ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción

"Análisis y Planteamiento de Mejoras de una Planta de Producción de Materiales de Aceros Laminados Aplicando Teoría de las Restricciones (TOC)"

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Ricardo Julio Pisco Ríos

Guayaquil - Ecuador

Año 2006

AGRADECIMIENTO

Principalmente a Dios por darme la capacidad necesaria para culminar este proyecto, a todas las personas que de alguna manera colaboraron en la realización de este trabajo y especialmente al Ing. Marcos Buestán Director de Tesis por su apoyo y consejo brindado.

DEDICATORIA

A MIS PADRES
A MIS HERMANOS
A MI TIA
A MI ABUELITA y
A MIS AMIGOS.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Marcos Tapia Q.
DELEGADO POR EL
DECANO DE LA FIMCP
PRESIDENTE

Ing. Marcos Buestán B.
DIRECTOR DE TESIS

Dr. Kleber Barcia V.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)

Ricardo Julio Pisco Ríos

RESUMEN

La empresa Ecuaceros S.A. en la cual se desarrolló esta tesis tiene como actividad principal la producción de conformados de tubos, paneles (cubiertas) y perfiles de aceros, además realiza el proceso de galvanizado para un porcentaje de su producción de tuberías y productos de clientes externos (terceros), su planta está ubicada en la ciudad de Guayaquil, la misma que se encuentra en el mercado desde 1996. La empresa Ecuaceros cuenta con plantas filiales ubicadas en Quito y Lasso, las cuales tienen una participación en el mercado nacional desde 1973.

El objetivo de la tesis es analizar esta planta manufacturera con la finalidad de identificar las restricciones que le impiden satisfacer la demanda requerida con mayor nivel de eficiencia y dejar propuestas de mejoras planteadas para que sean implementadas por la empresa en un futuro.

Para lograr el objetivo antes descrito se identificaron opciones de mejora basándose en la Teoría de las Restricciones (TOC). Se explica en que consiste y cuales son las ventajas de aplicarla, a continuación se realizó la selección de la línea sobre la que se hizo el estudio; lo siguiente es describir y analizar la línea seleccionada; luego se identificó la restricción, problemas y propuestas de mejoras del sistema; y finalmente, se realizó el análisis financiero de los costos de inversión que representan los cambios propuestos para mejorar el proceso productivo.

La empresa ha empezado un gran proyecto de mejora apoyado en la Teoría de las Restricciones (TOC [Siglas en inglés del sistema Theoric of Contains]). El Eliyahu Goldratt fue el creador de un algoritmo de programación en los años 80 sobre TOC, el Dr. Goldratt tiene el mérito de haber desarrollado un método o encontrado una forma que permite a la mayoría de las personas el uso correcto de dichas herramientas con una alta probabilidad de conseguir mejores resultados.

El presente proyecto tiene por tanto como objetivo obtener una mejoría significativa en el nivel de productividad de la compañía Ecuaceros a través de la aplicación de la metodología TOC y del involucramiento de otras herramientas propias de la Ingeniería Industrial.

La planta en la cuál se desarrollará este trabajo de tesis tiene apenas diez años cubriendo el mercado regional de la costa. El gran incremento en producción y ventas que ha tenido la planta de guayaquil, ha traído como resultado la aparición de problemas que le restringen alcanzar el desempeño financiero esperado.

La Teoría de las Restricciones fue descrita por primera vez por Eliyahu Goldratt a principio de los 80 y desde entonces ha sido ampliamente utilizada en la industria. TOC es una metodología sistémica de gestión y mejora de una empresa

Paso 1. - IDENTIFICAR las restricciones

Paso 2. - Decidir como EXPLOTAR las restricciones.

Paso 3. - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior.

Paso 4. - ELEVAR las restricciones.

Paso 5. - Volver al Paso 1.

Para la selección de la línea de estudio de la planta se tomaron en cuenta sus 9 líneas de producción: Paneladora 1, Paneladora 2, Tubera 0, Tubera 1, Tubera 2, Tubera 3, Perfiladora, Sliter, y Galvanizado.

Los factores a considerar para realizar la selección de la línea a estudiar son los siguientes:

- Paradas frecuentes por Mantenimiento Correctivo.
- Ocupación de Equipo.
- Deficiencia de Competencia del Personal.
- Elaboración de Productos de mayor Demanda.
- Pérdidas de materiales.
- Actividades del Proceso que Agregan Valor.

Según los resultados obtenidos existen 3 líneas con mayor puntuación, la que posee el valor porcentual alto es la Paneladora 2 con 61.14%, esta línea quedará fuera del estudio debido a que recientemente se está incorporando una línea de producción adicional. La segunda línea con el valor porcentual alto es Galvanizado con 50.37%, que sería la línea objeto de estudio, pero actualmente es analizada con el fin de proponer mejoras. Finalmente, la siguiente línea con un valor alto es Tubera 2 con 48.92%, siendo ésta la línea que será objeto de estudio en la presente tesis.

Los productos que se obtienen de la tubera 2 están clasificados por grupos de familia, como son: tubos redondos, tubos cuadrados, tubos rectangulares y tubos de uso de carpintería metálica.

Identificar la restricción del sistema: Mediante un Análisis de Paradas de Equipos se pudo apreciar que durante los tres meses (febrero, marzo y abril)

las paradas que tienen mayor influencia sobre el tiempo disponible diario son por: armado de matrices, mantenimiento correctivo y calibración de matrices

En el análisis de Paradas por Cambio de Matrices, el tiempo estándar establecido es de 4 horas para la tubera 2. El porcentaje que representan estas paradas por armado de matricería es de 16.0%, 19.0%, 18.32% del tiempo disponible diario, de los meses de febrero, marzo y abril respectivamente.

Con el estudio de Paradas por Calibración, el impacto de estas paradas sobre el tiempo disponible diario es de 10.26%, 9.82 y 8.86% para los meses de febrero, marzo y abril de 2006, respectivamente.

El mantenimiento impartido a la tubera 2 es correctivo, provocando paras de producción por daños en equipos (12.50%, 17.75% y 15.22% del tiempo disponible diario de los meses de febrero, marzo y abril respectivamente).

Mediante un análisis de Pareto, se encontró que el inconveniente de mayor trascendencia se debe a las paradas por cambio (armado) de matrices, el cual ocupa un 17.8% del tiempo disponible de producción y representa un 31.60% de los problemas detectados. El segundo problema se origina por fallas de mantenimiento el cual representa el 16.28% del tiempo disponible y a su vez el 28.90% de los problemas detectados. El tercer problema es, la

calibración de las matrices que es el 9.65% del tiempo disponible y el 17.13% de los problemas detectados.

Explotar las Restricciones del Sistema: Se procede a seleccionar técnicas de manufactura que se deberían empezar a implementarse como plan de acción, estas son Mantenimiento Productivo Total (TPM). y SMED (Single Minute Exchange of Die).

Subordinar todo lo demás a la Restricción: La manera de subordinar todo a la restricción, consiste en programar los recursos en base a la restricción, para lo cual se establece el modelo DBR (Drum, Buffer, Rope). Es decir que el recurso que abastece a la línea tiene que enviarle sólo cantidad de material que puede procesar durante una jornada de trabajo procesar, es decir trabajar a la capacidad de la tubera 2, manteniendo un inventario de seguridad al inicio del proceso de la misma por si la sliter tiene fallas, esto evitaría que nuestro cuello de botella (tubera 2) sufra paras por desabastecimiento de materia prima.

Elevar la Restricción del Sistema: En caso que la demanda se incremente es necesario que la restricción trabaje al 100% de su capacidad y se implementará una política de operación que consistirá de lo siguiente:

- Se trabajará en dos turnos de 12 Horas c/u.

- Se evitarán los descansos para ir a comer, turnando las horas de refrigerio, almuerzo y cena entre los operadores.

El quinto paso del enfoque sistemático indica lo siguiente:

“Si en los Pasos previos se ha eliminado una restricción, volver al Paso 1”.

Los valores en dólares que pueden ingresar por las ventas de los productos según los diferentes escenarios planteados (deseado, optimista, medio y pesimista). Tomando como ejemplo el escenario “medio” en el cual se asume que Ecuaceros S.A. puede vender el 50% de los productos que se pueden elaborar en el tiempo que se perdía por paradas de mantenimiento no planeado y reduciendo este tiempo en un 90%, y, disminuyendo el tiempo de cambio y calibración de matrices en un 30%, se tendría un ingreso por venta de $ 101.156,54 mensuales. Generando un Throughput de $ 22.126 mensuales.

Tasa interna de Retorno para cada uno de los escenarios, revisando el escenario (medio) que se escogió para la empresa es igual a 31.72% mensual. El tiempo de recuperación de la inversión es de 4 meses. Mientras que en el escenario pesimista se obtendría una TIR de 12.43% con un tiempo de recuperación de la inversión de 7 meses.

INDICE GENERAL

Pág.

RESUMEN II

INDICE GENERAL IX

ABREVIATURAS XIII

SIMBOLOGÍA XIV

ÍNDICE DE FIGURAS XV

ÍNDICE DE TABLAS XVII

CAPÍTULO 1 1

1 INTRODUCCIÓN 1

1.1 Antecedentes 1

1.2 Objetivos de la tesis 3

1.2.1 Objetivo General 3

1.2.2 Objetivos Específicos 3

1.3 Planteamiento del Problema 4

1.4 Estructura de la tesis 5

CAPÍTULO 2..... 7

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA 7

2.1 Visión General de las Teorías de las Restricciones 7

2.2 Mejora Continua en las Teorías de las Restricciones..... 8

2.3 Producción: Cómo Mejorar con TOC..... 9

2.4 La Contabilidad Del Throughput 17

2.5 Proceso de Focalización de TOC 19

2.5.1 Paso 1 - IDENTIFICAR las restricciones 20

2.5.2 Paso 2 - Decidir como EXPLOTAR las restricciones.....20

2.5.3 Paso 3 - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior. .21

2.5.4 Paso 4 - ELEVAR las restricciones. 21

2.5.5 Paso 5 - Volver al Paso 1. 21

CAPÍTULO 3.....22

3 SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE ESTUDIO.....22

Introducción 22

3.1 Descripción General de la Empresa. 23

3.2 Descripción General de las Líneas de Producción. 24

3.3 Análisis y Selección de la Línea. 28

Conclusiones 43

CAPÍTULO 4.....45

4 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE ESTUDIO 45
Introducción 45
4.1 Descripción de los Productos Elaborados por la Tubera 2. 46
4.2 Descripción de la Materia Prima Empleada. 48
4.3 Descripción del Proceso Productivo 49
4.3.1 Distribución de la Línea de Producción 49
4.3.2 Esquema del Flujo de Proceso 53
4.4 Programación de la Producción 64
4.5 Descripción de la Estructura Organizacional del Departamento de Producción 66
Conclusiones 69

CAPÍTULO 5 71
5 IDENTIFICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES 71
Introducción 71
5.1 Paso 1: Identificar la restricción del sistema 72
5.1.1 Análisis de Paradas de Equipos 72
5.1.2 Costo de Oportunidad 93
5.2 Paso 2: Explotar las Restricciones del Sistema 95
5.2.1 Soluciones a los Problemas 95
5.2.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM). 102

5.2.3 SMED (Single Minute Exchange of Die; Cambio de Herramienta en menos de 10 minutos). 109
5.3 Paso 3: Subordinar todo lo demás a la Restricción 113
5.4 Paso 4: Elevar la Restricción del sistema. 119
5.5 Paso 5: Volver al Paso 1. 120
Conclusiones 121

CAPÍTULO 6.....123
6 DECISIONES ECONÓMICAS 123
Introducción 123
6.1 Análisis Costo-Beneficio de las Soluciones Propuestas. 124
Conclusiones 133

CAPÍTULO 7.....134
7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....134
7.1 Conclusiones 134
7.2 Recomendaciones 137
APÉNDICES
BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

CT	Tiempo de Ciclo
GO	Gastos Operativsos
h	Hora
I	Inventario
Kg	Kilogramos
m	Metro
m^2	Metro Cuadrado
mm	Milímetro
min	Minutos
pulg	Pulgadas
SMED	Single Minute Exchange Die
TOC	Teoría de las Restricciones
TH	Throughput
TPM	Mantenimiento Total Productivo
WIP	Trabajo en Proceso

SIMBOLOGÍA

%	Porcentaje
○	Operación
⇨	Transporte
□	Inspección
D	Demora
▽	Almacenamiento

ÍNDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 2.1	Línea de producción balanceada 1	10
Figura 2.2	Línea de producción balanceada 2	12
Figura 2.3	Línea de producción balanceada 3	12
Figura 3.1	Curvas de producción anual por planta	24
Figura 3.2	Bobina y Fleje de acero	27
Figura 3.3	Índice de Ocupación por línea	30
Figura 4.1	Bobina y Fleje de acero	48
Figura 4.2	Carro para producto terminado	51
Figura 4.3	Layout de la tubera 2	52
Figura 4.4	Diagrama de flujo de proceso	54
Figura 4.5	Transporte de fleje con puente grúa	57
Figura 4.6	Transporte de paquetes con puente grúa	62
Figura 4.7	Carro para producto terminado	63
Figura 4.8	Organigrama del área de producción	67
Figura 5.1	Tiempo disponible vs tiempos productivos e improductivos del mes de febrero de 2006	73
Figura 5.2	Tiempo disponible vs tiempos productivos e improductivos del mes de Marzo de 2006	74
Figura 5.3	Tiempo disponible vs tiempos productivos e improductivos del mes de Abril de 2006	75
Figura 5.4	Tiempo promedio diario de las paradas en los meses de febrero, marzo y abril de 2006	76
Figura 5.9	Productos que se pueden elaborar cambiando las Matrices del sizing	78
Figura 5.5	Localización de los problemas por mantenimiento	81
Figura 5.6	Origen de paradas en puentes grúas	83
Figura 5.7	Localización de los problemas por operación	85
Figura 5.8	Localización de otros problemas	87
Figura 5.9	Problemas registrados en la línea en febrero/06	89
Figura 5.10	Problemas registrados en la línea en marzo/06	90
Figura 5.11	Problemas registrados en la línea en abril/06	91
Figura 5.12	Tiempo promedio de problemas registrados en los mes de enero, marzo y abril de 2006	91
Figura 5.13	Cronograma de actividades para implementar TPM	108
Figura 5.14	Cronograma de actividades para implementar SMED	112
Figura 5.15	Intervalo de tiempo de ciclo (CT) VS nivel de WIP	117

Figura 5.15 Intervalo de throughput (TH) VS nivel de WIP…..……118

ÍNDICE DETABLAS

Pág.

Tabla 3.1 Promedio mensual de horas paradas por mantenimiento correctivo…….....29
Tabla 3.2 Competencia del personal de tubera 1……..32
Tabla 3.3 Promedio de competencia del personal por línea……...32
Tabla 3.4 Tipos de productos de la paneladora 2…….....36
Tabla 3.5 Importancia de productos de mayor demanda por línea…….37
Tabla 3.6 Pérdidas por línea de producción……...38
Tabla 3.7 Porcentaje de las actividades que agregan valor……...40
Tabla 3.8 Matriz de selección de la línea de estudio……....42
Tabla 4.1 Característica de los productos…….....47
Tabla 4.2 Horario de turnos del personal de producción……....68
Tabla 5.1 Costos de oportunidad provocados por las paradas…..94
Tabla 5.2 Resultados de la encuesta……..97
Tabla 5.3 Agrupación de desperdicios según desperdicios……98
Tabla 5.4 Agrupación de desperdicios según importancia de eliminación…….....100
Tabla 5.5 Agrupación de desperdicios según causas y técnicas de manufacturas propuestas…….101
Tabla 5.6 Capacidad de la tubera 2 según productos……115
Tabla 5.7 Resultado de Simulación con diferentes niveles de WIP……117
Tabla 6.1 Costos de la implementación de las técnicas de manufactura propuestas……124
Tabla 6.2 Beneficios esperados luego de aplicar las técnicas de manufactura……..……..….128
Tabla 6.3 Cálculo del throughput y ganancia neta con la implementación de TPM/SMED……130

Tabla 6.4 Flujo de Caja……132

CAPÍTULO 1

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

La empresa Ecuaceros S.A. es una empresa líder en la fabricación y comercialización de productos de acero y sistemas metálicos para uso en la industria y la construcción, su participación en el mercado nacional se inició en el año 1973, actualmente se cuenta con tres plantas ubicadas en Quito, Lasso y Guayaquil, es en esta última, donde se llevará a cabo el estudio de la presente tesis. La planta ubicada en Guayaquil cubre el mercado regional costa desde 1996.

Como consecuencia del alto nivel de competencia y globalización en el cual se desenvuelven la mayoría de las compañías ecuatorianas, la empresa Ecuaceros se ha visto en la necesidad de mejorar sus actuales niveles de productividad y competitividad por esta razón desde hace aproximadamente 5 meses la empresa ha empezado un gran proyecto de mejora apoyado en la Teoría de las Restricciones (TOC [Siglas en inglés del sistema Theory of Constraint]).

Existen diferentes versiones que intentan establecer el origen de esta teoría, la más conocida de ellas se atribuye al Dr. Eliyahu Goldratt y se basa en la creación de un algoritmo de programación en los años 80, dicho algoritmo requirió de cambios adicionales en muchas de las políticas y criterios de decisión en las empresas.

Lo que se puede afirmar es que la aplicación incorrecta de herramientas y procesos provoca diversos problemas en las empresas y el Dr. Goldratt tiene el mérito de haber desarrollado un método o encontrado una forma que permite a la mayoría de las personas el uso correcto de dichas herramientas con una alta probabilidad de conseguir mejores resultados.

El presente proyecto tiene por tanto como objetivo obtener una mejoría significativa en el nivel de productividad de la compañía Ecuaceros a través de la aplicación de la metodología TOC y del involucramiento de otras herramientas propias de la Ingeniería Industrial.

1.2 Objetivos de la tesis

1.2.1 Objetivo General

El objetivo general de esta tesis es analizar una de las líneas de producción de la empresa Ecuaceros a través de la metodología TOC y del involucramiento de otras herramientas propias de la Ingeniería Industrial, con el fin de establecer propuestas evaluadas financieramente, que permitan alcanzar una mejora significativa en el nivel de costos de productividad de la línea seleccionada para el estudio.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar los problemas operacionales de la línea.
- Identificar las operaciones restrictivas del proceso.

- Plantear soluciones con el fin de mejorar el desempeño de la línea de producción a través de la solución de los problemas operacionales y la explotación de las operaciones restrictivas identificadas.
- Evaluar la factibilidad financiera de las alternativas identificadas.

1.3 Planteamiento del Problema

La planta en la cuál se desarrollará este trabajo de tesis tiene apenas diez años cubriendo el mercado regional de la costa, anteriormente lo hacían las planta filiales instaladas en Quito y Lasso (Cotopaxi) desde 1973.

El gran incremento en producción y ventas que ha tenido la planta de guayaquil, ha traído como resultado la aparición de problemas que le restringen alcanzar el desempeño financiero esperado por sus directivos, adicionalmente se ha presentado algunos inconvenientes con los clientes, especialmente en lo que respecta a los tiempos de entrega de pedidos, faltantes y productos defectuosos, así mismo en los niveles de inventario y sus costos de mantenimiento los cuales actualmente son elevados.

Otro de los problemas que se presentan es la acumulación de inventarios e incremento en los costos que estos representan, existen inventarios tanto de productos en proceso como de productos terminados.

Estos problemas mencionados representan una restricción para que la empresa pueda satisfacer la demanda del mercado y a su vez generar más utilidades.

1.4 Estructura de la tesis

La presente tesis está desarrollada de la siguiente manera. En el siguiente capítulo se hace una breve revisión del enfoque de la teoría de las restricciones utilizado para el desarrollo de la presente tesis. A continuación se realiza la descripción general de la empresa y las líneas de producción y se efectúa el análisis y selección de la línea de estudio.

Posteriormente se describe la situación actual de la línea de estudio. La descripción comprende Productos Terminados, Materia Prima, Proceso Productivo, Programación de la producción y Estructura Organizacional.

En el siguiente capítulo se realiza el análisis de la línea de estudio, con el objetivo de identificar las restricciones en la misma. Continuando con el enfoque de TOC, consecuentemente se realiza el planteamiento de soluciones para explotar las restricciones de la línea.

A continuación se realizará el análisis económico de los costos de inversión que representan los cambios propuestos o adquisición de equipos necesarios para elevar la restricción del sistema de ser necesario.

Finalmente, se evalúan la factibilidad técnica y financiera de las propuestas.

CAPÍTULO 2

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

Introducción

Este capítulo tiene como objetivo describir brevemente la Teoría de las Restricciones (TOC), herramienta utilizada en la presente tesis. Se detalla la forma cómo aplicar los 5 pasos utilizados en esta herramienta, con el objetivo de identificar las restricciones.

2.1 Visión General de las Teorías de las Restricciones

La Teoría de las Restricciones fue descrita por primera vez por Eliyahu Goldratt a principio de los 80 y desde entonces ha sido ampliamente utilizada en la industria. TOC es una metodología

sistémica de gestión y mejora de una empresa, la misma que se basa en las siguientes ideas:

- La Meta de cualquier empresa con fines de lucro es ganar dinero de forma sostenida, esto es, satisfaciendo las necesidades de los clientes, empleados y accionistas. Si no gana una cantidad ilimitada es porque algo se lo está impidiendo, sus restricciones.
- En toda empresa existen sólo unas pocas restricciones que le impiden ganar más dinero.
- Restricción no es sinónimo de recurso escaso. Es imposible tener una cantidad infinita de recursos.

2.2 Mejora Continua en las Teorías de las Restricciones

Está basada en el simple hecho de que los procesos multitarea, de cualquier ámbito, solo se mueven a la velocidad del paso más lento. La manera de acelerar el proceso es determinar el paso más lento y lograr que trabaje hasta el límite de su capacidad para acelerar el proceso completo. La teoría hace énfasis en diluir, hallar y apoyar el principal factor limitante. En la descripción de esta teoría estos factores limitantes se denominan restricciones o "cuellos de botella".

Por supuesto las restricciones pueden ser un individuo, un equipo, la pieza de un equipo o una política local.

Siendo las restricciones factores que bloquean a la empresa en la obtención de más ganancias, toda gestión que apunte a ese objetivo debe estar focalizada en las restricciones.

2.3 Producción: Cómo Mejorar con TOC

De acuerdo a las TOC, el punto de partida de todo análisis es ganar dinero, para hacerlo es necesario elevar el *throughput* (ingreso de dinero a través de las ventas); el cual está limitado por los cuellos de botella, E. Goldratt concentra su atención y su metodología en ellos. Producir para lograr un aprovechamiento integral de la capacidad instalada, lleva a la planta industrial en sentido contrario a la meta si esas unidades no pueden ser vendidas. La razón dentro del esquema de E. Goldratt es muy sencilla: se elevan los inventarios, se elevan los gastos de operación y permanece constante el throughput; E. Goldratt sostiene que todo el mundo cree que una solución a esto sería tener una planta balanceada; entendiendo por tal, una planta donde la capacidad de todos y cada uno de los recursos está en

exacta concordancia con la demanda del mercado, tal como se puede apreciar en la figura 3.1.

FIGURA 2.1 LÍNEA DE PRODUCCIÓN BALANCEADA 1

Pareciera ser la solución ideal; cada recurso genera costos por una capacidad de 100 unidades, que se absorben plenamente porque cada recurso necesita fabricar 100 unidades que es la demanda del mercado.

A partir de esta teórica solución, las empresas intentan por todos los medios balancear sus plantas industriales, tratando de igualar la capacidad de cada uno de los recursos con la demanda del mercado (Gráfica 3.2).

FIGURA 2.2 LÍNEA DE PRODUCCIÓN BALANCEADA 2

Suponiendo que sea posible y de acuerdo a la figura anterior, se reduce la capacidad de producción del recurso productivo uno, de 150 unidades a 100 unidades. De esta manera, disminuyen los gastos de operación y supuestamente permanecen constantes los inventarios y el throughput. Según E. Goldratt todo esto es un error. Igualar la capacidad de cada uno de los recursos productivos a la demanda del mercado implica gravemente perder throughput y elevar los inventarios. Las razones expuestas son las siguientes distinguiéndose dos fenómenos denominados:

A.) Eventos dependientes

B.) Fluctuaciones estadísticas

- **Eventos Dependientes:** Un evento o una serie de eventos deben llevarse a cabo antes de que otro pueda comenzar. Para atender una demanda de 100 previamente es necesario que el recurso productivo numero dos fabrique 100 unidades y antes que este, es necesario, que lo mismo haga el recurso productivo numero uno.

