42,130	- 275,512
168	3.32	200,153	60,219	- 2,798,341	219	4.79	200,204	41,830	- 233,682
169	3.35	200,154	59,790	- 2,738,551	220	4.82	200,205	41,533	- 192,149
170	3.37	200,155	59,365	- 2,679,186	221	4.86	200,206	41,237	- 150,912
171	3.40	200,156	58,942	- 2,620,244	222	4.89	200,207	40,943	- 109,969
172	3.42	200,157	58,522	- 2,561,722	223	4.92	200,208	40,652	- 69,317
173	3.44	200,158	58,106	- 2,503,616	224	4.96	200,209	40,362	- 28,955
174	3.47	200,159	57,692	- 2,445,924	225	5.00	200,210	40,075	11,120
175	3.49	200,160	57,281	- 2,388,643	226	5.03	200,211	39,790	50,910
176	3.52	200,161	56,874	- 2,331,769	227	5.07	200,212	39,507	90,417
177	3.54	200,162	56,469	- 2,275,301	228	5.10	200,213	39,225	129,642
178	3.57	200,163	56,067	- 2,219,234	229	5.14	200,214	38,946	168,588
179	3.60	200,164	55,668	- 2,163,566	230	5.18	200,215	38,669	207,257
180	3.62	200,165	55,271	- 2,108,295	231	5.21	200,216	38,394	245,651
181	3.65	200,166	54,878	- 2,053,417	232	5.25	200,217	38,120	283,771
182	3.67	200,167	54,487	- 1,998,930	233	5.29	200,218	37,849	321,620
183	3.70	200,168	54,099	- 1,944,831	234	5.33	200,219	37,579	359,199
184	3.73	200,169	53,714	- 1,891,117	235	5.37	200,220	37,312	396,511
185	3.75	200,170	53,332	- 1,837,785	236	5.40	200,221	37,046	433,557
186	3.78	200,171	52,952	- 1,784,833	237	5.44	200,222	36,783	470,340
187	3.81	200,172	52,575	- 1,732,258	238	5.48	200,223	36,521	506,861
188	3.83	200,173	52,201	- 1,680,057	239	5.52	200,224	36,261	543,121
189	3.86	200,174	51,829	- 1,628,228	240	5.56	200,225	36,003	579,124
190	3.89	200,175	51,460	- 1,576,768	241	5.60	200,226	35,746	614,870
191	3.92	200,176	51,094	- 1,525,674	242	5.64	200,227	35,492	650,362
192	3.95	200,177	50,730	- 1,474,944	243	5.68	200,228	35,239	685,601
193	3.97	200,178	50,369	- 1,424,575	244	5.72	200,229	34,988	720,589
194	4.00	200,179	50,010	- 1,374,564	245	5.76	200,230	34,739	755,328
195	4.03	200,180	49,654	- 1,324,910	246	5.81	200,231	34,492	789,820
196	4.06	200,181	49,301	- 1,275,609	247	5.85	200,232	34,246	824,067
197	4.09	200,182	48,950	- 1,226,659	248	5.89	200,233	34,003	858,069
198	4.12	200,183	48,601	- 1,178,057	249	5.93	200,234	33,760	891,830
199	4.15	200,184	48,256	- 1,129,802	250	5.97	200,235	33,520	925,350
200	4.18	200,185	47,912	- 1,081,890	251	6.02	200,236	33,282	958,631
201	4.21	200,186	47,571	- 1,034,319	252	6.06	200,237	33,045	991,676
202	4.24	200,187	47,232	- 987,087	253	6.10	200,238	32,809	1,024,485
203	4.27	200,188	46,896	- 940,191					

Apéndice B. Cálculo del valor presente del flujo de efectivo para propuesta de relocalización de complejo siderúrgico con instalaciones nuevas.

