



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS, A
TRAVÉS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE RITMOS DE PRODUCCIÓN HORARIA**

Lucinda Cristina Palacios Morales

Asesorada por la Inga. Luisa Marleny Yat Benavente

Guatemala, agosto de 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA
DE TUBOS, A TRAVÉS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE RITMOS DE
PRODUCCIÓN HORARIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

LUCINDA CRISTINA PALACIOS MORALES
ASESORADA POR LA INGA. LUISA MARLENY YAT BENAVENTE

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERA INDUSTRIAL

GUATEMALA, AGOSTO DE 2017

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Ángel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Ing. José Milton de León Bran
VOCAL IV	Br. Jurgen Andoni Ramírez Ramírez
VOCAL V	Br. Óscar Humberto Galicia Núñez
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
EXAMINADORA	Inga. Miriam Patricia Rubio Contreras
EXAMINADORA	Inga. Rocío Carolina Medina Galindo
EXAMINADOR	Ing. Jaime Roberto Ruiz Díaz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS, A TRAVÉS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE RITMOS DE PRODUCCIÓN HORARIA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial con fecha noviembre de 2014.



Lucinda Cristina Palacios Morales

Guatemala, abril de 2017

Ingeniero
José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería. Usac

Ingeniero Francisco Gómez:

Por medio de la presente me dirijo a usted, para hacer de su conocimiento que como asesor del estudiante universitario, Lucinda Cristina Palacios Morales con número de carné 2008 – 15325, he tenido a la vista el trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS A TRAVES DE LA ESTANDARIZACION DE RITMOS DE PRODUCCION HORARIA**, el encuadro satisfecha.

En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme


Luisa Marleny Yat Benavente
Ingeniera Mecánica Industrial
No. Colegiado 9992
Ing. Luisa Marleny Yat Benavente
Asesor de trabajo de graduación
Colegiado 9992



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS A TRAVÉS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE RITMOS DE PRODUCCIÓN HORARIA**, presentado por el estudiante universitario **Lucinda Cristina Palacios Morales**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAR A TODOS”

Inga. María Martha Wolford de Hernández
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, mayo de 2017.

/mgp



REF.DIR.EMI.125.017

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS A TRAVÉS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE RITMOS DE PRODUCCIÓN HORARIA**, presentado por la estudiante universitaria Lucinda Cristina Palacios Morales, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. José Francisco Gómez Rivera
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, agosto de 2017.

/mgp

Universidad de San Carlos
de Guatemala

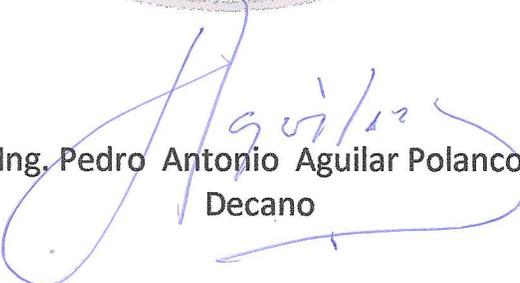


Facultad de Ingeniería
Decanato

DTG. 385.2017

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al Trabajo de Graduación titulado: **PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN UNA INDUSTRIA DE TUBOS, A TRAVÉS DE LA ESTANDARIZACIÓN DE RITMOS DE PRODUCCIÓN HORARIA,** presentado por la estudiante universitaria: **Lucinda Cristina Palacios Morales,** y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:


Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
Decano

Guatemala, agosto de 2017

/gdech



ACTO QUE DEDICO A:

Dios	Por ser mi guía, mi soporte y por haberme permitido llegar hasta acá.
Mis padres	Por su apoyo, amor, comprensión y por haber confiado en mí.
Mis hermanos	Por compartir este sueño conmigo, por su apoyo y por animarme en los momentos difíciles.
Mis abuelos	Por su apoyo y cariño.
Mis amigos	Por compartir conmigo esta etapa; por su apoyo y su amistad.
Rosa de Palacios	Por ser mi ángel, mi guía, mi ejemplo.
Isaías Palacios	Por creer en mí a pesar de todo, y por su cariño.
Luisa Yat	Por su amistad, cariño, apoyo; por confiar en mí y ayudarme a cumplir esta meta.
Kevin López	Por tu apoyo incondicional en todo momento.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios	Por darme la oportunidad de cumplir esta meta y por todas sus bendiciones sobre mi vida.
Universidad de San Carlos de Guatemala	Por permitir formarme como profesional y superarme.
Facultad de Ingeniería	Por ser mi segundo hogar y acogerme durante mi etapa de estudiante.
Mis padres	Por su apoyo, cariño, consejos y comprensión durante esta etapa.
Mis hermanos	Por ser parte de mi vida y mi motivación para seguir adelante.
Inga. Luisa Yat	Por su apoyo, cariño y confianza, ya que sin usted no hubiese sido posible cumplir esta meta.
Helen López	Por su ayuda, apoyo y cariño, y por compartir este sueño.
Gabriela López	Por estar ahí en los momentos de flaqueza y apoyarme.

Kevin López	Por apoyarme y ayudarme cuando lo necesitaba.
Ing. Carlos Steiger	Por abrirme las puertas de la planta y haber confiado en mí.
Ing. Mario Villalta	Por asesorarme en mis prácticas supervisadas, y por su apoyo y amistad.
Ing. José Sánchez	Por su apoyo, consejos, ejemplo y guía en la recolección de datos.
Industria de Tubos y Perfiles S.A.	Por permitirme realizar mis prácticas y trabajo de graduación.
Amigos	Por compartir este sueño, por las noches de desvelo y por los buenos recuerdos.
Formulaciones Especiales	Por ayudarme en mi formación como profesional y darme la oportunidad y el tiempo para culminar esta meta.

ÍNDICE GENERAL

INDICE DE ILUSTRACIONES.....	IX
LISTA DE SÍMBOLOS	XIII
GLOSARIO	XV
RESUMEN.....	XIX
OBJETIVOS.....	XXI
INTRODUCCIÓN	XXIII
1. ANTECEDENTES GENERALES	1
1.1. Industria de Tubos y Perfiles S.A.	1
1.1.1. Ubicación.....	1
1.1.2. Historia	2
1.1.3. Misión	4
1.1.4. Visión.....	4
1.1.5. Valores	5
1.1.6. Organización.....	5
1.1.6.1. Organigrama.....	6
1.1.6.2. Puestos y funciones.....	6
1.2. Departamento de producción	10
1.2.1. Proceso de formación de tubos y perfiles.....	10
1.2.2. Proceso de galvanizado	11
1.2.3. Proceso de mantenimiento	11
1.3. Productos	12
1.3.1. Tubo bananero	12
1.3.2. Tubo de cañería.....	12
1.3.3. Tubo estructural e industrial.....	14

1.3.4.	Tubo galvanizado	14
1.4.	Productividad	15
1.4.1.	Definición.....	15
1.4.2.	Tipos	17
1.5.	Estándar de Producción Horaria (EPH).....	18
1.5.1.	Definición.....	18
1.5.2.	Lineamientos	18
1.5.3.	Cuello de botella.....	20
2.	DIAGNÓSTICO SITUACIONAL	21
2.1.	Personal operativo	21
2.1.1.	Diagrama estructural	21
2.1.2.	Funciones.....	22
2.2.	Materia prima	24
2.2.1.	Lámina rolada en frío	24
2.2.2.	Lámina rolada en caliente	26
2.3.	Proceso de formación de tubos y perfiles	27
2.3.1.	Etapas del proceso.....	28
2.3.1.1.	Corte de lámina	28
2.3.1.2.	Formación de tubo industrial	28
2.3.1.3.	Formación de tubo de cañería.....	29
2.3.1.4.	Formación de perfiles	31
2.3.2.	Diagrama del proceso actual.....	32
2.3.3.	Distribución de la planta	35
2.4.	Ritmos de Producción Estándar (EPH)	37
2.4.1.	Comparativo real vrs actual para molino de formación de tubería marca Yoder modelo 35-1	37
2.4.2.	Comparativo real vrs actual para molino de formación de tubería marca Yoder modelo 35-2.	38

2.5.	Indicadores de molinos de formación marca Yoder modelos 35-1 y 35-2	39
2.5.1.	Porcentaje de utilización (%)	39
2.5.2.	Porcentaje de pérdida metálica (%).....	42
2.5.3.	Porcentaje de interrupciones (%).....	43
2.6.	Cuellos de botella	44
2.7.	Molino de formación de tubería marca Yoder modelo 20	45
2.7.1.	Productos.....	45
2.7.2.	Ritmos de producción	45
2.7.2.1.	Actual.....	45
2.7.2.2.	Histórico.....	46
2.7.2.3.	Real	47
2.7.3.	Medición del proceso	48
2.7.4.	Restricciones del proceso.....	51
2.8.	Molino de formación de tubería marca American	51
2.8.1.	Productos.....	51
2.8.2.	Evaluación de estándares de producción	51
2.8.2.1.	Actual.....	51
2.8.2.2.	Real	52
2.8.2.3.	Comparación real versus actual	53
2.8.3.	Evaluación del proceso de producción	53
2.8.3.1.	Porcentaje de utilización (%)	53
2.8.3.2.	Porcentaje de pérdida metálica (%).....	55
2.8.3.3.	Porcentaje de interrupciones (%).....	55
2.8.4.	Cuello de botella	56

3.	PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE TUBOS	57
3.1.	Medidor de velocidad real	57
3.1.1.	Funcionamiento.....	57
3.1.2.	Costo.....	58
3.2.	Tubería mecánica.....	59
3.2.1.	Toma de tiempos de corte:.....	59
3.2.1.1.	Diámetro ½”.....	61
3.2.1.2.	Diámetro 4”.....	63
3.2.1.3.	Diámetro 1 1/2”.....	64
3.2.2.	Indicador de pérdida metálica (kg/Tm)	65
3.3.	Tubería estructural	67
3.3.1.	Determinación de tiempos de corte por producto....	67
3.3.1.1.	Sección 4*4	67
3.3.1.2.	Sección 2*2	68
3.3.1.3.	Sección ½* ½	69
3.3.2.	Medición de tubos	70
3.3.2.1.	Longitud (m)	71
3.3.2.2.	Tubos de segunda (kg).....	71
3.3.2.3.	Defectuosos (unidades).....	72
3.3.2.4.	Orilla (kg).....	73
3.3.2.5.	Rebaba (kg).....	75
3.3.2.6.	Tiras defectuosas (kg).....	75
3.4.	Tubería industrial	76
3.4.1.	Tiempos de corte para productos:.....	76
3.4.1.1.	Sección ½”	76
3.4.1.2.	Sección 1”	78
3.4.1.3.	Diámetro 5/8”.....	79
3.4.2.	Indicador de pérdida metálica (kg/Tm)	80

3.5.	Tubería industrial o estructural	81
3.5.1.	Toma de tiempos de corte para productos	81
3.5.1.1.	Sección 1 ½ ”	81
3.5.1.2.	Sección 1* 2.....	83
3.5.1.3.	Sección 1”.....	84
3.5.2.	Medición de tubos.....	85
3.5.2.1.	Tubos de Segunda (kg)	86
3.5.2.2.	Defectuosos (unidades).....	86
3.5.2.3.	Orilla (kg)	88
3.5.2.4.	Rebaba (kg)	89
3.5.2.5.	Tiras defectuosas (kg)	89
4.	IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA.....	91
4.1.	Establecimiento de estándares de producción	91
4.1.1.	Hoja de verificación de estándares por máquina	91
4.1.2.	Velocidad de la máquina (pies/min).....	99
4.1.3.	Potencia de la máquina (kw).....	104
4.1.4.	Producción mínima (unidades)	106
4.1.4.1.	Tubería de cañería	106
4.1.4.1.1.	Diámetro ½”	106
4.1.4.1.2.	Diámetro 4”.....	107
4.1.4.1.3.	Diámetro 11/2”.....	108
4.1.4.2.	Tubería industrial	110
4.1.4.2.1.	Sección 4*4”	110
4.1.4.2.2.	Sección 2*2”	111
4.1.4.2.3.	Sección ½* ½ “	112
4.1.4.3.	Tubería industrial	113
4.1.4.3.1.	Sección ½”.....	113
4.1.4.3.2.	Sección 1”.....	114

	4.1.4.3.3.	Diámetro 5/8"	115
	4.1.4.4.	Tubería rectangular	116
	4.1.4.4.1.	Sección 1 ½"	116
	4.1.4.4.2.	Sección 1* 2"	117
	4.1.4.4.3.	Sección 1"	118
4.2.		Entrenamiento crítico	119
	4.2.1.	Organización del entrenamiento.....	119
	4.2.2.	Método de los 4 puntos	120
	4.2.2.1.	Preparar al entrenado	120
	4.2.2.2.	Presente el trabajo	121
	4.2.2.3.	Haga que el entrenado ejecute el trabajo	121
	4.2.2.4.	Acompañe el progreso del entrenado	121
5.		GESTIÓN DE LA MEJORA.....	123
	5.1.	Resultados obtenidos.....	123
	5.1.1.	Mejoras en el incremento de la productividad	123
	5.1.2.	Reducción de pérdida metálica	123
	5.1.3.	Reducción de tubos de segunda	124
	5.2.	Círculos de calidad.....	124
	5.2.1.	Beneficios.....	124
	5.2.2.	Fases para su implantación.....	125
	5.3.	Auditoría interna por máquina	126
	5.3.1.	<i>Checklist</i> de auditoría	126
	5.3.2.	Resultado de la auditoría.....	128
	5.3.3.	Plan de acción.....	128
	5.4.	Estadísticas	130
	5.4.1.	Mensual.....	130
	5.4.2.	Trimestral	132

5.4.3.	Semestral.....	132
5.4.4.	Anual	134
CONCLUSIONES		137
RECOMENDACIONES		141
BIBLIOGRAFÍA.....		143
ANEXOS		145

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de Industria de Tubos y Perfiles S.A.	2
2.	Organigrama	6
3.	Tubo bananero	12
4.	Tubo de cañería	13
5.	Tubo industrial.....	14
6.	Tubo galvanizado	15
7.	Diagrama estructural	22
8.	Lámina rolada en frío	25
9.	Lámina rolada en caliente	27
10.	Proceso de formación de tubos de cañería.....	32
11.	Proceso de formación de tubo industrial y estructural.....	33
12.	Proceso de formación de perfil C	34
13.	Plano de la empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A.	36
14.	Gráfico de control (U) Yoder 35-1	41
15.	Gráfico de control (U) Yoder 35—2	41
16.	Gráfico de control PM Yoder 35-1	42
17.	Gráfico de control PM Yoder 35-2.....	43
18.	Gráfico de control (U) Yoder 20	49
19.	Gráfico de control (PM) Yoder 20.....	50
20.	Gráfico de control (U) <i>American</i>	54
21.	Gráfico de control (PM) <i>American</i>	55
22.	Hoja de verificación Yoder 35-1	92
23.	Hoja de verificación Yoder 35-2	94

24.	Hoja de verificación Yoder 20	96
25.	Hoja de verificación <i>American</i>	98
26.	Hoja de velocidades Yoder 35-1	100
27.	Hoja de velocidades Yoder 35-2.....	101
28.	Hoja de velocidades Yoder 20	102
29.	Hoja de velocidades <i>American</i>	103
30.	Yoder 35-1 (kw)	104
31.	Yoder 35-2 (kw)	105
32.	Control EPH.....	127
33.	HCA	129
34.	Ejemplo HCA	131
35.	Tiempo calendario	133

TABLAS

36.	Componentes	25
37.	Elementos.....	27
38.	Cuadro comparativo actual vrs real Yoder 35-1.....	38
39.	Cuadro comparativo actual vrs real Yoder 35-2.....	39
40.	Indicador de utilización	40
41.	Indicador de interrupciones.....	44
42.	Resultados EPH actual	46
43.	Resultados EPH histórico	47
44.	Resultados EPH real.....	47
45.	Indicador de utilización	48
46.	Indicador de interrupciones.....	50
47.	Actual	52
48.	Resultados reales	52
49.	Cuadro comparativo.....	53

50.	Indicador de utilización.....	54
51.	Indicador de interrupciones.....	55
52.	Cálculo del número de observaciones	61
53.	Tiempo de corte diámetro ½”	62
54.	Tiempo de corte diámetro 4”	63
55.	Tiempo de corte diámetro 1 1/2”	64
56.	Pérdida metálica (kg/Tm) sección ½”	65
57.	Pérdida metálica (kg/Tm) sección 4”	66
58.	Pérdida metálica (kg/Tm) sección 1 ½”	66
59.	Tiempo de corte de sección 4*4.....	67
60.	Tiempo de corte de sección 2*2.....	68
61.	Tiempo de corte de sección ½ * ½.....	69
62.	Informativa	70
63.	Pérdida metálica por orilla.....	74
64.	Tiempo de corte de sección ½”	77
65.	Tiempo de corte de sección 1”	78
66.	Tiempo de corte de diámetro 5/8”	79
67.	Pérdida metálica (kg/Tm) sección ½”	80
68.	Pérdida metálica (kg/Tm) sección 1”	80
69.	Pérdida metálica (kg/Tm) sección 5/8”	81
70.	Tiempo de corte de sección 1 ½”	82
71.	Tiempo de corte de sección 1*2”	83
72.	Tiempo de corte de sección 1”	84
73.	Tabla informativa	85
74.	Pérdida metálica por orilla.....	88
75.	Producción actual de tubo de cañería con diámetro de ½”	107
76.	Producción mínima de tubo de cañería con diámetro de ½”	107
77.	Producción actual de tubo de cañería con diámetro de 4”	108
78.	Producción mínima de tubo de cañería con diámetro de 4”	108

79.	Producción actual de tubo de cañería con diámetro de 1 1/2"	109
80.	Producción mínima de tubo de cañería con diámetro de 1 1/2"	109
81.	Producción actual de tubo estructural de sección 4*4"	110
82.	Producción mínima de tubo estructural de sección 4*4"	110
83.	Producción actual de tubo estructural de sección 2*2"	111
84.	Producción mínima de tubo estructural de sección 2*2"	111
85.	Producción actual de tubo estructural de sección 1/2* 1/2"	112
86.	Producción mínima de tubo estructural de sección 1/2* 1/2 "	112
87.	Producción actual de tubo industrial de sección 1/2"	113
88.	Producción mínima de tubo industrial de sección 1/2"	113
89.	Producción actual de tubo industrial de sección 1"	114
90.	Producción mínima de tubo industrial de sección 1"	114
91.	Producción actual de tubo industrial con diámetro 5/8"	115
92.	Producción mínima de tubo industrial con diámetro 5/8"	115
93.	Producción actual de tubo rectangular con sección 1 1/2"	116
94.	Producción mínima de tubo rectangular con sección 1 1/2"	116
95.	Producción actual de tubo rectangular de sección 1*2"	117
96.	Producción mínima de tubo rectangular de sección 1*2"	117
97.	Producción actual de tubo rectangular de sección 1"	118
98.	Producción mínima de tubo rectangular de sección 1"	118

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
g/m²	Gramos por metros cuadrados
Kg	Kilogramo
Kg/TM	Kilogramo por tonelada métrica
KW	kilowatt
Lb	Libras
m	Metro
min	Minuto
mm	Milímetro
ft	Pies
%	Porcentaje
Q	Quetzales

GLOSARIO

Bobina de lámina	Rollos de lámina, la cual puede ser rolada en frío o caliente y es utilizada para la producción de tubería.
Calibre	Diámetro interior de un cuerpo cilíndrico.
<i>Checklist</i>	Esta herramienta puede utilizarse durante las fases de definición, medición y análisis del ciclo, para lograr un mejoramiento continuo del proceso.
Costanera	Es también llamada perfil C o canaleta. Para su fabricación se utiliza lámina rolada en caliente en cuatro espesores: 1,0 mm, 1,2 mm, 1,4 mm y 1,5 mm. La longitud en estos espesores es de 6 metros.
EPH	Estándar de Producción Horaria. Es la producción horaria que el equipo o proceso puede producir sin interrupciones y dentro del ritmo estandarizado.
Hidrostática	Parte de la mecánica que estudia el equilibrio de los líquidos y los gases.
Oleohidráulica	Es la técnica aplicada a la transmisión de potencia mediante fluidos incompresibles confinados.