- **Fluctuaciones Estadísticas:** Suponer que los eventos dependientes se van a producir sin ningún tipo de alteración es una utopía. Existen fluctuaciones que afectan los niveles

de actividad de los distintos recursos productivos, como ser: calidad de la materia prima, ausentismo del personal, rotura de máquinas, corte de energía eléctrica, faltante de materia prima e incluso disminución de la demanda.

La combinación de estos dos fenómenos, genera un desajuste inevitable cuando la planta está balanceada, produciendo la pérdida de throughput y el incremento de inventarios.

FIGURA 2.3 LÍNEA DE PRODUCCIÓN BALANCEADA 3

La forma de pensar anteriormente, era que hay que trabajar tanto como sea posible generando altos inventarios innecesarios de producto en proceso. Actualmente se está promoviendo que toda la filosofía anterior se la mantenga para los cuellos de botella, es decir aprovecharlos al máximo, y para los otros recursos se deberá trabajar cuando se lo tenga que hacer. Para precisar un poco más sobre estos valores de tiempo, tamaños de lote,

coordinación etc., se pasará a revisar el modelo: Tambor - amortiguador - cuerda.

Drum - Tambor

La lista de trabajo para el cuello de botella se la llama TAMBOR, puesto que todos los recursos deberían ser administrados tal que el cuello de botella sea utilizado tanto como sea posible; de esta manera, la lista de trabajo para el cuello de botella debe ser el golpe de tambor que determina el ritmo de la operación total.

En organizaciones en las cuales existe amplia capacidad en exceso, también existe la restricción, y el referente de planificación o TAMBOR es la lista de órdenes de producción y sus fechas de entrega.

Buffer - Amortiguador

Para proteger la planificación de la producción en cuanto a fechas de cumplimiento, se tiene que definir a la perturbación y los daños que ocasiona. Una perturbación es cualquier asunto particular que hace que el centro de trabajo se bloquee momentáneamente y

como consecuencia exista una falta de alimentación a los recursos.

Entonces, la restricción debería tener un inventario apropiado de producto en proceso, para el caso en que los recursos aguas arriba tengan problemas inesperados, y por consiguiente no hayan vacíos de trabajo en los recursos tipo CCR (recursos con restricción de capacidad). De esta manera se reconoce que en el recurso anterior a la restricción, se debe liberar producto en proceso con un tiempo de anticipación adecuado, al cual se lo llamará AMORTIGUADOR.

Rope – Cuerda

En este punto del análisis, hace falta regular el flujo de liberación de material de acuerdo a lo que disponga el tambor y el amortiguador. Este papel es el que desempeña la CUERDA.

Es decir, la cuerda define el cronograma de liberación de los materiales en proceso, que se encuentran justo antes de una restricción, con un tiempo de antelación igual al amortiguador. Claro está que el momento de liberación antes de la restricción es el importante, pero no es el único definido por la cuerda, ya que

esta define el cronograma de todo el avance de la producción, puesto que se supone se mantiene registros de tiempo de proceso en todos los demás recursos no restricción.

Como proceso, TOC se estructura en pasos iterativos enfocados a la restricción del sistema. Restricción es todo aquello que impida el logro de la meta del sistema o empresa.

Se identifican 2 tipos de restricción:

- **Las restricciones físicas** que normalmente se refieren al mercado, al sistema de manufactura y a la disponibilidad de materias primas.

- **Las restricciones de política** que normalmente se encuentran atrás de las físicas. Por ejemplo; Reglas, procedimientos, sistemas de evaluación y conceptos.

La mejora en TOC se refiere a la búsqueda de más “meta” del sistema o empresa sin violar las condiciones necesarias. Para lograr la meta más rápidamente es necesario romper con varios paradigmas. Los más comunes son:

- Operar el sistema como si se formara de “eslabones” independientes, en lugar de una cadena.

- Tomar decisiones, entre ellas la fijación de precios, en función del costo contable, en lugar de hacerlo en función de la contribución a la meta (Throughput).

- Requerimientos de una gran cantidad de datos cuando se necesitan de pocos relevantes.

- Copiar soluciones de otros sistemas en lugar de desarrollar soluciones propias en base a metodologías de relaciones lógicas de “efecto-causa-efecto”.

La continuidad en la búsqueda de la mejora requiere de un sistema de medición y de un método que involucre y fomente la participación del personal. Para definir el sistema de medición se requiere definir el set de indicadores de meta. En TOC, la meta de una empresa es ganar dinero ahora y siempre. La medición de la meta se realizará a través de los indicadores; Throughput (TH), Inventarios (I), y Gastos Operativos (GO). El método recomendado por TOC es el socrático, el cual fomenta la participación del

personal, el desarrollo de soluciones propias, y el trabajo en equipo.

2.4 La Contabilidad Del Throughput

El significado de la contabilidad del throughput sostiene que el objetivo de toda empresa es ganar dinero; y los indicadores para saber si una empresa está ganando dinero son:

a) Utilidad neta

b) Rendimiento sobre el capital invertido

c) Flujo de caja

Los indicadores que se utilizan para saber si una empresa está ganando dinero, no se adaptan a las características de una planta industrial; por tal razón, Goldratt desarrolló unos parámetros que significan lo mismo en términos de meta:

a) Throughput

b) Inventarios

c) Gastos de Operación

Throughput:

Es la velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas. Una unidad producida y no vendida no genera throughput. Esta definición operativamente se entiende como.

PRECIO DE VENTA – COSTO DE MATERIA PRIMA

Inventario:

Es todo el dinero invertido en comprar cosas que se espera vender o, que se tiene la posibilidad de vender aunque no sea su objetivo. Se incluye el valor residual de los bienes de uso.

Gastos de Operación

Es todo el dinero que el sistema gasta en transformar el inventario en throughput.

E. Goldratt define: un parámetro para el dinero que ingresa (throughput), otro para el dinero que permanece inmovilizado (inventario), y finalmente un parámetro para el dinero que sale (gastos de operación). A partir de esto, entiende que se avanza en

términos de la meta, en la medida que se aumente el throughput y se disminuyan los inventarios y los gastos de operación, poniendo especial énfasis en las relaciones que existen entre los parámetros; de esta manera:

TRUPUT – GASTOS DE OPERACIÓN = GANANCIA NETA

$$\frac{\text{TRUPUT - GASTOS DE OPERACIÓN}}{\text{INVENTARIOS}} = \left[\begin{array}{c}\text{RENDIMIENTO SOBRE}\\ \text{CAPITAL INVERTIDO}\end{array}\right]$$

Si se aumenta el throughput y no se modifican desfavorablemente los inventarios y los gastos de operación, se aumenta la ganancia neta, el retorno sobre el capital invertido y el flujo de caja; lo mismo ocurre si bajan los gastos de operación y no se modifican desfavorablemente el throughput y los inventarios; en cambio si bajan los inventarios y no se modifican desfavorablemente el throughput y los gastos de operación , solamente se afecta el retorno sobre el capital invertido y el flujo de caja, permaneciendo inalterable la ganancia neta.

2.5 Proceso de Focalización de TOC

El Pensamiento Sistémico sostiene que el máximo rendimiento de un sistema NO se consigue mediante el máximo rendimiento

individual de cada uno de los recursos, sino que sólo unos pocos deberán funcionar al máximo para obtener todo lo esperable del sistema.

TOC propone un proceso para gestionar una empresa según el Pensamiento Sistémico y enfocar los esfuerzos de mejora. Este proceso, conocido como "El Proceso de Focalización", consiste en los siguientes pasos:

2.5.1 Paso 1 - IDENTIFICAR las restricciones

Una restricción es una variable que condiciona un curso de acción. Pueden haber distintos tipos de restricciones, siendo las más comunes, las de tipo físico: maquinarias, materia prima, mano de obra etc.

2.5.2 Paso 2 - Decidir como EXPLOTAR las restricciones.

Implica buscar la forma de obtener la mayor producción posible de la restricción.

2.5.3 Paso 3 - SUBORDINAR todo lo demás a la decisión anterior.

Todo el esquema debe funcionar al ritmo que marca la restricción (tambor).

2.5.4 Paso 4 - ELEVAR las restricciones.

Implica encarar un programa de mejoramiento del nivel de actividad de la restricción.

2.5.5 Paso 5 - Volver al Paso 1.

Para trabajar en forma permanente con las nuevas restricciones que se manifiesten.

CAPÍTULO 3

3 SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE ESTUDIO

Introducción

La empresa en la cual se desarrolló esta tesis es una empresa líder en el mercado de productos elaborados de acero desde 1973, con tres plantas industriales ubicadas en Quito, Lasso (Cotopaxi) y Guayaquil, Ecuaceros es considerada una empresa líder en la fabricación y comercialización de productos de acero y sistemas metálicos para uso en la industria, construcción y agroindustria.

La presente tesis se enfoca en la planta regional costa Guayaquil la cual posee nueve líneas de producción: Paneladora 1, Paneladora 2,

Tubera 0, Tubera 1, Tubera 2, Tubera 3, Perfiladora, Sliter, y Galvanizado. En este capítulo previo a la selección de la línea de producción a ser estudiada, se desarrollará una breve descripción de la empresa y de sus procesos principales.

3.1 Descripción General de la Empresa.

Las instalaciones industriales de Ecuaceros son relativamente nuevas, en su mayoría están compuestas por líneas de producción usadas procedentes de países industrializados que están renovando sus equipos. Estas maquinarias han sido adecuadas a las instalaciones por personal de la empresa.

Para incrementar sus operaciones, se inició la instalación de la planta regional Guayaquil en 1996, la cual cuenta con 44955 m^2 de terreno, 12000 m^2 de construcción y con más de 100 trabajadores, ubicada al sur de Guayaquil, se especializa en la fabricación de tubería y perfiles para todo el mercado nacional y en la fabricación del 69,6% del total de cubiertas a nivel nacional. Adicionalmente esta planta cuenta con el proceso de galvanizado por inmersión en caliente, empleado especialmente en la producción de tubería galvanizada y en los servicios a terceros.

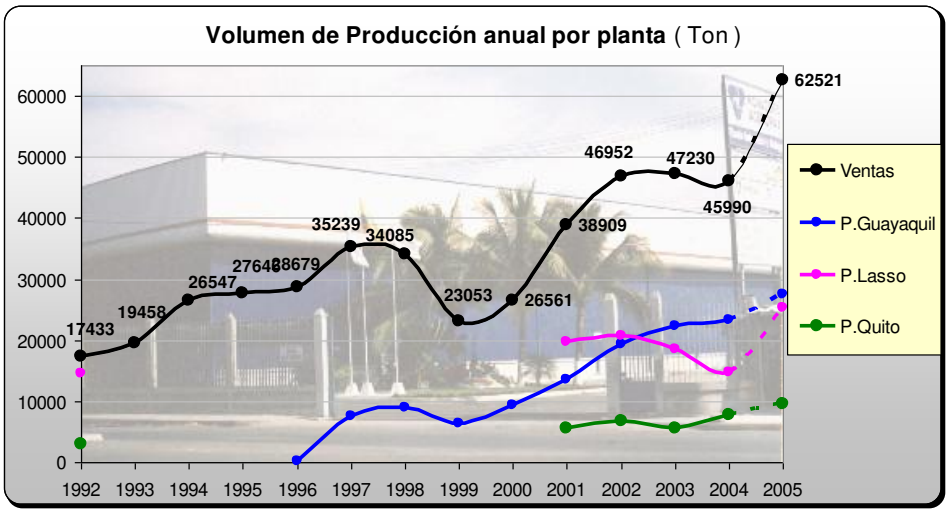


FIGURA 3.1 CURVAS DE PRODUCCIÓN ANUAL POR PLANTA

En la figura 3.1 podemos observar la evolución de la producción para cada planta a partir de 1992 en ella se puede apreciar la importancia que tiene la planta ubicada en guayaquil que con menos de 10 años de instalación ha incrementado su volumen de producción superando a las otras plantas filiales.

3.2 Descripción General de las Líneas de Producción.

La planta de Ecuaceros de Guayaquil posee 9 líneas de producción: Paneladora 1, Paneladora 2, Tubera 0, Tubera 1, Tubera 2, Tubera 3, Perfiladora, Sliter, y Galvanizado.

La **paneladora 1** fabrica paneles que son utilizados para la construcción de losas en edificios, estos paneles son elaborados

con acero galvanizado laminado en frío. Estos productos se los fabrica en varias medidas que van de 0.6 hasta 12 (m.) de largo y de 0.65 a 0.76 (mm.) de espesor. Esta línea posee una capacidad de producción aproximada de 200 Ton/mes y procesa el 12.21% del volumen total de producción de paneles producidos en la planta.

La **paneladora 2** produce una gama de productos que son utilizados como cubiertas (techos) y paredes. Estos productos van de 0.3 a 1.06 (m.) de ancho útil, de 1.8 a 6 (m.) de largo y de 0.25 a 0.9 (mm.) de espesor. Posee un volumen de producción aproximado de 850 Ton/mes cubriendo el 87.79% del volumen total de paneles producidos en la planta.

La **tubera 0** elabora tubos redondos con espesores de 1.5, 1.8 y 2 (mm.), diámetros de 1½, 1¾, 2 y 2¾ (pulg.) y largo de 2.7 a 10 (m.). El volumen de producción de esta línea es de 200 Ton/mes cubriendo un 9.55% del volumen total de producción de tubos de la planta.

La **tubera 1** procesa tubos redondos y cuadrados con espesores de 0.75, 0.9, 1.1, 1.5, 1.8 y 2 (mm.), diámetros de ½, $^{5}/_{8}$, ¾, $^{7}/_{8}$ y 1 (pulg.) y de largo 3 a 9 (m.). Esta línea posee una capacidad de

producción aproximado de 150 Ton/mes produciendo el 12.59% del volumen de producción de tubos de la planta.

La **tubera 2** fabrica tubos redondos y cuadrados con los mismos espesores que la tubera 1, los diámetros de los tubos son de 1, 1½, 1¼, 2 y 2 ½ (pulg.) y de longitudes que van de 3 a 6 (m.). La capacidad de producción que posee esta línea es de 400 Ton/mes cubriendo el 45.28% del volumen de producción de tubos de la planta.

La **tubera 3** produce también ambos tipos de tubos, es decir, tubos redondos y cuadrados, las dimensiones de estos productos son de espesor 1.5, 1.8, 2, 3, 4 hasta 6 (mm.), diámetros de 2 $^{3}/_{8}$, 2½, 3, 3½, 4 y 4½ (pulg.) y de longitudes de 3 a 12 (m.). Esta línea tiene una capacidad de producción aproximado de 350 Ton/mes ocupando un 32.58% del volumen de producción de tubos de la planta.

La **perfiladora** elabora una gama de productos de diversas presentaciones, tales como correas con espesores de 0.75 y 0.9 (mm.) y productos para carpintería metálica con espesores de 1.5, 2, y 3 (mm.) y longitud de 6 metros (se elaboran con otras

longitudes bajo pedido). La capacidad de producción de esta línea es de aproximadamente 600 Ton/mes.

La **sliter** es una línea de producción que se encarga de satisfacer a las cuatro tuberas y a la perfiladora con material para su proceso, es decir, realiza el corte de las bobinas grandes en boinas de menor ancho, llamadas “Flejes”, como se muestra en la figura 3.2. La capacidad de producción de esta línea es de aproximadamente 2000 Ton/mes.

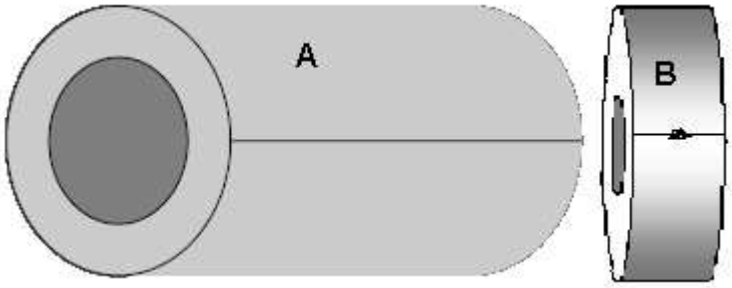


FIGURA 3.2 BOBINA (A) Y FLEJE (B) DE ACERO

La **línea de galvanizado** recibe productos de las cuatro tuberas y además brinda el servicio de galvanizado a productos de terceros, el proceso de galvanizado se lo realiza por inmersión en caliente. Esta línea tiene una capacidad instalada de 350 Ton/mes. Aproximadamente el 26.06% del total de tubos producidos en la planta son galvanizados.

3.3 Análisis y Selección de la Línea.

Los factores a considerar para realizar la selección de la línea a estudiar son los siguientes:

- Paradas frecuentes por Mantenimiento Correctivo.
- Ocupación de Equipo.
- Deficiencia de Competencia del Personal.
- Elaboración de Productos de mayor Demanda.
- Pérdidas de materiales.
- Actividades del Proceso que Agregan Valor.

Para realizar la selección de la línea se consideró información que corresponde a los meses de Julio del 2005 a Enero de 2006. Se tomó en cuenta este periodo puesto que refleja la situación actual de la empresa.

Análisis de Paradas Frecuente por Mantenimiento Correctivo

Este análisis consideró el promedio de horas paradas por mantenimiento correctivo del total de horas disponible de cada línea tanto en partes eléctricas como en partes mecánicas. Obteniendo los siguientes resultados:

TABLA 3.1 PROMEDIO MENSUAL DE HORAS PARADAS POR MANTENIMIENTO CORRECTIVO

Mantenimiento Correctivo		
Línea	**Horas/mes**	**% h de Mant. C./mes**
TUBERA 2	47.31	**28.35%**
GALVANIZADO	50.64	**30.35%**
TUBERA 3	26.13	15.66%
TUBERA 0	13.94	8.35%
PERFILADORA	10.81	6.48%
TUBERA 1	7.16	4.29%
SLITER	3.34	2.00%
PANELADORA 2	5.16	3.09%
PANELADORA 1	2.38	1.42%

Estos datos se los utilizará posteriormente en la matriz de selección, tomando en cuenta que si se analiza la planta desde el punto de vista de las restricciones, entonces para nosotros una de las restricciones sería la línea que tenga el mayor porcentaje de horas paradas del total de horas programadas para la producción mensualmente, que serían las líneas de Galvanizado con 30.35% y Tubera 2 con un 28.35%.

Análisis de Ocupación del Equipo

Para analizar la ocupación del equipo o línea de producción se consideró el volumen de producción de cada línea en toneladas

procesadas por cada mes comparada con la capacidad de producción instalada (teórica). Dando como resultado el porcentaje de ocupación de cada una de las líneas de producción como se muestra a continuación.

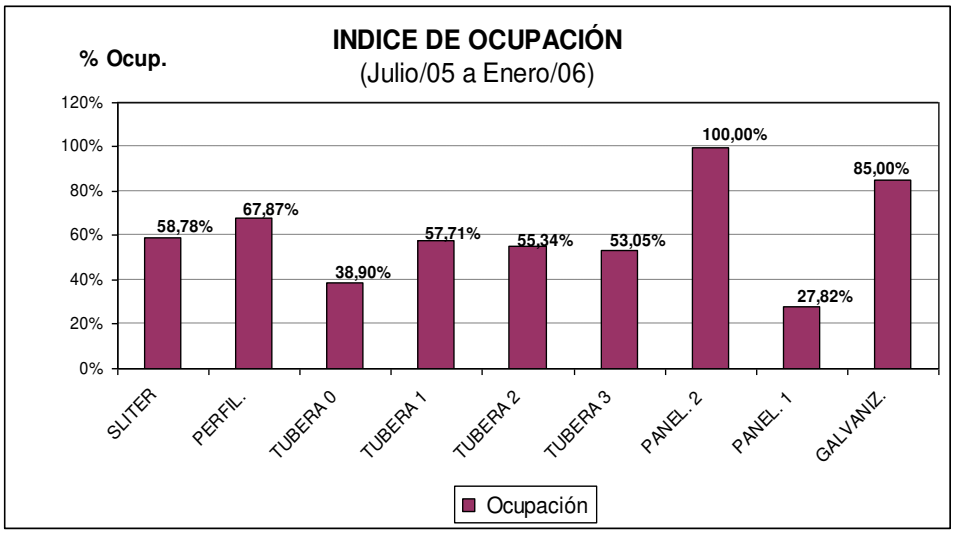


FIGURA 3.3 ÍNDICE DE OCUPACIÓN POR LÍNEA

Como se puede apreciar en la figura 3.3, la Paneladora 2 es la línea más ocupada dando un índice de ocupación de 100.0%, lo que significa que está siendo utilizada a su máxima capacidad. Además se tiene producto en espera por procesar y cubrir la demanda del mercado. De igual manera se puede apreciar que la línea menos ocupada es la Paneladora 1 con un índice de ocupación de 27.82%.

Análisis de Deficiencia de la Competencia del Personal

El análisis de la deficiencia de Competencia del personal se basa en la calificación de la evaluación de desempeño del último semestre del personal, en la cual se evalúa el rendimiento y la competencia en el cocimiento de las políticas de la empresa en los niveles corporativos, de área, rol y de puesto. La calificación del personal es sobre 150 y se procedió a sacar un indicador dividiendo la calificación obtenida por cada personal sobre la base de la calificación (150). Para obtener el indicador de competencia de cada línea se promedió los indicadores obtenidos por el personal de la misma. A continuación se muestra como ejemplo una de las líneas de producción:

La calificación del trabajador A fue 125, por lo tanto el porcentaje que corresponde es 83.33% (125/150 x 100), y así se obtuvo el resultado para los demás trabajadores. De esta manera se tiene que el promedio de la competencia del personal de la tubera 1 es 71.60%.

TABLA 3.2 COMPETENCIA DEL PERSONAL DE TUBERA 1

	NOMBRE	Puntos/150	% Indicador
TUBERA 1	Trabajador A	125	83.33%
	Trabajador B	122	81.33%
	Trabajador C	78	52.00%
	Trabajador D	108	72.00%
	Trabajador E	104	69.33%
	Promedio de la Línea:		**71.60%**

El resultado de todas las líneas fue el siguiente:

TABLA 3.3 PROMEDIO DE COMPETENCIA DEL PERSONAL POR LÍNEA

Línea de Producción	(Competencia /150) x 100%	Deficiencia (100 - % Competencia)
SLITER	84.67%	15.33%
PERFILADORA	64.50%	**35.50%**
TUBERA 0	70.00%	30.00%
TUBERA 1	71.60%	28.40%
TUBERA 2	65.92%	**34.08%**
TUBERA 3	76.60%	23.40%
PANELADORA 1	80.33%	19.67%
PANELADORA 2	74.33%	25.67%
GALVANIZADO	82.50%	18.50%

Como podemos observar en la tabla 3.3 la línea que tiene el personal con mayor competencia es Sliter con 84.67%. Para nuestro caso de estudio de restricciones lo que nos conviene es analizar la línea que tiene el personal con deficiencia en

competencia, siendo esta la Perfiladora con una deficiencia de competencias del 35.50% y en segundo lugar la Tubera 2 con 34.08%.

Análisis de Producción de Productos de Mayor Demanda (Tipo A)

Para este análisis se obtuvieron los datos del departamento de venta de cuáles eran estos productos, clasificados en tipos de productos ABC según la regla Pareto de 80-20, es decir aproximadamente el 20% de los productos tipo A genera el 80% del ingreso de las ventas, el 50% de los productos tipo B genera el 15% del ingreso de las ventas y el 30% de los productos tipo C el 5% restante del ingreso de las ventas (ver APENDICE 1).

Se analizaron todos los productos que la empresa produce para tener una lista ordenada de ellos, según la importancia del ingreso de las ventas que generan.

Para tener una visión clara de cuál es la línea que elabora los productos que generan mayor ingreso en las ventas, es decir, la línea que procesa la mayor cantidad de productos tipo A, se procedió a realizar un listado de cada línea con sus respectivos

productos que elabora y que tipo de producto es según la calificación que obtuvo en el análisis ABC.

Ejemplo el producto DURATECHO 1000/0.30/5000 tiene una calificación como producto A en el análisis ABC (APENDICE A), y así para cada uno de los productos de cada línea.

En la siguiente tabla (tabla 3.4), se muestra un ejemplo de una de las líneas de producción, como es el caso de la paneladora 2, en la cual se procede a dar una ponderación por la cantidad de productos A, B y C que elabora.