i_{anual}	8.61%
--------------------	-------

F. Acum.				F. Acum.				F. Acum.			
Año	i_n	Flujo	Flujo (VP)	Año	i_n	Flujo	Flujo (VP)	Año	i_n	Flujo	Flujo (VP)
0		- 226,000,000	- 226,000,000	51	67.51	9,480,000	140,426	102	4,557	9,480,000	2,080
1	1.09		- 226,000,000	52	73.32	9,480,000	129,294	103	4,950	9,480,000	1,915
2	1.18		- 226,000,000	53	79.63	9,480,000	119,044	104	5,376	9,480,000	1,763
3	1.28	9,480,000	7,399,441	54	86.49	9,480,000	109,607	105	5,839	9,480,000	1,624
4	1.39	53,480,000	38,433,695	55	93.94	9,480,000	100,918	106	6,342	9,480,000	1,495
5	1.51	9,480,000	6,272,769	56	102.03	9,480,000	92,918	107	6,888	9,480,000	1,376
6	1.64	9,480,000	5,775,498	57	110.81	9,480,000	85,552	108	7,481	9,480,000	1,267
7	1.78	9,480,000	5,317,649	58	120.35	9,480,000	78,770	109	8,125	9,480,000	1,167
8	1.94	9,480,000	4,896,095	59	130.71	9,480,000	72,525	110	8,824	9,480,000	1,074
9	2.10	9,480,000	4,507,960	60	141.97	9,480,000	66,776	111	9,584	9,480,000	989
10	2.28	9,480,000	4,150,593	61	154.19	9,480,000	61,482	112	10,409	9,480,000	911
11	2.48	9,480,000	3,821,557	62	167.47	9,480,000	56,608	113	11,305	9,480,000	839
12	2.69	9,480,000.00	3,518,605.47	63	181.89	9,480,000	52,121	114	12,279	9,480,000	772
13	2.93	9,480,000	3,239,670	64	197.55	9,480,000	47,989	115	13,336	9,480,000	711
14	3.18	9,480,000	2,982,847	65	214.55	9,480,000	44,185	116	14,484	9,480,000	655
15	3.45	9,480,000	2,746,383	66	233.03	9,480,000	40,682	117	15,731	9,480,000	603
16	3.75	9,480,000	2,528,665	67	253.09	9,480,000	37,457	118	17,086	9,480,000	555
17	4.07	9,480,000	2,328,207	68	274.88	9,480,000	34,487	119	18,557	9,480,000	511
18	4.42	9,480,000	2,143,639	69	298.55	9,480,000	31,753	120	20,155	9,480,000	470
19	4.80	9,480,000	1,973,703	70	324.26	9,480,000	29,236	121	21,890	9,480,000	433
20	5.22	9,480,000	1,817,239	71	352.17	9,480,000	26,919	122	23,775	9,480,000	399
21	5.67	9,480,000	1,673,178	72	382.50	9,480,000	24,785	123	25,822	9,480,000	367
22	6.15	9,480,000	1,540,538	73	415.43	9,480,000	22,820	124	28,045	9,480,000	338
23	6.68	9,480,000	1,418,413	74	451.20	9,480,000	21,011	125	30,460	9,480,000	311
24	7.26	9,480,000	1,305,969	75	490.05	9,480,000	19,345	126	33,082	9,480,000	287
25	7.88	9,480,000	1,202,439	76	532.24	9,480,000	17,812	127	35,931	9,480,000	264
26	8.56	9,480,000	1,107,116	77	578.06	9,480,000	16,400	128	39,024	9,480,000	243
27	9.30	9,480,000	1,019,350	78	627.83	9,480,000	15,100	129	42,384	9,480,000	224
28	10.10	9,480,000	938,542	79	681.89	9,480,000	13,903	130	46,034	9,480,000	206
29	10.97	9,480,000	864,139	80	740.60	9,480,000	12,800	131	49,997	9,480,000	190
30	11.92	9,480,000	795,635	81	804.37	9,480,000	11,786	132	54,302	9,480,000	175
31	12.94	9,480,000	732,562	82	873.62	9,480,000	10,851	133	58,977	9,480,000	161
32	14.06	9,480,000	674,488	83	948.84	9,480,000	9,991	134	64,055	9,480,000	148
33	15.27	9,480,000	621,018	84	1,030.54	9,480,000	9,199	135	69,570	9,480,000	136
34	16.58	9,480,000	571,788	85	1,119.27	9,480,000	8,470	136	75,560	9,480,000	125
35	18.01	9,480,000	526,459	86	1,215.64	9,480,000	7,798	137	82,066	9,480,000	116
36	19.56	9,480,000	484,725	87	1,320.30	9,480,000	7,180	138	89,132	9,480,000	106
37	21.24	9,480,000	446,298	88	1,433.98	9,480,000	6,611	139	96,806	9,480,000	98
38	23.07	9,480,000	410,918	89	1,557.45	9,480,000	6,087	140	105,141	9,480,000	90
39	25.06	9,480,000	378,343	90	1,691.54	9,480,000	5,604	141	114,194	9,480,000	83
40	27.21	9,480,000	348,350	91	1,837.19	9,480,000	5,160	142	124,026	9,480,000	76
41	29.56	9,480,000	320,735	92	1,995.37	9,480,000	4,751	143	134,705	9,480,000	70
42	32.10	9,480,000	295,309	93	2,167.17	9,480,000	4,374	144	146,303	9,480,000	65
43	34.87	9,480,000	271,898	94	2,353.76	9,480,000	4,028	145	158,900	9,480,000	60
44	37.87	9,480,000	250,344	95	2,556.42	9,480,000	3,708	146	172,581	9,480,000	55
45	41.13	9,480,000	230,498	96	2,776.53	9,480,000	3,414	147	187,440	9,480,000	51
46	44.67	9,480,000	212,225	97	3,015.59	9,480,000	3,144	148	203,579	9,480,000	47
47	48.52	9,480,000	195,401	98	3,275.23	9,480,000	2,894	149	221,107	9,480,000	43
48	52.69	9,480,000	179,911	99	3,557.23	9,480,000	2,665	150	240,144	9,480,000	39
49	57.23	9,480,000	165,648	100	3,863.50	9,480,000	2,454	151	260,821	9,480,000	36
50	62.16	9,480,000	152,517	101	4,196.15	9,480,000	2,259	152	283,277	9,480,000	33

Año	i_n	Flujo	Flujo (VP)	F. Acum. (VP)	Año	i_n	Flujo	Flujo (VP)	F. Acum. (VP)
153	307,667	9,480,000	31	- 101,039,997	204	20,770,263	9,480,000	0	- 101,039,645
154	334,158	9,480,000	28	- 101,039,969	205	22,558,583	9,480,000	0	- 101,039,645
155	362,929	9,480,000	26	- 101,039,943	206	24,500,877	9,480,000	0	- 101,039,644
156	394,177	9,480,000	24	- 101,039,919	207	26,610,402	9,480,000	0	- 101,039,644
157	428,115	9,480,000	22	- 101,039,897	208	28,901,558	9,480,000	0	- 101,039,643
158	464,976	9,480,000	20	- 101,039,876	209	31,389,982	9,480,000	0	- 101,039,643
159	505,010	9,480,000	19	- 101,039,858	210	34,092,659	9,480,000	0	- 101,039,643
160	548,492	9,480,000	17	- 101,039,840	211	37,028,037	9,480,000	0	- 101,039,643
161	595,717	9,480,000	16	- 101,039,824	212	40,216,151	9,480,000	0	- 101,039,642
162	647,008	9,480,000	15	- 101,039,810	213	43,678,762	9,480,000	0	- 101,039,642
163	702,716	9,480,000	13	- 101,039,796	214	47,439,503	9,480,000	0	- 101,039,642
164	763,219	9,480,000	12	- 101,039,784	215	51,524,044	9,480,000	0	- 101,039,642
165	828,933	9,480,000	11	- 101,039,772	216	55,960,264	9,480,000	0	- 101,039,642
166	900,304	9,480,000	11	- 101,039,762	217	60,778,443	9,480,000	0	- 101,039,641
167	977,820	9,480,000	10	- 101,039,752	218	66,011,467	9,480,000	0	- 101,039,641
168	1,062,010	9,480,000	9	- 101,039,743	219	71,695,055	9,480,000	0	- 101,039,641
169	1,153,449	9,480,000	8	- 101,039,735	220	77,867,999	9,480,000	0	- 101,039,641
170	1,252,761	9,480,000	8	- 101,039,728					
171	1,360,624	9,480,000	7	- 101,039,721					
172	1,477,774	9,480,000	6	- 101,039,714					
173	1,605,010	9,480,000	6	- 101,039,708					
174	1,743,201	9,480,000	5	- 101,039,703					
175	1,893,291	9,480,000	5	- 101,039,698					
176	2,056,303	9,480,000	5	- 101,039,693					
177	2,233,351	9,480,000	4	- 101,039,689					
178	2,425,643	9,480,000	4	- 101,039,685					
179	2,634,491	9,480,000	4	- 101,039,681					
180	2,861,320	9,480,000	3	- 101,039,678					
181	3,107,680	9,480,000	3	- 101,039,675					
182	3,375,251	9,480,000	3	- 101,039,672					
183	3,665,860	9,480,000	3	- 101,039,670					
184	3,981,491	9,480,000	2	- 101,039,667					
185	4,324,297	9,480,000	2	- 101,039,665					
186	4,696,619	9,480,000	2	- 101,039,663					
187	5,100,998	9,480,000	2	- 101,039,661					
188	5,540,194	9,480,000	2	- 101,039,659					
189	6,017,205	9,480,000	2	- 101,039,658					
190	6,535,286	9,480,000	1	- 101,039,656					
191	7,097,974	9,480,000	1	- 101,039,655					
192	7,709,110	9,480,000	1	- 101,039,654					
193	8,372,864	9,480,000	1	- 101,039,653					
194	9,093,768	9,480,000	1	- 101,039,652					
195	9,876,741	9,480,000	1	- 101,039,651					
196	10,727,129	9,480,000	1	- 101,039,650					
197	11,650,734	9,480,000	1	- 101,039,649					
198	12,653,863	9,480,000	1	- 101,039,648					
199	13,743,360	9,480,000	1	- 101,039,648					
200	14,926,663	9,480,000	1	- 101,039,647					
201	16,211,849	9,480,000	1	- 101,039,646					
202	17,607,689	9,480,000	1	- 101,039,646					
203	19,123,711	9,480,000	0	- 101,039,645					