Pérdida metálica	Su unidad de medida es (kg/ Tm), donde Tm son las toneladas buenas producidas. Se considera pérdida metálica la orilla, rebaba, tubo de segunda y tiras defectuosas.
Producción	Es toda actividad destinada a la fabricación, o bien, a la obtención de bienes y servicios, con el fin de satisfacer las necesidades de una sociedad.
Producción continua	Son aquellos procesos que no tienen interrupciones o pausas entre operación y operación. Por lo general se realizan cuando los procesos han sido estandarizados.
Producciones mínimas	Es el punto más bajo de capacidad que posee una empresa para producir un determinado producto o prestar un servicio.
Quiebre de ritmos	Se caracteriza por una operación del equipo abajo o arriba del Estándar de Producción Horaria (EPH), el cual está definido para el equipo/producto. Puede haber quiebres de ritmo positivos que significan que se opera con un ritmo menor al estándar, mientras que los negativos significan que se opera con un ritmo mayor al estándar.
Rebaba	Porción de lámina que sobresale en los tubos después de ser soldada.

Tubo de segunda

Es todo el tubo que no cumple con las especificaciones, por ejemplo: que no tenga la longitud exacta, o bien, que tenga óxido en alguna parte.

Yoder

Marca de maquinaria formadora de tubos.

RESUMEN

Industria de Tubos y Perfiles S.A. es una empresa dedicada a la realización de productos de calidad utilizando la mejor materia prima, tecnología avanzada, personal calificado, entre otros. Esta empresa inició a vender productos de consumo que tuvieran rápido movimiento como *kleenex*, *xinola*, maicena, fósforos, jugo v8, entre otros. En el año 1957 le dan el nombre comercial DISTUN. Seis años después inicia como empresa individual denominada Aceros de Guatemala. Actualmente las plantas Hornos S.A., INDETA y Aceros de Guatemala, han sido trasladados a SIDEGUA, debido a la capacidad que tiene el terreno, siendo únicamente INTUPERSA la que se encuentra en la capital.

Como parte de la información relacionada con la empresa, la estructura organizativa de la planta de producción está conformada por: gerente de producción, jefe de producción, supervisor de formadora, técnico de formadora, operador de formadora, entre otros. La materia prima que se utiliza es lámina rolada en frío y lámina rolada en caliente. Se detallan también las etapas del proceso, como corte de lámina, formación de tubo industrial, formación del tubo de cañería y formación de perfiles.

En la propuesta de mejora se muestra el funcionamiento del medidor *CUB5*, el cual es fácil de usar, ya que brinda al usuario la máxima flexibilidad para ser programado. Se activa de forma manual o automática, y se presenta también su costo de implementación en cada máquina.

Antes de la implementación, fue necesario realizar un análisis de tiempos, para lo cual se trabajó en la toma de datos para el proceso de corte de productos.

También se realizó un análisis comparativo con los registros anteriores, con el fin de revisar las velocidades en las máquinas. Se realizó un análisis de cuellos de botella en el proceso según cada línea de producción.

Con los resultados del análisis de datos realizado, aunados a los estudios de análisis de fallas, se detectaron las oportunidades de mejora para el proceso, generando planes de acción derivados. Por ejemplo, se realizó la implementación de chequeos en los molinos de formación, por medio de una hoja de verificación por máquina, con algunos requisitos y aprobaciones del revisor o encargado, con la finalidad de mejorar el control de los operadores de máquina.

En la gestión de mejora se presentan los resultados obtenidos, así como un desglose de actividades que se deben seguir, y estándares y medios de control para monitorear la implementación de los cambios. Finalmente, se presenta el seguimiento estadístico de las mediciones realizadas, es decir, con qué frecuencia y cuáles deben ser los indicadores que se deben evaluar, con la finalidad de mantener la mejora continua.

OBJETIVOS

General

Determinar los ritmos de producción horaria en líneas de producción.

Específicos

1. Realizar un diagnóstico de la situación actual de la empresa como base del análisis.
2. Analizar, por medio de diagramas de flujo, los procesos de producción de los productos fabricados en el negocio.
3. Determinar los cuellos de botella en las líneas de producción.
4. Implementar el monitoreo de las velocidades en las máquinas de las líneas de producción.
5. Contribuir a la mejora de la productividad de la empresa.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, toda empresa busca mejorar sus procesos, hacerlos más eficientes e incrementar la productividad de los mismos, implementando técnicas y métodos que les permitan reducir sus costos, utilizar eficientemente sus recursos, mejorar la calidad de sus productos y, a la vez, ser competitivos en los mercados donde participan. Este es el caso de la Industria de Tubos y Perfiles S.A., la cual se dedica a la producción de tubería negra, galvanizada y perfiles, como costanera, siendo esta una empresa nacional que contribuye al crecimiento de la economía en todo el país.

Uno de los procesos de producción en la industria de tubos es la formación de tubos y perfiles, donde se transforma la materia prima dando como resultado tubos industriales, tubo cuadrado, tubo redondo y tubo de cañería, los cuales son utilizados en muchas áreas de construcción. El proceso consiste básicamente en cortar las bobinas de acero, ya sea roladas en frío o en caliente, hasta formar lo que se conoce como láminas o tiras. Estas son cargadas a un rehilete en donde las tiras son unidas mediante un proceso de soldadura, luego son introducidas a los molinos formadores, los cuales le dan la forma deseada (tubería redonda o cuadrada). Para sellar el tubo, estos deben ser soldados, lo cual provoca pequeñas deformaciones. Para corregirlas los tubos deben ser ingresados a los molinos rectificadores y finalmente realizar un corte en la longitud del material, por lo general a 6 metros.

Sin embargo, a lo largo de este proceso de producción existen pérdidas metálicas y paradas programadas, que son obligatorias como parte del proceso, también existen las fallas mecánicas, eléctricas y operacionales, así como tiempo

muerto por parte de las máquinas o los trabajadores, lo cual hace que el porcentaje de utilización de este proceso se reduzca, generando con ello aumentos en los costos de producción y pérdidas en la producción.

El presente trabajo de graduación pretende implementar una serie de herramientas y procedimientos que le permitan a la industria de tubos incrementar la productividad de algunos de sus procesos, y también reducir y prevenir las paradas programadas e inesperadas, los desperdicios de materia prima generada durante el proceso de producción, los tiempos de ocio de los trabajadores, los tiempos de producción, entre otros aspectos, para con ello incrementar el porcentaje de utilización de los recursos invertidos por la empresa, con el fin de poder competir en el mercado, debido a los precios, calidad y tiempo de entrega de los productos.

1. ANTECEDENTES GENERALES

Se detallará información sobre cómo inició sus labores la empresa, cuál es su misión, visión y valores bajo los cuales trabaja, su estructura interna y los productos que realiza, así como conceptos básicos relacionados al tema de graduación.

1.1. Industria de Tubos y Perfiles S.A.

Es una empresa dedicada a la transformación del acero, realiza principalmente productos para la construcción, utilizando las mejores materias primas, tecnología avanzada, personal calificado, y garantizando la calidad de sus productos a través de la utilización de normas internacionales.

1.1.1. Ubicación

La empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. está ubicada en la 4ta. Avenida 3-17 colonia Alvarado, zona 2 del Municipio de Mixco del Departamento de Guatemala. Colinda al norte con la Calzada Roosevelt, al sur con la Colonia Pérez, al oriente con la Colonia la Escuadrilla y al occidente con la colonia El Tesoro.

Figura 1. **Ubicación de Industria de Tubos y Perfiles S.A.**



Fuente: www.googlemaps.com. Consulta: 20 septiembre de 2014.

1.1.2. **Historia**

En 1953, en el tapanco de El Tirador, empieza a vender productos de consumo que tuvieran rápido movimiento y que se pudieran liquidar pronto. Se empezó con la venta de productos en general como *kleenex*, *xinola*, maicena, fósforos, jugo v8, etc., luego siguió con la venta de alambre espigado, clavo y hierro.

En 1957 se inaugura el primer punto de venta de Distribuidora Universal, al que se le dio el nombre comercial de DISTUN, ubicada en la 20 calle -62 zona 1 de la Ciudad de Guatemala. Se utilizó el slogan: "Guatemala construye y progresa con materiales DISTUN".

En 1963 inicia sus operaciones Aceros de Guatemala como empresa individual, en la 33 calle 25-05 zona 12 de la Ciudad de Guatemala, dedicándose a la fabricación de clavos con varias máquinas de tecnología. En el transcurso de los años Aceros de Guatemala adquiere, con el deseo de ampliar su bodega, una propiedad vecina, y con esto se hizo una empresa más grande. En 1965 un ingeniero italiano-mexicano montó un tren para impulsar la producción del hierro y arranca por primera vez la planta laminadora para la fabricación de varillas de hierro para la construcción, con un lingote de 50 * 50 que sí cumple con las normas de calidad. Desde ese momento la empresa fue adquiriendo tecnología más moderna y ampliando sus instalaciones, fabricando nuevo producto y expandiendo su mercado.

En 1974 se funda la empresa Hornos S.A., con la instalación de dos hornos eléctricos de arco y equipo complementario por el sistema de lingoteras y cuyo producto intermedio es la producción de lingote de acero, partiendo de la chatarra como materia prima básica. En julio de 1987 se finiquita la compra de la planta INTUPERSA (Industria de Tubos y Perfiles S.A.) a la empresa *U.S. STEEL*. Esta empresa está dedicada a la fabricación de tubería y perfiles metálicos. Comenzó a laborar el 17 de julio de 1961 con la administración anterior, adquiriéndose dos líneas marca *AMERICAN* para fabricación de tubería industrial, dos líneas para la fabricación de tubería negra y una línea de galvanizado de tubería de ½ hasta 4”.

En 1991 se compra un terreno de 280 018,18 metros cuadrados en la finca El Coco, Masagua, Escuintla. La idea de comprar allí originalmente fue para la instalación del centro de energía, que era un factor condicionante para la instalación de la siderúrgica, primera piedra de la Acería, iniciando en un terreno agrícola de 285 mil metros cuadrados. En 1994 se da el inicio de operaciones en Sidegua, con una máquina de colada continua y un horno para producir

palanquilla. En 1995, Aceros de Guatemala compra la planta INDETA, fundada por la familia Seveira en 1960, para la fabricación de clavos y alambres, con maquinaria marca *Wafios* y *Koch*, ambas de tecnología alemana.

Actualmente, las plantas de Hornos S.A., INDETA y Aceros de Guatemala han sido trasladadas a Sidegua, debido a la capacidad que tiene el terreno, siendo únicamente INTUPERSA la que se encuentra en la capital.¹

1.1.3. Misión

La misión es el propósito general de una empresa, es decir, son todas las razones por las cuales existe dicha empresa, además indica los bienes o servicios que presta y cuál es su mercado objetivo. Es una forma en la que los directivos harán realidad su visión de la empresa. Debido a que la planta INTUPERSA forma parte de la Corporación Aceros de Guatemala, la misión es la misma para todas las plantas, siendo esta:

“En Corporación Aceros de Guatemala, fabricamos y distribuimos productos de acero con calidad certificada en un ambiente seguro, con un equipo humano especializado y motivado; comprometidos con nuestros clientes, la sociedad y el cuidado del medio ambiente.”²

1.1.4. Visión

La visión muestra de forma clara hacia dónde se dirige la empresa a largo plazo, tomando en cuenta los posibles cambios que se vayan generando a lo largo del tiempo. Crea la imagen de lo que van a llegar a ser o a convertirse.

¹ Corporación Aceros de Guatemala. *Información*. Consulta: 2014.

² *Ibíd.*

Esta trata de llegar al corazón de sus colaboradores, con la finalidad de que se identifiquen y se unan para poder alcanzarla con mayor facilidad.

La visión de la Corporación Aceros de Guatemala es: “mantener el liderazgo en Guatemala y el resto de Centro América, en la fabricación y distribución de productos de acero para la construcción y otros sectores; identificados y comprometidos con los altos estándares de la siderurgia a nivel internacional.”³

1.1.5. Valores

Los valores son principios o reglas que van a regir la empresa indicando el grado de compromiso que adquieren, lo cual va a regular la forma en la que se va a comportar cada uno de los colaboradores dentro de la misma:

1. “Honestidad y rectitud
2. Actitud responsable
3. Calidad en todo lo que se hace
4. Personas leales, comprometidas y realizadas
5. Seguridad en el ambiente de trabajo
6. Cliente satisfecho”⁴

1.1.6. Organización

La planta de Industria de Tubos y Perfiles S.A. se encuentra organizada de la siguiente forma:

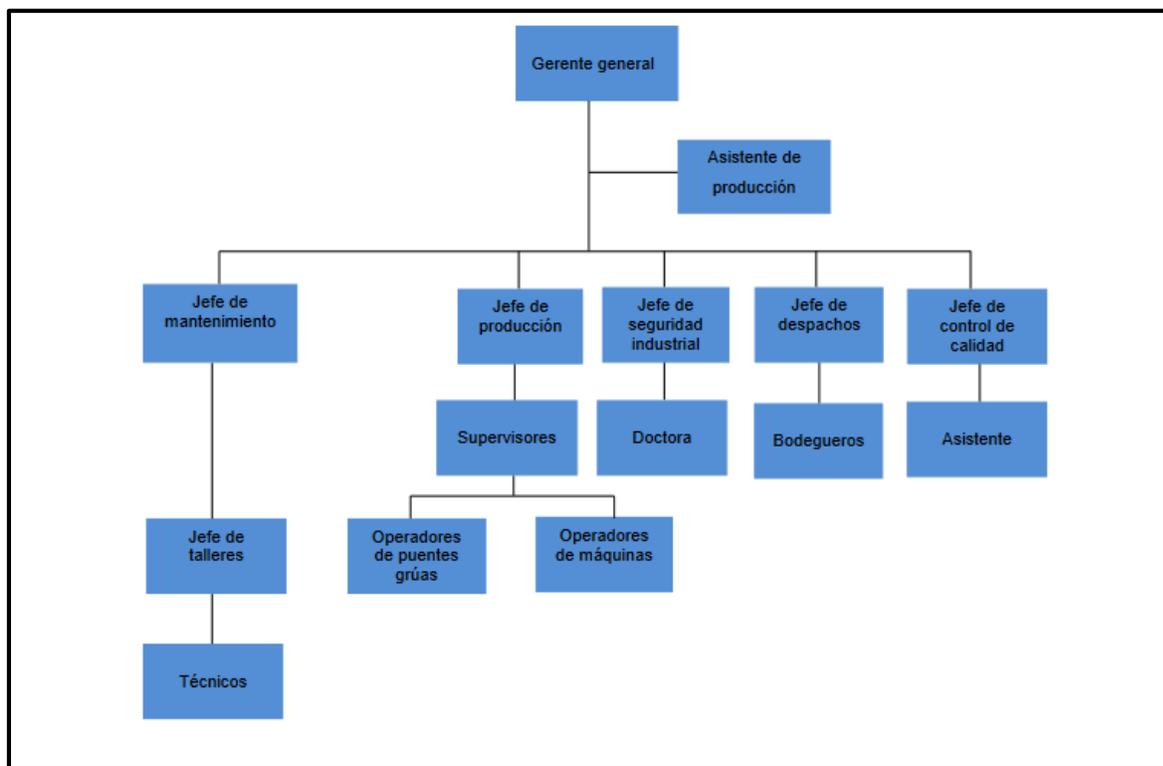
³ Ibíd.

⁴ Ibíd.

1.1.6.1. Organigrama

En la siguiente figura se presenta el organigrama de la planta de Industria de Tubos y Perfiles S.A.:

Figura 2. Organigrama



Fuente: elaboración propia.

1.1.6.2. Puestos y Funciones

- Gerente general: es el encargado de la planta de producción, todos los departamentos están bajo su cargo. Él toma las decisiones importantes, autoriza los pedidos de materia prima, repuestos, accesorios, etc., y es el

único que puede autorizar y realizar excepciones para la aplicación de ciertos proyectos, tareas o actividades.

- Asistente de Producción: es el encargado de llevar la papelería al día relacionada con los pedidos y producción, además de informar sobre los eventos importantes dentro de la empresa al gerente general.
- Jefe de mantenimiento: es el encargado de planificar y velar porque cada uno de los talleres a su cargo cumpla con brindarle mantenimiento preventivo o correctivo a los equipos y maquinaria, permitiendo que estos puedan estar en óptimas condiciones manteniendo la producción continua y evitando cualquier interrupción en la misma que perjudique o afecte a la empresa.
- Jefe de taller: es el encargado de designar, supervisar y en algunos casos desarrollar las diferentes tareas relacionadas con el mantenimiento de los equipos, de forma correcta y según lo planificado.
- Técnicos: son los encargados de realizar directamente las reparaciones mecánicas, eléctricas, elaboración o limpieza de piezas metálicas, elaboración y mantenimiento de las estructuras metálicas de los equipos y máquinas, así como también de las instalaciones de la planta de producción.
- Jefe de producción: es el encargado de planificar el tipo y cantidad de productos a producir, establecer estándares de producción, velar que la planificación se cumpla mediante el monitoreo constante de la cantidad y calidad de los producidos y el trabajo realizado por los operarios y

supervisores. Es el encargado de resolver directamente los problemas o desviaciones en cuanto a la planificación de la producción realizada.