A los productos tipos A se procedió darle un peso del 55% como importancia del total de productos que la línea procesa, a los productos tipo B 30% y a los C 15%.

Para obtener la puntuación final de la línea, se realiza el cálculo como se explica a continuación, sí una línea de producción fabricara sólo productos tipo A, entonces sería una línea con un 100% de productos importantes o productos que generan un ingreso importante por la venta de ellos. Por lo tanto la calificación se la obtuvo de la siguiente manera:

Como se puede apreciar en la tabla 3.4 el total de los productos que elabora la línea (Paneladora 2) es 16, para que esta línea sea una línea con todos sus productos importantes (tipo A) y cada uno con su calificación de 55, la línea tendría un total en la suma de sus productos de:

16 x 55 = 880 → **100%**

Como la línea solo tiene 7 tipos A, entonces:

7 x 55 = 385;

El porcentaje que representa del 100% sería:

385 / 880* = **43.75%**

De productos tipo B tiene 9, entonces:

9 x 30 = 270;

270 / 880* = **30.68%**

*se divide en todos los casos para 880, ya que este sería el valor si todos los productos fueran tipo A (recuerde 16 x 55 = 880).

Sí procesara productos tipo C, sería:

((# Productos tipo C x 15)/880*) = **%**

Total = 43.75% + 30.68% = 74.43 %

TABLA 3.4 TIPO DE PRODUCTOS DE LA PANELADORA 2

PANELADORA 2			
ITEM	PRODUCTO	TIPO	(%)
1	PRODUCTO X01	A	55
2	PRODUCTO X02	A	55
3	PRODUCTO X03	A	55
4	PRODUCTO X04	A	55
5	PRODUCTO X05	A	55
6	PRODUCTO X06	A	55
7	PRODUCTO X07	A	55
8	PRODUCTO X08	B	30
9	PRODUCTO X09	B	30
10	PRODUCTO X10	B	30
11	PRODUCTO X11	B	30
12	PRODUCTO X12	B	30
13	PRODUCTO X13	B	30
14	PRODUCTO X14	B	30
15	PRODUCTO X15	B	30
16	PRODUCTO X16	B	30
PROMEDIO DE PUNTUACION DE LA LÍNEA			**74.43%**

Obteniendo 74.43% de importancia de sus productos en la línea. El resultado de todas las líneas de producción es el siguiente:

TABLA 3.5 IMPORTANCIA DE PRODUCTOS DE MAYOR DEMANDA POR LÍNEA

Línea de Producción	Productos de mayor Demanda
SLITER	27.27%
PERFILADORA	76.62%
TUBERA 0	49.09%
TUBERA 1	**92.48%**
TUBERA 2	80.00%
TUBERA 3	46.97%
PANELADORA 1	67.27%
PANELADORA 2	74.43%
GALVANIZADO	32.73%

Como se puede observar en la tabla 3.5 la línea que produce productos de mayor demanda es la Tubera 1 con 92.48% de sus productos y la línea con productos de menor demanda sería la Sliter con 27.27%.

Análisis de Pérdidas o Desperdicios

Este análisis se lo realizó en base a un indicador estándar de pérdidas o desperdicio (establecido por la empresa) de materia prima o producto no conforme (chatarra) por toneladas mensuales para cada línea y comparando a los resultados obtenidos como promedio de pérdida de los últimos meses.

Por ejemplo, la **perfiladora** tiene un estándar mensual establecido de pérdida del 2% del total de materia prima que utiliza para la elaboración de sus productos. El promedio de desperdicio obtenido durante los meses de analizados fue de 2.21%, es decir sobrepasó el estándar establecido. Para determinar cuál es la línea que genera mayores desperdicios sobre el estándar establecido, se obtiene el porcentaje que representa el índice de pérdida real versus el estándar, obteniendo el 110.50% (2.0 / 2.21 x 100%). Consiguiendo los resultados mostrados en la siguiente tabla para las demás líneas de producción.

TABLA 3.6 PÉRDIDAS POR LÍNEAS DE PRODUCCIÓN

INDICE DE PÉRDIDAS				
Líneas de Producción	**Estándar**	**Prom. Pérdida**	**% de Pérdida referido al Estándar**	**% Proyectado**
SLITER	1.0%	1.04%	104.00%	35.06%
PERFILADORA	2.0%	2.21%	110.50%	37.25%
TUBERA 0	3.40%	5.21%	153.24%	51.65%
TUBERA 1	3.40%	3.11%	91.47%	30.83%
TUBERA 2	3.40%	3.94%	115.88%	39.06%
TUBERA 3	3.40%	5.04%	148.24%	49.97%
PANELADORA 2	0.90%	1.53%	170.00%	57.30%
PANELADORA 1	0.90%	2.67%	**296.67%**	**100.00%**
GALVANIZADO	15.0%	15.77%	105.13%	35.44%

Como se puede apreciar en el tabla 3.6 la Paneladora 1 es la línea que tiene pérdidas más altas con respecto al estándar establecido con un 296.67%.

Sólo por efectos de utilización de datos en la matriz de selección, se realiza una proyección de estos porcentajes, se tomó el valor de la Paneladora 1 como 100% y se proyectaron los demás valores dividiéndolos para 296.67%. Por ejemplo para la perfiladora se tiene como resultado el 37.25% (110.50 / 296.67 x 100%) y así se obtuvieron los resultados para las demás líneas de producción.

Análisis de Actividades del Proceso que Agregan Valor

Para el análisis de las actividades que agregan valor se revisaron los diagramas de flujo de proceso de cada una de las líneas de producción, del total de actividades se identifican las que agregan valor, obteniendo los resultados porcentuales que se muestran a continuación.

TABLA 3.7 PORCENTAJE DE LAS ACTIVIDADES QUE AGREGAN VALOR

Líenas de Producción	Actividades Agregan Valor	Activ NO Agregan Valor
SLITER	**63.34%**	36.66%
PERFILADORA	53.00%	47.00%
TUBERA 0	52.94%	47.06%
TUBERA 1	47.62%	52.38%
TUBERA 2	52.63%	47.37%
TUBERA 3	53.00%	47.00%
PANELADORA 2	37.50%	62.50%
PANELADORA 1	42.11%	57.89%
GALVANIZADO	44.45%	55.55%

Apreciando de esta manera en la tabla 3.7 que Sliter es la línea con mayor número de actividades que agregan valor con un 63.34%. Al momento de realizar la selección de la línea se considerará el porcentaje de las actividades que no agregan valor.

Selección de la Línea

Para realizar la selección de la línea se diseñó una tabla de evaluación, con el propósito de seleccionar la línea con el mayor puntaje la cual será objeto de estudio.

Debido al tiempo y presupuesto económico con el que cuenta la empresa, se seleccionará una sola línea para el análisis y estudio de la presente tesis.

Las puntuaciones de peso ($\boldsymbol{X_i}$) de los aspectos definidos para la selección fueron considerados conjuntamente con el Jefe de Producción y el Gerente de Planta mediante una *lluvia de ideas*, se le dio mayor importancia como restricción a la ocupación del equipo con 30%, luego a las paradas por mantenimiento correctivo se le asignó un 18%, a las pérdidas y a las líneas que elaboran productos de mayor demanda un peso de 15%, a las actividades que agregan valor 14% y finalmente a la deficiencia de competencia del personal un peso de 8%.

La puntuación por cada línea se obtiene con la sumatoria del producto de los valores designados para cada uno de los factores (X_i) con cada uno de los resultados obtenidos por las líneas de producción (Y_j).

Por ejemplo la puntuación obtenida por la Paneladora 1 es de 43.37% ([1.42 x 18.00] + [27.82 x 30.00] + [19.67 x 8.00] + [67.27 x 15.00] + [100.00 x 15.00] + [57.89 x 14.00]). De igual manera para las demás líneas de producción.

TABLA 3.8. MATRIZ DE SELECCIÓN DE LA LÍNEA DE ESTUDIO

MATRIZ DE SELECCIÓN							
X_i / Y_j	Paradas frecuentes x Mant. Corr.	Ocupación del Equipo	Deficiencia de Competencia del Personal	Produce productos de mayor demanda (tipo A)	Pérdidas de Materiales	Actividades del proceso que agregan Valor	
	18.00%	**30.00%**	**8.00%**	**15.00%**	**15.00%**	**14.00%**	**100.00%** $\sum X_i Y_j$
Paneladora 2	3.19%	100.00%	25.67%	74.43%	57.30%	62.50%	**61.14%**
Paneladora 1	1.42%	27.82%	19.67%	67.27%	100.00%	57.89%	43.37%
Tubera 3	15.66%	53.05%	23.40%	46.97%	49.97%	47.00%	41.73%
Tubera 2	28.35%	55.34%	34.08%	80.00%	39.06%	47.37%	**48.92%**
Tubera 1	4.29%	57.71%	28.40%	92.48%	30.83%	52.38%	46.19%
Tubera 0	8.35%	38.90%	30.00%	49.09%	51.65%	47.06%	37.27%
Perfiladora	6.48%	67.87%	35.50%	76.62%	37.25%	46.67%	47.98%
Sliter	2.00%	58.78%	28.15%	27.27%	35.06%	36.66%	40.08%
Galvanizado	30.35%	85.00%	17.50%	32.73%	35.44%	55.55%	**50.37%**

Los resultados obtenidos en la tabla 3.8 nos muestran que existen 3 líneas con mayor puntuación, la que posee el valor porcentual alto es la **Paneladora 2** con 61.14%, esta línea quedará fuera del estudio debido a que recientemente se está incorporando una línea de producción adicional la cual hará que tenga menos carga de trabajo, esto haría que la línea deja de ser una restricción ya que la ocupación de la Paneladora 2 disminuiría.

La segunda línea con el valor porcentual alto es **Galvanizado** con 50.37%, que sería la línea objeto de estudio, pero actualmente es analizada con el fin de proponer mejoras por un estudiante (tesista), por lo tanto queda descartada para el estudio de esta tesis.

Finalmente, la siguiente línea con un valor alto es **Tubera 2** con 48.92%, siendo ésta la línea que será objeto de estudio en la presente tesis.

Conclusiones

Mediante los factores: paradas frecuentes por mantenimiento correctivo, ocupación de equipo, deficiencia de competencia del personal, producción de

productos de mayor demanda, pérdidas de materiales, actividades del proceso que agregan valor; designadas como posibles causas de restricciones utilizadas para la selección de la línea de estudio se determinó que la Tubera 2 es una de las líneas, en la que estos factores causan mayores efectos. De las nueve líneas de producción con las que cuenta Ecuaceros la Tubera 2 ha sido seleccionada como la línea de estudio.

CAPÍTULO 4

4 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL DE LA LÍNEA DE ESTUDIO

Introducción

Este capítulo tiene como objetivo la descripción detallada de la línea de producción.

La línea será descrita considerando los siguientes aspectos: productos elaborados, materia prima utilizada, proceso productivo, planificación de la producción y estructura organizacional. Estos aspectos están relacionados de cierta forma con lo que detalla E. Goldratt, que las restricciones pueden ser políticas o físicas.

La descripción de la estructura organizacional comprenderá solo el personal que interviene directamente sobre la línea seleccionada.

4.1 Descripción de los Productos Elaborados por la Tubera 2.

Los productos que se obtienen de la Tubera 2 están clasificados por grupos de familia, como son: tubos redondos, tubos cuadrados, tubos rectangulares y tubos de uso de carpintería metálica.

Las características de cada uno de los productos elaborados en esta línea dependen específicamente de su espesor o sus dimensiones (diámetro en el caso de redondos y sus lados para los cuadrados o rectangulares). La longitud estándar de los tubos que se procesan es de 6.0 m. esta medida puede variar en casos especiales bajo algún pedido.

TABLA 4.1 CARACTERÍSTICA DE LOS PRODUCTOS

PRODUCTOS			
TUBO REDONDO (Ø en pulg.)	**ESPESORES (mm)**	**LONG. MIN.(mm)**	**LONG. MAX.(mm)**
1	0.75, 0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
1 ¼	0.75, 0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
1 ½	0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
1 7/8	0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
2	1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
2 ½	1.50, 2.00	3600	8000
3	1.50, 2.00	3600	8000
TUBO CUADRADO (lado en pulg)	**ESPESORES (mm)**	**LONG. MIN.(mm)**	**LONG. MAX.(mm)**
1	0.75, 0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
1 ¼	0.75, 0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
1 ½	0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
2	1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
CARPINTERIA METALICA	**ESPESORES (mm)**	**LONG. MIN.(mm)**	**LONG. MAX.(mm)**
TAN 50	0,9	3600	8000
TTE 50	0,9	3600	8000
TAN 25	0,75	3600	8000
TTE 25	0,75	3600	8000
TUBO RECTANG. (a x b)* mm.	**ESPESORES (mm)**	**LONG. MIN.(mm)**	**LONG. MAX.(mm)**
20 X 40	0.75, 0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
25 X 50	0.90, 1.10, 1.50, 2.00	3600	8000
40 X 80	2	3600	8000
*__a__ = lado 1; __b__ = lado 2			

En la tabla 4.1 se pueden apreciar las características de los productos que se pueden elaborar en esta línea de producción, sus

diferentes dimensiones y espesores. De estos productos los más importantes y comercializados son los tubos de carpintería metálica, los tubos cuadrados y redondos de 1 pulgada con espesores de 0.75, 0.90 y 1.10 mm. Debido a sus diferentes características, los pesos de los productos varían y la forma de embalar para algunos productos es diferente (ver APÉNDICE B).

4.2 Descripción de la Materia Prima Empleada.

La materia prima para la elaboración de tubos son láminas de acero que provienen de la bodega de producto en proceso, estas láminas son cortadas de una bobina de mayor ancho por la máquina Sliter, como se muestra en la figura 4.1.

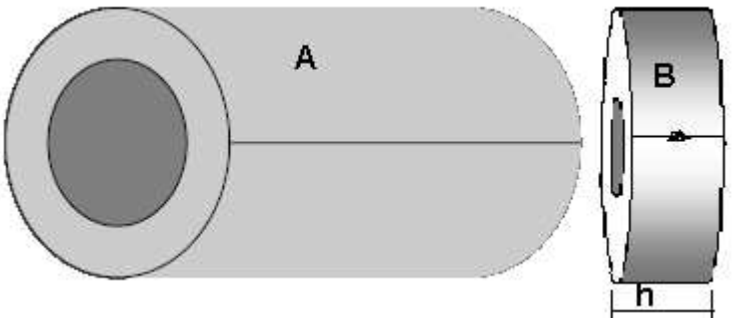


FIGURA 4.1 BOBINA (A) Y FLEJE (B) DE ACERO

El desarrollo (1) del fleje (2) depende del espesor y diámetro del tubo que se va ha realizar (ver APENDICE B). El espesor mínimo es de 0.75 mm. y el máximo de 3.0 mm. Esta materia prima viene laminada en frío para los espesores menores e iguales a 1.1mm. y laminada en caliente para los espesores mayores a 1.1 mm.

El peso de la materia prima es muy variado, por lo que no podemos definir un peso exacto de la misma, este varía de acuerdo al espesor y al largo del fleje, este último es lo que causa que el peso sea demasiado diverso, sin embargo se puede decir que el peso de los flejes está dentro de un rango de 500 Kg. a 1500 Kg.

4.3 Descripción del Proceso Productivo

4.3.1 Distribución de la Línea de Producción

La distribución que tiene la planta es una distribución por producto, puesto que los recursos que se utilizan en el

---

(1) El desarrollo se denomina al ancho (denotado con la letra **h**. Ver Gráfica 4.1) del fleje.

(2) El Fleje es una bobina de acero, que se obtiene del corte de una bobina de mayor ancho.

proceso de producción son dispuestos de tal forma que facilitan el seguimiento de la secuencia de los mismos.

El proceso de producción en la tubera 2 se inicia con la transportación de los flejes desde la bodega de producto en proceso, esta transportación se la realiza por medio de puentes grúas.

Una vez que se procesan los tubos, estos son embalados en una mesa junto al carro de transporte de producto terminado (ver figura 4.2), el cual se encuentra sobre unas rieles, para movilizar los paquetes desde la mesa al carro es necesario la utilización de otro puente grúa (capacidad 5 Ton), es en este sitio donde termina el proceso, puesto que desde ese lugar hasta la bodega de producto terminado (bodega de tránsito) donde finalmente son almacenados, los que se encargan de la transportar el producto son el personal de despacho que se encuentra en esta zona.

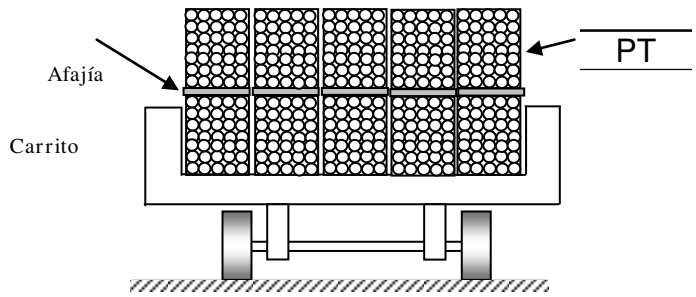


FIGURA 4.2 CARRO PARA PRODUCTO TERMINADO

Dentro de la planta el flujo de los materiales sigue una distribución en L. En la figura 4.3 se puede apreciar la distribución de la planta más claramente.

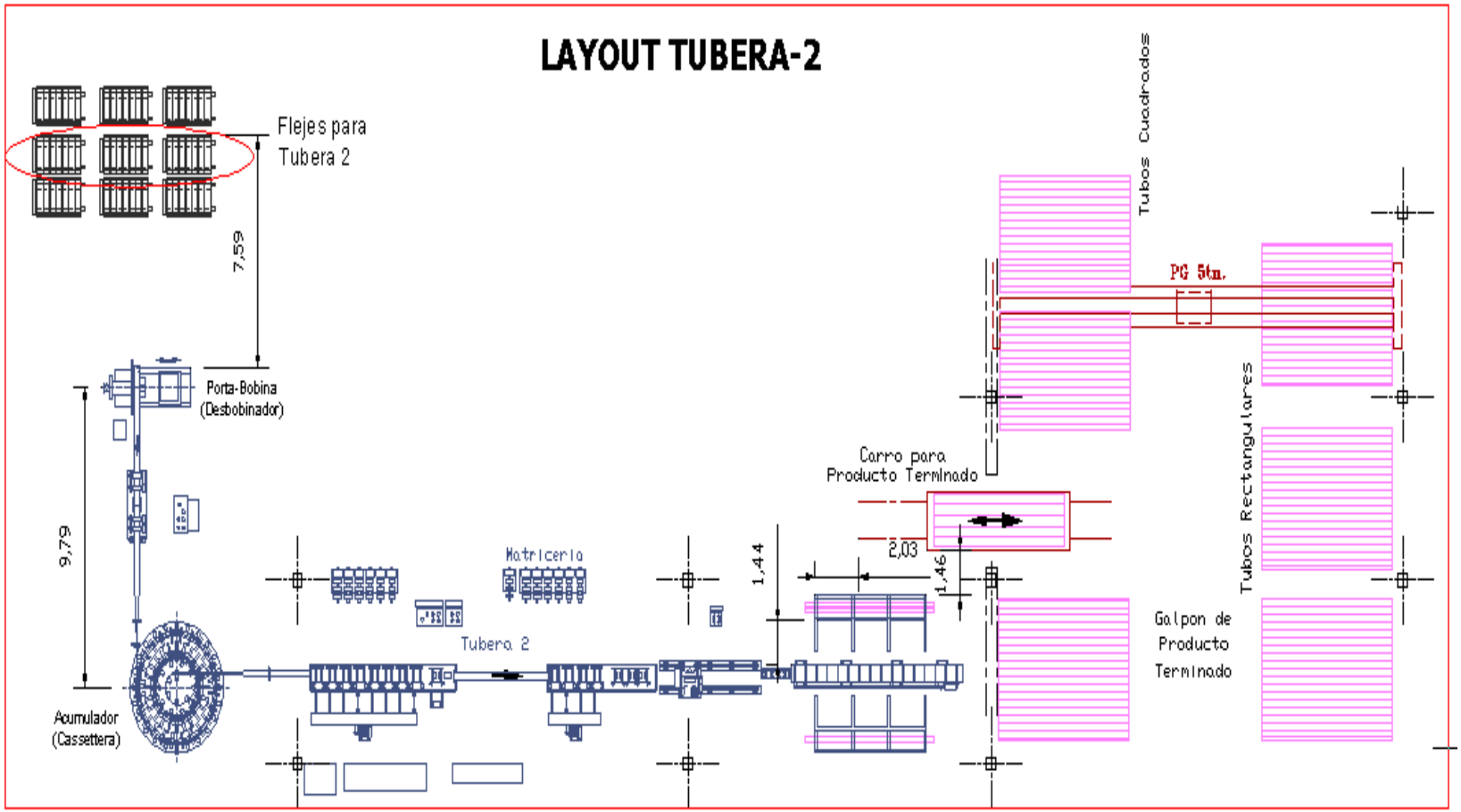


FIGURA 4.3 LAYOUT DE LA TUBERA 2

4.3.2 Esquema del Flujo de Proceso

El proceso productivo de tubos de acero está compuesto por tres etapas, los cuales se subdividen en varios pasos más:

- Cambio de Fleje
- Conformado de tubos
- Empaque y Almacenamiento

1. Revisión del Programa de Producción

El primer paso que se debe realizar antes de comenzar la producción es la revisión del programa de producción, en el cual se especifica el tipo y cantidad del producto que se debe realizar durante el día.

Una vez que se conoce cual es el producto a procesar, se toman las decisiones pertinentes, tales como verificar si existe la materia prima correspondiente para la elaboración del producto, o sea si existe el fleje con el espesor y el desarrollo correcto. También se procede a la

revisión, armado y calibrado de la matricería, pero esto se lo hace al inicio de la producción de cada producto.

	N°	Operación	Símbolos	T.Estándar (Seg.)	Observaciones
Cambio de Fleje	1	Revisión del Programa de producción			Forma F-PRG-01
	2	Espera del puente grúa		250,11	Este tiempo es muy variable
	3	Transportar fleje a porta bobina		87,09	
	4	Anotar código de fleje			Vitácora
	5	Colocar y ajustar fleje en desbobinador		127,89	
	6	Corte del punto de Soldadura (limado)		96,73	
	7	Cortar punta con desperfectos		96,75	
	8	Unir punta y cola para soldar		64,22	
	9	Soldado de punta y cola		94,31	
	10	Limado de la parte soldada		62,80	
	11	Desbobinar fleje (enrollar en acumulador o cassetera)		492,09	
Conf.	12	Conformado de tubos		8,64	Tiempo por unidad
Empaque y Almacenamiento	13	Formación de paquetes		165,46	
	14	Amarre de paquetes		149,33	
	15	Espera del puente grúa		302,47	Este tiempo es muy variable
	16	Enganche de paquetes al puente grúa		83,59	
	17	Transporte de paquetes hacia bodega		160,81	
	18	Almacenamiento de paquetes			
	19	Llenar informe de Produccion y control de Producto en Proceso.			forma: F-PGR.02

FIGURA 4.4 DIAGRAMA DE FLUJO DE ROCESO

2. Espera del puente grúa

Esta actividad no forma parte necesaria del proceso, pero se la incluyó debido al tiempo que toma en esperar este equipo que es necesario para la transportación de la materia prima, ya que se lo utiliza en las otras líneas de producción con el fin de darle el mismo uso, la transportación de la materia prima.

En esta área de bodega de materia prima existen dos puentes grúas, los cuales tienen una capacidad de carga de 5 Ton.

El tiempo que toma en esperar a que se desocupe un puente grúa o en llevarlo desde el lugar donde se encuentre hasta el lugar donde están los flejes es muy variado, por lo que no se puede establecer un tiempo fijo o estándar. Siendo esta espera una de las mayores preocupaciones para el proceso, ya que en mucha ocasiones, ha producido paradas en el proceso.

3. Transportar fleje a porta bobina

En la bodega de producto en proceso o de fleje, existen dos lugares donde los almacena, para explicación se las denominó Puesto A y Puesto B.

En el puesto A, es el lugar donde se almacenan los flejes que provienen de la Sliter, que es quien procesa y transporta hasta esta zona, donde existen 3 porta-flejes, cada uno con capacidad para almacenar de 10 a 16 flejes. Desde este lugar es trasportado con el puente grúa hasta el puesto B y en algunas ocasiones hasta el porta-bobina, en el puesto B hay sólo un porta-fleje, con la misma capacidad que los anteriores.