**Apéndice C. Cálculo del valor presente del flujo de efectivo para propuesta de
relocalización de complejo siderúrgico con traslado de equipos.**

i_{anual}	8.61%
--------------------	--------------

Año	i_n	Flujo	Flujo (VP)	F. Acum. (VP)
0		- 122,000,000	- 122,000,000	- 122,000,000
1	1.09			- 122,000,000
2	1.18	- 8,640,000	- 7,324,435	- 129,324,435
3	1.28	7,320,000	5,713,492	- 123,610,943
4	1.39	91,320,000	65,627,619	- 57,983,324
5	1.51	7,320,000	4,843,530	- 53,139,793
6	1.64	7,320,000	4,459,562	- 48,680,231
7	1.78	7,320,000	4,106,033	- 44,574,199
8	1.94	7,320,000	3,780,529	- 40,793,670
9	2.10	7,320,000	3,480,830	- 37,312,840
10	2.28	7,320,000	3,204,889	- 34,107,952
11	2.48	7,320,000	2,950,823	- 31,157,129
12	2.69	7,320,000.00	2,716,897.89	- 28,440,231
13	2.93	7,320,000	2,501,517	- 25,938,714
14	3.18	7,320,000	2,303,211	- 23,635,503
15	3.45	7,320,000	2,120,625	- 21,514,878
16	3.75	7,320,000	1,952,514	- 19,562,364
17	4.07	7,320,000	1,797,729	- 17,764,635
18	4.42	7,320,000	1,655,215	- 16,109,420
19	4.80	7,320,000	1,523,999	- 14,585,421
20	5.22	7,320,000	1,403,185	- 13,182,237
21	5.67	7,320,000	1,291,948	- 11,890,289
22	6.15	7,320,000	1,189,529	- 10,700,760
23	6.68	7,320,000	1,095,230	- 9,605,529
24	7.26	7,320,000	1,008,406	- 8,597,123
25	7.88	7,320,000	928,465	- 7,668,658
26	8.56	7,320,000	854,862	- 6,813,796
27	9.30	7,320,000	787,093	- 6,026,703
28	10.10	7,320,000	724,697	- 5,302,006
29	10.97	7,320,000	667,247	- 4,634,759
30	11.92	7,320,000	614,351	- 4,020,408
31	12.94	7,320,000	565,649	- 3,454,759
32	14.06	7,320,000	520,807	- 2,933,952
33	15.27	7,320,000	479,521	- 2,454,432
34	16.58	7,320,000	441,507	- 2,012,925
35	18.01	7,320,000	406,507	- 1,606,418
36	19.56	7,320,000	374,281	- 1,232,137
37	21.24	7,320,000	344,610	- 887,527
38	23.07	7,320,000	317,291	- 570,236
39	25.06	7,320,000	292,138	- 278,098
40	27.21	7,320,000	268,979	- 9,118
41	29.56	7,320,000	247,656	238,537
42	32.10	7,320,000	228,023	466,561
43	34.87	7,320,000	209,947	676,507
44	37.87	7,320,000	193,303	869,811
45	41.13	7,320,000	177,979	1,047,790
46	44.67	7,320,000	163,870	1,211,660
47	48.52	7,320,000	150,879	1,362,539
48	52.69	7,320,000	138,918	1,501,458
49	57.23	7,320,000	127,906	1,629,364
50	62.16	7,320,000	117,766	1,747,130



Apéndice D. Ficha técnica barras de construcción



Barras de Construcción



Wynn Kalmar One



Barras de Construcción

> DESCRIPCIÓN

Son barras rectas de acero cuyas corrugas o resaltos permiten una alta adherencia con el concreto.

Las barras de construcción son usadas como refuerzo en elementos de concreto armado.