- Supervisores de producción: son los encargados de supervisar el proceso de producción, el trabajo de los operarios y de verificar que se cumplan los estándares de producción establecidos por el departamento de producción.
- Operador de puente grúa: es el encargado de transportar las bobinas de acero del patio de bobinas hasta la máquina de corte, transportar las tiras de lámina del área de corte a los rehiletos de las máquinas formadoras y, por último, de trasladar los atados de producto terminado de las máquinas formadoras a la bodega de producto terminado, o bien a los tanques de químicos para poder realizar el decapado, y posteriormente al horno para el galvanizado.
- Operadores de máquina: son los encargados de realizar directamente la producción de los productos, desmontar, cambiar y alinear los rodos de formación de las máquinas formadoras, ya sea para su mantenimiento o por un cambio para fabricar otro tipo de producto en la máquina.
- Jefe de seguridad industrial: es el encargado de capacitar, establecer y verificar que se cumplan los reglamentos y normas de seguridad que se consideren importantes para resguardar la seguridad de las personas que laboran dentro de la planta de producción, así como de las personas que visitan las instalaciones de la empresa.
- Médico: es el encargado de apoyar los reglamentos y normas de seguridad, así como de velar por la salud de los trabajadores de la

empresa, brindándoles atención médica y asistiéndolos en caso de accidentes.

- Jefe de despachos: es el encargado de supervisar y velar por que el producto terminado se almacene, distribuya y coloque de forma correcta y adecuada dentro de las bodegas de producto terminado de la empresa, así como de llevar un control de la cantidad de producto que distribuyen y almacenan.
- Bodegueros: son los encargados de colocar los productos terminados de forma adecuada y segura en las bodegas, así como en los camiones que los transportarán hacia el exterior de la empresa.
- Jefe de control de calidad: es el encargado de que la materia prima y el producto terminado cumplan con los requerimientos de calidad establecidos por la empresa, con la finalidad de cumplir las expectativas de los clientes. Es además el encargado de colocar los estándares de calidad y de implementar las normas bajo las cuales se deben producir los productos.
- Supervisor de control de calidad: es el encargado de verificar y probar la calidad y resistencia de los productos, solubles y láminas que son utilizadas para la producción, cada cierto tiempo y en cada cambio de medida de los mismos, así como de realizar pruebas para mejorar las soluciones o los químicos que se utilizan en el proceso de decapado y formación de los productos.
- Jefe de recursos humanos: es el medio de comunicación directa entre jefes y trabajadores. Es el encargado de contratar a los trabajadores, velar

que reciban el pago de su sueldo, autorizar capacitaciones y permisos, extender cartas de despido y llevar la papelería de forma ordenada de cada uno de los trabajadores de la empresa.

- Asistente de recursos humanos: es el encargado de asistir al jefe de recursos humanos en todas las actividades que este desempeña, así como de entregar las boletas de la planilla a los trabajadores.

1.2. Departamento de producción

Es el encargado de planear la producción, establecer y controlar los estándares bajo los cuales se estará produciendo y realizar la tubería que se necesita para satisfacer a los clientes tanto internos como externos.

1.2.1. Proceso de formación de tubos y perfiles

En esta área se lleva a cabo el proceso de formación y, dependiendo de la producción requerida, de la metalización de los diferentes productos que se fabrican. Según la planificación que se realiza, el plan es entregado al área de cortadoras, la cual se encarga de realizar los cortes de las bobinas hasta obtener tiras de diferentes anchos y luego distribuir las a los clientes internos, siendo estas las máquinas formadoras de tubos.

El lugar cuenta con 6 máquinas, siendo estas: máquina formadora de tubos marca Yoder modelos 35-1, 35-2 y 20, también está la marca *American*, cuyas máquinas fabrican tubo redondo, tubo estructural, tubo cuadrado y tubo industrial, respectivamente.

1.2.2. Proceso de galvanizado

En este lugar se realiza una limpieza superficial del tubo proveniente del área de formación de tubos mediante el proceso de decapado, posteriormente es introducido en el horno que contiene el zinc, al mismo tiempo se está produciendo vapor para limpiar todo el excedente que queda acumulado dentro del tubo para con ello darle un acabado uniforme. El área cuenta con tanques para químicos que son utilizados para sumergir los tubos, con un horno en el cual es derretido el zinc, dos calderas para generar vapor y poder limpiar el tubo, un puente grúa para transportar los atados de tubos de un lugar a otro durante todo el proceso.

1.2.3. Proceso de mantenimiento

Este departamento se encarga de brindar un mantenimiento preventivo y correctivo a las máquinas utilizadas en el proceso de producción, siendo el primero el que se encarga de revisar periódicamente la maquinaria, hacer cambios y revisiones oportunas, y el segundo el que se encarga de reparar cualquier problema en el momento en que este se presente.

El principal objetivo de este proceso es evitar que al momento de estar trabajando ocurra lo que en la empresa se conoce como interrupciones, que es cualquier paro que no esté programado con 24 horas de anticipación y que retrase la producción. También es el encargado de la realización de proyectos de mejoras que faciliten o mejoren su operación. Es apoyado por los talleres, los cuales están divididos en: taller de herrería, taller mecánico, taller eléctrico y taller de tornos.

1.3. Productos

Los diferentes tipos de tubería que se producen en Industria de Tubos y Perfiles S.A. se describen a continuación:

1.3.1. Tubo bananero

Se produce utilizando como materia prima lámina rolada en caliente en longitud de 6,70 metros (22 pies) y 6,10 metros (20 pies). Tiene un único diámetro de 1 ¼ espesor de pared de 2,9 mm. Esta tubería tiene un recubrimiento de zinc.

Figura 3. **Tubo bananero**



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta: 20 septiembre 2014.

1.3.2. Tubo de cañería

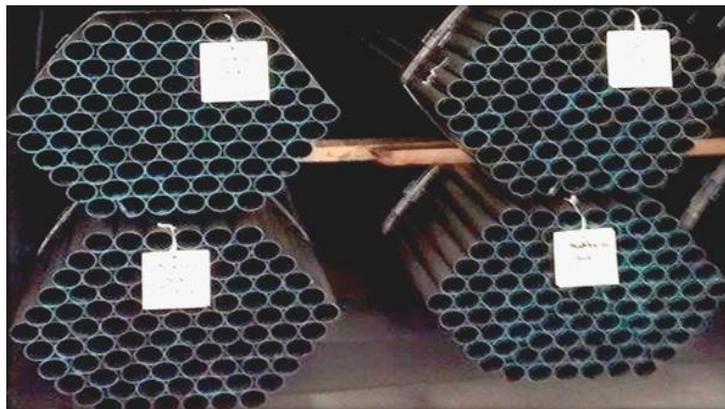
Actualmente se están produciendo dos clases de cañería: negra (proceso) y cañería galvanizada, ambas necesitan para su fabricación la materia prima que es lámina rolada en caliente, la cual utiliza además soldadura, lo cual permite que

se realice con alta velocidad de producción y ofrecer al mismo tiempo una calidad óptima.

Existen tres tipos de cañería: ligera, media y cédula 40, llamada también tubería pesada. Para las primeras dos se realiza una prueba hidrostática para comprobar su resistencia según la norma BS1387-1985. A la cañería pesada también se le realiza una prueba hidrostática para verificar su resistencia, la cual debe variar en función de su diámetro. Esta es llevada a cabo según la norma ASTM A53-02.

La cañería negra es utilizada generalmente en estructuras metálicas, sistemas oleohidráulicos y conducción de vapor. La cañería galvanizada tiene un recubrimiento de zinc de 400 a 474 g/m² para cañería ligera y mediana. Para cañería cédula 40 se usa un recubrimiento de 550 g/m² en promedio y es utilizada para la conducción de fluidos (agua y aire de baja presión), evitando la oxidación. Puede suministrarse con extremos lisos y con rosca.

Figura 4. **Tubo de cañería**

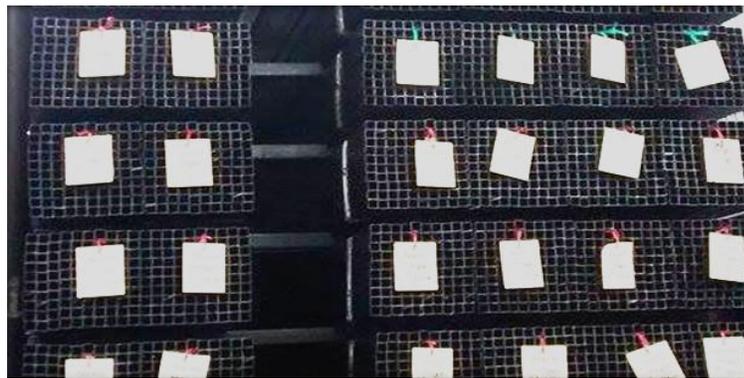


Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta: 20 septiembre 2014.

1.3.3. Tubo estructural e industrial

La tubería estructural es fabricada con lámina rolada en caliente con una longitud de 6 metros. Se utiliza en el área de estructuras metálicas, mientras que la tubería industrial es fabricada con lámina rolada en frío. Se produce en tres tipos: cuadrada, rectangular, redonda, en chapas o calibres 18, 20, 21, 22.

Figura 5. Tubo industrial



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta: 20 septiembre 2014.

1.3.4. Tubo galvanizado

El tubo galvanizado se subdivide a su vez en dos tipos:

- Tubo bananero galvanizado: es utilizado para armar los transportadores de las fincas bananeras.
- Tubería para cerca galvanizada: esta es redonda, galvanizada, sin rosca, con 6 metros de longitud, se fabrica en diámetros de 1 ½ y 1 ¼. El espesor

de lámina es de 1,5mm. Esta tubería tiene un recubrimiento de zinc de 400 a 474 g/m².

Figura 6. **Tubo galvanizado**



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta: 20 septiembre 2014.

1.4. Productividad

1.4.1. Definición

Por productividad se puede entender la relación directa que existe entre la producción y los insumos, es decir, es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados. De lo anterior se puede afirmar que, mientras mayor sea la productividad, más económica resulta la producción, para con ello obtener mayores utilidades.

$$\text{Productividad} = \text{producción} / \text{insumos}$$

“La productividad no es una medida de la producción ni de la cantidad que se ha producido como erróneamente se considera. Es una medida de lo bien que se ha combinado y utilizado los recursos para cumplir los resultados específicos

deseables. Es, a fin de cuentas, una razón entre la efectividad de la producción total y la eficiencia con que se emplean los recursos totales consumidos.”⁵

$$\text{Productividad} = \text{efectividad} / \text{eficiencia}$$

Para ello se definirán los términos utilizados anteriormente:

- Eficiencia: significa utilizar los medios disponibles de la mejor manera para alcanzar el objetivo previamente trazado en el menor tiempo posible y con la menor cantidad de recursos, lo que dará como resultado la optimización del objeto en estudio.

Sus indicadores son:

- Tiempos muertos
 - Desperdicios (para este trabajo es la pérdida metálica)
 - Porcentaje de utilización de la capacidad instalada
- Eficacia: es la capacidad de alcanzar el objetivo (meta), luego de haber realizado la acción o los cambios necesario para mejorar alguna situación o proceso.

Sus indicadores son:

- Grado de cumplimiento de los programas de producción o de venta.
- Demoras en los tiempos de entrega.

⁵ RAMOS, José. *Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio*. p. 10

- Efectividad: capacidad de lograr un objetivo que se haya definido previamente, para el cual se han realizado o planeado acciones estratégicas para poder llegar a él.

1.4.2. Tipos

La productividad se puede clasificar en los siguientes tipos:

- Productividad laboral: se determina por el aumento o disminución de los rendimientos causados por las variaciones de trabajo, capital, técnica o cualquier otro factor utilizado en el proceso.
- Productividad global: es el concepto que las empresas manejan para mejorar la productividad a través del estudio de sus factores determinantes y los elementos que intervienen en la misma.

Por otro lado, la productividad tiene tres grandes etapas:

- Productividad parcial: es la relación existente entre la cantidad producida y un solo tipo de insumo para un bien. Ejemplo de esta etapa es:

$$\text{Productividad} = \text{Ventas} / \text{Pagos}$$

- Productividad de factor total: es la relación existente entre la cantidad neta producida y la sumatoria asociada de todos los insumos, mano de obra y capital utilizados en la producción.
- Productividad total: es la relación existente entre la producción total y la sumatoria de todos los insumos utilizados para fabricar un producto.

Cabe mencionar que todas las definiciones anteriores son expresadas en términos del peso, o bien, de una moneda, las cuales son aplicadas en un período de tiempo determinado por la persona que realiza el proyecto.

1.5. Estándar de Producción Horaria (EPH)

1.5.1. Definición

El Estándar de Producción Horaria (EPH) es la producción horaria que el equipo o proceso puede producir sin interrupciones y dentro del ritmo estandarizado. El estándar de producción horaria es definido por el equipo cuello de botella de la máquina o por el proceso cuello de botella y es específico para cada producto. Para una máquina, el cuello de botella, y por consecuencia el EPH, puede variar de valor y posición para las diferentes dimensiones y perfiles producidos y debe ser determinado correctamente por la ingeniería del proceso. Su unidad de medición es tubos/ hora.

1.5.2. Lineamientos

Los indicadores que se manejarán en este trabajo de graduación serán los siguientes:

- Interrupciones (I): son paradas que interrumpen el proceso de forma imprevista. Lo que lo caracteriza es que la línea estaba operando de forma normal y en un período de tiempo esta deja de trabajar de forma repentina. Otro criterio a utilizar es que, siempre y cuando un paro no sea informado con 24 horas de anticipación, se considerará como interrupción.

Las interrupciones pueden darse de dos tipos: interrupciones de mantenimiento, las cuales a su vez se subdividen en dos: eléctricas y mecánicas, y las operacionales. La interrupción total es la suma de las operacionales y de mantenimiento.

- Quiebre de ritmo (r): está caracterizado por una operación del equipo abajo o arriba del estándar de producción horaria (EPH) definido para un producto, por lo tanto, si para la producción de un determinado producto el equipo opera a una producción horaria inferior a la capacidad estándar, habrá un quiebre de ritmo.

El quiebre de ritmo puede ser positivo o negativo; si el quiebre de ritmo es positivo, significa que se opera con un ritmo menor del estándar, mientras que el quiebre de ritmo negativo ocurre cuando el estándar es sobrepasado. En este caso, un nuevo EPH debe ser establecido:

- Utilización: mide el porcentaje que está siendo utilizado por las máquinas de la capacidad total instalada en el proceso.
- Pérdida metálica (kg / T_m): mide el porcentaje que está siendo enviado a la chatarra para ser reprocesado. Se considera pérdida metálica a:
 - Merma (orilla)
 - Rebaba
 - Tiras defectuosas
 - Tubo corto, es decir que no cumple con el estándar
 - Tubo abierto

1.5.3. Cuello de botella

Se utiliza la expresión cuello de botella para determinar que una fase de la cadena de producción opera de forma más lenta o más rápida que las demás. Además, indica la cantidad de piezas buenas o sin defecto producidas después de terminar un período de trabajo.

También se puede definir el cuello de botella como la demora que se da en el proceso de producción debido a que una parte del mismo se mueve más rápido o más lento, ocasionando con ello que existan atrasos en los pasos previos, lo cual dará como resultado una acumulación de piezas en un puesto de trabajo. Esto da como resultado que existan pérdidas de tiempo, trabajo ineficiente, clientes insatisfechos, sin olvidar que todo esto genera pérdidas de dinero a la empresa como tal. Algunos ejemplos de cuellos de botella son:

- Velocidad o capacidad de la cizalla divisora
- Velocidad de la regla móvil
- Velocidad del carro de corte
- Sistema de empaquetamiento
- Otros

2. DIAGNÓSTICO SITUACIONAL

Se dará a conocer cómo está estructurado el personal en el área de producción y cuáles son sus funciones, también se indicará la materia prima a utilizar para la elaboración de los diferentes productos y, finalmente, se describirá el proceso productivo indicando los ritmos de producción horaria (EPH) con los cuales están trabajando las máquinas actualmente.

2.1. Personal operativo

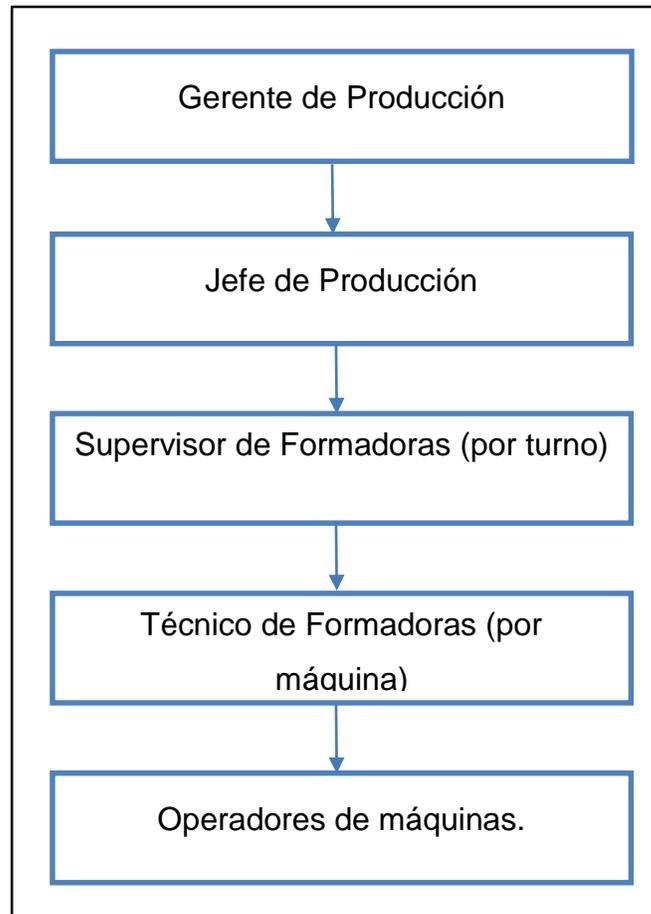
Se describirá de forma gráfica y con palabras cómo está conformado el personal que interviene directamente en el área de proceso de formación de tubos, el mismo nombre y funciones aplican para cada una de las máquinas de estudio.

2.1.1. Diagrama estructural

Un diagrama estructural u organigrama es una representación gráfica de la estructura orgánica de la empresa, la cual presenta la posición de las áreas que la integran, niveles jerárquicos y líneas de mando.