Esta transportación del fleje se lo realiza en ambos casos con el puente grúa, mediante un gancho, como se muestra en la figura 4.5.

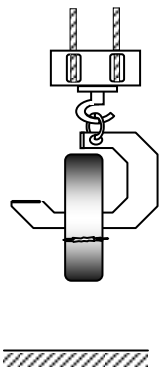


FIGURA 4.5 TRANSPORTE DE FLEJE CON PUENTE GRÚA

4. Anotar código de fleje

Es necesario llevar un registro del fleje que se procesa, es por eso, que se debe anotar en una bitácora el código que cada fleje lleva registrado, ya que al final del proceso estos códigos son anotados en el reporte de producción (F-PGR.02).

5. Colocar y ajustar fleje en desbobinador

El porta-bobina es un equipo que se desliza horizontal y verticalmente, el cual permita que un operador por medio de controles realice las operaciones necesarias para colocar el fleje que se encuentra en el porta-bobina al desbobinador y quede ajustado para su posterior operación.

6. Corte del punto de Soldadura (limado)

Cada fleje viene con su extremo inicial soldado en el mismo fleje en una de sus partes exteriores, para evitar que se desenrolle o desbobine en una de las actividades anteriores por la manipulación y movimientos.

El corte del punto de soldadura se lo realiza mediante una pulidora de mano eléctrica.

7. Cortar punta con desperfectos

El extremo inicial y final de los flejes contiene irregularidades provocados en algunas ocasiones por la manipulación del fleje o por defectos propios de la materia prima inicial (bobinas) con las que se realizan los flejes.

Estos desperfectos ocasionan paradas en la máquina de conformado y q salgan productos defectuosos, es por ese motivo necesario cortar los extremos inicial y final de los flejes en la mesa de corte y unión puntas, este corte lo realiza con sizallas propias de la mesa.

8. Unir punta y cola para soldar

La unión del extremo inicial (punta) y el extremo final (cola) del fleje, se lo realiza con el fin de tener continuidad en el proceso, ya que al inicio del proceso se guía la punta por medio de los equipos de forma manual y toma un buen tiempo hacerlo.

Esta unión inicial se lo hace con unas mordazas propias de la mesa, colocando los extremos juntos y parejos, dejándolos listo para la siguiente operación.

9. Soldado de punta y cola

En esta operación se realiza la unión final de la punta y cola por medio de soldadura eléctrica, para lo cual es necesario regular el amperaje del equipo dependiendo del espesor de la lámina del fleje.

10. Limado de la parte soldada

Una vez que se realiza la soldadura quedan cordones. Estos cordones por lo general son mas gruesos que el espesor de la lámina, lo cual provoca en la máquina de conformado irregularidades.

El limado de los cordones de soldadura se lo realiza con la pulidora de mano eléctrica.

11. Desbobinar fleje (enrollar en acumulador o cassetera)

Esta operación consiste en pasar el fleje al acumulador y se lo realiza de forma semi-automática, ya que un operario es el encargado de manejar los controles de los equipos para realizar esta labor.

12. Conformado de tubos

En esta etapa del proceso se le da la forma al producto, la lámina pasa por una serie de rodillos los cuales los van moldeando hasta obtener las características deseadas. En esta maquina de conformado de tubos un operario

calibra las velocidades de producción del equipo dependiendo del espesor de la lámina.

13. Formación de paquetes

Una vez que se han procesado los tubos con sus características adecuadas, dos operarios se encargan de la formación de paquetes. Estos paquetes contienen diferentes unidades y tipo de armado dependiendo de la característica los tubos. La formación de los paquetes se lo realiza en la mesa embalaje, la cual contiene soportes que facilitan el armado de los mismos.

14. Amarre de paquetes

Luego de la formación de los paquetes, se procede al amarre con zunchos metálicos, en cada paquete es necesario colocar 5 zunchos. Esta operación la realizan dos operarios de forma manual.

15. Espera del puente grúa

Al igual que al inicio de proceso, esta espera en algunas ocasiones ha provocado paradas innecesarias de la producción.

Para la zona de salida de producto terminado existen 2 puentes grúas, uno con capacidad de carga de 25 Ton. y el otro con capacidad de 10 Ton. De igual manera estos puentes grúas son utilizados por todas las líneas de producción de la empresa.

16. Enganche de paquetes al puente grúa

El enganche de paquetes al puente grúa corresponde a la colocación de cadenas o fajas alrededor del paquete para poder transportarlos, tal como se puede apreciar en la figura 4.6.

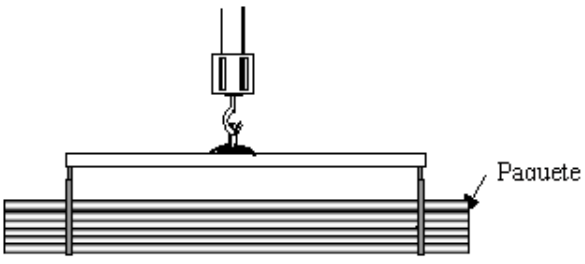


FIGURA 4.6 TRANSPORTE DE PAQUETES CON PUENTE GRÚA

17. Transporte de paquetes hacia carrito

El transporte de paquetes hacia el carrito se lo realiza mediante el puente grúa, por lo general se transportan de dos paquetes.

18. Almacenamiento de paquetes

El almacenamiento de los paquetes en este sitio es provisional, ya que luego son transportados a la bodega de producto terminado.

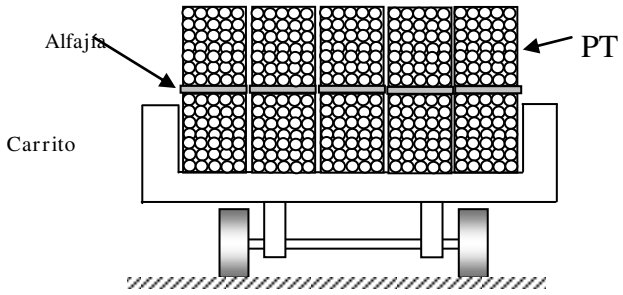


FIGURA 4.7 CARRO PARA PRODUCTO TERMINADO

El almacenamiento de los paquetes en este sitio es provisional, ya que luego son transportados a la bodega

de producto terminado, pero este movimiento no forma parte del proceso.

19. **Llenar informe de Producción y control de Producto en Proceso.**

Esta actividad se la realiza continuamente durante el proceso, es decir cada media hora, ya que es durante el proceso que el operario debe realizar los debidos controles del producto y del equipo y anotarlos en el reporte de producción (F-PGR.02)

4.4 Programación de la Producción

Para estos productos es un poco difícil realizar un programa de producción, los pronósticos de ventas ayudan pero no es suficiente ya que el mercado del acero es muy variante, depende de muchos factores como por ejemplo el precio del acero el cual muchas veces tiende a subir o a bajar en algunas épocas del año y esto afecta a la demanda.

La programación de la producción se la realiza en base a tres variables, las cuales son (ver APENDICE C ejemplo de programa de producción del mes de marzo del 2006):

- Estadísticas de las ventas de cada mes en los años anteriores
- Disponibilidad de materia prima o producto terminado
- Pedidos de los clientes

Estadísticas de las Ventas de cada mes en los años anteriores

Esta es una de las variables más importante que se tienen en cuenta al momento de la planificación de la producción. Se revisan las estadísticas de ventas de cada mes en los años anteriores.

Disponibilidad de Materia Prima o Producto Terminado

Se tiene en cuenta esta variable al momento de la planeación de la producción debido a que en algunas ocasiones no se cuenta con la materia prima necesaria para la producción de algún producto. En otras ocasiones se tiene producto terminado en stock y si se ha visto que este no ha tenido rotación, entonces se

considera producir en menor cantidad o simplemente no se produce.

Pedidos de los Clientes

Esta es otra variable importante al momento de realizar la planeación de la producción. Muchas veces esta variable hace que el programa de producción en ejecución tenga una revisión o cambie su programa.

4.5 Descripción de la Estructura Organizacional del Departamento de Producción

La estructura organizacional de la planta de guayaquil está compuesta por seis áreas: Producción, Mantenimiento, Bodega y Despacho, Sistema de Gestión Integrado, Proyectos y Recursos Humanos.

El departamento de producción está dirigido por dos jefes de producción uno dirige el área de producción de conformadado que comprende las líneas de producción: Slitter, Tubera 0, Tubera 1, Tubera 2, Tubera 3, Paneladora 1 y Paneladora 3; el segundo dirige el área de producción de galvanizado.

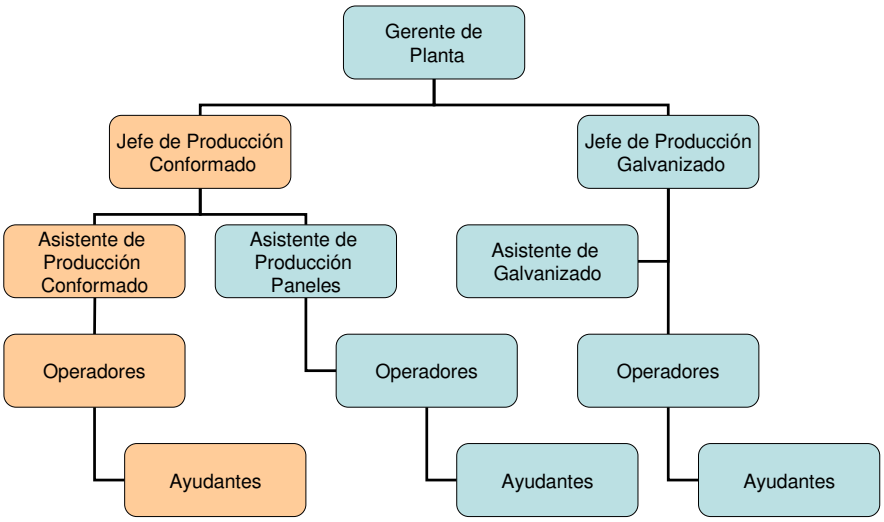


FIGURA 4.8 ORGANIGRAMA DEL ÁREA DE PRODUCCIÓN

La Tubera 2, que es la línea que se consideró para el estudio, trabaja 2 turnos, el personal de cada turno rota cada semana. En la tabla 4.2 podemos observar el número de operadores por turno y sus horarios. En total la Tubera 2 tiene 11 personas o empleados entre operadores y ayudantes de lunes a viernes y 8 de sábado a domingo.

TABLA 4.2 HORARIO DE LOS TURNOS DEL PERSONAL DE PRODUCCIÓN. LÍNEA: TUBERA 2

	Lunes a Viernes		Sábados y Domingos	
	I Turno	II Turno	I Turno*	II Turno*
	7:00 a 19:00	19:30 a 7:00	8:00 a 18:00	8:00 a 18:00
Jefe de Producción Conformado	1			
Asist. Producción Conformado	1	1		
Operador de Línea	1	1	1	1
Ayudante Alimentador	1	1	1	1
Ayudante Embalador	2	2	2	2
TOTAL	**6**	**5**	**4**	**4**
TOTAL GENERAL		**11**		**8**

A continuación se realizará la descripción de funciones de los puestos de trabajo antes descritos. Estas descripciones estarán compuestas por actividades productivas e improductivas.

El proceso de elaboración de tubos comprende el desbobinado de flejes, el conformado de tubos y el embalaje de los mismos.

Operador de Conformado

Entre las principales actividades del operador de conformado de tubos se encuentran: operar el equipo, realizar ajustes en la cuchilla de desbarbado de soldadura, calibrar sizing y torres turcas.

Operador del Equipo Desbobinador o Alimentador

Entre las actividades están: colocar y ajustar el fleje en el desbobinador, unir punta (inicio y fin) de los flejes y el desbobinar el fleje o alimentar de material para el conformado.

Ayudantes Embaladores

Las actividades principales que realiza son: armar y amarrar (ensunchar) paquetes de tubos, colocar alfajías (3), enganchar y transportar los paquetes y controlar la calidad del producto.

Conclusiones

El objetivo del presente capítulo fue realizar una descripción general de la línea de producción enfocándose en algunos factores importantes al momento de tener una visión general de la misma.

A los productos que se procesan en la línea se los puede clasificar en cuatro familias: tuberías redondas, cuadradas, rectangulares y de uso en carpintería metálica.

---

(3) Las alfajías son trozos de madera que se utilizan como soportes donde se asientan los paquetes formados de tubos.

El mix de productos que realiza esta línea de producción es muy grande, 10 de ellos son los mas importantes, entre ellos se encuentran los tubos de carpintería metálica, los tubos cuadrados y redondos de 1 pulgada con espesores de 0.75 a 1.10 mm.

La materia prima empleada es acero laminado, en frío si los espesores son menores e iguales a 1.1 mm. y en caliente para los espesores mayores a 1.1 mm. Los espesores de la materia prima están dentro de un rango de 0.75 a 3.0 mm. Estas láminas enrolladas en forma de bobina se denominan “Flejes”.

El proceso en la línea de producción está comprendido por tres etapas: cambio de fleje, conformado de tubos, y, empaque y almacenamiento, la etapa más crítica dentro de este proceso es la de conformado puesto que es ahí donde el material toma la forma según las especificaciones y demanda el mayor control de calidad.

Realizar el programa de producción requiere considerar cuidadosamente tres variables muy importantes: estadísticas de venta de cada mes, disponibilidad de materia prima y producto terminado, y los pedidos de los clientes, este último genera la mayor parte de los cambios en los programas de producción vigentes.

CAPÍTULO 5

5 IDENTIFICACIÓN DE LAS RESTRICCIONES

Introducción

El objetivo de este capítulo es identificar las restricciones de la Tubera 2, la cual se seleccionó en el capítulo anterior como objeto de estudio, ya sean estas operaciones restrictivas o problemas operacionales.

Se realizará un análisis de las restricciones cuantificando económicamente los costos que representan estos problemas en la producción.

5.1 Paso 1: Identificar la restricción del sistema

5.1.1 Análisis de Paradas de Equipos

Existen varios problemas dentro de la producción los cuales reflejan paradas innecesarias. Estos tiempos de paradas son registrados por los operadores en el *Reporte de Producción y Control de Producto (F-PRG 02),* ver APÉNDICE D.

Para el análisis de estos problemas se tomaron datos de tres meses Febrero, Marzo y Abril de 2006.

Se considera tiempo disponible, al tiempo que cada máquina tiene para procesar sin considerar el tiempo destinado a mantenimiento preventivo, el cual se lo realiza por lo general los fines de semana (sábado o domingo).

Las paradas que se presentan en la Tubera 2 son en su mayoría por mantenimiento correctivo, manejo de materiales (logística interna), operación y otros.

También existen paradas programadas para realizar el cambio de matricería y su respectiva calibración (set-up).

En los siguientes gráficos están representados los problemas hallados en el estudio en función del porcentaje que representan sobre el tiempo disponible.

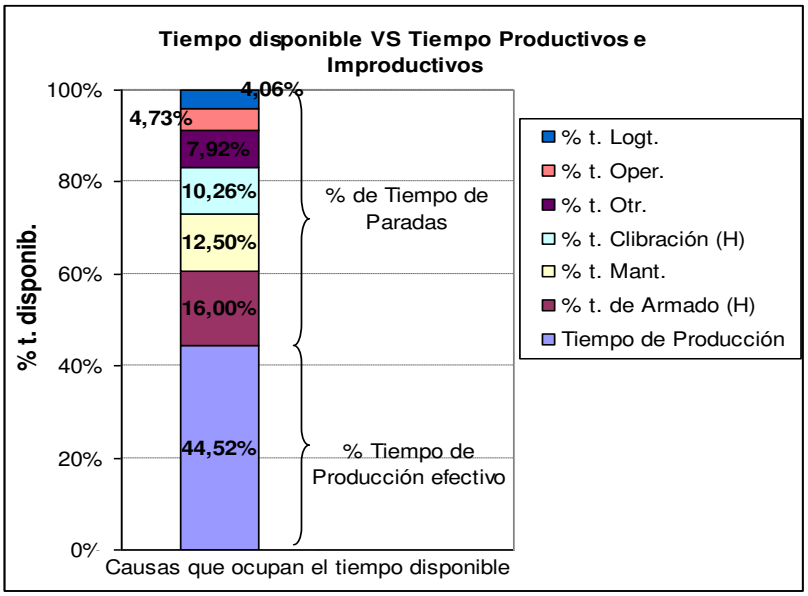


FIGURA 5.1. TIEMPO DISPONIBLE VS TIEMPOS PRODUCTIVOS E IMPRODUCTIVOS DEL MES DE FEBRERO DE 2006

En las gráficas 5.1 se aprecia que el tiempo promedio de producción del mes de febrero representa el 44.52% del tiempo disponible, lo que quiere decir que el 55.48% restante es ocupado por las paradas (tiempos no

productivos), entre las que se destacan, armado de matrices (16.00%), mantenimiento correctivo (12.50%) y calibración de matrices (10.26%).

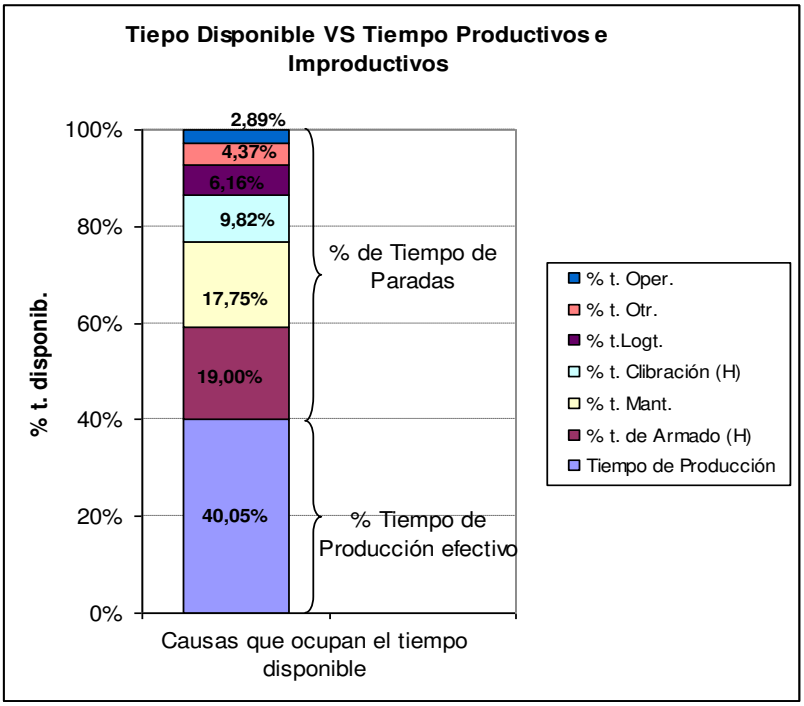


FIGURA 5.2. TIEMPO DISPONIBLE VS TIEMPOS PRODUCTIVOS E IMPRODUCTIVOS DEL MES DE MARZO DE 2006

En las gráficas 5.2 se observa que el tiempo promedio de producción del mes de marzo es del 40.05% del tiempo disponible y el 59.95% son tiempos de paradas por armado de matrices (19.00%), mantenimiento correctivo (17.75%) y calibración de matrices (9.82%).

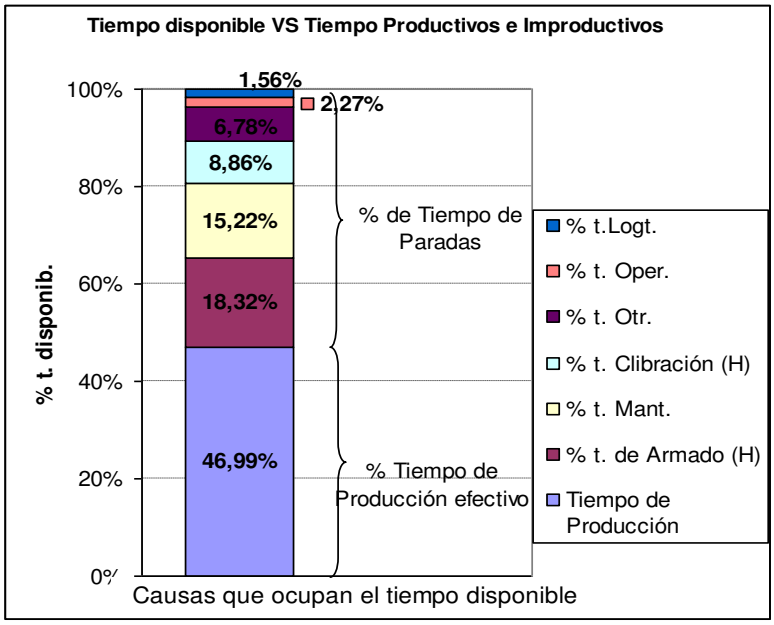


FIGURA 5.3. TIEMPO DISPONIBLE VS TIEMPOS PRODUCTIVOS E IMPRODUCTIVOS DEL MES DE ABRIL DE 2006

En las gráficas 5.3 se puede notar que el tiempo promedio de producción del mes de abril es del 46.99% del tiempo disponible. Las paradas que tienen mayor incidencia en el tiempo disponible son: armado de matrices (18.32%), mantenimiento correctivo (15.22%) y calibración de matrices (8.86%).

En la siguiente figura se muestra el porcentaje que representan las diferentes paradas sobre el tiempo disponible diario en cada uno de los meses.

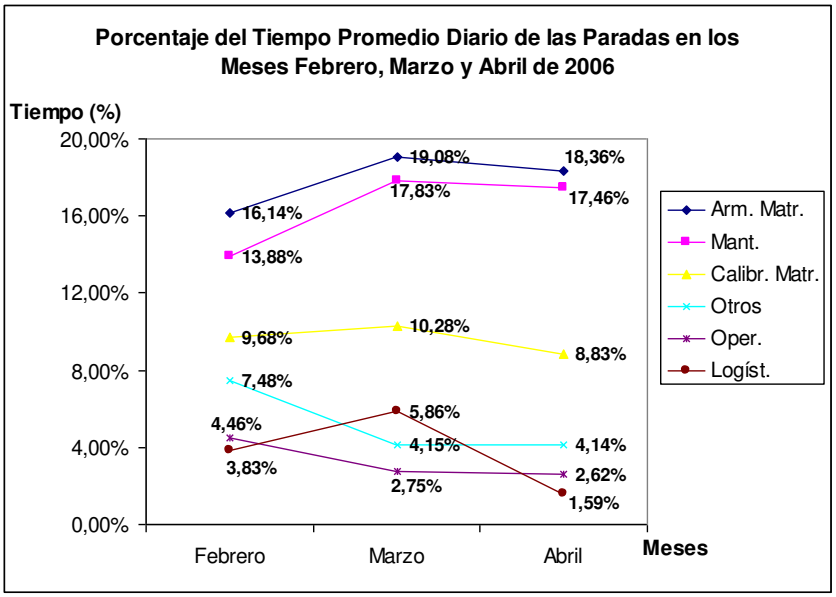


FIGURA 5.4. TIEMPO PROMEDIO DIARIO DE LAS PARADAS EN LOS MESES DE FEBRERO, MARZO Y ABRIL DE 2006.

En la figura 5.4 se puede apreciar que durante los tres meses (febrero, marzo y abril) las paradas que tienen mayor influencia sobre el tiempo disponible diario son por: armado de matrices, mantenimiento correctivo y calibración de matrices.

A continuación se describen cada uno de los problemas con su respectivo impacto sobre el tiempo disponible.

Paradas por Cambio de Matrices

El tiempo estándar establecido para el cambio de matrices es de 4 horas para la Tubera 2. Lo que constituye un tiempo elevado para esta operación. Existen dos secciones para cambiar las matrices en la línea, de las cuales una parte se la denomina Forming y la otra Sizing-Calibradores. El cambio de ambas secciones toma un tiempo de 4 horas, cuando se hace el cambio sólo del Sizing-Calibradores tarda 2 hora. Es posible elaborar otro tipo de producto al realizar los cambios de matrices en esta sección. Por ejemplo: procesar un producto con las mismas dimensiones (diámetro o lados) pero con diferentes espesores. Tal como se muestra en la siguiente figura.