Designación: BC-C-1-ASTM A615 G60

> DOCUMENTOS DE REFERENCIA

Standard Specification for Deformed and Plain Billet-Steel Bars for Concrete Reinforcement ASTM A615-01 (G 60)

Especificación Normalizada para barras de acero con resaltos y lisas para hormigón (concreto) armado NTP 341.031-2001 (Grado 60)



> ESPECIFICACIONES DIMENSIONALES Y DE PESO

Designación talla N°	Diámetro barra		Sección mm ²	Perímetro mm	Peso kg/m	Dimensiones: resalte (mm)			Longitud barra (m)	
	mm	Pulg.				Separación máx.	Altura mín.	Distancia máx. entre codomos		
---	8	---	50	25,1	0,395	5,6	0,32	3,2	9	
3	---	3/8"	71	29,9	0,56	6,7	0,38	3,6		
---	12	---	113	37,7	0,888	8,4	0,48	4,7		
4	---	1/2"	129	39,9	0,994	8,8	0,51	4,9		
5	---	5/8"	199	49,9	1,552	11,1	0,71	6,1		
6	---	3/4"	284	59,8	2,235	13,3	0,97	7,3		
8	---	1"	510	79,8	3,973	17,8	1,27	9,7		
11	---	1 3/8"	1006	112,5	7,907	25,1	1,80	13,7		12

> PROPIEDADES MECÁNICAS

Diámetro Nominal		Características mecánicas Valores mínimos			Doblado a 180°
milímetros (mm)	Pulgadas (pulg.)	R MPa (kgf/mm ²)	F MPa (kgf/cm ²)	%A La = 203 mm	Distancia de doblado
8	---	621 (63,3)	420 (42,8)	9	3,5 d
---	3/8				
12	---				
---	1/2				
---	5/8			8	5 d
---	3/4				
---	1				
---	1 3/8				

F: Límite de fluencia; R: Resistencia a la tracción; A: % de alargamiento; d: Ø de barra.



> **VARIACIÓN PERMISIBLE EN LA LONGITUD Y PESO MÉTRICO**

La tolerancia en la longitud es de: + 150 mm
 - 50 mm

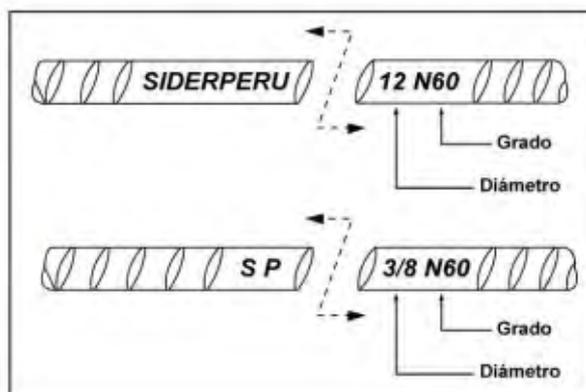
La variación permisible en el peso métrico no excederá el 6% por debajo del peso nominal. En ningún caso el sobrepeso de cualquier barra deformada será causa de rechazo.

> **REQUERIMIENTO PARA RESALTES**

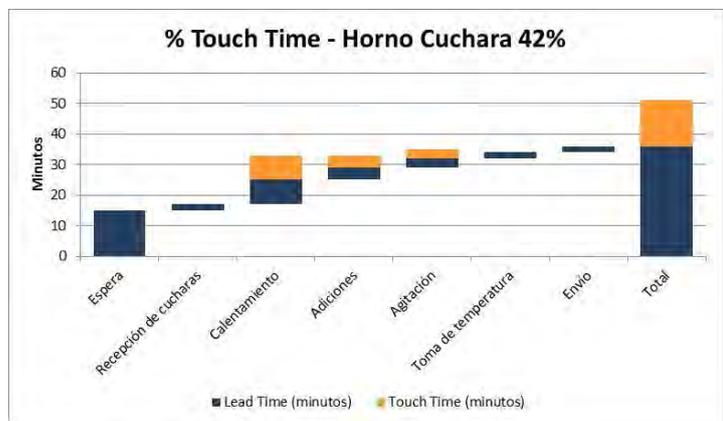
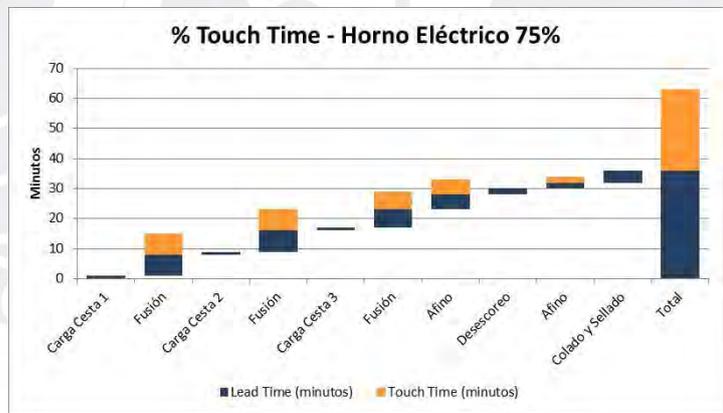
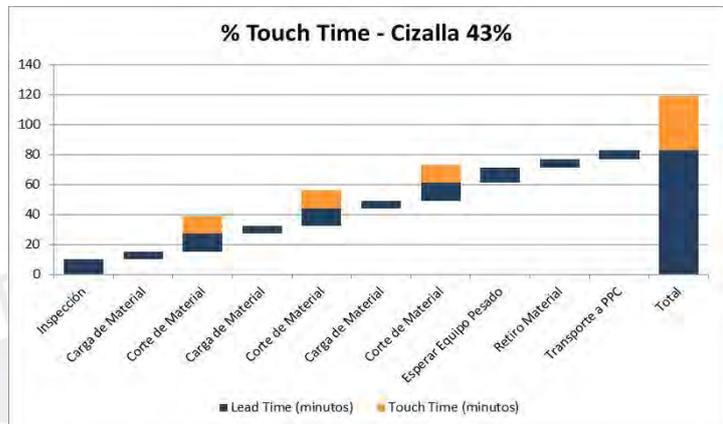
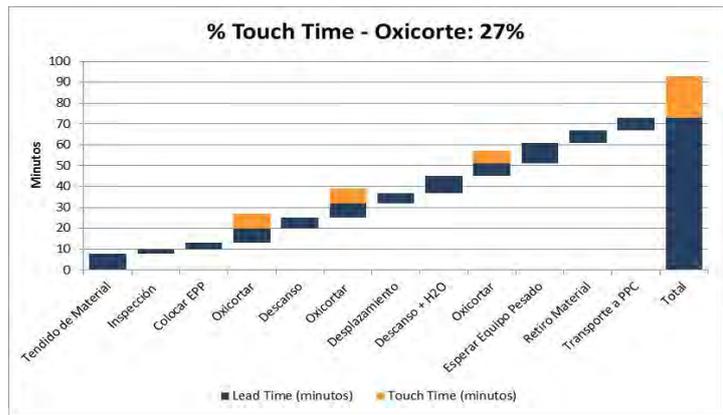
De acuerdo a la norma NTP 341.031-2001

> **IDENTIFICACIÓN**

Las barras, son identificadas mediante marcas laminadas en alto relieve, que indican el fabricante, el diámetro y el grado del acero. Similar al siguiente dibujo.