Se diferencia del funcional porque aquí solo se representa la estructura administrativa, mientras que en el funcional se colocan además las funciones que desempeña el encargado del área.

Figura 7. **Diagrama Estructural**



Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Funciones

Acá se detallará cada una de las funciones que desempeña cada uno de los colaboradores que se encuentran en esta parte del proceso.

- Gerente de producción: es el encargado de la planta de producción, todos los departamentos están bajo su cargo. Él toma las decisiones importantes, autoriza los pedidos de materia prima, repuestos, accesorios,

etc. y es el único que puede autorizar y realizar excepciones para la aplicación de ciertos proyectos, tareas o actividades.

- Jefe de producción: es el encargado de planificar el tipo y cantidad de productos a producir, establecer estándares de producción, velar que la planificación se cumpla mediante el monitoreo constante de la cantidad y calidad de los productos producidos y el trabajo realizado por los operarios y supervisores. Se encarga de resolver directamente los problemas o desviaciones en cuanto a la planificación de la producción realizada.
- Supervisor de formadora: es el encargado de supervisar el proceso de producción, trabajo de los operarios y verificar que se cumplan los estándares de producción establecidos por el departamento de producción.
- Técnico de formadora: tiene bajo su cargo una máquina y cada uno de los operadores que laboran en la misma. Se encarga de supervisar que la línea de producción esté trabajando bajo los estándares, de hacer pruebas con los tubos, de verificar y asistir a un operario cuando sea necesario. Además, de verificar que la concentración del soluble en la máquina sea la adecuada.
- Operadores de formadora: son los encargados de realizar los cambios de medida para la nueva producción, de agregar el soluble indicado por el técnico de formadora, de producir el tubo, de hacer ajustes para que el tubo sea de la medida indicada.

2.2. Materia prima

La materia prima que se utiliza en la planta de Industria de Tubos y Perfiles S.A. son rollos de lámina rolada en caliente y en frío, las cuales serán descritas a continuación.

2.2.1. Lámina rolada en frío

Las chapas laminadas en caliente son sometidas a un proceso de laminación en frío donde se obtiene la reducción de su espesor, una mayor aptitud al conformado y un mejor aspecto superficial, apto para una amplia gama de aplicaciones.

Variantes:

- Crudo (*Full Hard*): acero laminado en frío sin recocer, de muy baja ductilidad, destinado a procesos posteriores de galvanizado por inmersión en caliente o recocido.
- Recocido: acero laminado en frío sometido a un proceso de tratamiento térmico para recuperar la ductilidad adecuada para operaciones posteriores de conformado en frío.
- Hoja negra en frío (*Black Plate*): material recocido adecuado para el procesamiento como material base en líneas de estañado y cromado.

Las más utilizadas en la empresa, por el tipo de producto que se fabrica, son crudo y hoja negra en frío, para hacer tubo redondo, costanera, estructural y

bananero. Los componentes y la cantidad utilizada para la fabricación de la lámina rolada en frío se muestran en la siguiente tabla:

Tabla I. Componentes

LÁMINA ROLADA EN FRÍO	
Componente	Especificación (%)
Carbono	0,6
Silicio	0,01
Manganeso	2,2
Fósforo	0,008
Azufre	0,017

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. Lámina rolada en frío



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta: 25 septiembre 2014.

2.2.2. Lámina rolada en caliente

Producto industrial, materia prima de diversos sectores que utilizan bobinas de laminado en caliente para producir hojas de metal de las cuales derivan multitud de productos hechos en acero (varilla, alambón, tubos, perfiles, acanalados, entre otros) y también para la creación de otras bobinas con espesores de hasta 1,9mm.

La lámina de acero decapada es ideal para aplicaciones donde la superficie esté libre de impurezas y óxidos: en la industria automotriz para partes no expuestas, flejes de alta resistencia, uso industrial para piezas con embutido severo, etc. Se producen aplicando un proceso termomecánico para reducción del espesor del planchón sobre altas temperaturas. Estos productos también sirven como entrada para la producción de productos laminados en frío. Utilizado para hacer tubo industrial, cuadrado, abierto, redondo grueso, de 1/2 “, 1”, 2” y 1*2”.

Los componentes y la cantidad utilizada para la fabricación de la lámina rolada en frío se muestran en la siguiente tabla:

Tabla II. Elementos

LÁMINA ROLADA EN CALIENTE	
Componente	Especificación (%)
Carbono	0,6
Silicio	0,2
Manganeso	2,4
Fósforo	0,014
Azufre	0,007

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Lámina rolada en caliente



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta 25 septiembre 2014.

2.3. Proceso de formación de tubos y perfiles

El proceso de formación de tubos y perfiles es la parte donde se lleva a cabo la producción de cada uno de los productos que se fabrican. Es el alma de la empresa y el área más importante de todas.

2.3.1. Etapas del proceso

Se subdivide en cuatro etapas, las cuales serán descritas a continuación.

2.3.1.1. Corte de lámina

En esta etapa del proceso el supervisor de cortadoras pasa a gerencia para solicitar que le proporcionen la planificación mensual y con ello solicitar la boleta de requisición de materia prima. Esta debe ir sellada y firmada por el gerente general, luego se dirigen al área de materia prima donde reciben las bobinas de lámina rolada en frío o caliente según la producción y la cantidad necesaria para cubrir la demanda.

Cuando ya se tienen las bobinas en el área de cortadoras estas son medidas y pesadas, los rollos de lámina pasan por unas cuchillas para que sean cortadas en tiras dependiendo del grosor del producto que se vaya a producir. Estas tiras de lámina pasan por una embobinadora para formar nuevos rollos de lámina, los cuales serán más delgados. Se encargan además de pesar las orillas, las cuales ya no se utilizan (estas son consideradas pérdida metálica). Estas tiras son almacenadas en las bodegas para ser trasladadas luego a las máquinas para su futuro procesamiento.

2.3.1.2. Formación de tubo industrial

El supervisor pasa a gerencia por el programa de producción, lo revisa y se lo proporciona al técnico y operadores de formadora, para que se dirijan al área de cortadoras a solicitar las tiras del tamaño y espesor según el producto que se fabricará.

La materia prima que se utiliza para la fabricación de tubería estructural (tubo bananero, tubería cerca galvanizada, tubería cuadrada, tubería de escape negro y tubería mecánica) son rollos de lámina rolada en caliente grado SAE⁶ 1008. A los rollos o tiras se les unen sus extremos (punta y cola) para formar una sola tira que es colocada en un acumulador para que posteriormente la tira pase a las torres de formación. En estas torres es donde la tira de lámina se va redondeando a través de varios rodillos hasta darle finalmente la forma de tubo.

Luego, pasa a una máquina soldadora de resistencia eléctrica (ERW) para soldar y unir la orilla de la lámina. Una vez soldado el tubo, pasa al tren de rectificación para darle el diámetro exterior exacto a través de rodillos dejando el tubo totalmente redondo. Por último, el tubo pasa a la máquina de corte para darle la longitud requerida, que generalmente es a seis metros, a excepción del tubo ducto, que es a tres metros, y el tubo bananero, que es a 6,10m ó 6,70m.

Después del corte, los tubos pasan a la mesa de botado, donde son preparados para su empaque, el cual consiste en colocar un fleje y un sello que permitirá mantener la tubería por atados. La cantidad de tubos por atado varía en función del diámetro. Una vez armados, los atados son llevados a la bodega de producto terminado.

2.3.1.3. Formación de tubo de cañería

La materia prima que se utiliza para la fabricación de cañería (ligera, mediana y cédula 40 -tipo pesada-) son rollos de lámina rolada en caliente grado SAE 1008.

⁶ Índice de clasificación de viscosidad de la *Society of Automotive Engineers*. Consulta: 20 octubre 2014.

El proceso de fabricación de la cañería, inicialmente, es similar al de la tubería, ya que los rollos de lámina pasan por la cortadora que formará las tiras o rollos de lámina de grosores más pequeños, las cuales serán transportadas hasta las mini bodegas que tiene cada máquina para realizar la unión de tiras.

Al quedar una sola tira, esta es enrollada en el acumulador, y pasa por las torres o molinos de formación, en los cuales se les va dando la forma deseada según las especificaciones del plan de producción. La forma se obtiene a través de unos rodillos. Luego pasan por la máquina soldadora para unir la orilla y, finalmente, a los molinos de rectificación, los cuales terminan de moldear el tubo para dejarlo con el diámetro exterior exacto. Por último, el tubo pasa a la máquina de corte, el cual es realizado por medio de cuchillas que le dan la longitud de seis metros a cada unidad.

Después del corte, la cañería es sometida a un proceso de galvanizado por inmersión en caliente, que consiste en pasar los tubos por una serie de tanques de preparación con soda cáustica, ácido y *flux*. Seguidamente, los tubos son trasladados por grúa al horno de galvanizado en donde se introducen los tubos para adherirles el zinc. Es importante que la temperatura del horno esté a 840 grados Fahrenheit, que es la temperatura exacta para el galvanizado.

Al salir los tubos del horno, son soplados con aire comprimido para dar un mejor acabado en la parte exterior e igualmente son soplados con vapor en la parte interna para eliminar cualquier exceso de zinc. Luego, los tubos pasan al área de roscadoras en donde se les hace la rosca en los extremos y, finalmente, se van a la bodega de producto terminado.

2.3.1.4. Formación de perfiles

La materia prima que se utiliza para la fabricación de costanera, también llamada perfil C, son rollos de lámina rolada en caliente grado SAE 1008. El proceso de fabricación de la costanera (perfil C), inicialmente, es similar al anterior, pasa por las cuchillas de la cortadora para darle el ancho a las tiras que se enrollarán en la embobinadora, las cuales serán transportadas a la máquina donde se fabrica la costanera. Unirán sus puntas por medio de soldadura autógena para posteriormente ser colocadas en el acumulador y la misma pasará por las torres de formación de la costanera (perfil c).

Por último, la costanera (perfil C) pasa a la máquina de corte, dándole una longitud de seis metros a cada unidad. Luego del corte se le adhiere anticorrosivo y finalmente se lleva a la bodega de producto terminado. Todas las costaneras producidas en la empresa van debidamente identificadas con una impresión en la que se indica el lugar de fabricación, la medida y el espesor.

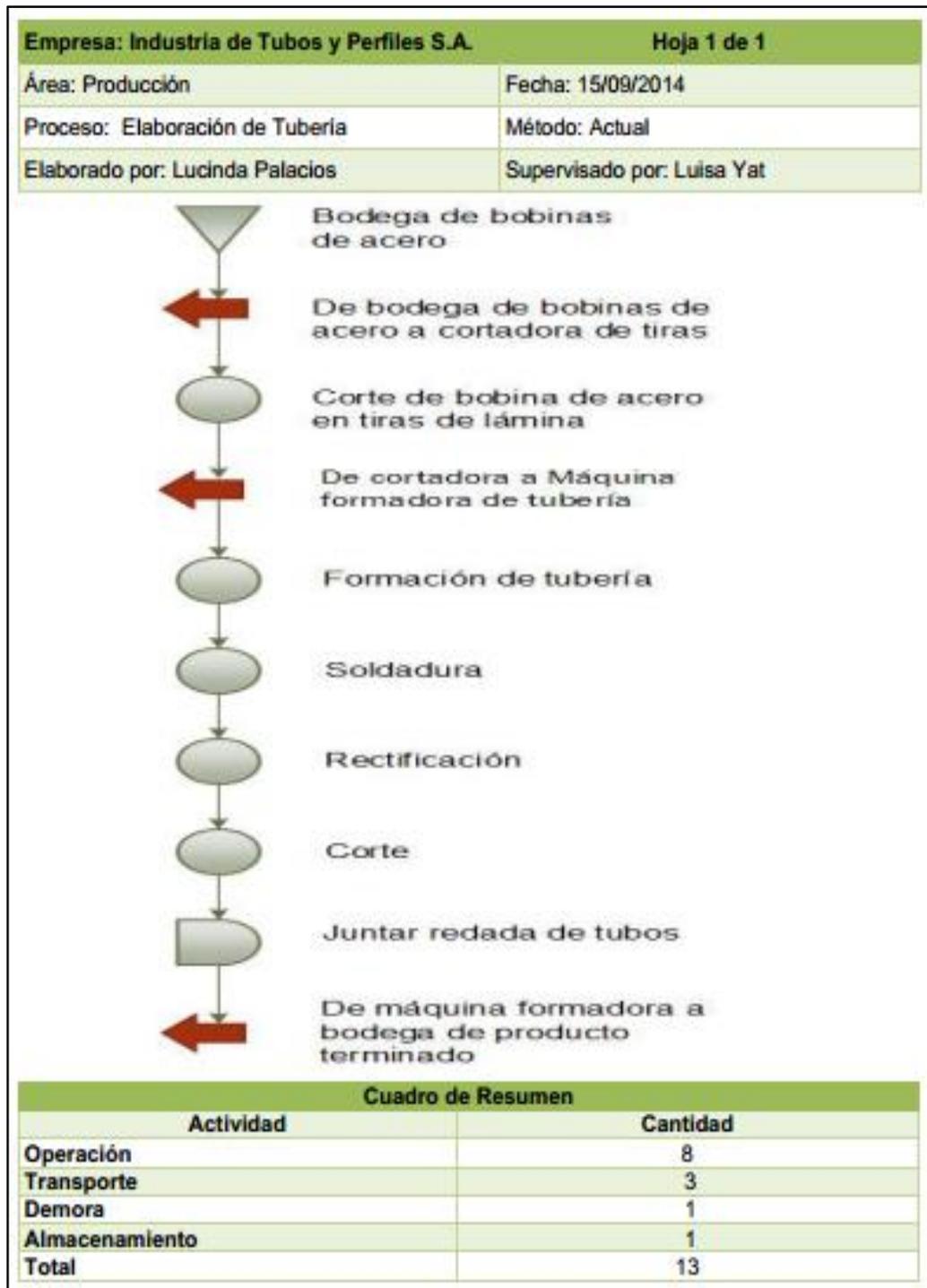
2.3.2. Diagrama del proceso actual

Figura 10. Proceso de formación de tubos de cañería



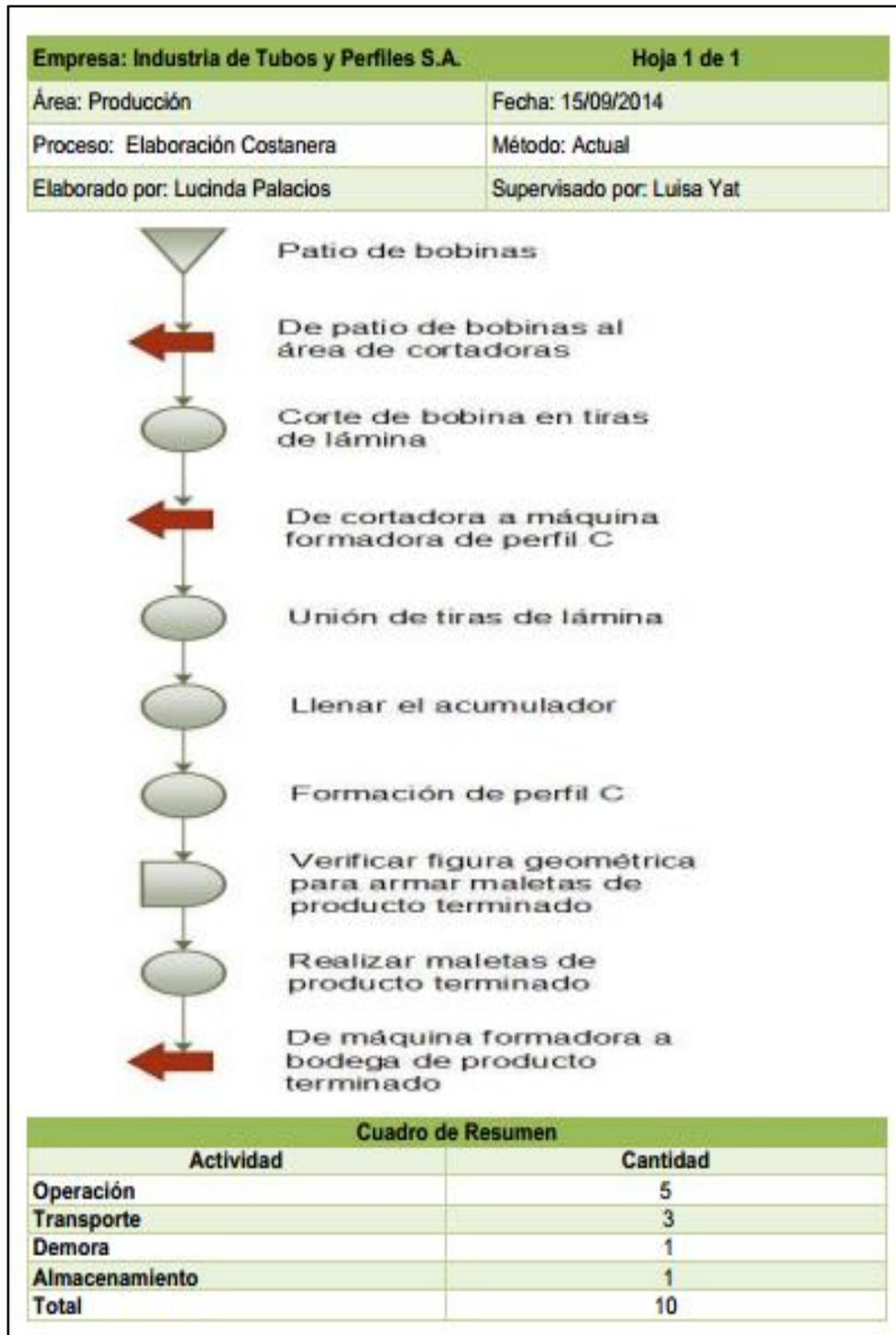
Fuente: elaboración propia.

Figura 11. Proceso de formación de tubo industrial y estructural



Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Proceso de formación de perfil C



Fuente: elaboración propia.

En estos diagramas, como se puede observar, no se colocan tiempos ni distancias, ya que es un proceso continuo, por lo que al momento de ingresar la tira al molino de formación de tubos, este no se detiene hasta el momento que sale el tubo formado.

2.3.3. Distribución de la planta

La planta Industria de Tubos y Perfiles S.A. se distribuye por áreas y departamentos que son:

- Área Administrativa
- Área de Recursos Humanos
- Área de Formadoras
- Área de Galvanizado
- Área de Seguridad Industrial
- Área de Talleres
- Área de Producción
- Área de Cortadoras
- Área de Costaneras
- Garita

Dichas áreas y departamentos se pueden observar en la imagen mostrada a continuación, en la cual también se muestra la ruta de evacuación y el punto de reunión en caso de ser necesario el desalojo de personas en el momento de una emergencia.