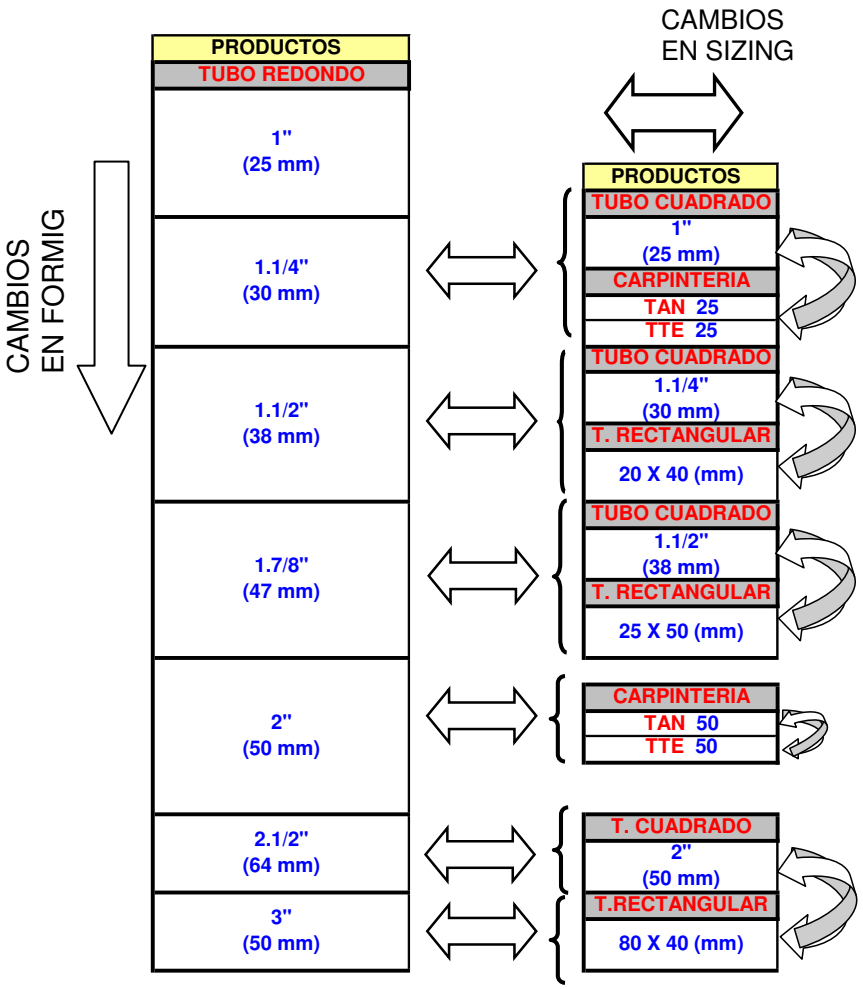


FIGURA 5.9. PRODUCTOS QUE SE PUEDEN ELABORAR CAMBIANDO LAS MATRICES DEL SIZING

Para entender mejor lo que se muestra en la figura 5.9 citaremos un ejemplo: Sí prepara la máquina con el debido juego matrices para una producción de tubo redondo de diámetro de 1¼ pulg. es factible realizar luego de elaborar estos productos, tubería cuadrada de 1 pulg. (ancho de

sus lados) haciendo el cambio de las matrices en el Sizing y/o procesar luego tubos tipo TAN 25 o TTE 25.

El porcentaje que representan estas paradas por armado de matricería es de 16.0%, 19.0%, 18.32% del tiempo disponible diario, de los meses de febrero, marzo y abril respectivamente.

Paradas por Calibración

Al pasar el fleje por medio de las matrices, es necesario realizar la calibración de estas. Esta operación corresponde al proceso de ajustar las matrices para que el producto (tuberías) tome la forma apropiada y exacta, es decir con las dimensiones necesarias según los requerimientos y especificaciones.

El impacto de estas paradas sobre el tiempo disponible diario es del 10.26%, 9.82% y 8.86% para los meses de febrero, marzo y abril del 2006, respectivamente.

Paras por Mantenimiento Correctivo

El mantenimiento impartido a la Tubera 2 es correctivo, provocando paras de producción por daños en equipos (12.50%, 17.75% y 15.22% del tiempo disponible diario de los meses de febrero, marzo y abril respectivamente), esto refleja que el mantenimiento preventivo actualmente establecido no es el adecuado.

En el siguiente gráfico se muestra el promedio y porcentaje acumulado del total de horas de los meses de febrero, marzo y abril de 2006 que la línea estuvo parada a causa de las fallas generadas por problemas de mantenimiento.

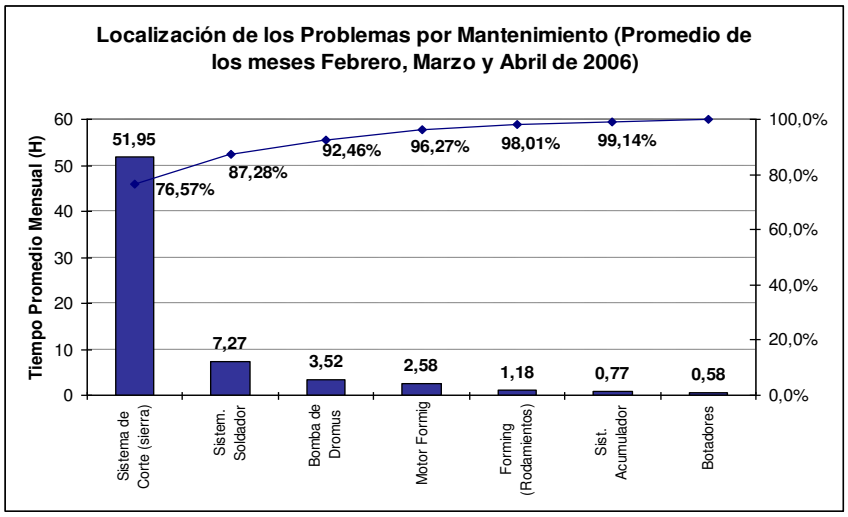


FIGURA 5.5. LOCALIZACIÓN DE LOS PROBELMAS POR MANTENIMIENTO

En la figura 5.5 se pueden apreciar los sitios o lugares en la Tubera 2 donde frecuentemente ocurren problemas o fallas por mantenimiento. Tal es el caso del sistema de corte (sierra) el que provoca el mayor tiempo de parada (76.57%). Durante una jornada de trabajo (10 horas) se presentaron 25 fallas en el sistema. Cabe mencionar que cada vez que se reinicia la producción se provocan desperdicios (1 tubo por cada reinicio).

El problema principal en la sierra de corte se debe a un sensor, el mismo que durante el funcionamiento del equipo se ensucia de viruta, lo que provoca que el sistema de

corte se pase del recorrido hasta donde debe llegar para hacer el corte guía y no retorne para hacer el siguiente corte. Conjuntamente con este sensor, funciona una tarjeta electrónica que recibe y manda señales al sistema de corte la cual no está funcionando correctamente debido a su mal estado.

Problemas de Manejo de Materiales (Logística Interna)

La transportación de los materiales (materia prima y producto terminado) dentro de la planta se la realiza con Puentes.

Existen cuatro puentes grúas que utilizan las líneas de producción, dos de ellos se los utiliza en la alimentación de materia prima para 7 líneas de producción (sliter, Tubera 0, Tubera 1, Tubera 2, Tubera 3, paneladora 1, paneladora 2) y además en embarque de algunos de sus productos terminados (específicamente paneles); los otros dos puentes grúas son utilizados en el desalojo de los productos terminados de cada línea de producción.

Debido a fallas en los puentes grúas y por su elevado nivel de utilización, se provocaron paradas de producción que corresponden al 4.06%, 6.16% y 1.56% del tiempo disponible diario de los meses de febrero, marzo y abril respectivamente.

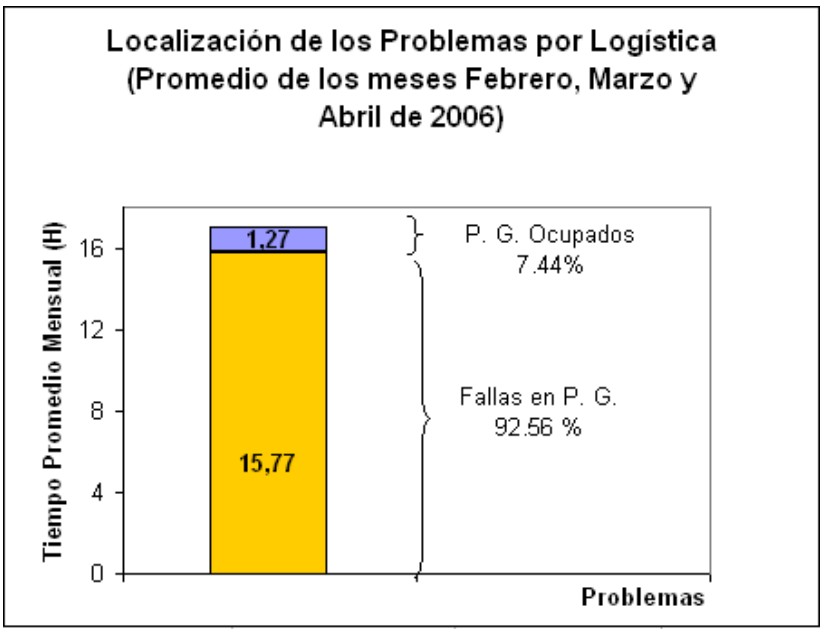


FIGURA 5.6. ORIGEN DE PARADAS EN PUENTES GRÚAS

En la figura 5.6 se observa que el principal origen de los problemas en los puentes grúas es por fallas en los mismos.

Las fallas en los puentes grúas son por problemas mecánicos y eléctricos, los cuales se originan por el mal

uso o manipulación de los mismos realizando pulsaciones de arranque repetitivos y cortos de los motores.

Problemas de Operación

Algunas otras causas por las cuales se producen paradas en la tubera 2 son:

- Descalibración de torres turcas
- Descalibración de Formig
- Descalibración de Sizing
- Descalibración de sistema de soldadura
- Cambio de Coil o Impider
- Cambio de Sierra
- Marcas en los tubos
- Falta de aceite Soluble

Estos problemas generan paradas en la línea del 4.73%, 2.89% y 2.27% del tiempo disponible diario de los meses de febrero, marzo y abril respectivamente.

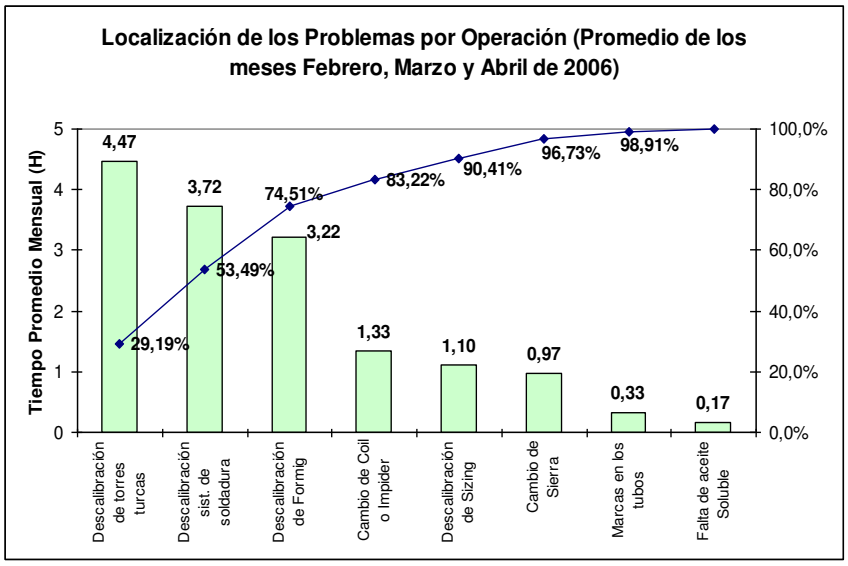


FIGURA 5.7. LOCALIZACIÓN DE LOS PROBLEMAS POR OPERACIÓN

En la figura 5.7 se puede apreciar tres de las causas más importantes que afectan a la producción: descalibración de las torres turcas, del sistema de corte y del forming.

La descalibración ocurre durante el proceso de producción al aflojarse los pernos y/o turcas que sujetan a las matrices en cada una de las secciones mencionadas anteriormente, esto se debe a la antigüedad de la máquina.

Otros Problemas

Existen otros factores que causan paras en las líneas de producción. Dentro de estos factores, de acuerdo a información obtenida por los operadores y por los supervisores del área, podemos enlistar:

- Falta de Personal
- Reuniones con Jefes
- Falta de Materia Prima
- Defecto en Materia Prima
- Limpieza
- Corte de Chatarra o Desperdicio
- Falla de Energía Eléctrica (E.E.)
- Descarrilamiento de Fleje

El porcentaje que representan estas paradas con respecto al tiempo disponible para los meses de febrero, marzo y abril fue de 7.92%, 4.37% y 6.78 respectivamente.

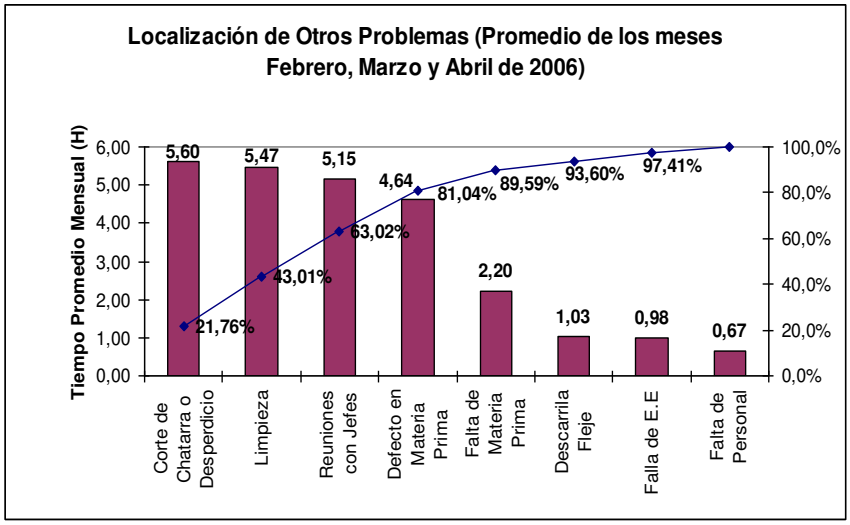


FIGURA 5.8. LOCALIZACIÓN DE OTROS PROBLEMAS

Como se puede apreciar en la figura 5.8, los principales factores que causan paradas dentro de los categorizados “otros problemas”, son por corte de chatarra o desperdicio, limpieza, reuniones y defectos de materia prima.

La limpieza y el corte de chatarra por lo general se los realizan al finalizar cada turno. La chatarra que se origina durante el proceso de producción es cortada, embalada y transportada hasta un lugar de destino. Existe un material catalogado como “de segunda o no conforme” que se genera por cada arranque de producción de la máquina, este es embalado y vendido a un menor precio del material de primera.

Adicionalmente a estos problemas se suman las paradas por reuniones con los jefes, las cuales se dan semanalmente para informar cambios o novedades que existan en el proceso, línea, departamento o empresa

Finalmente, otro de los problemas que tienen mayor influencia es la presencia de defectos en la materia prima, los cuales se generan por la transportación o vienen de fabricación.

Ordenamiento de los Problemas

Los problemas registrados en la Tubera 2 son de gran importancia en el sistema productivo, ya que los efectos de éstos repercuten en todo el sistema, incluso Eliyahu Goldratt afirma que una hora perdida en el cuello de botella es una hora perdida en todo el sistema, dichos problemas representan una pérdida de productividad en la planta de Ecuaceros.

El gráfico de Pareto es una herramienta de mucha utilidad para organizar la información y orientar al analista a enfocar los esfuerzos en la resolución de los problemas de

mayor trascendencia, sugiriendo que el 80% de los problemas representan el 20% de las causas, a continuación, en las gráficas 5.10, 5.11 y 5.12 están representados los problemas hallados en el estudio, en el eje de las "Y" está en función tiempo promedio diario y en el eje de la "X" se representan las causas de paradas.

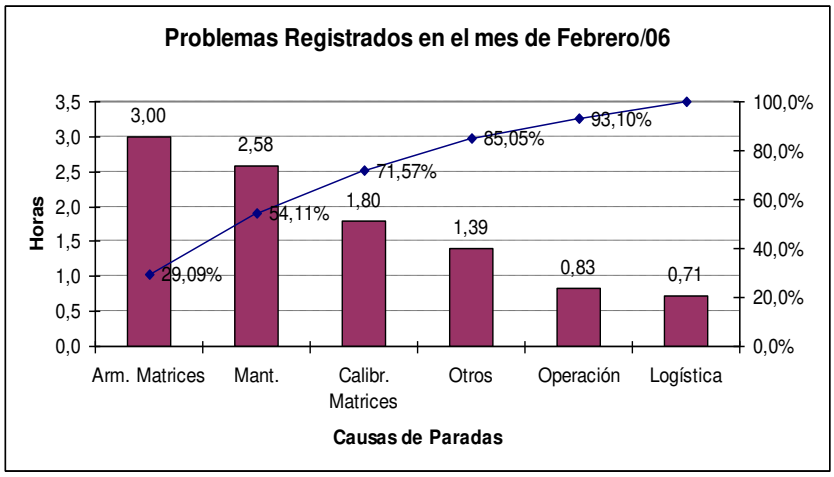


FIGURA 5.9. PROBLEMAS REGISTRADOS EN LA LÍNEA EN FEBRERO DE 2006

Como se aprecia en la figura 5.9, el 71.57% de las paradas durante el mes de Febrero son ocasionadas por armado de matrices, mantenimiento correctivo y calibración de matrices.

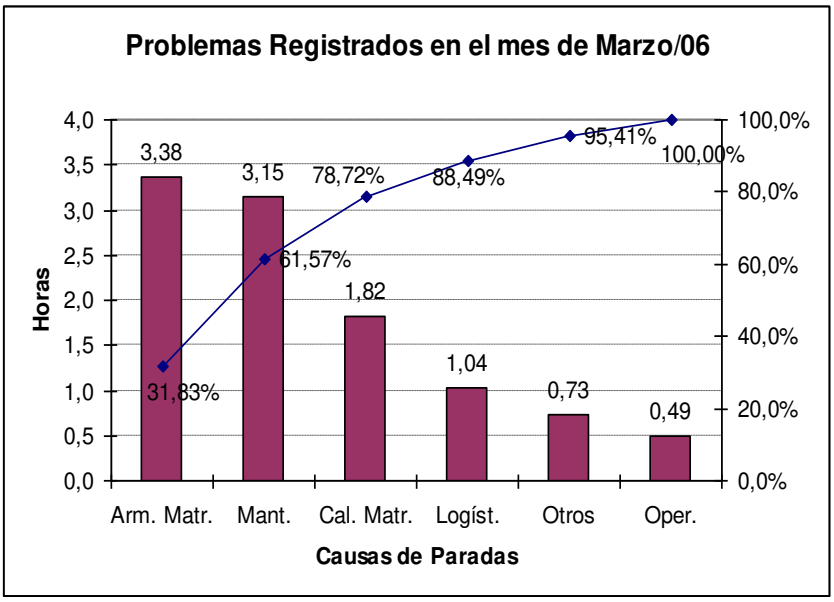


FIGURA 5.10. PROBLEMAS REGISTRADOS EN LA LÍNEA DURANTE EL MES DE MARZO DE 2006

La figura 5.10 muestra que el 78.72% de las paradas durante el mes de Marzo son por causa de armado de matrices, mantenimiento correctivo y calibración de matrices.

En la siguiente figura (figura 5.11), se puede apreciar que el 84.24% de las paradas en el mes de Abril son por motivo de armado de matrices, mantenimiento correctivo y calibración de matrices.

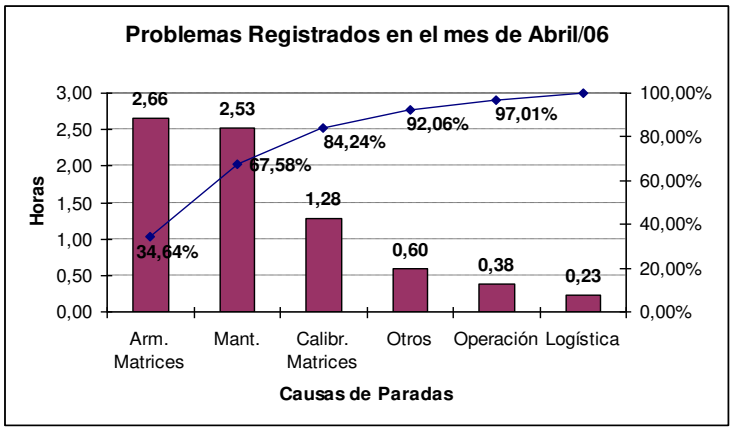


FIGURA 5.11. PROBLEMAS REGISTRADOS EN LA LÍNEA DURANTE EL MES DE ABRIL DE 2006

En la figura 5.12 se muestra el promedio mensual del tiempo por paradas de cada uno de los problemas.

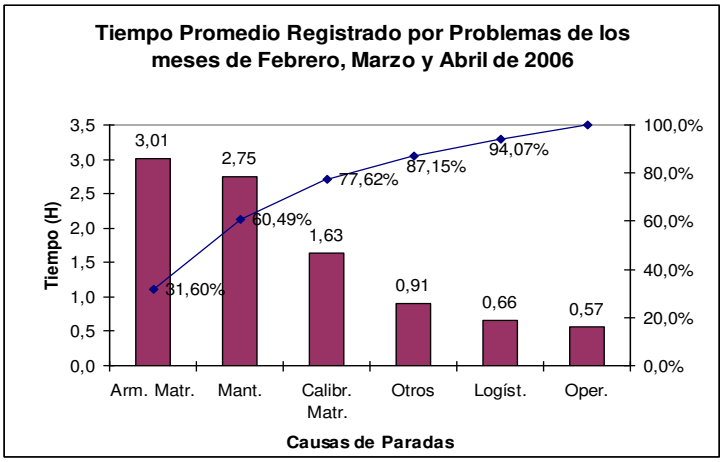


FIGURA 5.12. TIEMPO PROMEDIO DE PROBLEMAS REGISTRADOS EN LOS MES DE ENERO, MARZO Y ABRIL DE 2006

La importancia del problema radica en que las paradas registradas abarcan el 56.32% del tiempo total disponible para producción de la Tubera 2.

En el análisis de Pareto (figura 5.13) se encontró que el inconveniente de mayor trascendencia se debe a las paradas por cambio (armado) de matrices, el cual ocupa un 17.8% del tiempo disponible de producción y representa un 31.60% de los problemas detectados.

El segundo problema se origina por fallas de mantenimiento el cual representa el 16.28% del tiempo disponible y a su vez el 28.90% de los problemas detectados.

El tercer problema es, la calibración de las matrices que es el 9.65% del tiempo disponible y el 17.13% de los problemas detectados.

Es de notar que estos tres problemas representan el 77.62% de la improductividad del cuello de botella y será en los cuales se centrará el proceso para reducirlos o eliminarlos.

El cuarto problema corresponde a otros tipos de problemas ajenos a los de operación mantenimiento y logística, los cuales representan el 5.37% del tiempo disponible y así mismo el 9.53% de los problemas encontrados.

El quinto problema es a causa del manejo de materiales, siendo el 3.90% del tiempo disponible y el 6.92% de los problemas detectados.

Finalmente, el sexto problema es por operación el cual constituye el 3.34% del tiempo disponible.

5.1.2 Costo de Oportunidad

A continuación se puede apreciar el valor en dólares mensuales que potencialmente la empresa pudo haber percibido de haber producido durante las horas de parada. Para ello se muestran cuatro escenarios:

En el escenario **deseado**, se asume que la empresa vende todo lo que se puede producir durante el tiempo de paras.

En el **optimista**, se considera que se puede vender el 85% de lo que se pudiera procesar durante los tiempos de para.

Para el escenario **medio**, se asume que se puede vender el 50% y para el **pesimista** el 25% de lo que se puede procesar si no hubiera paradas.

El objetivo de este análisis es conocer el impacto que se espera obtener sí se llevaran las paradas a cero (0 horas), ocasionadas por el armado y calibración de matrices, y por fallas de mantenimiento.

Cabe indicar que los valores obtenidos representan una cota superior el nivel de ingresos real dependerá de las iniciativas que se propondrán en el capítulo siguiente.