Apéndice E. Touch time de procesos productivos



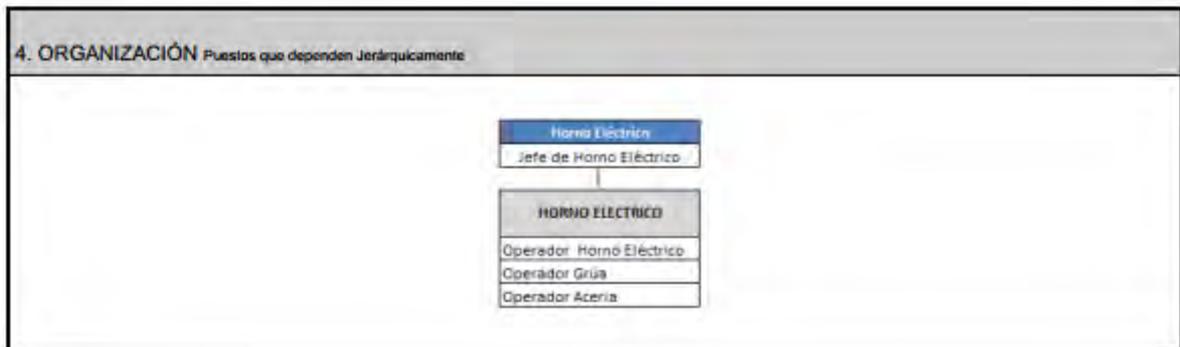
Apéndice F. Descripción de puesto: jefe de horno eléctrico.

IDENTIFICACIÓN	
TÍTULO DEL PUESTO: Jefe de Horno Eléctrico	FECHA: 23/11/2011
LOCALIZACIÓN: Chimbote	PREPARADO POR: Carlos Manuel Alluna Obeso
DEPENDENCIA JERARQUICA: Gerencia de Acería	REVISADO POR: Ricardo Alfredo Rosell Romaña
DEPENDENCIA FUNCIONAL: Gerencia de Acería	VALIDADO POR: Naldo Aguilera Cares

1. MISIÓN
ADMINISTRAR Y CONTROLAR LOS PROCESOS DEL HORNO ELÉCTRICO PARA GARANTIZAR EL CUMPLIMIENTO DE LOS PROGRAMAS DE PRODUCCIÓN CON SEGURIDAD, CALIDAD Y COSTOS COMPETITIVOS, ALINEADOS A LA MISIÓN, VISIÓN Y VALORES DE GERDAU.

2. PRINCIPALES RESULTADOS		
Importancia	ACCIONES (qué hacer?)	RESULTADO FINAL ESPERADO (para qué lo hace?)
1	Implementar acciones para el cumplimiento de la política Integrada Salud y Seguridad, Ambiental y Calidad de Gerdau.	Tener un ambiente de trabajo seguro y saludable, controlando y previniendo aspectos ambientales.
2	Dirigir y controlar los procesos operativos del Horno Eléctrico alineado al GBS.	Estabilizar procesos productivos y asegurar la calidad.
3	Planificar y controlar la producción y costos del proceso del Horno Eléctrico.	Estabilizar procesos productivos y asegurar costos competitivos.
4	Proponer y coordinar programas e iniciativas para mejorar continuamente el proceso realizado en la célula del Horno Eléctrico.	
5	Promover relaciones de trabajo directas y transparentes con el personal incluyendo retroalimentación a la célula del Horno Eléctrico.	Mantener un buen clima laboral y motivar a los colaboradores.
6	Identificar las necesidades de capacitación y entrenamiento del personal del Horno Eléctrico.	Desarrollar equipos de alto desempeño comprometidos y realizados.
7	Motivar al equipo en los diferentes programas participativos.	
8	Conducir los tratamientos de fallas.	Lograr la estabilidad en los procesos.
9	Coordinar los programas e intervenciones de mantenimiento que se ejecutarán en el Horno Eléctrico.	Garantizar la operatividad de los equipos para el cumplimiento del programa de producción.

3. DIMENSIONES			
Principales Magnitudes Económicas (Ejemplos: ventas, costos de producción, valor agregado, compras, inversiones, presupuesto asignado)		Principales Magnitudes no Económicas (Ejemplos: cantidad de personal a cargo, sucursales/ plantas, cantidad de clientes, cantidad de proveedores)	
Costo de Producción (US \$)	120,000,000	Número de colaboradores	34
Costo Operacional (US \$)	31,000,000	Volumen de producción (t)	240,000



5. AUTORIDAD

Decisiones	Recomendaciones sobre:
<ul style="list-style-type: none"> Paralizar un equipo o líneas de producción ante alguna anomalía que ponga en riesgo: la seguridad de las personas, el Medio Ambiente, la calidad de los productos e integridad de los equipos. Modificar y evaluar los estándares de operación. Comprar los insumos y equipos hasta \$ 2,000. Autorizar la ejecución de mejoras en el área, hasta un monto de US \$ 4,000 por mes. Definir el paquete eléctrico y químico para la operación del horno eléctrico. Autorizar los movimientos en el sistema, sobretiempos, programa de vacaciones y permisos excepcionales. Definir los grupos de trabajo en la célula. 	<ul style="list-style-type: none"> Proponer medidas disciplinarias para el colaborador ante faltas al reglamento interno de Trabajo. Evaluar las oportunidades de mejora, para la reducción de costo y mantener un ambiente seguro de trabajo. Evaluación de prueba de insumos y/o materia prima en el horno eléctrico. Propone la matriz de Capacitación de la célula. Promoción de personal. <p>Las recomendaciones se canalizan a través de reuniones con el gestor, grupos de trabajo del área, y/o informes técnicos.</p>

6. CONTEXTO Breve descripción sobre aspectos relevantes del Entorno.

El puesto de Jefe del Horno Eléctrico, se desarrolla en las unidades de horno eléctrico de la planta de acería de Siderperú, las cuales tienen como función transformar la chatarra en acero líquido, para su posterior procesamiento en el horno cuchara y en líneas terminadoras de colada continua.