2.4. Ritmos de Producción Estándar (EPH)

A continuación se indicará y detallará la forma en la cual se calcularon los ritmos de producción horaria por máquina, y se hará una comparación de los que tienen actualmente contra los que se estudiaron a través de un año.

2.4.1. Comparativo real vrs actual para molino de formación de tubería marca Yoder modelo 35-1

Para el ritmo de producción horaria (EPH) real se tomaron los tiempos de corte, ya que las máquinas aun no contaban con los medidores de velocidad. La fórmula que se utilizó para calcularlos es la siguiente:

$$EPH_{real} = \frac{n \text{ tubos}}{tcorte_s * 3600s}$$

La fórmula anteriormente mencionada es utilizada para cada uno de los productos que se estudiaron, para luego calcular el EPH promedio por producto.

El ritmo de producción horaria actual fue determinado con base en la experiencia, y se tomó en cuenta la capacidad de las máquinas, sin embargo, no es un dato exacto y mucho menos específico para cada producto, ya que solo involucra al diámetro y a la figura, dejando de lado los diferentes espesores que existen para un mismo producto.

A continuación se mostrará la diferencia que existe entre el actual contra el calculado, con base en un año de producción:

Tabla III. **Cuadro comparativo actual vrs real Yoder 35-1**

Molino de Formación Marca Yoder Modelo 35-1		
Producto	EPH Real (tubos/hora)	EPH Actual (tubos/hora)
Diámetro ½"	116	276
Diámetro 4"	201	218
Diámetro 1 1/2"	374	273

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, los datos varían considerablemente del actual al real, lo que quiere decir que están trabajando más abajo o más arriba de la capacidad de los equipos.

2.4.2. Comparativo real vrs actual para molino de formación de tubería marca Yoder modelo 35-2

En este caso se está utilizando la misma fórmula utilizada en la máquina Yoder 35-1. Cabe mencionar que, aunque las máquinas son muy similares y ambas pueden fabricar el mismo tipo de producto, varían considerablemente, ya que la capacidad de soldadura de este modelo 35-2 es mucho menor al de la 35-1, por lo tanto los ritmos de producción cambiarían. Sin embargo, este modelo por lo general se utiliza para sacar tubo tipo estructural.

Tabla IV. Cuadro comparativo actual vrs real Yoder 35-2

Molino de Formación Marca Yoder Modelo 35-2		
Producto	EPH Real (tubos/hora)	EPH Actual (tubos/hora)
Sección 4*4	215	227
Sección 2*2	108	227
Sección 1 ½* 1 ½	224	227

Fuente: elaboración propia.

En este caso todos los ritmos de producción horaria están por debajo del actual. Sin embargo, no se puede concluir porque falta verificar cómo impacta esto en los indicadores.

2.5. Indicadores de molino de formación marca Yoder modelos 35-1 y 35-2

2.5.1. Porcentaje de utilización (%)

El porcentaje de utilización es calculado diariamente y la fórmula utilizada para calcularlo es la siguiente (cabe mencionar que la prueba se hizo en el mes de septiembre del presente año):

$$U = \frac{\text{tiempo útil (horas)}}{\text{tiempo programado total (horas)}}$$

Donde:

$$\text{tiempo útil (u)} = \frac{\text{producción real (TM)}}{\text{estándar de producción horaria } \left(\frac{TM}{\text{horas}}\right)}$$

$$\text{tiempo programado total (PM)} = \text{hrs calendario} - \text{hrs c.e.} - \text{hrs t.l.}$$

De donde:

Hrs calendario = son los días del mes * 24 horas.

c.e. = causa externa son todas las situaciones ajenas a la empresa, por ejemplo falta de energía eléctrica, inundaciones, terremotos, etc.

t.l.= tiempo libre, que son todas las horas que se dan por decisión de la empresa.

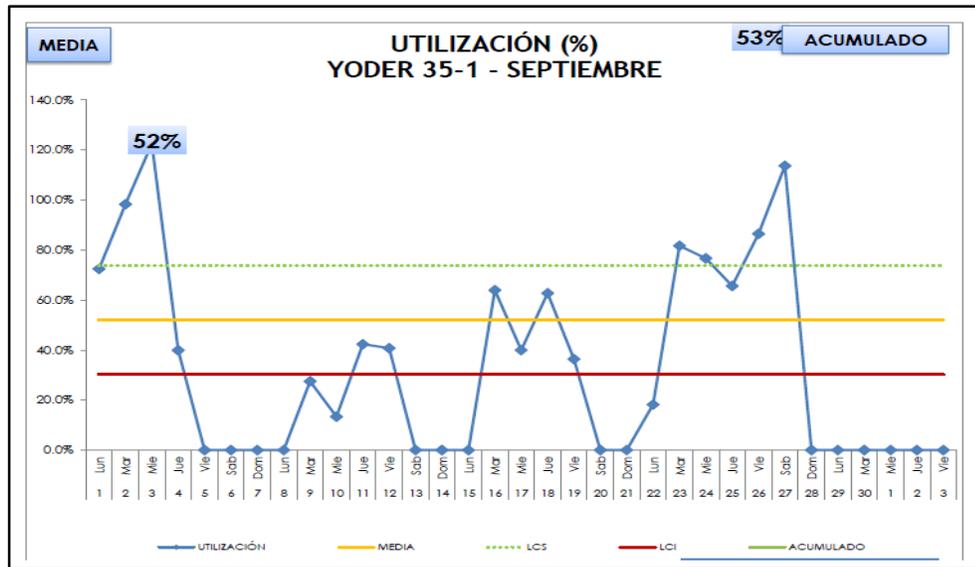
Tabla V. **Indicador de utilización**

(%) UTILIZACIÓN PARA MOLINO DE FORMACIÓN MARCA YODER		
EPH	MODELO 35-1	MODELO 35-2
Actual	52,88	50,47
Real	53,15	50,61

Fuente: elaboración propia.

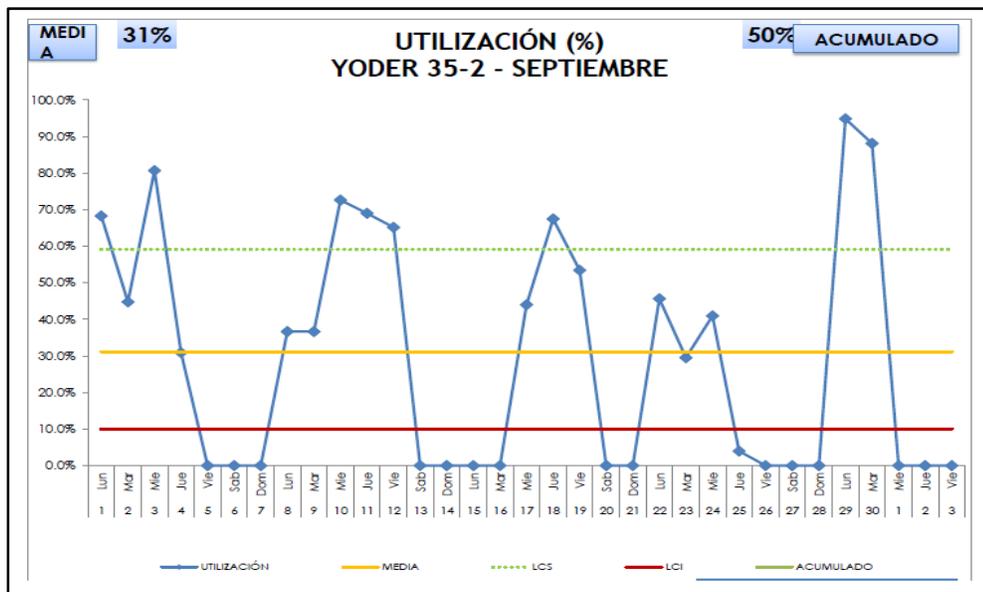
A continuación se presentan los gráficos de control para cada máquina del porcentaje de utilización, así en caso exista un punto fuera de control se pueda investigar la causa del mismo y evitar que siga sucediendo el mismo problema. Para estos gráficos se utiliza el EPH actual.

Figura 14. Gráfico de control (U) Yoder 35-1



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S. A. Consulta: 25 septiembre 2014.

Figura 15. Gráfico de control (U) Yoder 35—2



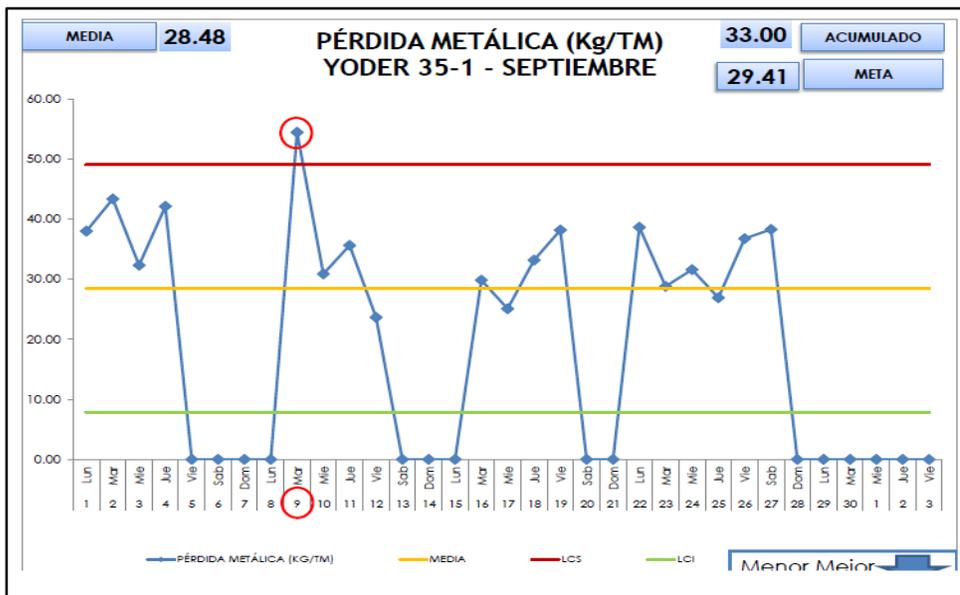
Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S. A. Consulta: 25 septiembre 2014.

2.5.2. Porcentaje de pérdida metálica (%)

Se mide en (kg/Tm), es decir, son los kilogramos de merma (orilla), rebaba, tiras defectuosas o tubo abierto, por cada tonelada buena producida, medidos en un mes. En este caso las pruebas fueron realizadas en el mes de septiembre.

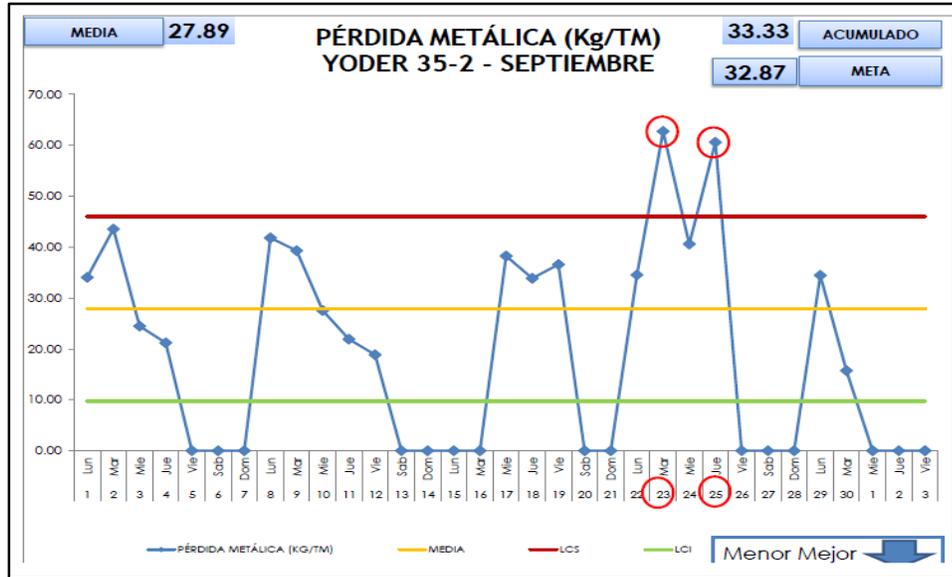
Cada máquina saca sus propios rollos de rebaba, tubo abierto y tubo defectuoso, los cuales, al finalizar el día, son llevados a la balanza para ser pesados y anotados para llevar un control de la pérdida metálica y así realizar la sumatoria al final del mes para saber cuánto fue el acumulado. Para ello se realiza un gráfico de control y, de esta manera, es posible hacer el estudio y determinar cuáles fueron las causas de los puntos que se encuentran fuera de control.

Figura 16. Gráfico de control PM Yoder 35-1



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S. A. Consulta: 01 octubre 2014.

Figura 17. Gráfico de control PM Yoder 35-2



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S. A. Consulta: 01 octubre 2014.

2.5.3. Porcentaje de interrupciones (%)

Las interrupciones son calculadas diariamente para al final del mes tener el recuento total del porcentaje de interrupciones realizadas. La fórmula utilizada es la siguiente:

$$I = \frac{\text{interrupciones (horas)}}{\text{tiempo programado para la producción (horas)}}$$

Donde:

Tiempo programado = horas programadas total – horas paradas programadas para la producción.

Tabla VI. **Indicador de interrupciones**

(%) INTERRUPCIONES PARA MOLINO DE FORMACIÓN MARCA YODER		
EPH ACTUAL	MODELO 35-1	MODELO 35-2
		20,36

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que el EPH en este indicador no afecta el resultado, por lo que se utilizará el actual. Para este indicador no se mostrará un gráfico de control, ya que, como se mencionó anteriormente, las interrupciones tienen varias subdivisiones y para cada una de ellas existe un gráfico. Se hace de esta manera para llevar un orden y estudiar la falla en el departamento adecuado.

2.6. Cuellos de botella

Para la máquina marca Yoder modelo 35-1, el cuello de botella detectado en el proceso de formación de tubos de cañería es la máquina en sí, específicamente el carro cortador que está formado a base de cuchillas.

Por lo general se fabrica tubos de 6 metros de largo y, al momento de llegar a esta medida, la punta del tubo llega a la banderilla, lo cual activa el corte, sin embargo, a pesar de los esfuerzos por mantener esta pieza en buen estado, siempre causa problemas, generando tubo defectuoso, de segunda, y que la máquina pare su proceso inclusive por semanas completas.

Por su parte, para la máquina marca Yoder modelo 35-2, el cuello de botella sigue siendo el mismo, es decir, la máquina es el problema, pero en este caso no es el carro de corte sino la etapa conocida como enhebrar la punta de la tira en los molinos de formación. Esto se debe a que las tiras, al momento de ser

pegadas con la soldadura, no quedaran bien selladas, o bien, a que los molinos de formación no estén bien colocados, que el calibre no sea el indicado o que la punta tope en el proceso.

2.7. Molino de formación de tubería marca Yoder modelo 20

2.7.1. Productos

Este tipo de maquinaria produce tipo industrial de diferentes diámetros y espesores. La tubería industrial puede ser utilizada en algunos casos para los carros transportadores en las fincas bananeras. En el presente trabajo de graduación no se estudiarán todos los diámetros producidos, solo los más importantes para la empresa.

2.7.2. Ritmos de producción

2.7.2.1. Actual

Este EPH es calculado con base en la experiencia y las capacidades totales de la máquina. A continuación se muestran los resultados obtenidos para cada producto:

Tabla VII. **Resultados EPH actual**

Molino de Formación Marca Yoder Modelo 20	
Producto	EPH Actual (tubos/hora)
Sección 1/2"	339
Sección 11"	339
Diámetro 5/8"	339

Fuente: elaboración propia.

2.7.2.2. Histórico

Para este cálculo se utilizó la producción real anotada en las boletas que entregan los colaboradores al momento de finalizar los turnos diariamente. En dichos reportes se anotan todos los cambios realizados y cuántos tubos sacaron para cada cambio de medida o bien de producto. La fórmula utilizada en la siguiente:

$$EPH HIST = \frac{\text{producción (unidades)}}{\text{tiempo útil (horas)}}$$

Los resultados obtenidos son:

Tabla VIII. **Resultados EPH histórico**

Molino de Formación Marca Yoder Modelo 20	
Producto	EPH Histórico (tubos/hora)
Sección ½"	505
Sección 1"	393
Diámetro 5/8"	505

Fuente: elaboración propia.

Cabe mencionar que se tomaron por diámetros y se hizo un promedio para abarcar cada uno de los diferentes espesores que se realizan para cada diámetro.

2.7.2.3. Real

La fórmula ya fue mostrada en la máquina anterior, por lo tanto, los resultados obtenidos son los siguientes:

Tabla IX. **Resultados EPH real**

Molino de Formación Marca Yoder Modelo 20	
Producto	EPH Actual (tubos/hora)
Sección ½"	487
Sección 1"	480
Diámetro 5/8"	486

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, los EPH real e histórico varían considerablemente en relación al actual, mientras que entre el real e histórico la diferencia es mínima.

2.7.3. Medición del proceso

- Porcentaje de utilización (U)

Se muestra a continuación la tabla con los resultados del indicador, uno calculado con el EPH actual y el otro con el real.