TABLA 5.1. COSTOS DE OPORTUNIDAD PROVOCADOS POR LAS PARADAS

	Costo de Oport. Según Escenarios	Deseado (Vender todo 100%) $ / mes	Optimista (Vender 85%) $ / mes	Medio (Vender 50%) $ / mes	Pesimista (Vender 25%) $ / mes
Causas de Paradas	Arm. Matrices	157,449.69	133,832.24	78,724.84	39,362.42
	Mant.	143,582.98	122,045.53	71,791.49	35,895.75
	Calibr. Matrices	86,178.97	73,252.13	43,089.49	21,544.74
	TOTAL :	$ 387,211.64	$ 329,129.90	$ 193,605.82	$ 96,802.91

5.2 Paso 2: Explotar las Restricciones del Sistema

Una vez hallada la restricción del sistema, la segunda etapa del enfoque sistemático del TOC indica que la restricción del sistema debe ser explotada, con el objetivo de mejorar su rendimiento y utilización.

Para explotar la restricción es necesario aprovechar el mismo tiempo disponible con el que se cuenta actualmente, y, para ello se sugiere empezar por reducir o eliminar los principales tiempos improductivos causados por armado y calibración de matrices, y fallas por mantenimiento.

5.2.1 Soluciones a los Problemas

Desarrollo de Encuestas Lean Manufacturing

Para identificar los problemas origen que afectan al rendimiento de la producción se aplicaron encuestas al personal de los dos turnos de la Tubera 2, estas encuestas (Ver APÉNDICE E) son una herramienta utilizada para identificar problemas de cultura, proceso y

tecnología en plantas que desean producir de manera esbelta (término en inglés *Lean Manufacturing*).

Una vez encontrados los problemas de mayor importancia, se seleccionan técnicas de producción que serán aplicadas para eliminar los problemas identificados.

Estas encuestas fueron realizadas a operarios de la Tubera 2. Luego de obtener los resultados de las encuestas se procedió a tabular estos datos. En la tabla 5.2 se presentan los datos tabulados con valores de 0s y 1s, el 0 representa una respuesta negativa y el 1 una respuesta positiva.

TABLA 5.2. RESULTADOS DE LA ENCUESTA

			Entrevistados				
NUMERO PREGUNTA	RESPUESTAS	DESPERDICIO	1	2	3	4	TOTAL
CULTURA							
4	Habilidades no utilizadas	RR HH	1	1	1	1	4
5	No tengo entrenamiento cruzado	RR HH	1	1	0	1	3
1	Pobre comunicación entre trabajadores	Proceso	0	0	0	0	0
2	Pobre flujo de información entre trabajadores	Proceso	0	0	1	0	1
6	Entrenamiento inapropiado y poca habilidad	Defecto	1	1	1	0	3
3	No a tiempo información y decisiones	Espera	0	0	0	0	0
PROCESO							
2	Existen productos defectuosos	Proceso	1	1	1	1	4
1	Trabajo no balanceado	Espera	0	0	1	0	1
4	Bodega de flejes lejos de las estaciones de trabajo	Movimiento	0	0	0	0	0
3	Movimiento del producto requiere personal y maquinarias	Transporte	1	1	1	1	4
TECNOLOGIA							
3	El deparatamento de producción NO usa las mismas políticas	RR HH	0	0	0	0	0
6	Los cambio en la forma de trabajo, no han mejorado el bienestar ni el producto	RR HH	1	0	0	0	1
7	No existen técnicas para mejorar el proceso de producción.	RR HH	0	0	0	0	0
1	El Tiempo de preparacion de la maquina es muy largo	Proceso	1	0	0	1	2
2	Existen bastantes fallas de funcionamiento en la máquina	Proceso	1	1	1	1	4
4	Larga espera por Punetes Grúas no disponibles	Espera	1	1	0	1	3
5	El espacio para almacenar el producto terminado no es suficiente	Inventario	1	0	0	0	1

A continuación se muestra la tabla 5.3 con la agrupación de los desperdicios por cada una de las causas (cultura, proceso y tecnología).

TABLA 5.3. AGRUPACIÓN DE DESPERDICIOS SEGÚN CAUSAS

		Entrevistados				
	DESPERDICIO	1	2	3	4	TOTAL
	CULTURA					
1	Recurso Humano	2	2	1	2	7
2	Proceso	0	0	1	0	1
3	Defecto	1	1	1	0	3
4	Espera	0	0	0	0	0
	PROCESO					
5	Proceso	1	1	1	1	4
6	Espera	0	0	1	0	1
7	Movimiento	0	0	0	0	0
8	Transporte	1	1	1	1	4
	TECNOLOGIA					
9	Recurso Humano	1	0	0	0	1
10	Proceso	2	1	1	2	6
11	Espera	1	1	0	1	3
12	Inventario	1	0	0	0	1

Clasificación de los desperdicios

Se clasifican los resultados en dos grupos:

- Desperdicio de alta prioridad
- Desperdicio de baja prioridad

Regla para interpretar resultados:

Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio es mayor o igual al 50% de la presencia del desperdicio, entonces se dice

que es importante y esta categoría de desperdicio tendrá alta prioridad para ser eliminada.

Si el porcentaje del número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio es menor al 50% de la presencia del desperdicio, entonces se dice que no es importante y esta categoría de desperdicio tendrá baja prioridad para ser eliminada.

Formula:

$$\frac{(\text{TOTAL})}{(\text{PARTICIPANTES})(\text{RESPUESTAS})} * 100$$

Donde:

TOTAL – Número total de veces que ha sido identificada una categoría de desperdicio en cultura, proceso y tecnología.

PARTICIPANTES – Número de entrevistados.

RESPUESTAS – Número de respuestas que identifican una categoría de desperdicio en cultura, proceso y tecnología.

Por ejemplo:

El desperdicio CULTURA-Recurso Humano tiene el siguiente porcentaje del total de número de veces que ha sido identificada esta categoría.

$$\frac{(7)}{(4)(2)} * 100 = 87.50\%$$

El desperdicio CULTURA- Recursos Humanos tiene alta prioridad en el proceso de eliminación. Obteniendo en las otras categorías los siguientes resultados.

TABLA 5.4. AGRUPACIÓN DE DESPERDICIOS SEGÚN IMPORTANCIA DE ELIMINACIÓN

DESPERDICIO	TOTAL	%	Prioridad
CULTURA			
Recurso Humano	7	**87,50**	Alta
Proceso	1	**12,50**	Baja
Defecto	3	**75,00**	Alta
Espera	0	**0,00**	Baja
PROCESO			
Proceso	4	**100,00**	Alta
Espera	1	**25,00**	Baja
Movimiento	0	**0,00**	Baja
Transporte	4	**100,00**	Alta
TECNOLOGIA			
Recurso Humano	1	**8,33**	Baja
Proceso	6	**75,00**	Alta
Espera	3	**75,00**	Alta
Inventario	1	**25,00**	Baja

Los tipos de desperdicios fueron agrupados como alta y baja prioridad como se muestra en el cuadro a continuación.

TABLA 5.5. AGRUPACIÓN DE DESPERDICIOS SEGÚN CAUSAS Y TÉCNICAS DE MANUFACTURAS PROPUESTAS

Causas de Desperdicios	Desperdicios Identificados	Mejor técnica Lean
Alta Prioridad		
Habilidades no utilizadas. No tengo entrenamiento cruzado.	CULTURA-Recurso Humano	Entrenamiento Cruzado
Entrenamiento inapropiado y poca habilidad	CULTURA-Defecto	Entrenamiento Cruzado
Existen procesos defectuosos.	PROCESO-Proceso	5S
Movimiento del producto requiere personal y maquinarias.	PROCESO-Transporte	Manufactura Celular
Tiempo de arranque de las maquinas muy largo. Maquinas no disponibles por fallas de funcionamiento. Maquinas siempre ocupadas cuando se necesita.	TECNOLOGIA-Espera	Trabajo en Equipo TPM Intercambio Rápido SMED
Baja Prioridad		
Pobre comunicación entre trabajadores. Pobre flujo de información entre trabajadores.	CULTURA-Proceso	Trabajo en Equipo
Trabajo no balanceado.	PROCESO-Espera	Trabajo en Equipo
Los cambio en la forma de trabajo, no han mejorado el bienestar ni el producto. Insuficiente soporte financiero para comprar nuevas maquinas.	TECNOLOGIA-Recurso Humano	TPM
Pequeño espacio de almacenaje de partes.	TECNOLOGIA-Inventario	Manufactura Celular

Según las causas de los desperdicios se establecieron algunas técnicas de manufactura recomendadas por expertos que ayudan a la eliminación de los desperdicios

siendo las de mayor prioridad las técnicas que se implementarán en un plan de acción inicial.

Tendiendo en cuenta el diagrama Pareto (tabla 5.13) que indica que cerca del 80% de los problemas, son por causa de armado y calibración de matrices, y fallas de mantenimiento. Se procede a seleccionar conjuntamente con el jefe de producción las técnicas que se deberían empezar a implementarse como plan de acción, estas son Mantenimiento Productivo Total (TPM por sus siglas en inglés [Total Productive Maintenance]). y SMED (Single Minute Exchange of Die; Cambio de Herramienta en menos de 10 minutos).

ALTA PRIORIDAD
TPM
Intercambio Rápido SMED

5.2.2 Mantenimiento Productivo Total (TPM).

Definición del TPM

TPM es un proceso que maximiza la productividad de un equipo en todo su ciclo de vida y además la extiende.

Objetivos del TPM

- Desarrollar habilidades en los trabajadores con respecto a sus equipos
- Mantener excelentes equipos de seguridad y calidad
- Crear un ambiente de trabajo donde exista entusiasmo y creatividad
- Maximizar la eficiencia total del equipo

Metas del TPM

El TPM tiene como meta los tres ceros, normados a continuación:

- Cero parada de equipos no planificada
- Cero defectos (causados por los equipos)
- Cero perdidas de la velocidad del equipo

Estrategia del Mantenimiento Preventivo (MP)

Los operadores se encargan de la mayoría de los trabajos de mantenimiento preventivo como les sea posible.

El departamento de mantenimiento se encarga de mejorar el sistema, la organización, la ejecución y el control del mantenimiento preventivo.

Metodología

La técnica del TPM, se divide en cuatro fases de implementación las cuales son:

Fase 1: Identificar las condiciones actuales del equipo

Para ello es necesario seguir los siguientes pasos:

1. Establecer condiciones básicas para la limpieza, lubricación e inspección.
2. Identificar necesidades de seguridad a través de la limpieza e inspección.
3. Identificar anomalías y proponer condiciones nuevas.
4. Entender y simplificar condiciones de operación.
5. Recoger información para el cálculo del OEE (Overall Equipment Efficiency OEE; Eficiencia Global de los Equipos) y priorizar mejoras.

6. Eliminar ambientes que causen deterioro acelerado (controlar las fuentes de contaminación).
7. Establecer inspecciones diarias y estándares de limpieza y lubricación.
8. Iniciar e implementar control visual intensivo.

Fase 2: Mejorar la vida del equipo

1. Evaluar los equipos para seleccionar el MP
2. Prevenir la repetición de fallas mayores
3. Corregir las debilidades de diseño de los equipos
4. Eliminar fallas inesperadas
5. Actualizar destrezas en ajustes y cambios rápidos
6. Eliminar las seis mayores perdidas (Falla de equipos, tiempo de cambio y ajustes, ocio y pequeñas paradas, reducción de velocidad, arranques, y, defectos y reproceso)

Fase 3: Planear el mantenimiento para mantener las condiciones del equipo

1. Construir un sistema de mantenimiento preventivo

- Realizar inspecciones y mantenimientos periódicos
- Controlar las partes de repuesto
- Computarizar la información de mantenimiento

2. Reconocer signos de procesos con anomalías
3. Solucionar las anomalías correctamente

Fase 4: Predecir la vida del equipo

1. Construir un sistema de mantenimiento predictivo
   - Introducir equipos y técnicas predictivas
   - Entrenar al personal en el uso de estos equipos
2. Consolidar actividades de mejoramiento
   - Ejecutar análisis de fallas usando técnicas especiales
   - Extender la vida del equipo usando mejores materiales

Beneficios

Disminuye:

- Tiempo promedio de reparación (MTTR)
- Costo promedio de reparación

- Numero de paradas de emergencia
- Sobretiempo por mantenimiento
- Compras de emergencias
- Compra de repuestos
- Inventario de repuestos
- Costo del ciclo de vida del equipo

Aumenta:

- Tiempo promedio entre fallas (MTBF)
- Disponibilidad del equipo
- Producción
- Calidad del equipo y de los productos

Cronograma

A continuación se presenta un diagrama de Gantt, en el cual se muestra el tiempo en el cual se deben ir realizando las actividades para alcanzar con los objetivos del plan de TPM (ver Gráfica 5.13).

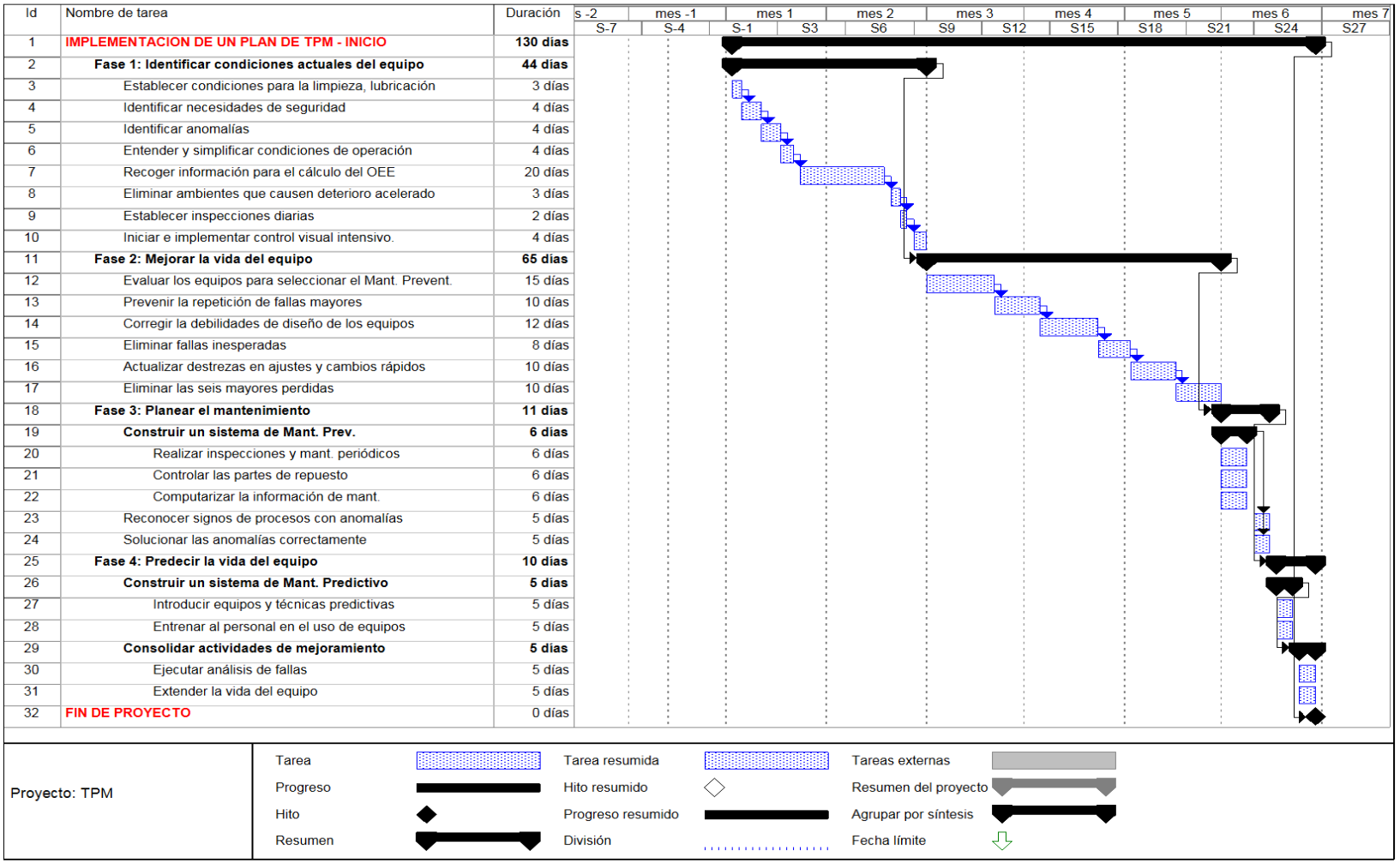


FIGURA 5.13. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA IMPLEMENTAR TPM

5.2.3 SMED (Single Minute Exchange of Die; Cambio de Herramienta en menos de 10 minutos).

Definición de SMED

Es una técnica enfocada al cambio rápido de partes en la maquinaria y herramientas sin pérdida de tiempo.

Busca producir diferentes artículos en lotes pequeños, realizando breves ajustes a los elementos de producción para que la maquinaria se convierta en multifuncional.

Objetivos del SMED

- Reducir el tiempo de preparación en producción.
- Reducir el tamaño de los lotes de producción.
- Producir en el mismo día varios modelos en la misma máquina o línea de producción (Flexibilidad)
- Mejorar las ventajas competitivas para la empresa.
- Trabajar con lotes pequeños de producción para tener mayor control de la calidad.

Metodología de SMED

La técnica del SMED, se divide en cuatro etapas de implementación las cuales son:

Etapa preliminar: Estudio de la operación de cambio

- Identificar las operaciones de cambio para evitar confundir la preparación interna con la externa.
- Estudiar en detalle las condiciones reales de la fábrica
- Realizar un análisis de trabajo y tiempos de producción o de operaciones llevado a cabo con cronómetro.
- Grabar en video la operación de preparación completa, mostrar a los operadores para que expresen sus opiniones, con lo cual aparecerán ideas que se podrían aplicar.
- Cuando la maquina esta parada por largos periodos, reconocer lo que puede realizarse externamente y se lo esta haciendo internamente.

Primera etapa: Separar tareas internas y externas

- Diferenciar las preparaciones internas y externas
- Preparaciones externas son:

  - La preparación de piezas
  - Mantenimiento de útiles y herramientas
- Tratar en lo posible que las operaciones de preparación sean externas, entonces el tiempo necesario para la preparación interna se reducirá usualmente entre un 30 y 50%.

Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas

- Reevaluar las operaciones para ver si algunos pasos están erróneamente considerados como internos.
- Buscar la forma de convertir esos pasos en externos.

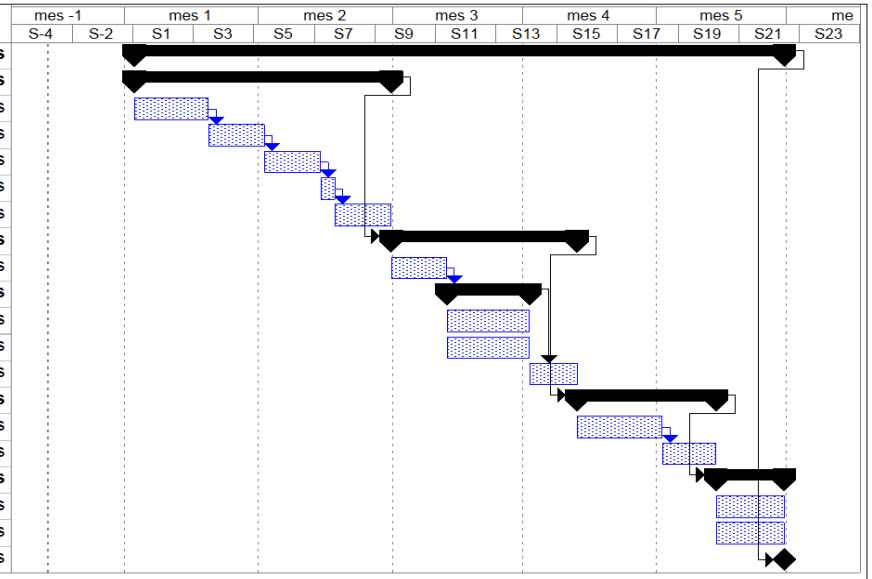
Tercera etapa: Perfeccionar las tareas internas y externas

- Analizar detalladamente cada operación elemental.
- Concentrar esfuerzos para perfeccionar todas las operaciones elementales que constituyen las preparaciones interna y externa.

Cronograma

En la figura 5.14, se muestra el cronograma de actividades para la implementación de SMED.

Id	Nombre de tarea	Duración
1	**IMPLEMENTACION DE UN PLAN DE SMED - INICIO**	**122 días**
2	**Etapa preliminar: Estudio de la operación de cambio**	**49 días**
3	Identificar las operaciones de cambio	15 días
4	Realizar análisis de trabajo y tiempos	10 días
5	Estudiar en detalle las condiciones reales	10 días
6	Grabar en video de la op. de preparación completa	4 días
7	Reconocer lo que puede realizarse externamente	10 días
8	**Primera etapa: Separar tareas internas y externas**	**35 días**
9	Diferenciar las preparaciones internas y externas	10 días
10	**Preparaciones externas:**	**15 días**
11	La preparación de piezas	15 días
12	Mantenimiento de útiles y herramientas	15 días
13	Tratar que las op. de preparación sean externas	10 días
14	**Segunda etapa: Convertir tareas internas en externas**	**25 días**
15	Reevaluar las operaciones	15 días
16	Buscar la forma de convertir en externos	10 días
17	**Tercera etapa: Perfeccionar las tareas int. y ext.**	**13 días**
18	Analizar detalladamente cada operación	13 días
19	Concentrar esfuerzos para perfeccionar las op.	13 días
20	**FIN DE PROYECTO**	0 días



Proyecto: SMED

Tarea
Progreso
Hito
Resumen
Tarea resumida
Hito resumido
Progreso resumido
División
Tareas externas
Resumen del proyecto
Agrupar por síntesis
Fecha límite

FIGURA 5.14. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES PARA IMPLEMENTAR SMED

Con al aplicación de TPM se estima reducir los tiempos de paras por mantenimiento no planeado en un 90%, lo cual equivale reducir de 16.28% a 1.63% del tiempo disponible consumido, y, con SMED reducir los tiempos de paras por cambio de matrices y calibración en un 30% como mínimo, que representa reducir de 17.8% a 12.46% en cambio de matrices y de 9.65% a 6.75% en calibración.

Esto representa un aumento del tiempo de producción del 43.68% a 66.57% (aumenta 22.89%) del tiempo disponible diario.

5.3 Paso 3: Subordinar todo lo demás a la Restricción

La manera de subordinar todo a la restricción, consiste en programar los recurso en base a la restricción, para lo cual se establece el modelo DBR (Tambor, amortiguador, cuerda [por sus siglas en inglés Drum, Buffer, Rope]).

Bases del modelo DBR.

En todas las plantas hay recursos con capacidad restringida. El método DBR reconoce que dicha restricción dictará la velocidad de producción de todas las líneas que son antecesoras y predecesoras de la restricción. El principal recurso con restricción

de capacidad será tratado como “el tambor” que es el que marcará la velocidad de producción las otras máquinas. También se necesitará establecer “un amortiguador” de inventario frente al factor limitado. Este amortiguador protegerá el *throughput* (velocidad con la que el sistema genera dinero a través de las ventas) de la Tubera 2 de cualquier perturbación que se produzca en los factores no cuellos de botella. Y finalmente para asegurarse que el inventario no crezca más allá del nivel dictado por el amortiguador, deberá limitarse la velocidad a la cual se liberan materiales a la planta. Debe amarrarse “una cuerda” desde el cuello de botella a la primera operación; en otras palabras la velocidad a la cual se liberan materiales a la planta será gobernada por la velocidad a la cual esta produciendo la Tubera 2.

El primer paso a desarrollar es programar el cuello de botella considerando su capacidad limitada, la programación del cuello de botella debe estar cercana a la utilización del 100% de su capacidad, en la Tubera 2 tenemos una tasa de producción según los productos que se elaboran.