El Jefe del Horno Eléctrico reporta jerárquicamente al Gerente de Acería, y coordina con los operadores en diversas funciones (Operadores de horno, operadores de grúa, operadores de acería.). Es responsable por la operación del horno eléctrico, y unidades anexas, como son: planta de tratamiento de emisiones, de las grúas del patio de preparación de cestas, torre de enfriamiento, etc.

La planta de acería de Siderperú, se encarga de producir productos semiterminados de acero, a partir de fusión de materias primas o procesamiento de arrabio líquido. El acero líquido es refinado, y a una temperatura cercana a 1650 °C es enviado a la colada continua, para que esta realice la transformación a un producto sólido.

El horno eléctrico es una unidad de fusión el cual tiene un horno de 30 toneladas de acero líquido de capacidad. Se utiliza chatarra e insumos el cual es fundido con energía eléctrica y energía química, transformándolo en acero líquido a una temperatura cercana a los 1650°C y luego es enviado al horno cuchara para su refinado. El tiempo del proceso para obtener 30t de acero líquido es cada 50 minutos.

En este proceso el control riguroso de variables operacionales y un trabajo muy preciso en la preparación del mix de chatarra y manejo del horno eléctrico, son necesarios para asegurar la seguridad de las personas, la operación, y la calidad del producto entregado.

Siderperú, pertenece al Grupo Siderúrgico Gerdau, el cual maneja un conjunto de buenas prácticas (Gerdsu Bussines System), el cual se aplica a los procesos de fabricación de acero y en la gestión de la rutina.

Los principales desafíos:

- Mantener y mejorar la calidad del acero líquido que procesa el área del horno eléctrico,
- Mejorar las condiciones físicas del área, para evitar accidentes de trabajo,
- Implementar mejoras operacionales, que reduzcan el costo operacional, y/o reduzca las pérdidas metálicas,
- Promover entre los colaboradores una cultura de actitud segura, competitiva y participativa, que asegure y mejore el desempeño del área,
- Propiciar la participación de los colaboradores en programas participativos, para que aporten sus ideas en el mejoramiento del proceso y ambiente de trabajo,
- Tener dominio técnico del proceso del horno eléctrico, para apoyar en resolver problemas operacionales.

Para cumplir con el rol de facilitar las actividades del puesto, al menos el 50% de su tiempo lo desarrolle en planta.

El puesto requiere mantener contactos con:

Externos:

- **Profesionales y Asesores de procesos Siderúrgicos:** con los cuales puede discutir problemas y oportunidades de mejora dentro su campo de actuación. Además, compartir buenas prácticas operacionales y/o de gestión.
- **Proveedores de Insumos para la Industria siderúrgica:** con quienes discute sobre tecnologías vigentes en el rubro siderúrgico, y discute sobre el desempeño y pruebas de productos específicos.

Internos:

- **Producción:** coordina permanentemente con el proveedor interno (Patio de Chatarra) y con su cliente interno (Horno Cuchara), sobre diversas situaciones relacionadas tanto a los productos físicos, como al flujo de información. Tener un diálogo permanente del desempeño de los equipos. Brindar soporte para la resolución de problemas operacionales y de mantenimiento. Participar en conjunto del tratamiento de fallas y planificación de paradas de mantenimiento.
- **Suministros:** coordinar el correcto abastecimiento de materiales y repuestos de mantenimiento. Definir repuestos críticos, políticas de reposición y niveles de stock en almacén.
- **Ingeniería:** participar de coordinación de la ejecución de las inversiones, coordinando el alcance y evitando las interferencias con las labores de producción. Así mismo, verifica el cumplimiento del alcance de las inversiones ejecutadas.
- **Recursos Humanos:** coordinar la programación del personal, coordinar las actividades de capacitación de los colaboradores.
- **Coordinador de Seguridad Industrial:** coordinar la implementación de los sistemas de Seguridad definido por la Organización. Recibir soporte para el control y auditar los requisitos de seguridad durante la ejecución de los trabajos de mantenimiento.
- **Tecnología Gestión:** soporte para la implementación de los modelos de gestión definidos por el Grupo Gerdau.
- **Utilidades:** coordinar el correcto abastecimiento de los fluidos industriales para los procesos del área. Coordinar corte de suministros para las intervenciones de mantenimiento en equipos, instalaciones y redes de distribución.
- **Gestión Ambiental:** identificar impactos y aspectos ambientales del área. Generar medidas de control y mitigación de estos para el cumplimiento de la normativa ambiental.

El puesto participa en las siguientes reuniones:

- **Reuniones con Ingeniería:** para coordinación de las actividades de ejecución de las inversiones en curso, participan: Ingeniería, Mantenimiento y Producción y frecuencia dos veces al mes.
- **Reuniones con Mantenimiento:** hacer seguimiento a los indicadores de mantenimiento, avance del Plan de Acción y tratamiento de fallas; participan Mantenimiento de Planta.
- **Reuniones de rutina y producción:** donde se hace seguimiento a los principales indicadores que miden el desempeño de la planta de Acería. Así mismo, se discute las desviaciones de los resultados esperados y frecuencia diaria.
- **Hora de seguridad:** seguimiento de la gestión de seguridad en planta, motivar al personal a la actitud segura, revisión de pendientes y oportunidades de mejora y frecuencia diario.
- **Reuniones de células:** Reunión con frecuencia mensual, donde se tratan los logros y oportunidades específicos del área. La reunión se realiza con la Gerencia de la Planta de acero y participantes de la célula.

Apéndice G. Descripción de puesto: operador de horno eléctrico II.