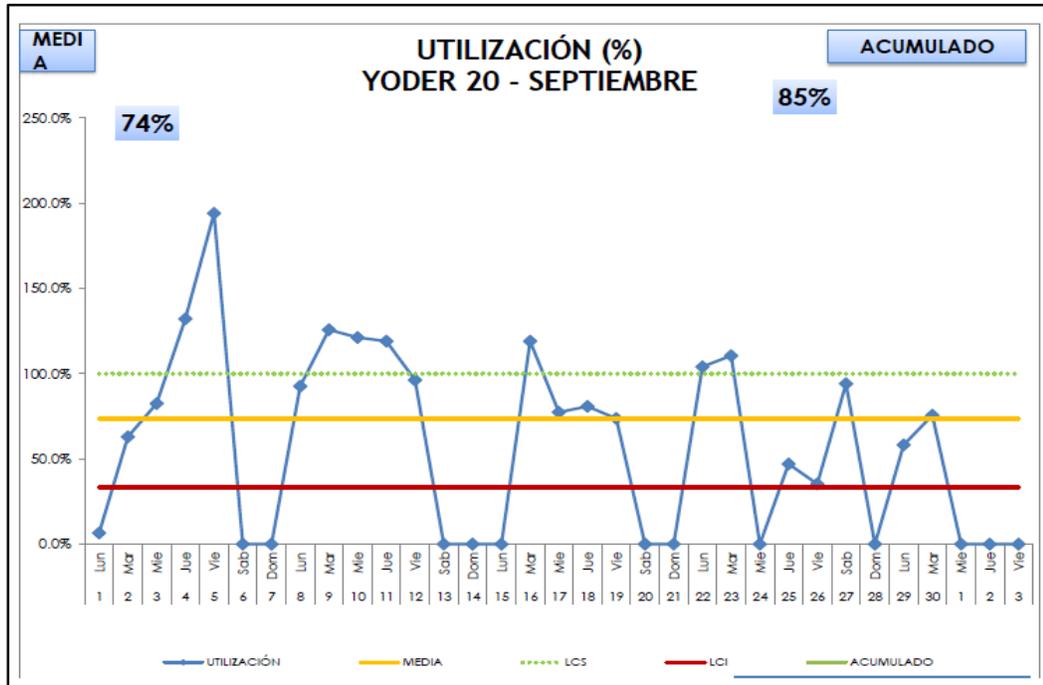
Tabla X. **Indicador de utilización**

(%) UTILIZACIÓN PARA MOLINO DE FORMACIÓN MARCA YODER MODELO 20	
EPH Actual	84,8
EPH Real	85,98

Fuente: elaboración propia.

Se mostrará a continuación un gráfico de control para especificar la manera en que se lleva a cabo el control de dicho indicador a lo largo del mes:

Figura 18. Gráfico de control (U) Yoder 20

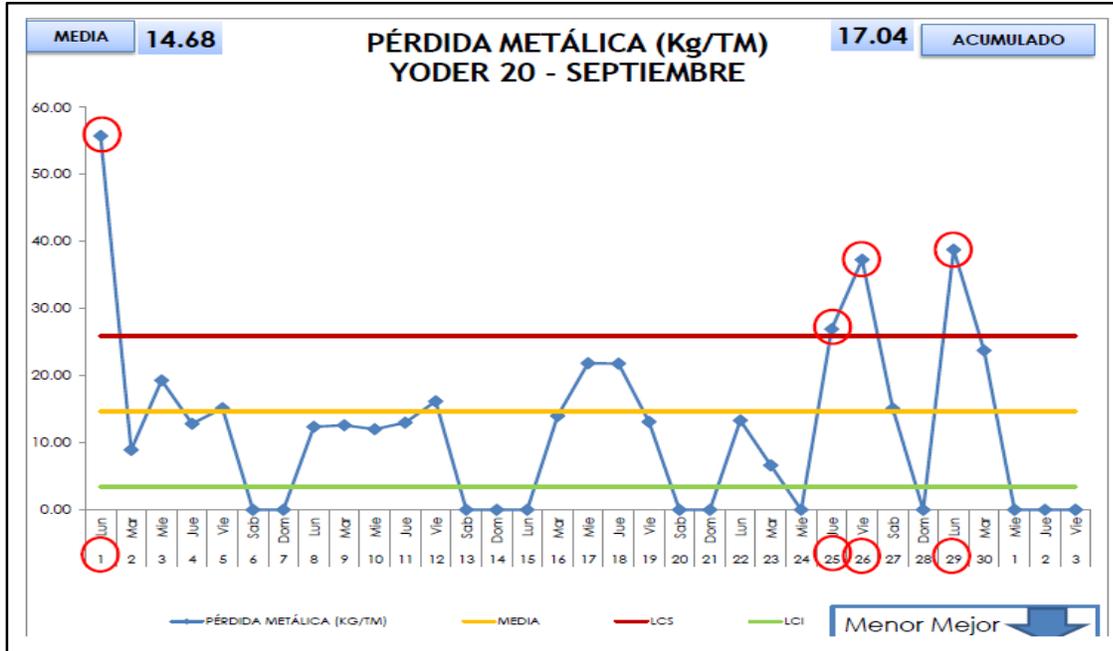


Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S. A. Consulta: 01 octubre de 2014.

- Porcentaje de Pérdida Metálica (PM)

Es la sumatoria total de todas las orillas, tubo defectuoso y rebaba que se presentan diariamente a lo largo de un mes. Se presenta en el gráfico de control, con el cual se estudian todos los puntos fuera de control para determinar por qué esos días tienen tanta pérdida y evitar con ello que se repitan.

Figura 19. Gráfico de control (PM) Yoder 20



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S. A. Consulta: 01 octubre 2014.

- Porcentaje de interrupciones (I)

La fórmula de este inciso fue mostrada anteriormente.

Tabla XI. Indicador de interrupciones

(%) INTERRUPCIONES PARA MOLINO DE FORMACIÓN MARCA YODER MODELO 20	
EPH Actual	24,09

Fuente: elaboración propia.

Lo que da como resultado un 24,09 % de interrupciones de tipo mecánicas y eléctricas a lo largo del mes.

2.7.4. Restricciones del proceso

El cuello de botella para la máquina marca Yoder modelo 20 es la máquina en sí, específicamente la etapa de pegacintas, es decir, al inicio del proceso, ya que si las tiras no van bien soldadas, se quiebran al momento de ingresar a los molinos de formación, o bien, al salir el tubo, este tiene desperfectos, lo cual provoca que el tubo sea considerado una pérdida metálica.

2.8. Molino de formación de tubería marca *American*

2.8.1. Productos

Esta máquina puede producir tubos de tipo industrial y estructural, siendo este último utilizado en el área de estructuras metálicas. Para esta sección se estudiarán dos secciones de tipo estructural y uno de tipo industrial.

2.8.2. Evaluación de estándares de producción

2.8.2.1. Actual

A continuación se mostrarán los resultados:

Tabla XII. **Actual**

Molino de Formación Marca <i>AMERICAN</i>	
Producto	EPH Actual (tubos/hora)
Sección 1"	273
Sección 1*2"	273
Sección 1 ½"	273

Fuente: elaboración propia.

Esta máquina maneja los mismos EPH que la marca Yoder modelo 35-1 y, de igual manera, fueron tomados con base en la experiencia.

2.8.2.2. Real

Tabla XIII. **Resultados reales**

Molino de Formación Marca <i>AMERICAN</i>	
Producto	EPH Real (tubos/hora)
Sección 1"	336
Sección 1*2"	315
Sección 1 ½"	313

Fuente: elaboración propia.

Estos datos se sacaron midiendo el tiempo de corte de la máquina, ya que no se contaba aún con un medidor de velocidad. La fórmula fue indicada en incisos anteriores.

2.8.2.3. Comparación real versus actual

Tabla XIV. Cuadro comparativo

Comparativo EPH Actual vs Real. Molino de Formación Marca AMERICAN		
Producto	EPH Actual	EPH Real
Sección 1"	273	336
Sección 1*2"	273	315
Sección 1 ½"	273	313

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, los EPH varían considerablemente en más de un 50 %, por lo que se puede decir que están trabajando por debajo de la capacidad real de las máquinas.

2.8.3. Evaluación del proceso de producción

2.8.3.1. Porcentaje de utilización (%)

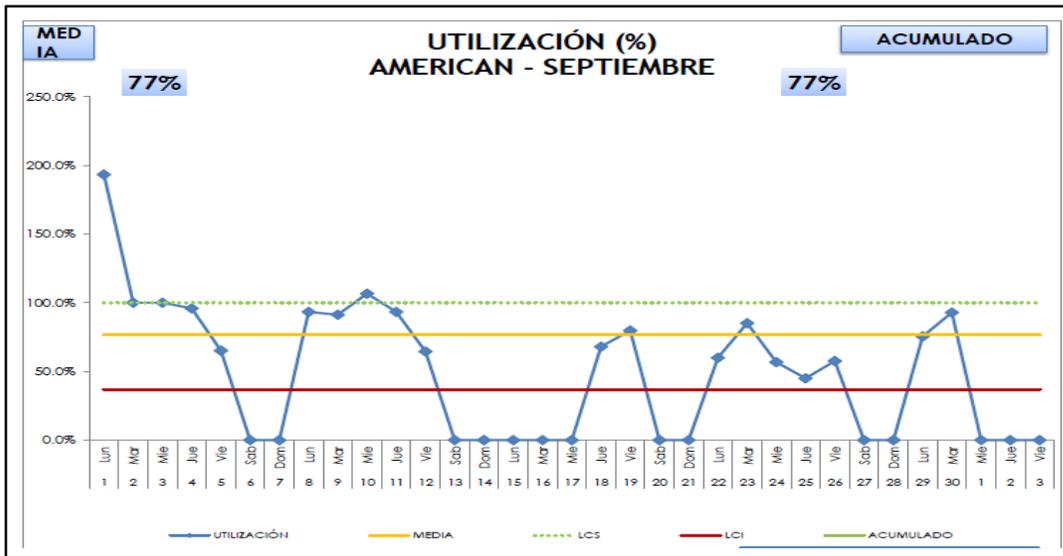
A continuación se mostrará la tabla con los resultados obtenidos:

Tabla XV. **Indicador de utilización**

(%) UTILIZACIÓN PARA MOLINO DE FORMACIÓN MARCA AMERICAN	
EPH Actual	77,48
EPH Real	78,15

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Gráfico de control (U) AMERICAN**

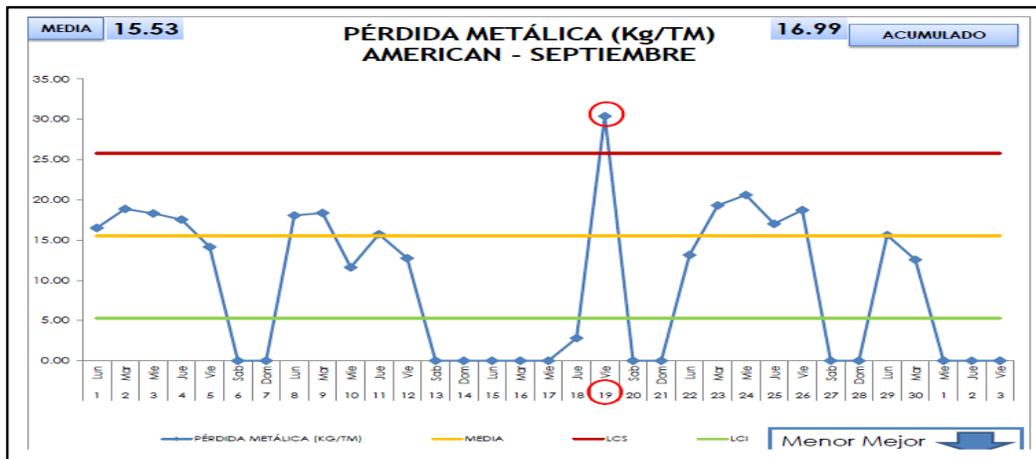


Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S. A. Consulta: 01 octubre 2014.

Esta es la manera en que se lleva un control de cómo va subiendo o bajando la utilización, y de estudiar los puntos fuera de control.

2.8.3.2. Porcentaje de pérdida metálica (%)

Figura 21. Gráfico de control (PM) AMERICAN



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta: 01 octubre 2014.

Se puede observar que solo hay un punto fuera de control, por lo que esta es una de las máquinas más estables y la que menos genera pérdida metálica.

2.8.3.3. Porcentaje de interrupciones (%)

Tabla XVI. Indicador Interrupciones

(%) INTERRUPCIONES PARA MOLINO DE FORMACIÓN MARCA AMERICAN	
EPH Actual	5,82

Fuente: elaboración propia.

Esta máquina tiene muy pocas interrupciones, solo posee un 5,82 % de fallas tanto eléctricas como mecánicas.

2.8.4. Cuello de botella

En la máquina marca *American*, la restricción del proceso es la misma que se detectó anteriormente, siendo esta la máquina en sí, específicamente la etapa de soldadura la que genera los mayores problemas, ya que el chorro de soldadura no recubre todo el tubo, por lo que sale abierto de algunas partes, lo que impide que la producción continúe.

3. PROPUESTA PARA MEJORAR LA PRODUCTIVIDAD EN LA INDUSTRIA DE TUBOS

En este capítulo se incluirá el medidor de velocidad en cada una de las máquinas, se tomarán mediciones y se calcularán datos como tubos defectuosos, cantidad de rebaba, orilla y unidades defectuosas que cada una de las máquinas produce durante un mes, por lo que los incisos son repetitivos, cambiando únicamente la medida para cada una.

3.1. Medidor de velocidad real

El medidor que se colocará en cada una de las máquinas es el *CUB5*. Este se escogió con base en la experiencia del jefe de producción y también con base en algunas recomendaciones brindadas por parte de los proveedores. Con este medidor se pretende monitorear de mejor manera las velocidades que se establecerán para cada máquina y dependiendo del producto que se esté fabricando.

3.1.1. Funcionamiento

CUB5 es fácil de usar, ya que brinda al usuario la máxima flexibilidad para ser programado y para transmitir la información, ya que este puede ser programado como un contador simple o doble con su tasa de capacidad. La pantalla se activa de forma manual o automática.

El contador se puede programar para uno de los ocho diferentes modos de conteo, cuando está programado como contador dual. Cada contador tiene un

factor de escala independiente y puntos decimales, en el indicador cada tasa tiene su propia escala y punto de lectura de los decimales en las diferentes unidades de ingeniería. El medidor tiene dos entradas independientes que proporcionan diferentes funciones, dependiendo de qué modo de funcionamiento se selecciona. Una entrada acepta la señal de recuento y/o la velocidad, mientras que la entrada dos acepta la señal para el control de la dirección.

La capacidad del *CUB5* se puede ampliar fácilmente con la adición de una tarjeta. Este puede ser alimentado desde una opción *Red Lion Micro-Lion / Sensor (MLPS)*, que se conecta directamente a la parte posterior del medidor de velocidad, los (*MLPS*) se alimentan desde 85 A 250 V en AC y proporcionan hasta 400 μ A para impulsar los sensores.

Si el equipo se utiliza de una manera no especificada por el fabricante, la protección proporcionada por el equipo puede verse afectada. No se debe utilizar este medidor para comandar directamente los motores, válvulas u otros que no estén equipados con garantías, ya que puede ser dañino para las personas y maquinarias.

3.1.2. Costo

Después de que el departamento de compras realizó las cotizaciones necesarias, y de que el gerente general de la planta aprobara el presupuesto, se compraron los medidores de velocidad *CUB 5*, teniendo un costo de Q. 1 450,00 cada uno, los cuales serán instalados en las máquinas Yoder 35-1, Yoder 35-2 y Yoder 20, para evaluar y llevar el control de las velocidades en cada producción.

3.2. Tubería mecánica

3.2.1. Toma de tiempos de corte

Para este inciso en particular, de todo el proceso únicamente interesa saber cuál es el tiempo promedio de corte que tiene cada tubo en la etapa presente. Sin embargo, es necesario determinar cuál de los tipos de cronometraje se utilizará. Las formas en las que se pueden medir los tiempos son: método continuo o acumulativo (en este el cronómetro funciona de forma interrumpida durante la evaluación; se pone en marcha desde el primer tiempo y no se detiene hasta acabar con el estudio); método vuelta a cero (en este los tiempos se toman directamente al acabar cada uno de los elementos que se analizan, por lo que el cronómetro se colocará en cero al terminar la tarea y se reiniciará tantas veces sea necesario). Para este inciso en particular se utilizará el cronometraje con vuelta a cero.

Es importante también determinar el tamaño de la muestra que se medirá. Para ello existen dos alternativas: método estadístico, en el cual se requiere se efectúen cierto número de observaciones de forma preliminar para luego utilizar la siguiente fórmula:

$$n = \left(\frac{\sqrt[4]{n' \sum x^2 - \sum(x)^2}}{\sum x} \right)^2$$

Donde

n = tamaño de la muestra

n' = número de observaciones de la muestra preliminar

\sum = suma de valores

X = valor de las observaciones

40 = constante para un nivel de confianza del 94.45 %

O bien, el método tradicional, que consiste en realizar una muestra tomando 10 lecturas si los ciclos son ≤ 2 min, y 5 lecturas en el caso que los ciclos sean ≥ 2 . Esto se debe al nivel de confiabilidad, ya que entre más grandes sean los tiempos existe mayor probabilidad de error. Seguidamente se calcula el rango de tiempos de ciclos, es decir, restar el tiempo mayor con el tiempo menor, y finalmente se calcula la media aritmética dada por la siguiente fórmula:

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

Donde:

$\sum x$ = sumatoria de tiempos de muestra

N = número de ciclos tomados

Seguidamente se calculará el cociente entre rango y la media para buscar el cociente en la tabla donde se encontrará el número de observaciones a realizar, para obtener un nivel de confianza del 95 % y un nivel de precisión del ± 5 %.

Tabla XVII. Cálculo del número de observaciones

R/x	5	10	R/x	5	10
0	0	0	0.48	68	39
0.01	1	1	0.50	74	42
0.02	1	1	0.52	80	46
0.03	1	1	0.54	86	49
0.04	1	1	0.56	93	53
0.05	1	1	0.58	100	57
0.06	1	1	0.60	107	61
0.07	1	1	0.62	114	65
0.08	1	1	0.64	121	69
0.09	1	1	0.66	129	74
0.10	3	2	0.68	137	78
0.12	4	2	0.70	145	83
0.14	6	3	0.72	153	88
0.16	8	4	0.74	162	93
0.18	10	6	0.76	171	98
0.20	12	7	0.78	180	103
0.22	14	8	0.80	190	108
0.24	13	10	0.82	199	113
0.26	20	11	0.84	209	119
0.28	23	13	0.86	218	126
0.30	27	15	0.88	229	131
0.32	30	17	0.90	239	138
0.34	34	20	0.92	250	143
0.36	38	22	0.94	261	149
0.38	43	24	0.96	273	156
0.40	47	27	0.98	284	162
0.42	52	30	1.00	296	169
0.44	57	33	1.02	303	173
0.46	63	36	1.04	313	179

Fuente: *Estudio de tiempos*. www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/c%C3%A1culo-del-n%C3%BAmero-de-observaciones/. Consulta: 01 octubre 2014.

3.2.1.1. Diámetro ½”

Para los siguientes incisos se establece un tamaño de muestra de 20, ya que el tiempo del proceso es bastante extenso y las muestras son muy grandes, por lo que para motivos de reportes solo se registrarán dicha cantidad de datos.

Tabla XVIII. Tiempo de corte de diámetro 1/2"

Departamento:	Producción		Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	Yoder 35 - 1	Término
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	8:00 a.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Candido López
Pieza:	Tubo de 1/2"		Fecha:	15/09/2015
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	7.9
2	7.9
3	7.9
4	8.0
5	7.6
6	7.3
7	7.8
8	7.9
9	7.3
10	7.6
11	7.9
12	7.9
13	8.0
14	7.9
15	7.9
16	7.9
17	8.0
18	7.9
19	7.9
20	7.9

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 7,9 segundos.