TABLA 5.6. CAPACIDAD DE LA TUBERA 2 SEGÚN PRODUCTOS

TUBERA 2				
PRODUCTOS	**ESPESORES (mm)**	**CAPACIDAD (UNI / Día)**	**LONG.MIN. (mm)**	**LONG. MAX.(mm)**
TUBO REDONDO				
1"	0.75 , 0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	3000	3600	8000
1 1/4"	0.75 , 0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	3000	3600	8000
1 1/2"	0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	3600	3600	8000
1 7/8"	0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	3000	3600	8000
2"	1.10 , 1.50 , 2.00	2400	3600	8000
2 1/2"	1.50 , 2.00	2000	3600	8000
3"	1.50 , 2.00	1200	3600	8000
TUBO CUADRADO				
1"	0.75 , 0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	4400	3600	8000
1 1/4"	0.75 , 0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	4400	3600	8000
1 1/2"	0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	3000	3600	8000
2"	1.10 , 1.50 , 2.00	2000	3600	8000
CARPINTERIA METALICA				
TAN 50	0,9	4000	3600	8000
TTE 50	0,9	4000	3600	8000
TAN 25	0,75	3000	3600	8000
TTE 25	0,75	3000	3600	8000
TUBO RECTANGULAR				
20 X 40 mm	0.75 , 0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	4400	3600	8000
25 X 50 mm	0.90 , 1.10 , 1.50 , 2.00	4000	3600	8000
40 X 80 mm	2	1800	3600	8000

Como se puede apreciar en la tabla 5.6 se muestra la capacidad diaria de producción según los diferentes productos que procesa la Tubera 2.

Para Para determinar el tamaño del buffer (WIP) según el throughput (TH) y el tiempo de ciclo de producción (CT) se hizo uso de la herramienta de **simulación** en el programa **PROMODEL**. Tomando los tiempos de proceso del producto que más se produce en la línea.

Para tener mayor precisión en los resultados que proporcione el programa se realizaron un número determinado de réplicas según la siguiente fórmula (4).

$$n' = [(Z\alpha_{/2}\, S)/e]^2$$

De donde:

n': Número de réplicas de para simular.

α: Nivel de Significancia.

S: Desviación Estándar Muestral.

e: Margen de Error

El nivel de confianza escogido es del 95% (1-α), la desviación estándar se tomó luego de ejecutar la simulación con 5 réplica y con un margen de error de 5.

De los resultados obtenidos en la siguiente tabla se escogerá el nivel de WIP que genere mayor TH con un tiempo de ciclo no muy elevado.

El número de réplicas que se tomó para la simulación fue n' = 30.

(4) Harrel – Ghosh and Bowden, Simulation "Using Promodel", 2da Edisión, U.S.A., p. 526.

TABLA 5.7. RESULTADO DE SIMULACIÓN CON DIFERENTES NIVELES DE WIP

WIP (Fleje)	TH_{LI} (Kg/DIA)	TH_{LS} (Kg/DIA)	CT_{LI} (min)	CT_{LS} (min)
5	27587.9	27595.5	72.28	72.67
10	27659.7	27673.3	126.51	126.76
12	27663.4	27678.1	172.20	172.49
15	27664.3	27676.4	255.41	255.70
18	27656.5	27666.0	356.33	356.59
20	27660.7	27686.0	394.68	395.75

En la tala 5.7 se puede apreciar los intervalos de throughput

(TH) y tiempo de ciclo que se obtienen con los diferentes niveles de buffer (WIP). Para entender mejor los resultados se muestran a continuación las siguientes figuras.

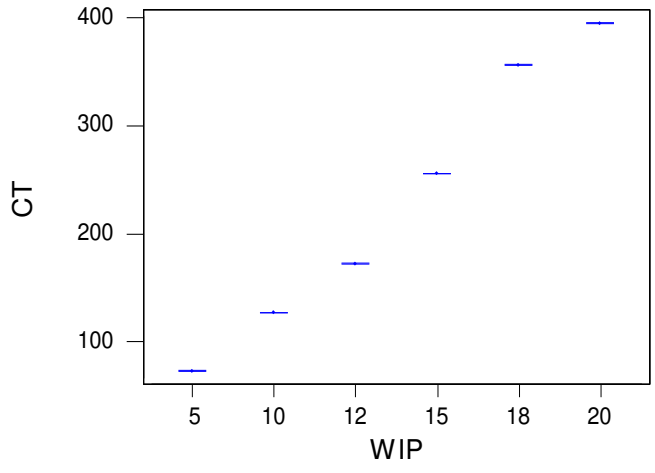


FIGURA 5.15. INTERVALO DE TIEMPO DE CICLO VS NIVEL DE WIP

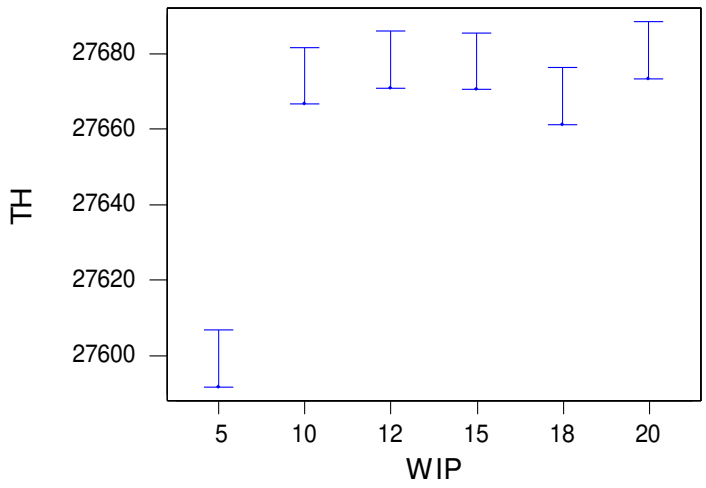


FIGURA 5.16. INTERVALO DE THROUGHPUT (TH) VS NIVELES DE WIP

En las figuras 5.15 y 5.16 podemos apreciar con que nivel de WIP obtenemos el mayor TH y un CT no muy largo. Por lo tanto, el tamaño del buffer (WIP) con el que genero mayor TH está entre 12 y 15 flejes (peso del fleje 1200 Kg). Siendo el 12 el tamaño del WIP con el que obtengo un throughput entre 27,663.4 y 27,678.1 Kg. Con un tiempo de ciclo entre 172.2 y 172.49 minutos.

Lo que significa que la Sliter debe mantener un nivel de inventario de flejes igual a 12 para lograr que la Tubera 2 alcance su mayor rendimiento de producción en un tiempo de ciclo corto.

5.4 Paso 4: Elevar la Restricción del sistema.

Como ya se mencionó, “elevar” la restricción del sistema implica llevar a cabo una serie de mejoras a nivel del recurso restrictivo, con el fin de aumentar la capacidad del proceso.

La demanda mensual actual de la Tubera 2 es de 450 Ton / Mes, el promedio mensual de proceso de la Tubera 2 es de 400 Ton / Mes (tiempo promedio disponible diario de 17 horas y 28 días laborales en el mes). Con las mejoras propuestas en el *paso 2* se aumenta la producción en un 22.89% (14.65% en TPM y 8.24% en SMED), lo que significaría que la nueva tasa de producción mensual será de 491.56 Ton / Mes, esto cubriría completamente la demanda actual.

En caso de que la demanda se incrementara será necesario que la restricción trabaje al 100% de su capacidad y se implementará una política de operación que consistirá en:

- Se trabajará en dos turnos de 12 Horas c/u.
- Se designará a los operadores más hábiles y experimentados para operar la tubera 2.

- Se evitarán los descansos para ir a comer, turnando las horas de refrigerio, almuerzo y cena entre los operadores.
- Las reparaciones, tendrán la prioridad de “Urgente”, y deberán ser realizada en el menor tiempo posible.

Con estas medidas se espera tener un aumento en la capacidad de producción del 41.17 % (17 / 24 x 100), lo que significaría que la capacidad de producción aproximada sería de 693.96 Ton / Mes (491.56 x 1.4117), que corresponderá a la tasa de producción máxima instalada para la Tubera 2.

5.5 Paso 5: Volver al Paso 1.

El quinto paso del enfoque sistemático indica lo siguiente:

“Si en los Pasos previos se ha eliminado una restricción, volver al Paso 1”.

No obstante por ser TOC un proceso de mejora continua, es importante no dejar de prestar atención a las nuevas restricciones que se han de presentar al dejar de eliminar una, por lo cual se recomienda lo siguiente:

- Actualizar constantemente la programación DBR.
- Estar atentos a los cambios del sistema ya que al mejorar la capacidad productiva de la tubera 2, es probable que aparezca una nueva restricción dentro del sistema.

Conclusiones

En el paso 1 se identificaron las restricciones de la línea, siendo los problemas que más se evidencian en la Tubera 2 las paradas que se originan por realizar el armado de las matrices para el cambio de producto, las paradas por fallas de los equipos a causa de un mal mantenimiento (lo que hace que se realice un mantenimiento correctivo) y, las paradas para realizar el ajuste o calibraciones de la matrices de la máquina.

Para maximizar la restricción (paso 2) que impide que la Tubera 2 produzca más, se sugiere implementar TPM y SMED, técnicas de manufactura que tienen como objetivo reducir el 90% del tiempo provocados por paras de mantenimiento no programadas y el 30% del tiempo que se toma en el cambio y ajuste de matrices. A través de estas técnicas se espera disminuir el tiempo muerto que actualmente, representa el 43.73% del tiempo disponible.

Mediante el paso 3, se doblega a la operación anterior (sliter) a que procese según las necesidades de la restricción (tasa de producción de la Tubera 2), tomando como ejemplo que para un tubo de carpintería metálica TAN 50 y mediante simulación aplicando Promodel la tasa de producción sería de 27.66 Ton / Día a la que debería ajustarse la sliter manteniendo un inventario (buffer) de producto en proceso de 12 flejes (14.4 Ton) para evitar paradas por falta de material en caso de fallar la sliter y producir el mayor throughput.

Si es necesario, y de acuerdo al paso 4, en caso de aumentar la demanda, se comenzará a trabajar en turno de 12 horas sin descansos, para aumentar la capacidad de producción, aproximándose a un 100% de la misma.

Para continuar con un proceso de mejora continúa, el paso 5 indica, que es necesario regresar al paso 1 para analizar y estudiar las nuevas restricciones que se han de presentar una vez reducidas o eliminadas las restricciones anteriores.

CAPÍTULO 6

6 DECISIONES ECONÓMICAS

Introducción

Este capítulo tiene como objetivo el análisis económico de las soluciones propuestas en el capítulo 5, con el fin de obtener una visión final del mejoramiento y racionalización de los recursos.

El análisis económico de las soluciones planteadas se la desarrollará a través de análisis Costo-Beneficio, Throughput y TIR (tasa interna de retorno).

6.1 Análisis Costo-Beneficio de las Soluciones Propuestas.

Para la implementación de las soluciones propuestas se tendrá que demostrar que los beneficios de ellas van a generar ahorros superiores a los costos que conlleva ponerlas en práctica.

A continuación se muestran los costos y beneficios de las mejoras planteadas.

TABLA 6.1 COSTOS DE LA IMPLEMENTACIÓN DE LAS TÉCNICAS DE MANUFACTURA PROPUESTAS

COSTOS				
TPM				
	Cantidad	**Tiempo**	**Costo / Unidades**	**Total**
Proyecto TPM	1	6 meses	$ 4.166,67 por mes	$ 25.000,00
Consultor general (20% del costo del Proyecto)	1	6 meses	$ 833,33 por mes	$ 5.000,00
Personal con Conocimiento Técnico	2	6 meses	$ 600,00 por mes	$ 7.200,00
			Subtotal TPM =	**$ 37.200,00**
SMED				
	Cantidad	**Tiempo**	**Costo / Unidades**	**Total**
Proyecto SMED	1	5 meses	$ 4.000,00 por mes	$ 20.000,00
Consultor general (20% del costo del Proyecto)	1	5 meses	$ 800,00 por mes	$ 4.000,00
Personal con Conocimiento Técnico	2	5 meses	$ 600,00 por mes	$ 6.000,00
			Subtotal SMED =	**$ 30.000,00**
			COSTO TOTAL =	**$ 67.200,00**

En la tabla 6.1 se muestra el costo que conllevaría la implementación de cada una de las técnicas de manufactura esbelta propuestas.

Proyecto TPM: Comprende el estudio y análisis de la situación actual de la Tubera 2, línea seleccionada para el estudio, para evitar las paradas por mantenimiento correctivo e implementar un mantenimiento programado (correctivo). El costo que incurre es para gastos en materiales y personal de apoyo en proyectos de este tipo.

Proyecto SMED: Es el estudio y análisis de la situación actual de la línea, para minimizar el cambio, armado y calibración de las matrices. El costo de este proyecto es para cubrir gastos de materiales y personal de apoyo, igual que el proyecto TPM.

Consultor: Es una persona experta en la implementación de las técnicas de manufactura esbelta, por lo general sus honorarios son el 20% del costo del proyecto.

Personal con Conocimiento Técnico: Para llevar a cabo la implantación de estas técnicas de manufactura, es necesaria la intervención de dos (2) personas que posean conocimiento técnico, las cuales estarán a cargo de la recolección de datos y los respectivos análisis.

Beneficio

Los beneficios esperados de la implementación de las técnicas de manufactura esbelta son:

TPM (5)

Disminuye:

- Tiempo promedio de reparación (MTTR)
- Costos promedio de reparación
- Número de paradas de emergencia
- Sobretiempo por mantenimiento
- Compras de emergencias
- Compra de repuestos
- Inventario de repuestos
- Costo de ciclo de vida del equipo

Aumenta:

- Tiempo promedio entre fallas (MTTF)
- Disponibilidad del equipo

(5) Kleber Barcia, Manual de Mejoras de Sistemas de Producción Industrial, IAPI-ESPOL, 2003, p. 48, TPM.

- Producción
- Calidad del equipo y de los productos

SMED (6)

Disminuye:

- Tiempo de preparación en producción
- Tamaño de lotes de producción

Aumenta:

- Producir en el día varios productos (Flexibilidad)
- Ventajas competitivas para la empresa
- Control de la calidad al trabajar con lotes pequeños de producción.

A continuación se presenta los cálculos de los beneficios esperados en dólares, a través de la aplicación de iniciativas de manufactura esbelta SMED y TPM. Se asume que se obtendrá una reducción de los tiempos en un 30% como mínimo, en paradas por cambio y calibración de matrices (con SMED) y un 90% en paradas por mantenimiento correctivo.

(6) Kleber Barcia, Manual de Mejoras de Sistemas de Producción Industrial, IAPI-ESPOL, 2003, p. 6, SMED

Por citar un ejemplo, actualmente las pérdidas de producción por el armado de matrices generan una pérdida de ingresos de $ 78.724,94; asumiendo que el 50% de lo producido durante el tiempo parado, pudiese ser vendido, en la tabla 6.2 se puede anotar que de aplicarse la metodología SMED, podría ser posible obtener una reducción en el tiempo improductivo de un 30%, lo que implicaría captar un 30% de los ingresos netos actualmente perdidos ($ 78.724,94) y que corresponden a $ 23.617,45.

A continuación se presenta una tabla que combina todas las iniciativas de mejora para cada una de los actuales problemas y el nivel de ingreso esperado de acuerdo a cada uno de los escenarios.

TABLA 6.2. BENEFICIOS EN DÓLARES ESPERADOS LUEGO DE APLICAR LAS TÉCNICAS DE MANUFACTURA

% Reducción de Paradas	Beneficios Según Escenarios	Deseado (Vender todo 100%) $ / mes	Optimista (Vender 85%) $ / mes	Medio (Vender 50%) $ / mes	Pesimista (Vender 25%) $ / mes
30%	Arm. Matrices	47,234.91	40,149.67	23,617.45	11,808.73
90 %	Mant.	129,224.68	109,840.98	64,612.34	32,306.17
30 %	Calibr. Matrices	25,853.69	21,975.64	12,926.85	6,463.42
	TOTAL :	$ 202,313.28	$ 171,966.29	$ 101,156.64	$ 50,578.32

En la tabla 6.2 se pueden apreciar los valores en dólares que pueden ingresar por las ventas de los productos según los

diferentes escenarios planteados (deseado, optimista, medio y pesimista). Tomando como ejemplo el escenario “medio” en el cual se asume que Ecuaceros S.A. puede vender el 50% de los productos que se pueden elaborar en el tiempo que se perdía por paradas de mantenimiento no planeado y reduciendo este tiempo en un 90%, y, disminuyendo el tiempo de cambio y calibración de matrices en un 30%, se tendría un ingreso por venta de $ 101.156,54 mensuales.

Throughput

El throughput es la velocidad a la cual el sistema genera dinero a través de las ventas. Una unidad producida y no vendida no genera throughput.

A continuación se muestra el throughput que se generaría por las ventas anteriores y la ganancia neta mensual. Tomando en consideración que aplicando las técnicas de producción se aumenta la producción en un 22.89% en total, es decir 14.65% en TPM y 8.24% en SMED. La forma de realizar el cálculo del throughput se lo realiza de la siguiente manera, tomando como ejemplo el escenario medio:

Throughput = Precio de Venta – Costo de Materia Prima

Throughput = 101.156,64 – 75.867,48 = **$ 25.289,16 / mes**

Ganancia Neta = Throughput – Gastos de Operación.

Ganancia Neta = 25.289,16 – 3.162,23 = **$ 22.126,94 mes**

TABLA 6.3 CÁLCULO DEL THROUGHPUT Y GANANCIA NETA CON LA IMPLEMENTACIÓN DE TPM / SMED

Con TPM / SMED	Deseado (Vender todo 100%) $ / mes	Optimista (Vender 85%) $ / mes	Medio (Vender 50%) $ / mes	Pesimista (Vender 25%) $ / mes
Precio de Venta del P.T.=	202,313.28	171,966.29	101,156.64	50,578.32
Costo de M.P. =	151,734.96	128,974.72	75,867.48	37,933.74
TRUPUT =	50,578.32	42,991.57	25,289.16	12,644.58
Gastos de Operación =	6,324.45	5,375.78	3,162.23	1,581.11
Ganacia Neta =	**44,253.87**	**37,615.79**	**22,126.94**	**11,063.47**

En la Tabla 6.3 se puede apreciar la ganancia que se tendría luego de aplicar las técnicas de manufactura esbelta en cada uno de los escenarios.

Para el escenario (medio) elegido por la empresa Ecuaceros S.A., en el cual se asume que se podría vender el 50% de lo que puede procesar, se tiene una ganancia neta de $ 22.126,94 mensuales.

Como se puede observar en el desarrollo de los análisis de cada mejora, los beneficios que conllevan son mayores que los costos.

El costo por implementar TPM es de $ 37.200 por una sola vez y el beneficio que se obtendría sería $ 14.161,24 mensuales como mínimo (escenario pesimista). El costo de implementar SMED es de $ 30.000 y se obtendría un beneficio de $ 7.965,70 mensuales. Sí se implementaran ambas técnicas de manufactura tendría un costo de $ 67.200, mientras que el beneficio esperado significaría $ 22.126,94 mensuales como mínimo.

TIR

La tasa interna de retorno (TIR) equivale a la tasa de interés producida por una inversión.

En la siguiente tabla se presenta el cálculo de la TIR para cada uno de los escenarios, considerando la aplicación de las 2 iniciativas (SMED y TPM).

TABLA 6.4 FLUJO DE CAJA

FLUJO DE EFECTIVO												
MES	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Deseado	$ -67.200,00	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87	$ 44.253,87
Optimista	$ -67.200,00	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79	$ 37.615,79
Medio	$ -67.200,00	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94	$ 22.126,94
Pesimista	$ -67.200,00	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47	$ 11.063,47

	T.I.R.	V.A.N.
Deseado	**65,70%**	$ 104.265,08
Optimista	**55,70%**	$ 203.373,55
Medio	**31,72%**	$ 62.377,25
Pesimista	**12,43%**	$ 37.280,07

Como podemos observar en la tabla 6.4 la Tasa interna de Retorno para cada uno de los escenarios, revisando el escenario (medio) que se escogió para la empresa es igual a 31.72% mensual. El tiempo de recuperación de la inversión es de 4 meses. Mientras que en el escenario pesimista se obtendría una TIR de 12.43% con un tiempo de recuperación de la inversión de 7 meses.

Conclusiones

El costo en el que se incurriría dada la aplicación de las dos técnicas de manufactura esbelta sugeridas es de $67.200,00, el proyecto de TPM tiene un costo de $ 37.200,00 y el de SMED $ 30.000,00.

El beneficio que se obtendría por la implementación de la técnica de manufactura TPM es de $ 14.161,24 y con SMED $ 7.965,70 tomando el escenario medio.

Se estima recuperar el monto de la inversión en un plazo de 4 ó 7 meses en el peor escenario.

Observando los resultados o beneficios que se obtienen en la implementación de las técnicas de manufactura, se puede afirmar que resulta ampliamente conveniente ejecutar estos dos proyectos.

CAPÍTULO 7

7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Una vez realizado el análisis a la Tubera 2, línea seleccionada para el estudio, se descubrieron los problemas que en ella se presentan y se plantearon propuestas de solución con su respectiva evaluación financiera, ahora se terminará con el desarrollo de las conclusiones, así como de recomendaciones que contribuyan a un mejor desempeño de la línea.

7.1 Conclusiones

1. La combinación de teorías (TOC, técnicas de manufactura esbelta [lean manufacturing] y análisis económico) es perfectamente factible para el desarrollo de proyectos de

mejora, debido a que se identifican claramente los problemas y se encuentra soluciones para eliminarlos o reducirlos.

2. En base al análisis de paradas frecuentes por mantenimiento correctivo, ocupación de equipo, deficiencia de competencia del personal, producción de productos de mayor demanda, pérdidas de materiales, actividades del proceso que agregan valores realizado a las 9 líneas se seleccionó la Tubera 2 por ser una de las líneas que presentó mayores puntajes en los factores antes mencionados.

3. Aplicando el proceso de mejora continua de la TOC, en el Paso 1 se encontró que las tres restricciones de la Tubera 2 más influyentes son causadas por paradas de cambio de matrices, mantenimiento correctivo y calibración de matrices.

4. El porcentaje de tiempo que ocupa las paradas por cambio de matrices del tiempo disponible es de 17.80% y representa un 34.60% de los problemas detectados. El segundo problema de mayor trascendencia es causa por paradas por mantenimiento correctivo que representa el 16.28% del tiempo disponible y a su vez el 28.90% de los problemas detectados. El tercer problema influyente, que es la calibración de matrices,

representa el 9.65% del tiempo disponible y el 17.73% de los problemas encontrados.

5. Mediante el Paso 2, para explotar las restricciones de la línea, se buscaron las soluciones a los problemas por medio de la aplicación de técnicas de manufactura esbelta. Teniendo mayor prioridad la aplicación de TPM e intercambio rápido SMED.

6. La implementación de TPM tiene un costo de $ 37.200 obteniendo un beneficio de $ 14.161,14 mensuales (tomando en consideración el escenario medio).

7. Implementando la técnica de intercambio rápido (SMED) se obtendría un beneficio de $ 7.965,70 mensuales y tendría un costo de ejecutar de $ 30.000,00 (escenario medio).

8. Al poner en ejecución ambas técnicas se tendría una tasa interna de retorno de 12.01% (escenario medio) y como mínimo de 3.68% (escenario pesimista), en un tiempo de recuperación de 4 o 7 meses respectivamente.

9. Con el Paso 3 de subordinar las estación de trabajo precedente (sliter), aplicando el modelo DBR (Drum, Buffer, Rope) y por medio de la simulación, se estableció que la sliter debe

mantener un inventario (buffer) 14.4 Ton de material para que pueda trabajar la Tubera 2 sin que corra el riesgo de para por falta de la misma. De esta manera se obtendría un throughput de 27.66 Ton/día con un tiempo de ciclo 172.3 min.

10. En caso que la demanda aumente, la restricción de la Tubera 2 debería ser elevada, lo cual implicaría trabajar durante las 24 horas del día en turnos de 12 horas sin el descanso (break) acostumbrado, para aumentar la capacidad de producción de los recursos.

7.2 Recomendaciones

1. Una vez que se haya finalizado con la implantación de la mejoras planteadas y habiendo obtenido los resultados esperados, se debería continuar con las mejoras en la disminución de desperdicios de materia prima ocasionados por la Tubera 2.

2. Implementar y fortalecer en la empresa el método de mejoramiento continuo, para no confiarse de los resultados alcanzados, dejando a las mejoras logradas de forma permanente y sin mejoras en el futuro.

3. Realizar un muestreo de trabajo tomando observaciones de las actividades realizadas para la elaboración de cada uno de los productos que se elaboran en la Tubera 2 para conocer la capacidad de producción real de la máquina por cada uno de los artículos y realizar un programa de producción más exacto.

4. Se debería realizar un estudio para la construcción de mecanismos (pluma guías o monorrieles) de alimentación de materia prima y desalojo de producto terminado individual para la Tubera 2, puesto que la utilización de puentes grúas para todas las líneas provoca tiempos muertos o de espera.