DESCRIPCIÓN DE PUESTOS

TÍTULO DEL PUESTO:	Operador de Horno Eléctrico II	FECHA – VERSIÓN:	30/06/2014 – V.2
CÉLULA:	Horno Eléctrico	PREPARADO POR:	Carlos Altuna
ÁREA:	Acería	REVISADO POR:	Ricardo Rossel
LOCALIZACIÓN:	Chimbote	VALIDADO POR:	Nivaldo Aguilera

1. MISIÓN	
Operar el horno eléctrico de acuerdo a la estandares establecidos para producir acero líquido en la cantidad y calidad requerida.	
2. PRINCIPALES ACCIONES	
1	Líderar el equipo del horno eléctrico durante el turno de trabajo.
2	Coordinar las actividades con las áreas de apoyo.
3	Autorizar ejecuciones de trabajos de mantenimiento en el turno.
4	Operar los sistemas de movimiento y de conexión del horno eléctrico.
5	Controlar las variables de operación de fusión y afino en el horno eléctrico para asegurar la producción eficiente de acero líquido.
6	Verificar los parámetros establecidos operacionales y condiciones del horno eléctrico para mantener una operación segura.
7	Coordinar con el personal de mantenimiento y operación todas las actividades relacionados a la operación y mantenimiento del horno eléctrico.
8	Registrar las variables de operación y paradas del horno eléctrico en la hoja de proceso y/o en los sistemas de GMIS y SAP.
9	Realizar limpieza de la puerta de desescoreo, limpieza y reparación de EBT.
10	Realizar las reparaciones diarias del revestimiento refractario.
11	Realizar las actividades asociadas al sangrado del acero.
12	Realizar actividades básicas de mantenimiento (limpieza, inspecciones de la condición del horno eléctrico, etc.)
13	Desarrollar actividades diversas en el área bajo indicación de la Jefatura.
14	Identificar y comunicar incidentes, actos, condiciones y ocurrencias que afecten la seguridad de las personas o la calidad del proceso.
15	Cumplir con las normas y procedimientos de seguridad establecidos para la ejecución de sus actividades.
16	Identificar aspectos e impactos ambientales como resultado de la ejecución de sus actividades.
17	Involucrarse activamente en los programas participativos promovidos por la Organización.
3. CONTEXTO (Descripción sobre aspectos relevantes del Entorno. Problemas, participación en comité, contactos relevantes internos y externos)	
<p>La posición se desempeña en la célula del Horno Eléctrico en la Gerencia de Acería; el horno eléctrico tiene como función transformar la chatarra en acero líquido, para su posterior procesamiento en el horno cuchara y en líneas terminadoras de colada continua. La posición reporta directamente al Jefe del Horno Eléctrico.</p> <p>El trabajo se realiza bajo métodos o procedimientos establecidos por el área. La posición tiene autonomía para ejecutar su trabajo realizando coordinaciones permanentes durante su turno.</p> <p>La posición será cubierta en base al número de vacantes determinadas según la necesidad de la empresa.</p>	

Hoja: 1 de 2

DESCRIPCIÓN DE PUESTOS

En este proceso el control riguroso de variables operacionales y un trabajo muy preciso en la preparación del mix de chatarra y manejo del horno eléctrico, son necesarios para asegurar la seguridad de las personas, la operación, y la calidad del producto entregado.

La posición no tiene personas que reporten directamente a él. Sus resultados impactan de manera directa al proceso.

La posición durante su jornada está expuesta a sufrir golpes, magulladuras, caídas, fracturas y/o quemaduras por trabajar frecuentemente con acero líquido, y demás riesgos contemplados en IPER del área.

La posición requiere de Equipos de Protección Personal específicos para realizar sus labores.

4. PRINCIPALES CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIAS Y HABILIDADES

Principales Conocimientos:

- ✓ Nivel Técnico mecánico o electricista o metalurgista
- ✓ Conocimiento en Proceso de fabricación de acero
- ✓ Conocimiento en mantenimiento autónomo
- ✓ Conocimiento de procedimientos de rutina y estándar de operación de Horno Eléctrico
- ✓ Culminar el programa de entrenamiento técnico en Acería
- ✓ MS Office, nivel básico
- ✓ Sistema GMIS y SAP

Experiencias:

- ✓ Debe contar con experiencia mínimo de 04 años ocupando la posición de Operador del Horno Eléctrico I

Habilidades:

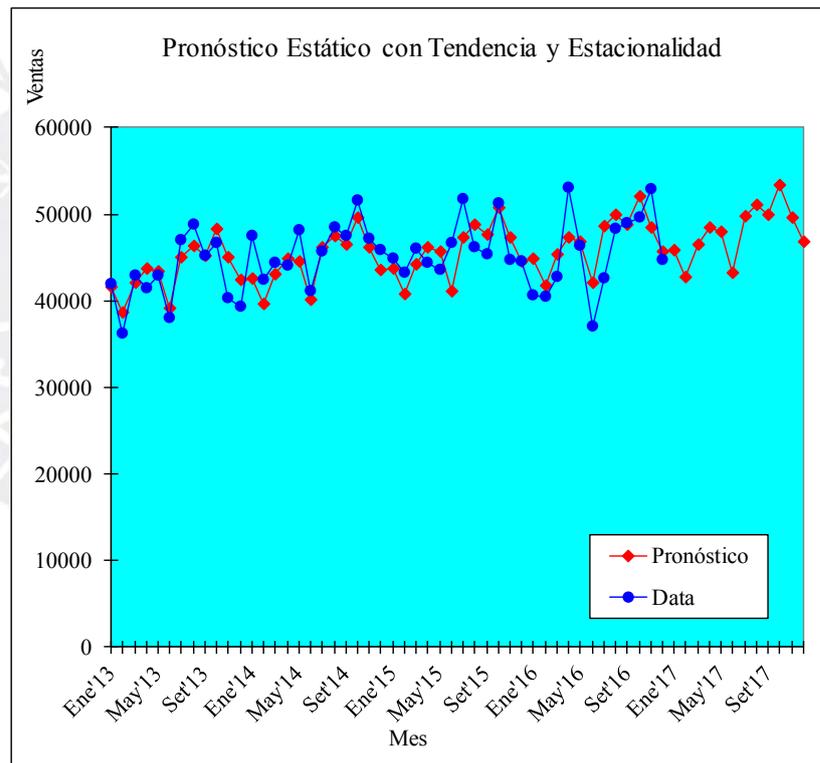
- ✓ Liderazgo de equipos
- ✓ Trabajar en equipo
- ✓ Proactividad
- ✓ Disponibilidad al cambio
- ✓ Comunicación

Apéndice H. Cálculos de modelo de pronósticos.