3.2.1.2. Diámetro 4”

Tabla XIX. Tiempo de corte de diámetro 4”

Departamento:	Producción		Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	Yoder 35 - 1	Término
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	8:00 a.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Candido López
Pieza:	Tubo de 4”		Fecha:	16/09/2015
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	23.4
2	22.5
3	21.9
4	22.0
5	23.1
6	23.0
7	22.5
8	22.0
9	22.9
10	22.9
11	22.5
12	22.0
13	23.1
14	23.0
15	22.5
16	22.0
17	23.1
18	22.8
19	22.9
20	22.9

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 22,6 segundos.

3.2.1.3. Diámetro 1 1/2”

Tabla XX. Tiempo de corte de diámetro 1 1/2 “

Departamento:	Producción		Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	Yoder 35 - 1	Término
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	8:00 a.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Candido López
Pieza:	Tubo de 1 1/2"		Fecha:	16/09/2015
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	9.07
2	9.07
3	9.05
4	9.20
5	8.99
6	8.98
7	9.03
8	9.04
9	9.00
10	8.98
11	9.05
12	9.00
13	9.05
14	8.99
15	8.98
16	9.03
17	9.04
18	9.00
19	9.10
20	9.12

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 9,00 segundos.

3.2.2. Indicador de pérdida metálica (kg/Tm)

Para este punto en particular se evaluó un mes de producción, con el fin de determinar, al finalizar, de cada producción cuántos tubos de segunda se produjeron; si esto se dio por unión de tiras, porque el tubo salió abierto, o bien, si es problema de rebaba, para determinar a cuántos kilogramos equivalen dichos datos y al final obtener el promedio. Lo mismo se realizará para cada inciso.

Tabla XXI. **Pérdida metálica (kg/Tm) de sección ½”**

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Espesor (mm)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	7.00	91.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	69.00	0.00	Segunda	Tubo Abierto
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	49.00	1200.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	186.00	0.00	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	186.00	3701.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	399.00	0.00	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	96.00	2518.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1/2	1.90	225.00	0.00	Segunda	Unión de Tiras

Fuente: elaboración propia.

Total Kg promedio = 152,13.

Tabla XXII. Pérdida metálica (kg/Tm) de sección 4”

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Espesor (mm)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
Yoder 35 -1	Ligero Negro	4	3.00	53.00	540.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	4	3.00	1078.00	0.00	Segunda	Tubo Abierto
Yoder 35 -1	Ligero Negro	4	3.60	32.00	321.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	4	3.60	424.00	0.00	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 35 -1	Ligero Negro	4	3.60	0.00	259.00		No Aplica

Fuente: elaboración propia.

Total Kg promedio = 396,75

Tabla XXIII. Pérdida metálica (kg/Tm) de sección 1 ½”

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Espesor (mm)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1 1/2	2.70	136.00	2400.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1 1/2	2.70	980.00	0.00	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1 1/2	2.70	76.00	1164.00	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 35 -1	Ligero Negro	1 1/2	2.70	642.00	0.00	Segunda	Unión de Tiras

Fuente: elaboración propia.

Total kg promedio = 397,3.

3.3. Tubería estructural

3.3.1. Determinación de tiempos de corte por producto

3.3.1.1. Sección 4*4

Tabla XXIV. Tiempo de corte de sección 4*4

Departamento:	Producción		Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina Yoder 35 - 2	Término	10:00 a.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	11:00 a.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Edras Coló
Pieza:	Tubo de 4*4"		Fecha:	16/09/2015
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	37.96
2	34.65
3	30.4
4	30.15
5	30.14
6	28.6
7	30
8	27.9
9	29.3
10	29.3
11	30
12	30.6
13	29.3
14	30.14
15	30.4
16	30.15
17	30.14
18	28.6
19	30.1
20	30.2

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 16,3 segundos.

3.3.1.2. Sección 2*2

Tabla XXV. **Tiempo de corte de sección 2*2**

Departamento:	Producción		Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina Yoder 35 - 2	Término	10:00 a.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	11:00 a.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Edras Coló
Pieza:	Tubo de 2*2"		Fecha:	16/09/2014
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	19.7
2	18.3
3	15.5
4	15.5
5	15
6	17.24
7	16.67
8	16.67
9	16.64
10	16
11	16
12	15.85
13	15.85
14	15.85
15	16.48
16	16.5
17	16.36
18	15.88
19	15.8
20	16.00

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 16,3 segundos.

3.3.1.3. Sección 1/2* 1/2

Tabla XXVI. Tiempo de corte de sección 1/2 * 1/2

Departamento:	Producción		Estudio No.	1	
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1	
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	Yoder 35 - 2	Término	3:00 p.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	4:00 p.m.	
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Ezequiel Coló	
Pieza:	Tubo de 1/2" 1/2"		Fecha:	22/09/2014	
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios	

#	Tiempo (s)
1	23
2	23
3	22.8
4	22.6
5	23.1
6	23.14
7	23
8	22.9
9	22.9
10	23
11	22.8
12	22.9
13	23
14	23
15	23.1
16	23.15
17	22.8
18	22.6
19	23.1
20	23

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 25,6 segundos.

3.3.2. Medición de tubos

A continuación se muestra una tabla en la cual están colocados los datos que se necesitan para calcular los subincisos siguientes, tomando en cuenta que se colocaron para las tres secciones anteriores:

Tabla XXVII. Informativa

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Longitud	Tipo de Pérdida Metálica	Característica	Característica
Yoder 35 -2	Ligero Negro	4*4	53.00	540.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	4*4	1078.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	Unión de Tiras
Yoder 35 -2	Ligero Negro	4*4	32.00	321.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	4*4	424.00	0.00	6.00	Segunda	Unión de Tiras	Tubo Abierto
Yoder 35 -2	Ligero Negro	4*4	0.00	259.00	6.00		No Aplica	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	54.00	900.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	749.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	Tubo Oxidado
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	83.00	1380.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	1007.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	Unión de Tiras
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	80.00	1093.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	853.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	Por Lámina Oxidada
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	94.00	1141.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	825.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	Tubo Abierto
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	40.00	671.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	942.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	36.00	424.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	2*2	348.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	Por Lámina Oxidada
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	7.00	91.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	69.00	0.00	6.00	Segunda	Tubo Abierto	Unión de Tiras
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	49.00	1200.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	186.00	0.00	6.00	Segunda	Unión de Tiras	Tubo Abierto
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	186.00	3701.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	399.00	0.00	6.00	Segunda	Unión de Tiras	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	96.00	2518.00	6.00	Rebaba	Rebaba Exterior	
Yoder 35 -2	Ligero Negro	1/2	225.00	0.00	6.00	Segunda	Unión de Tiras	Por Lámina Oxidada

Fuente: elaboración propia.

3.3.2.1. Longitud (m)

Los datos mostrados en la tabla anterior fueron recopilados durante un mes completo de producción, en este caso tanto para la sección 4*4", como para las 2*2" y ½* ½", la medida del tubo en metros oscila entre los 5,98 a 6,03, tomando como promedio 6 metros, que es la medida estándar que deben tener. Cabe mencionar que todo el tubo que tenga menos de esa medida es rechazado y cae como tubo de segunda o se va a la etapa de reproceso. Cuando el tubo es más grande de 6 metros y no tiene aberturas, se corta a la medida establecida de forma manual, aunque en este caso se corre el riesgo de que el corte no sea parejo.

3.3.2.2. Tubos de segunda (kg)

Se calculará la cantidad de kilogramo promedio para cada sección, quedando la información de la siguiente manera:

- Sección 4*4"
Kg Promedio = 751
- Sección 2*2"
Kg Promedio = 787
- Sección ½* ½"
Kg Promedio = 220

Lo que indica que, en la tubería estructural, la cual es producida por la máquina Yoder 35-2, el que representa la mayor cantidad de tubos de segunda es el tubo con una sección de 2*2" con 787 kg, y el que genera menos es la

sección $\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ ". Esto representa una pérdida parcial para la empresa, ya que este tubo sí se puede vender pero no al mismo precio, ya que no cumple con las normas establecidas.

3.3.2.3. Defectuosos (unidades)

De la tabla obtenemos la siguiente información:

- Sección 4*4"

Kg totales de pérdida metálica = 1 587

Se sabe que el peso por unidad en kg es de 5,81, por lo que para saber la cantidad de tubos defectuosos se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{1587}{5.81} = 273 \text{ unidades defectuosas}$$

Lo que indica que un 24 % de la producción, no importando la causa, sale defectuosa.

- Sección 2*2"

Kg totales de pérdida metálica = 5 111

Entonces:

$$\frac{5111}{5.81} = 880 \text{ unidades defectuosas}$$

Lo que indica que un 16 % de la producción, no importando la causa, sale defectuosa.

- Sección 1/2*1/2"

Kg totales de pérdida metálica = 1 587

Entonces:

$$\frac{1217}{5.81} = 209 \text{ unidades defectuosas}$$

Lo que indica que un 3 % de la producción. no importando la causa. sale defectuosa.

3.3.2.4. Orilla (kg)

A continuación se muestra la tabla con la información para calcular el promedio de kilogramos que se obtienen de pérdida por causa de la orilla en un mes de producción. Dicha información se saca de la máquina cortadora que es la responsable de cortar la bobina madre en tiras, las cuales después serán transformadas en tubos.

Tabla XXVIII. Pérdida metálica por orilla

Máquina	Producto	Pérdida Metálica (KG)	Tipo de Pérdida Metálica (KG)	Característica
Cortadora 2	Lámina Caliente	566.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	524.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	344.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	313.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	484.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	473.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	463.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	106.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	451.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	313.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	656.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	917.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	858.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	1041.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	788.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	89.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	117.00	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	822.00	Merma	Orilla de Bobina

Fuente: elaboración propia.

3.3.2.5. Rebaba (kg)

Se calculará la cantidad de kilogramos promedio para cada sección, quedando la información de la siguiente manera:

- Sección 4*4”
Kg Promedio = 43
- Sección 2*2”
Kg Promedio = 65
- Sección 1/2* 1/2”
Kg Promedio = 85

Lo que indica que, en la tubería estructural, la cual es producida por la máquina Yoder 35-2, el que representa la mayor cantidad de rebaba es el tubo de sección 1/2*1/2” con 85 kg, y el que genera menos es la sección 4*4”.

3.3.2.6. Tiras defectuosas (kg)

Se calculará la cantidad de kilogramo promedio para cada sección, quedando la información de la siguiente manera:

- Sección 4*4”
Kg Promedio = 0

No se obtuvieron registros durante el mes.

- Sección 2*2”

Kg Promedio = 694

En esta parte se incluye el tubo y láminas oxidadas, ya que esto ocurre dado que la bobina madre se encuentra dañada, ya sea al inicio, en medio o al final del rollo.

- Sección 1/2* 1/2“

Kg Promedio = 0

No se obtuvieron registros durante el mes.

3.4. Tubería industrial

3.4.1. Tiempos de corte para productos:

3.4.1.1. Sección 1/2”

Se muestra la tabla en la siguiente página.

Tabla XXIX. **Tiempo de corte de sección 1/2"**

Departamento:	Producción			Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo			Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	Yoder 20	Término	10:00 a.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro			Comienzo	11:00 a.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero			Operario:	Edras Coló
Pieza:	Tubo de 1/2" 1/2"			Fecha:	18/09/2014
Material:	Lámina Rolada en Caliente			Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	8.5
2	8.38
3	8.23
4	7.19
5	7.19
6	7.19
7	7.19
8	7.19
9	7.19
10	7.19
11	7.19
12	7.3
13	7.3
14	7.3
15	7.3
16	7.3
17	7.3
18	7.3
19	7.3
20	7.3

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 7,4 segundos.

3.4.1.2. Sección 1”

Tabla XXX. Tiempo de corte de sección 1”

Departamento:	Producción		Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	Yoder 20	Término
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	09:00 a.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Byron Quinteros
Pieza:	Tubo de 1”		Fecha:	18/09/2014
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	8
2	8
3	8
4	7.98
5	7.98
6	7.9
7	7.99
8	8.01
9	8
10	8
11	7.98
12	7.96
13	8.01
14	8.02
15	7.98
16	7.99
17	8
18	8
19	8
20	8

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 7,9 segundos.

3.4.1.3. Diámetro 5/8”

Tabla XXXI. Tiempo de corte de diámetro 5/8”

Departamento:	Producción		Estudio No.	1	
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1	
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	Yoder 20	Término	5:00 a.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	3:00 a.m.	
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Byron Quinteros	
Pieza:	Tubo de 5/8”		Fecha:	17/09/2015	
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios	

#	Tiempo (s)
1	7.3
2	7.6
3	7.6
4	7.6
5	7.5
6	7.5
7	7.5
8	7.4
9	7.5
10	7.2
11	7.6
12	7.6
13	7.5
14	7.5
15	7.4
16	7.5
17	7.2
18	7.3
19	7.3
20	7.8

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio = 7,47 segundos.

3.4.2. Indicador de pérdida metálica (kg/Tm)

Tabla XXXII. Pérdida metálica (kg/Tm) de sección 1/2"

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Espesor (mm)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
Yoder 20	Industrial Cuadrado	1/2 I	0.8	19	900	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Cuadrado	1/2 I	0.8	76	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Industrial Cuadrado	1/2 I	0.8	53	4050	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Cuadrado	1/2 I	0.8	68	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Industrial Cuadrado	1/2 I	0.8	12	1058	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Cuadrado	1/2 I	0.8	7	0	Segunda	Unión de Tiras

Fuente: elaboración propia.

Total Kg promedio = 39,17

Tabla XXXIII. Pérdida metálica (kg/Tm) de sección 1"

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Espesor (mm)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	53	1600	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	186	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	36	1200	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	212	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	97	3200	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	171	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	10	211	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	40	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	43	1768	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	269	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	81	2570	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Cuadrado Estructural	1	1.2	201	0	Segunda	Unión de Tiras

Fuente: elaboración propia.

Total kg promedio = 116,58.

Tabla XXXIV. Pérdida metálica (kg/Tm) de sección 5/8”

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Espesor (mm)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.9	9	239	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.9	23	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.9	26	3524	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.9	44	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.9	9	762	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.8	13	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.8	57	4318	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.8	61	0	Segunda	Unión de Tiras
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.8	4	391	Rebaba	Rebaba Exterior
Yoder 20	Industrial Redondo	5/8 I	0.8	14	0	Segunda	Unión de Tiras

Fuente: elaboración propia.

Total kg promedio = 26

3.5. Tubería industrial o estructural

3.5.1. Toma de tiempos de corte para productos:

3.5.1.1. Sección 1 ½ ”

Se muestra la tabla en la siguiente página.

Tabla XXXV. Tiempo de corte de sección 1 ½”

Departamento:	Producción		Estudio No.	1	
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1	
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	American	Término	4:00 a.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	2:00 a.m.	
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Ezequiel Par	
Pieza:	Tubo de 1 1/2"		Fecha:	17/09/2014	
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios	

#	Tiempo (s)
1	11.6
2	12.21
3	11.78
4	11.78
5	11.6
6	11.63
7	11.5
8	11.5
9	11.5
10	11.5
11	11.3
12	11.5
13	11.65
14	11.25
15	11.47
16	11.28
17	11.3
18	10.75
19	11.25
20	11

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio de corte = 11,47 segundos.

3.5.1.2. Sección 1 * 2

Tabla XXXVI. Tiempo de corte de sección 1*2”

Departamento:	Producción		Estudio No.	1	
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1	
Estudios de Métodos No.	1	Máquina	American	Término	5:00 a.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	3:00 a.m.	
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Ezequiel Par	
Pieza:	Tubo de 1”2”		Fecha:	17/09/2014	
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios	

#	Tiempo (s)
1	11.75
2	11.94
3	11.78
4	11.5
5	11.4
6	11.5
7	11.5
8	11.45
9	11.35
10	11.4
11	11.45
12	11.35
13	11.45
14	11.5
15	11.3
16	11.6
17	11.5
18	11.7
19	11.4
20	11.44

Fuente: elaboración propia.

Tiempo de corte promedio = 11,51 segundos.

3.5.1.3. Sección 1”

Tabla XXXVII. Tiempo de corte de sección 1”

Departamento:	Producción		Estudio No.	1
Operación:	Corte de Tubo		Hoja No.	1 de 1
Estudios de Métodos No.	1	Máquina American	Término	3:00 p.m.
Herramientas y Calibradores:	Cronómetro		Comienzo	1:00 p.m.
Método Utilizado:	Vuelta a Cero		Operario:	Byron Quinteros
Pieza:	Tubo de 1”		Fecha:	17/09/2014
Material:	Lámina Rolada en Caliente		Observador:	Lucinda Palacios

#	Tiempo (s)
1	10.65
2	11.07
3	11
4	11.09
5	10.95
6	11.12
7	10.75
8	11.22
9	10.85
10	11.15
11	10.8
12	10.85
13	10.8
14	10.85
15	10.59
16	10.8
17	10.85
18	10.8
19	11.03
20	10.7

Fuente: elaboración propia.

Tiempo promedio de corte = 10,9 segundos.

3.5.2. Medición de tubos

Tabla XXXVIII. Tabla informativa

Máquina	Producto	Diámetro /Sección (pulgadas)	Pérdida Metálica (KG)	Producto Terminado (unidades)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
American	Industrial Cuadrado	1	91	3000	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Cuadrado	1	132	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Cuadrado	1	81	2800	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Cuadrado	1	38	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Cuadrado	1	63	3200	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Cuadrado	1	77	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Cuadrado	1	60	2800	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Cuadrado	1	106	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Rectangular	1 x 2	5	1950	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Rectangular	1 x 2	30	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Rectangular	1 x 2	44	180	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Rectangular	1 x 2	201	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Rectangular	1 x 2	79	2212	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Rectangular	1 x 2	283	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Cuadrado	1 1/2	109	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Cuadrado	1 1/2	22	1227	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Cuadrado	1 1/2	82	0	Segunda	Unión de Tiras
American	Industrial Cuadrado	1 1/2	44	1000	Rebaba	Rebaba Exterior
American	Industrial Cuadrado	1 1/2	121	0	Segunda	Unión de Tiras

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.1. Tubos de Segunda (kg)

Se calculará la cantidad de kilogramos promedio para cada sección, quedando la información de la siguiente manera:

- Sección 1 1/2"
Kg Promedio = 88
- Sección 1*2"
Kg Promedio = 171
- Sección 1"
Kg Promedio = 104

Lo que indica que, en la tubería estructural, la cual es producida por la máquina *American*, el que representa la mayor cantidad de rebaba es el tubo de sección 1*2", con 171 kg, y el que genera menos es la sección 1 1/2", con 88 kg.