5. Se debe capacitar continuamente al personal operativo en cuanto a las condiciones de operación de la máquina y de esta manera puedan conocer profundamente el funcionamiento para la toma de decisiones y acciones correctivas en cualquier falla o anomalía que presente la línea.

6. Capacitar al personal en otras técnicas de producción esbelta además de las propuestas.

APÉNDICES

APÉNDICE A

ECUACERO S.A.
ESTADISTICA DE VENTAS

	POR TRUPUT				POR VENTA NETA			
Artículo	TRUPUT-1	% TRUP.	% Acum.	TIPO	Venta Neta	% V.N.	% Acum.	TIPO
XIN00020	745.979	6,02%	6,02%	A	1.814.753	3,70%	7,63%	A
CAB04000	592.593	4,78%	10,81%	A	1.923.589	3,92%	3,92%	A
XIN00015	301.215	2,43%	13,24%	A	301.215	0,61%	42,47%	A
CTB030000600	278.675	2,25%	15,49%	A	1.070.239	2,18%	13,20%	A
NGA06500	262.206	2,12%	17,61%	A	910.311	1,86%	17,02%	A
AGP25012015	244.320	1,97%	19,58%	A	504.884	1,03%	30,76%	A
CTA02536	241.373	1,95%	21,53%	A	822.278	1,68%	18,70%	A
CAB03500	193.805	1,56%	23,09%	A	525.247	1,07%	27,64%	A
VGG25004125	189.592	1,53%	24,62%	A	459.823	0,94%	34,70%	A
CAB04500	180.775	1,46%	26,08%	A	554.900	1,13%	21,05%	A
CTB030000480	145.270	1,17%	27,26%	A	549.637	1,12%	22,17%	A
CTA03036	144.516	1,17%	28,42%	A	531.412	1,08%	25,48%	A
CTA025000480	143.576	1,16%	29,58%	A	512.093	1,04%	29,73%	A
CTA025000420	141.811	1,14%	30,73%	A	487.833	1,00%	32,77%	A
XGA00001	138.534	1,12%	31,84%	A	223.821	0,46%	50,95%	A
CTB03036	138.092	1,11%	32,96%	A	545.757	1,11%	24,40%	A
CTB030000420	136.031	1,10%	34,06%	A	513.299	1,05%	28,68%	A
LAP02503	132.538	1,07%	35,13%	A	962.325	1,96%	15,17%	A
TVA09050	126.914	1,02%	36,15%	A	595.094	1,21%	19,92%	A
LZZ00001	116.083	0,94%	37,09%	A	116.083	0,24%	65,29%	A
NGA07600	112.654	0,91%	38,00%	A	487.361	0,99%	33,76%	A
XGA00004	108.292	0,87%	38,87%	A	222.088	0,45%	51,85%	A
CTA02500	108.287	0,87%	39,75%	A	378.616	0,77%	37,10%	A
AGP25015015	107.555	0,87%	40,62%	A	229.168	0,47%	50,03%	A
CTB03000	98.477	0,80%	41,41%	A	346.479	0,71%	39,30%	A
XMQ00004	97.948	0,79%	42,20%	A	97.948	0,20%	69,19%	A
LAP02502	97.133	0,78%	42,99%	A	368.263	0,75%	37,85%	A
CTA02530	91.585	0,74%	43,73%	A	324.679	0,66%	39,96%	A
AGM25012010	89.653	0,72%	44,45%	A	189.874	0,39%	55,99%	A
AGP35018015	89.099	0,72%	45,17%	A	192.235	0,39%	55,61%	A
LAP02002	84.782	0,68%	45,85%	A	305.222	0,62%	41,86%	A
CZA00001	84.570	0,68%	46,54%	A	95.769	0,20%	69,59%	A
CTA03030	79.227	0,64%	47,18%	A	294.022	0,60%	44,27%	A
LAM04003	79.080	0,64%	47,81%	A	379.399	0,77%	36,33%	A
CTA030000480	75.718	0,61%	48,43%	A	279.136	0,57%	45,43%	A
CAB06000	70.379	0,57%	48,99%	A	220.848	0,45%	52,30%	A
LAM05006	65.417	0,53%	49,52%	A	295.065	0,60%	43,07%	A
LTE02503	64.853	0,52%	50,05%	A	271.384	0,55%	47,11%	A
AEP25012015	64.523	0,52%	50,57%	A	152.197	0,31%	58,70%	A
TGR20050	64.426	0,52%	51,09%	A	242.504	0,49%	48,11%	A
LAP02003	64.241	0,52%	51,61%	A	317.859	0,65%	40,61%	A
AGP20012013	64.019	0,52%	52,12%	A	136.294	0,28%	62,74%	A
CTA030000420	63.079	0,51%	52,63%	A	235.299	0,48%	49,08%	A
LAP03003	63.052	0,51%	53,14%	A	419.208	0,86%	35,55%	A
CTA030000600	62.214	0,50%	53,64%	A	240.328	0,49%	48,60%	A
LZZ00002	61.452	0,50%	54,14%	A	61.452	0,13%	79,08%	A
EGB60000002	61.334	0,50%	54,63%	A	159.531	0,33%	58,07%	A
CAC03004D300	58.577	0,47%	55,11%	A	122.922	0,25%	64,32%	A
CTB03030	57.136	0,46%	55,57%	A	222.512	0,45%	51,40%	A
AEP25012013	56.918	0,46%	56,03%	A	109.166	0,22%	66,88%	A
CTA02524	54.990	0,44%	56,47%	A	193.625	0,39%	54,82%	A
CPB04045	54.227	0,44%	56,91%	A	134.893	0,28%	63,29%	A
RTZ023360	53.574	0,43%	57,34%	A	1.664.952	3,40%	11,02%	A

APÉNDICE B

TABLA DE IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE PRODUCTO EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO PARA TUBERA 2

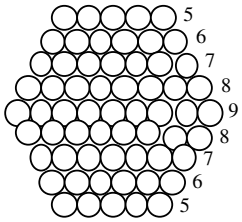
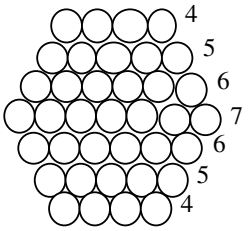
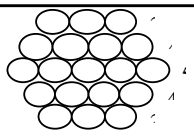
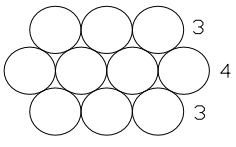
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	ESPESOR DE FLEJE (mm)	DESARROLLO DE FLEJE (mm)	PESO PRODUCTO (Kg./Unidad)	No. DE TUBOS POR PAQUETE	FORMA DE EMPAQUETADO
TUBERIAS REDONDAS					
TR 1" TR 25,4 mm	0,75	79,50	2,81	**61**	
	0,90	79,50	3,37		
	1,10	78,00	4,04		
	1,50	78,00	5,51		
	2,00	76,00	7,16		
TR 1 1/4" TR 31,75 mm	0,75	98,5	3,48		
	0,9	98	4,15		
	1,10	97,5	5,05		
	1,5	96	6,78		
	2	94,5	8,90		
TR 1 1/2" TR 38,1 mm	0,9	118	5,00	**37**	
	1,10	117,5	6,09		
	1,5	116	8,20		
	1,8	115	9,75		
	2	114,5	10,79		
TR 1 7/8" TR 47,62 mm	0,90	148,00	6,27		
	1,10	147,00	7,62		
	1,50	146,00	10,31		
	2,00	144,50	13,61		
TR 2" TR 50,8 mm	0,90	158,00	6,70		
	1,10	157,00	8,13		
	1,50	156,00	11,02		
	2,00	154,50	14,55		
	3,00	151,50	21,41		
TR 2 1/2 " TR 63,5 mm	0,9	198	8,39	**19**	
	1,5	198	13,99		
	2	192	18,09		
TR 3" TR 76,2 mm	1,5	238,5	16,85	**10**	
	2,00	238,00	22,42		

TABLA DE IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE PRODUCTO EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO PARA TUBERA 2

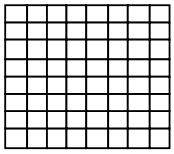
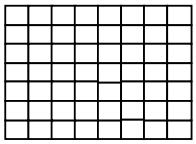
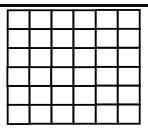
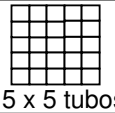
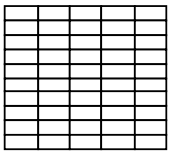
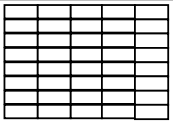
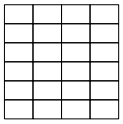
DESCRIPCION DEL PRODUCTO	ESPESOR DE FLEJE (mm)	DESARROLLO DE FLEJE (mm)	PESO PRODUCTO (Kg./Unidad)	No. DE TUBOS POR PAQUETE	FORMA DE EMPAQUETADO
TUBERIAS CUADRADAS					
TC 1" TC 25 x 25 mm	0,75	98,50	3,48	**64**	 8 x 8 tubos
	0,90	98,00	4,15		
	1,10	97,50	5,05		
	1,50	96,00	6,78		
	2,00	94,50	8,90		
TC 1 1/4" TC 30 x 30 mm	0,75	118,50	4,19	**56**	 7 x 8 tubos
	0,90	118,00	5,00		
	1,10	117,50	6,09		
	1,50	116,00	8,20		
	2,00	114,50	10,79		
TC 1 1/2" TC 37 x 37 mm	0,90	148,00	6,27	**36**	 6 x 6 tubos
	1,10	147,00	7,62		
	1,50	146,00	10,31		
	2,00	144,50	13,61		
TC 2" TC 50 x 50 mm	1,50	198,00	13,99	**25**	 5 x 5 tubos
	2,00	198,00	18,65		
	3,00	192,00	27,13		

TABLA DE IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS DE PRODUCTO EN PROCESO Y PRODUCTO TERMINADO PARA TUBERA 2

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	ESPESOR DE FLEJE (mm)	DESARROLLO DE FLEJE (mm)	PESO PRODUCTO (Kg./Unidad)	No. DE TUBOS POR PAQUETE	FORMA DE EMPAQUETADO
TUBERIAS RECTANGULARES					
TRE 20 X 40 Tubo de origen **TR 1 1/2"**	0,75	118,50	4,19	**50**	 10 x 5 tubos
	0,90	118,00	5,00		
	1,10	117,50	6,09		
	1,50	116,00	8,20		
	2,00	114,50	10,79		
TRE 25 X 50 Tubo de origen **TR 1 7/8"**	0,90	148,00	6,27	**40**	 8 x 5 tubos
	1,10	147,00	7,62		
	1,50	146,00	10,31		
	2,00	144,50	13,61		
TRE 80 x 40 Tubo de origen **TR 3"**	2	238	22,4196	**24**	 6 x 4 tubos
TUBERIAS PARA CARPINTERÍA METÁLICA					
TAN 25	0,75	100,00	3,53	100	20 x 5 Tubos
TAN 50	0,90	158,00	6,70	48	6 x 8 Tubos
TTE 25	0,75	100,00	3,53	100	20 x 5 Tubos
TTE 50	0,90	158,00	6,70	40	4 x 10 Tubos

APÉNDICE C

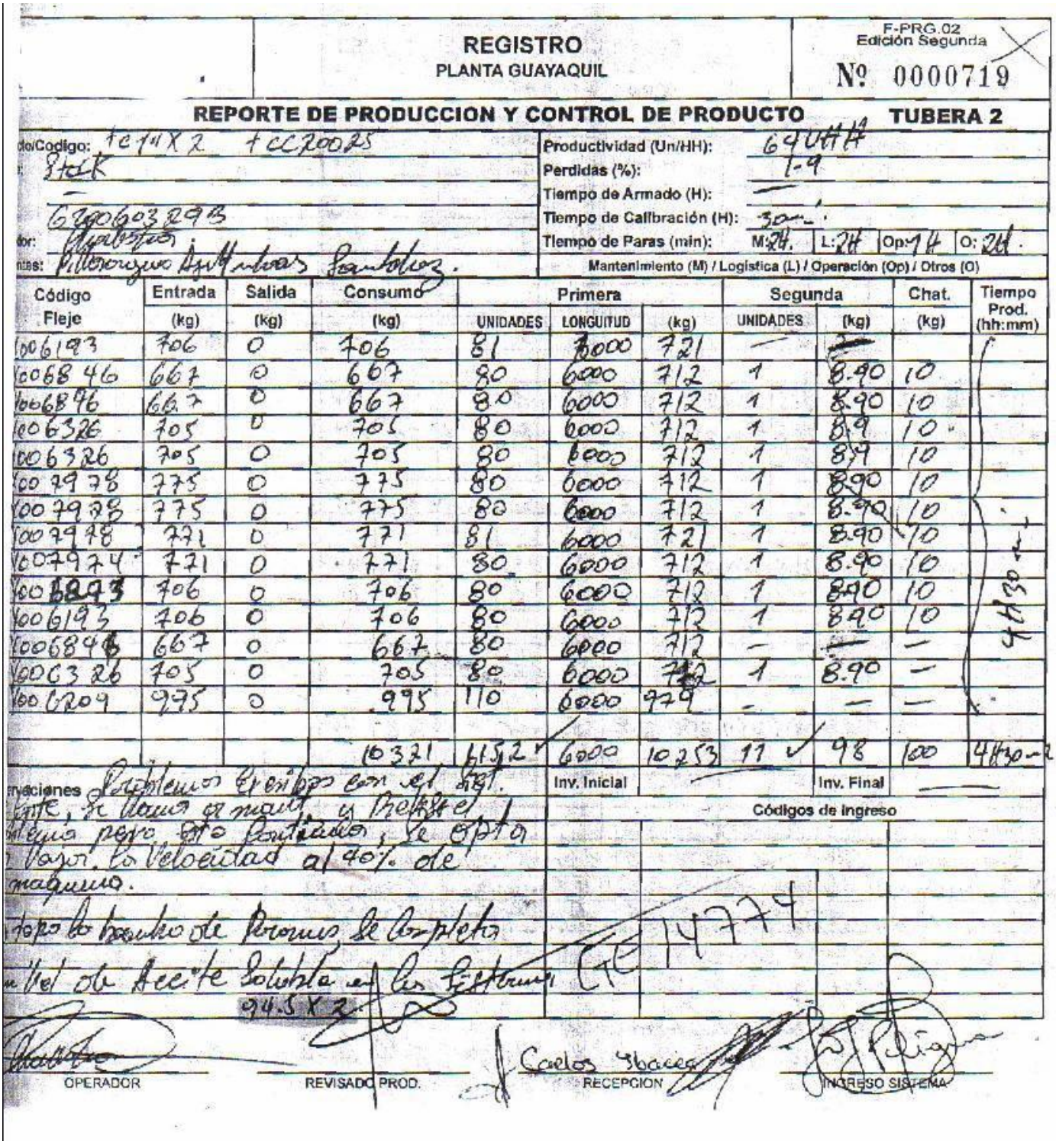
ECUACERO	REGISTRO REGIONAL GUAYAQUIL	F-PRG.01 Edición: 2 # de Revisión:

PROGRAMA DE PRODUCCION TUBERA (# 2)

Elaborado: Jefe de producción Fecha: 1/03/06	Revisado y Aprobado: Jefe de producto Gerente de Planta	MES: MARZO

CODIGO	DESCRIPCION	CANT. [u]	DESARR. [mm]	P.U. [Kg]	P.TOTAL [Ton]	PROD u/día	DIAS	FECHAS
TVA07525	**TAN LF 25 x 0.75**	7000	100,0	3,48	24,4	3500	2,0	2/03-4/03
TVT09050	**TTE LF 25 x 0.75**	2000	100,0	3,48	7,0	3500	0,6	06-Mar
TFE07520	TRE LF 20x40x0.75	1500	118,5	4,19	6,3	3500	0,4	07-Mar
TFE09020	**TRE LF 20x40x0.90**	5000	118,0	5,00	25,0	3500	1,4	8/03-9/03
TFE11020	**TRE LF 20x40x1.10**	2500	117,5	6,09	15,2	3500	0,7	10-Mar
TCE15020	**TRE LF 20x 40x2.00**	1500	114,5	10,79	16,2	3500	0,4	11-Mar
TFR09038	TR LF 1 1/2" x 0.90	900	118,0	5,00	4,5	3500	0,3	13-Mar
TFC09030	TC LF 1 1/4" x 0.90	600	118,0	5,00	3,0	3500	0,2	14-Mar
TFC11030	TC LF 1 1/4" x 1.10	1100	117,5	6,09	6,7	3500	0,3	15-Mar
TCC18030	TC LC 1 1/4" x 1,80	100	114,5	9,71	1,0	3500	0,0	15-Mar
TCC20030	TC LC 1 1/4" x 2.00	900	114,5	10,79	9,7	3500	0,3	15-Mar
TVA09050	TAN LF 50 x 0.90	10000	158,0	6,70	67,0	3500	2,9	16/03-18/03
TVT09050	TTE LF 50 x 0.90	3000	158,0	6,70	20,1	3500	0,9	20-Mar
TCR30050	TR LC 2" x 3.00	150	151,5	21,41	3,2	2000	0,1	21-Mar
TFC09038	**TC LF 1 1/2" x 0.90**	200	148,0	6,27	1,3	3500	0,1	21-Mar
TFC11038	**TC LF 1 1/2" x 1.10**	400	147,0	7,61	3,0	3500	0,1	22-Mar
TCC20038	**TC LC 1 1/2" x 2.00**	900	144,5	13,62	12,3	3500	0,3	22-Mar
TFE09025	TRE LF 25x50x0.90	600	148,0	6,27	3,8	3500	0,2	23-Mar
TFE11025	TRE LF 25x50x1.10	200	147,0	7,61	1,5	3500	0,1	23-Mar
TCE20025	TRE LC 25x50x2.00	1400	144,5	13,62	19,1	3500	0,4	23-Mar
TFR09047	**TR LF 1 7/8" x 0.90**	500	148,0	6,27	3,1	3000	0,2	23-Mar
TFC07525	TC LF 1" x 0.75	2100	98,5	3,48	7,3	3500	0,6	24-Mar
TFC09025	TC LF 1" x 0.90	2000	98,0	4,15	8,3	3500	0,6	25-Mar
TFC11025	TC LF 1" x 1.10	3600	97,5	5,05	18,2	4000	0,9	27-Mar
TCC18025	TC LC 1" x 1,80	300	94,5	8,01	2,4	4000	0,1	27-Mar
TCC20025	TC LC 1" x 2.00	2800	94,5	8,90	24,9	4000	0,7	28-Mar
TFR09030	**TR LF 1 1/4" x 0.90**	600	98,0	4,15	2,5	4000	0,2	29-Mar
TFR11030	**TR LF 1 1/4" x 1.10**	500	97,5	5,05	2,5	4000	0,1	30-Mar
TCR20030	**TR LC 1 1/4" x 2.00**	500	94,5	8,90	4,5	3000	0,2	30-Mar
TSN2602100	TUBO ISO 1 L2 N (2.5)	500	100,0	11,78	5,9	2000	0,3	31-Mar

APÉNDICE D



REGISTRO
PLANTA GUAYAQUIL

F-PRG.02
Edición Segunda
Nº 0000719

REPORTE DE PRODUCCION Y CONTROL DE PRODUCTO — TUBERA 2

de/Codigo: tc 1"X 2 tCC20025
Stock
6900603293
dor: Alvarado
nas: Villacreses Arellanos Bambaloz.

Productividad (Un/HH): 69 UH/H
Perdidas (%): 1-9
Tiempo de Armado (H): —
Tiempo de Calibración (H): 30m.
Tiempo de Paras (min): M: 24. L: 24 Op: 14 O: 24.
Mantenimiento (M) / Logistica (L) / Operación (Op) / Otros (O)

Código Fleje	Entrada (kg)	Salida (kg)	Consumo (kg)	Primera UNIDADES	Primera LONGUITUD	Primera (kg)	Segunda UNIDADES	Segunda (kg)	Chat. (kg)	Tiempo Prod. (hh:mm)
1006193	706	0	706	81	6000	721	—	—		
1006846	667	0	667	80	6000	712	1	8.90	10	
1006846	667	0	667	80	6000	712	1	8.90	10	
1006326	705	0	705	80	6000	712	1	8.9	10	
1006326	705	0	705	80	6000	712	1	8.9	10	
1007978	775	0	775	80	6000	712	1	8.90	10	
1007978	775	0	775	80	6000	712	1	8.90	10	
1007978	771	0	771	81	6000	721	1	8.90	10	
1007974	771	0	771	80	6000	712	1	8.90	10	
1006193	706	0	706	80	6000	712	1	8.90	10	
1006193	706	0	706	80	6000	712	1	8.90	10	
1006846	667	0	667	80	6000	712	—	—	—	
1006326	705	0	705	80	6000	712	1	8.90	—	
1006209	995	0	995	110	6000	929	—	—	—	
			10321	1152	6000	10253	11	98	100	44:30

Inv. Inicial — Inv. Final —

Observaciones: Problemas en el enlace con el sist. Fleje, se lleva a manual y mejora el enlace pero esta pendiente, se opta por bajar la velocidad al 40% de maquina.
Tapo la bomba de Peroxido se completa con Vol de Aceite soluble en los Tanques (CE 14774)
94.5 X 2.

Códigos de Ingreso

OPERADOR — REVISADO PROD. — RECEPCION — INGRESO SISTEMA

APÉNDICE E

CULTURA

1 ¿Existe comunicación entre el personal de planta en el proceso de producción?
Pobre Satisfactorio Bueno

2 ¿Que efectivo es el flujo de información entre el jefe de producción y los trabajadores?
Pobre Satisfactorio Bueno

3 ¿Esta a tiempo la información y decisión en el proceso?
Nunca A veces Siempre

4 ¿Con que frecuencia sus habilidades no son utilizadas?
Nunca A veces Siempre

5 ¿Tienen los trabajadores de planta entrenamiento cruzado?
Ninguno Algunos Todos

6 ¿Tienen todos los trabajadores las correctas habilidades y el nivel educacional para realizar las actividades requeridas?
Ninguno Algunos Todos

PROCESO

1 ¿Que tan bien esta balanceado el trabajo entre los trabajadores?
Pobre Mediano Bueno

2 ¿Hay productos defectuosos en el proceso?
Siempre A veces Nunca

3 ¿Los productos terminados requieren personal y equipo para ser transportados dentro de la planta? ¿Porque?

Si No

4 ¿Que lejos esta la bodega de partes?

Muy lejos Mas o menos lejos Suficiente cerca

TECNOLOGIA

1 ¿Cree que el tiempo de arranque de las maquinas es muy largo? Si es así, ¿que maquina?

Si No

---

2 ¿Con que frecuencia la maquina no esta disponible debido a fallas de funcionamiento?

Frecuentemente A veces Rara vez

---

3 ¿Todo el departamento de producción usa las mismas políticas de trabajo?

Nunca A veces Siempre

---

4 ¿Con que frecuencia usted tiene que esperar porque los Puentes Grúas no están disponibles?

Frecuentemente A veces Rara vez

---

5 ¿Existe suficiente espacio para almacenar las partes?

Demasiado pequeños Adecuado Demasiado grande

---

6 ¿Ha el departamento de producción cambiado su forma de trabajar?
Si es así, ¿Han los cambios mejorado su bienestar y mejorado el producto?

Si No

---

7 ¿De donde vienen las ideas de cambio?

---

8 ¿Cree usted que la compañía esta usando técnicas para mejorar los procesos de producción? Si es así, ¿Que técnicas?

Si No

BIBLIOGRAFÍA

1. Barcia V. Kleber, Manual de Mejoras de Sistemas de Producción Industrial, IAPI-ESPOL, 2003

2. BIRREL R. MATÍAS. Simplicidad Inherente – Fundamento de la Teoría de las Restricciones, Primera Edición en Versión Digital, 2004.

3. ELIYAHU M. GOLDRATT, La Meta – Un Proceso de Mejora Continua, Segunda Edición, 1993.

4. ESCALADA IVAN, Teoría de Restricciones (TOC - Theory of Constraints), http://www.monografias.com/trabajos12, 2005.

5. HARREL, GHOSH y BOWDER, Simulation "Using PROMODEL", Segunda Edición, 2000.

6. WILSON TORRES, "Desarrollo del Sistema de Planificación de la Producción para una Empresa fabricante de Productos Semiterminados de Acero" (Tesis, Programa de Maestría en dirección de Empresas, Área de Gestión, Universidad Andina Sede Ecuador, 2004).