Mes	Año				Ventas Promedio	Índice de Estacionalidad
	2013	2014	2015	2016		
ENE	41861	47458	44848	40560	43682	0.969
FEB	36257	42391	43194	40424	40567	0.900
MAR	42864	44361	45997	42736	43989	0.976
ABR	41477	44079	44392	53053	45750	1.015
MAY	42922	48058	43494	46388	45216	1.003
JUN	37980	41067	46626	37001	40668	0.902
JUL	47035	45685	51793	42492	46751	1.037
AGO	48854	48475	46149	48308	47946	1.064
SEP	45248	47524	45367	48978	46779	1.038
OCT	46679	51583	51304	49642	49802	1.105
NOV	40301	47204	44727	52868	46275	1.026
DIC	39229	45822	44483	44697	43558	0.966
Total	510706	553707	552375	547145	540983	12.000
Promedio	42559	46142	46031	45595	45082	

Regresión: Nivel inicial (Intercepto) = 42773
 Tendencia (Pendiente) = 94
 MAD = 2208

Supuesto: Tendencia lineal y fluctuaciones estacionales, y ruido aleatorio, todo estable en el tiempo



Mes	Promedio	Tendencia	Índice de Estacionalidad	Pronóstico	Data	Error
Ene'13	42773	94	0.969	41536	41860.82	325
Feb'13	42867	94	0.900	38659	36256.7	2402
Mar'13	42962	94	0.976	42012	42863.8	852
Abr'13	43056	94	1.015	43790	41477.32	2312
May'13	43150	94	1.003	43372	42921.84	451
Jun'13	43244	94	0.902	39096	37979.93	1116
Jul'13	43338	94	1.037	45041	47034.97	1994
Ago'13	43433	94	1.064	46293	48854.09	2561
Set'13	43527	94	1.038	45264	45248.01	15
Oct'13	43621	94	1.105	48292	46678.75	1614
Nov'13	43715	94	1.026	44969	40301.38	4668
Dic'13	43810	94	0.966	42420	39228.77	3191
Ene'14	43904	94	0.969	42632	47458.39	4827
Feb'14	43998	94	0.900	39676	42391.5	2715
Mar'14	44092	94	0.976	43116	44360.86	1245
Abr'14	44187	94	1.015	44937	44078.51	859
May'14	44281	94	1.003	44507	48058.03	3551
Jun'14	44375	94	0.902	40116	41066.53	951
Jul'14	44469	94	1.037	46214	45685.27	528
Ago'14	44564	94	1.064	47495	48475.03	980
Set'14	44658	94	1.038	46437	47524.19	1087
Oct'14	44752	94	1.105	49542	51582.83	2041
Nov'14	44846	94	1.026	46130	47203.58	1074
Dic'14	44941	94	0.966	43512	45822.14	2310
Ene'15	45035	94	0.969	43727	44847.79	1120
Feb'15	45129	94	0.900	40694	43193.75	2500
Mar'15	45223	94	0.976	44219	45996.52	1777
Abr'15	45318	94	1.015	46085	44392.11	1693
May'15	45412	94	1.003	45641	43494.28	2147
Jun'15	45506	94	0.902	41136	46626.48	5490
Jul'15	45600	94	1.037	47387	51793.13	4407
Ago'15	45695	94	1.064	48698	46149.02	2549
Set'15	45789	94	1.038	47610	45366.56	2244
Oct'15	45883	94	1.105	50791	51304.28	513
Nov'15	45977	94	1.026	47291	44727.5	2563
Dic'15	46071	94	0.966	44605	44483.48	121
Ene'16	46166	94	0.969	44823	40559.98	4263
Feb'16	46260	94	0.900	41711	40424.44	1287
Mar'16	46354	94	0.976	45323	42735.56	2587
Abr'16	46448	94	1.015	47233	53052.62	5820
May'16	46543	94	1.003	46775	46387.9	387
Jun'16	46637	94	0.902	42156	37001.06	5155
Jul'16	46731	94	1.037	48559	42491.78	6068
Ago'16	46825	94	1.064	49901	48307.69	1593
Set'16	46920	94	1.038	48784	48978.24	194
Oct'16	47014	94	1.105	52040	49641.53	2399
Nov'16	47108	94	1.026	48452	52867.84	4416
Dic'16	47202	94	0.966	45698	44696.84	1001
Ene'17	47297	94	0.969	45919		
Feb'17	47391	94	0.900	42729		
Mar'17	47485	94	0.976	46426		
Abr'17	47579	94	1.015	48380		
May'17	47674	94	1.003	47909		
Jun'17	47768	94	0.902	43176		
Jul'17	47862	94	1.037	49732		
Ago'17	47956	94	1.064	51104		
Set'17	48051	94	1.038	49957		
Oct'17	48145	94	1.105	53289		
Nov'17	48239	94	1.026	49612		
Dic'17	48333	94	0.966	46790		

Apéndice I. Cola de camiones por semana.

Semana	Cola promedio	Cola máxima	Semana	Cola promedio	Cola máxima
1	6	8	27	5	10
2	7	18	28	6	15
3	5	10	29	4	8
4	4	9	30	3	9
5	6	10	31	6	7
6	5	8	32	3	8
7	3	7	33	3	7
8	4	9	34	3	10
9	4	9	35	5	7
10	3	8	36	5	16
11	5	10	37	3	7
12	8	20	38	6	10
13	5	9	39	4	7
14	6	7	40	3	9
15	3	8	41	3	7
16	7	17	42	5	7
17	4	7	43	4	9
18	5	9	44	6	18
19	3	9	45	6	11
20	3	9	46	3	7
21	5	10	47	6	10
22	4	9	48	4	9
23	5	8	49	5	7
24	6	8	50	5	7
25	6	9	51	4	8
26	3	10	52	5	8