3.5.2.2. Defectuosos (unidades)

De la tabla se obtiene la siguiente información:

- Sección 1 1/2"

Kg totales de pérdida metálica = 648

Se sabe que el peso por unidad en kg es de 5,81, por lo que para saber la cantidad de tubos defectuosos se realiza el siguiente cálculo:

$$\frac{648}{5.81} = 111 \text{ unidades defectuosas}$$

Lo que indica que un 1 % de la producción, no importando la causa, sale defectuosa.

- Sección 1*2"

Kg totales de pérdida metálica = 642

Entonces:

$$\frac{642}{5.81} = 110 \text{ unidades defectuosas}$$

Lo que indica que un 3 % de la producción, no importando la causa, sale defectuosa.

- Sección 1"

Kg totales de pérdida metálica = 378

Entonces:

$$\frac{378}{5.81} = 65 \text{ unidades defectuosas}$$

Lo que indica que un 3 % de la producción, no importando la causa, sale defectuosa.

3.5.2.3. Orilla (kg)

A continuación se muestra la tabla con la información para calcular el promedio de kilogramos que se obtienen de pérdida por causa de la orilla en un mes de producción. Dicha información se saca de la máquina cortadora que es la responsable de cortar la bobina madre en tiras, las cuales después serán transformadas en tubos.

Tabla XXXIX. Pérdida metálica por orilla

Máquina	Producto	Pérdida Metálica (KG)	Tipo de Pérdida Metálica	Característica
Cortadora 2	Lámina Caliente	566	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	524	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	344	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	313	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	484	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	473	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	463	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	106	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	451	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	313	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	656	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	917	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	858	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	1041	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	788	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	89	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	117	Merma	Orilla de Bobina
Cortadora 2	Lámina Caliente	822	Merma	Orilla de Bobina

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.4. Rebaba (kg)

Se calculará la cantidad de kilogramos promedio para cada sección, quedando la información de la siguiente manera:

- Sección 1 1/2”
Kg Promedio = 74
- Sección 1*2”
Kg Promedio = 43
- Sección 1”
Kg Promedio = 33

Lo que indica que, en la tubería estructural, la cual es producida por la máquina American, el que representa la mayor cantidad de rebaba es el tubo de sección 1 1/2”, con 74 kg, y el que genera menos es la sección 1”, con 33 kg.

3.5.2.5. Tiras defectuosas (kg)

En esta parte se incluye el tubo y las láminas oxidadas, ya que esto sucede debido a que la bobina madre se encuentra dañada, ya sea al inicio, en medio o al final del rollo.

No se obtuvieron registros durante el mes.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

Se realiza el establecimiento de los estándares de producción a través de hojas de verificación para cada máquina, por lo tanto, los procesos son repetitivos. Se calcularán las producciones mínimas por medida.

4.1. Establecimiento de estándares de producción

En esta parte se llevarán a cabo una serie actividades que ayudarán a estandarizar la producción y reducir los problemas encontrados anteriormente. Dichos estándares deben realizarse lo más apegado posible a las guías, además se debe capacitar a los colaboradores y hacer revisiones periódicas para garantizar los resultados.

4.1.1. Hoja de verificación de estándares por máquina

Después de analizar el proceso y determinar los cuellos de botella en cada máquina, se determinó que es necesario estandarizar ciertas partes del mismo para reducir las fallas, por lo tanto, para empezar se trabajará en los molinos de formación y se realizará una hoja de verificación, la cual incluirá ciertas instrucciones que deben seguirse.

En esta hoja se debe agregar el objetivo que se persigue. Para este caso en particular es la reducción de interrupciones operacionales; el desarrollo, es decir, describir los pasos a seguir; el campo de aplicación, los recursos y las firmas de aprobación del autor y del revisor.

En la parte del desarrollo se evaluará el molino de formación de la siguiente manera: durante el cambio, antes del arranque y al arrancar. En cada fase se indica qué aspectos se deben verificar. A continuación se mostrarán las hojas de verificación para cada máquina.

Figura 22. Hoja de verificación Yoder 35-1

		INSTRUCCIÓN OPERACIONAL		INT-IO-1205-01	Página 1 de 2
HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN				Versión: 0	
Elaborado por: Lucinda Palacios		Revisado por: José Sánchez		Aprobado por:	
				Fecha de Emisión: 30/07/2014	

1. OBJETIVO: Reducir las interrupciones operacionales.

2. DESARROLLO: Yoder 35-1

1. DURANTE EL CAMBIO	2. ANTES DEL ARRANQUE	3. AL ARRANCAR
Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • El estado de los rodos por defectos posibles como: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ralladuras. ❖ Rajaduras. ❖ Desgaste excesivo. ❖ Marcas. ❖ Golpes. • El estado de los cojinetes. • Colocación correcta de la bobina y el impedir. • Alineación correcta de rodos. • Alineación y colocación correcta de espaciadores. 	Asegurarse de: <ul style="list-style-type: none"> • Que no existan tarjetas de bloqueo en los tableros de mando y control por trabajos de mantenimiento pendientes. • Subir los flipones o que se encuentren en la posición "ON". 	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar. • Longitud correcta del tubo. • El armado correcto de los atados.
	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • El nivel del tanque de anticorrosivo y realizar prueba de espesor. • El nivel del tanque de soluble • El nivel del tanque de aceite hidráulico del carro de corte. • La programación y operación correcta de la etiquetadora. • Que las bombas de enfriamiento y bombas hidráulicas estén arrancadas. • El nivel del tanque de agua del equipo de soldadura Thermoool. 	Anotar: <ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros de operación. • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar.
	Calentar: <ul style="list-style-type: none"> • El carro de corte realizando varias pruebas del ciclo de corte. • Solicitar calibración del equipo Inspectech. • Solicitar calibración de la metalizadora (si aplica). 	Realizar <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de cono. • Pruebas hidrostáticas.

Continuación de la figura 22.

	HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN	INT-IO-0400-01	Página 2 de 2
---	---	-----------------------	------------------

3. CAMPO DE APLICACIÓN: Formadora de Tubos

4. RECURSOS/CONDICIONES NECESARIAS:

- Metro
- Hojas
- Lapicero

5. APROBACIÓN:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE
PUESTO	PUESTO	PUESTO

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, la hoja de verificación para esta máquina contiene la misma información, es decir, se verificarán los mismos puntos, ya que son máquinas iguales y producen los mismos productos.

Figura 23. Hoja de verificación Yoder 35-2

		INSTRUCCIÓN OPERACIONAL		INT-IO-1205-01	Página 1 de 2
HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN				Versión: 0	
Elaborado por: Lucinda Palacios		Revisado por: José Sánchez		Aprobado por:	
				Fecha de Emisión: 30/07/2014	

1. OBJETIVO: Reducir las interrupciones operacionales.

2. DESARROLLO: Yoder 35-1

1. DURANTE EL CAMBIO	2. ANTES DEL ARRANQUE	3. AL ARRANCAR
<p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El estado de los rodos por defectos posibles como: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ralladuras. ❖ Rajaduras. ❖ Desgaste excesivo. ❖ Marcas. ❖ Golpes. • El estado de los cojinetes. • Colocación correcta de la bobina y el impen. • Alineación correcta de rodos. • Alineación y colocación correcta de espaciadores. 	<p>Asegurarse de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que no existan tarjetas de bloqueo en los tableros de mando y control por trabajos de mantenimiento pendientes. • Subir los flipones o que se encuentren en la posición "ON". <p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nivel del tanque de anticorrosivo y realizar prueba de espesor. • El nivel del tanque de soluble • El nivel del tanque de aceite hidráulico del carro de corte. • La programación y operación correcta de la etiquetadora. • Que las bombas de enfriamiento y bombas hidráulicas estén arrancadas. • El nivel del tanque de agua del equipo de soldadura Thermoqol. <p>Calentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El carro de corte realizando varias pruebas del ciclo de corte. • Solicitar calibración del equipo <i>Inspectech</i>. • Solicitar calibración de la <i>metalizadora</i> (si aplica). 	<p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar. • Longitud correcta del tubo. • El armado correcto de los atados. <p>Anotar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros de operación. • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar. <p>Realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de cono. • Pruebas hidrostáticas.

Continuación de la figura 23.

	HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN	INT-IO-0400-01	Página 2 de 2
---	--	----------------	------------------

3. CAMPO DE APLICACIÓN: Formadora de Tubos

4. RECURSOS/CONDICIONES NECESARIAS:

- Metro
- Hojas
- Lapicero

5. APROBACIÓN:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE
PUESTO	PUESTO	PUESTO

Fuente: elaboración propia.

La máquina Yoder 20 tendrá unos leves cambios en la fase antes del arranque, específicamente en la parte de calentar, ya que no cuenta con la metalizadora ni el *Inspectech*. En la etapa del arranque no se realizará la prueba hidrostática, quedando de la siguiente manera:

Figura 24. Hoja de verificación Yoder 20

		INSTRUCCIÓN OPERACIONAL		Página 1 de 2
HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN			Versión: 0	
Elaborado por: Lucinda Palacios	Revisado por: José Sánchez	Aprobado por:	Fecha de Emisión: 30/07/2014	

1. **OBJETIVO:** Reducir las interrupciones operacionales.

2. **DESARROLLO:** Yoder 20.

1. DURANTE EL CAMBIO	2. ANTES DEL ARRANQUE	3. AL ARRANCAR
<p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El estado de los rodos por defectos posibles como: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ralladuras. ❖ Rajaduras. ❖ Desgaste excesivo. ❖ Marcas. ❖ Golpes. • El estado de los cojinetes. • Colocación correcta de la bobina y el impedir • Alineación correcta de rodos. • Alineación y colocación correcta de espaciadores. 	<p>Asegurarse de:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Que no existan tarjetas de bloqueo en los tableros de mando y control por trabajos de mantenimiento pendientes. • Subir los flipones o que se encuentren en la posición "ON". <p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El nivel del tanque de anticorrosivo y realizar prueba de espesor. • El nivel del tanque de soluble. • El nivel del tanque de aceite hidráulico del carro de corte. • La programación y operación correcta de la etiquetadora. • Que las bombas de enfriamiento y bombas hidráulicas estén arrancadas. • El nivel del tanque de agua del equipo de soldadura ThermaTool. <p>Calentar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El carro de corte realizando varias pruebas del ciclo de corte. 	<p>Verificar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar. • Longitud correcta del tubo. • El armado correcto de los atados. <p>Anotar:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros de operación. • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar. <p>Realizar</p> <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de cono.

Continuación de la figura 24.

	HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN	INT-IO-0400-01	Página 2 de 2
---	--	----------------	------------------

3. CAMPO DE APLICACIÓN: Formadora de Tubos

4. RECURSOS/CONDICIONES NECESARIAS:

- Metro
- Hojas
- Lapicero

5. APROBACIÓN:

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE
PUESTO	PUESTO	PUESTO

Fuente: elaboración propia.

El modelo y funcionamiento de esta máquina tiene muchas variantes en relación a las mencionadas anteriormente. Se utiliza un químico llamado Fluid 40, el cual sirve para el procesamiento adecuado de tubería industrial, cuya materia prima es lámina rolada en frío, y tiende a oxidarse fácilmente. Por otro lado, el funcionamiento del carro de corte es a través de aire comprimido, mientras que, para las otras máquinas, es un funcionamiento hidráulico. En la sección de soldadura no se verifica el nivel del tanque de agua de la soldadura si no que se verificará el nivel de aceite de enfriamiento del electrodo.

Figura 25. Hoja de verificación *American*

		INSTRUCCIÓN OPERACIONAL		INT-IO-1105-01	Página 1 de 2
HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN				Versión: 0	
Elaborado por: <i>Luzmila Palacios</i>	Revisado por: <i>José Sánchez</i>	Aprobado por:	Fecha de Emisión: 30/07/2014		

1. **OBJETIVO:** Reducir las interrupciones operacionales.

2. **DESARROLLO:** *American*

1. DURANTE EL CAMBIO	2. ANTES DEL ARRANQUE	3. AL ARRANCAR
Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • El estado de los rodos por defectos posibles como: <ul style="list-style-type: none"> ❖ Ralladuras. ❖ Rajaduras. ❖ Desgaste excesivo. ❖ Marcas. ❖ Golpes. • El estado de los cojinetes. • Alineación de rodos y electrodo de soldadura. • Alineación y colocación correcta de espaciadores. 	Asegurarse de: <ul style="list-style-type: none"> • Que no existan tarjetas de bloqueo en los tableros de mando y control por trabajos de mantenimiento pendientes. • Subir los <i>flujones</i>, o que se encuentren en la posición "ON". 	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar. • Longitud correcta del tubo. • El armado correcto de los atados.
	Verificar: <ul style="list-style-type: none"> • El nivel del tanque de anticorrosivo y realizar prueba de espesor. • El nivel del tanque de soluble o Fluid 420. • Presión del aire comprimido del carro de corte. • La programación y operación correcta de la etiquetadora. • Que las bombas de enfriamiento y bombas hidráulicas estén arrancadas. • El nivel del tanque de aceite de enfriamiento del electrodo. 	Anotar: <ul style="list-style-type: none"> • Los parámetros de operación. • Las medidas y calidad de la tubería o perfil a fabricar.
	Calentar: <ul style="list-style-type: none"> • El carro de corte realizando varias pruebas del ciclo de corte. 	Realizar <ul style="list-style-type: none"> • Pruebas de cono

Continuación de la figura 25.

	HOJA DE VERIFICACIÓN PARA MOLINOS DE FORMACIÓN	INT-IO-0400-01	Página 2 de 2												
<p>3. CAMPO DE APLICACIÓN: Formadora de Tubos</p> <p>4. RECURSOS/CONDICIONES NECESARIAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metro • Hojas • Lapicero <p>5. APROBACIÓN:</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto; border-collapse: collapse; width: 60%;"> <thead> <tr> <th style="width: 33%;">Elaborado por:</th> <th style="width: 33%;">Revisado por:</th> <th style="width: 33%;">Aprobado por:</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="height: 40px;"></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">NOMBRE</td> <td style="text-align: center;">NOMBRE</td> <td style="text-align: center;">NOMBRE</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">PUESTO</td> <td style="text-align: center;">PUESTO</td> <td style="text-align: center;">PUESTO</td> </tr> </tbody> </table>				Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:				NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE	PUESTO	PUESTO	PUESTO
Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:													
NOMBRE	NOMBRE	NOMBRE													
PUESTO	PUESTO	PUESTO													

Fuente: elaboración propia.

4.1.2. Velocidad de la máquina (pies/min)

En esta etapa, después del análisis y de la información recopilada que se ha reportado para cada una de las diferentes máquinas, se toma en consideración el tipo de producto que se está trabajando, el tiempo de corte y las consecuencias de los cambios que se generaron hasta llegar a estandarizar la velocidad. Por ello se implementará la siguiente tabla de velocidades para cada una de las máquinas, la cual se colocará en los tableros y se le capacitará al colaborador para que pueda utilizar la información de la mejor manera. Asimismo,

se estará monitoreando periódicamente que la máquina esté trabajando con la velocidad indicada en dicha tabla.

- Yoder 35-1

En la tabla que se muestra a continuación se indica la velocidad máxima (pies/min) que puede alcanzar la máquina Yoder 35-1. Está dividida por el diámetro y todas las tuberías asociadas:

Figura 26. Hoja de velocidades Yoder 35-1

		HOJA DE VELOCIDADES POR MÁQUINA Y PRODUCTO	INTUPERSA	Página 1 de 1
YODER 35-1			Versión: 0	
Elaborado por: Lucinda Palacios		Revisado por: José Sánchez	Aprobado por:	
			Fecha de Emisión: 31/10/2014	

PRODUCTO	VELOCIDADES MÁXIMAS (pies/min)	PRODUCTO	VELOCIDADES MÁXIMAS (pies/min)
1/2"			
mecánico LG 1.5 mm	150	ligero negro 2.7 mm	131
mecánico 1.5 mm	155	mediano negro 2.9 mm	131
3/4"			
ligero negro 1.9 mm	155	2"	
ligero negro 2 mm	155	mecánico LG 1.5 mm	131
mediano negro 2.4 mm	146	mecánico LG 1.87 mm	113
cédula 40 negro 2.7 mm	123	mecánico 1 mm	117
3/4"		mecánico 1.5 mm	124
mecánico LG 1.50 mm	149	ligero negro 2.7 mm	110
mecánico 1.5 mm	148	ligero negro 3 mm	110
ligero negro 2.2 mm	149	mediano negro 3.4 mm	84
mediano negro 2.4 mm	148	cédula 40 negro 3.7 mm	95
1"		2 1/2"	
cañería carretas 3.00 1.2 mm	187	ligero negro 3 mm	99
mecánico LG 1.5 mm	137	mediano negro 3.4 mm	94
mecánico 1.5 mm	134	3"	
ligero negro 2.4 mm	126	mecánico LG 1.5 mm	93
cédula 40 negro 3.4 mm	115	mecánico LG 1.87 mm	117
1 1/4"		mecánico 1.8 mm	68
bananero 6.70 2.9 mm	92	ligero negro 3 mm	107
mecánico LG 1.5 mm	127	mediano negro 3.6 mm	57
mecánico 1.5 mm	151	cédula 40 negro 5.1 mm	42
1 1/2"		4"	
mecánico LG 1.5 mm	124	mecánico 1.8 mm	66
		mecánico 4.1 mm	53
		ligero negro 3.4 mm	63
		mediano negro 4.1 mm	50

Fuente: elaboración propia.

- Yoder 35-2

Como se muestra en la tabla, a pesar de que esta máquina es parecida a la Yoder 35-1 y de que ambas producen tubos iguales, se puede observar que las velocidades son diferentes.

Figura 27. Hoja de velocidades Yoder 35-2

		HOJA DE VELOCIDADES POR MÁQUINA Y PRODUCTO	INTUPERSA	Página 1 de 1
YODER 35-2			Versión: 0	
Elaborado por: Lucinda Palacios		Revisado por: José Sánchez	Aprobado por:	
			Fecha de Emisión: 31/10/2014	

PRODUCTO	VELOCIDADES MÁXIMAS (pies/min)
1" Redondo	
cañería carretas 3.00 1.2 mm	71
mecánico LG 1.5	83
mecánico 1 mm	67
mecánico 1.5 mm	76
ligero negro 2 mm	86
ligero negro 2.4 mm	78
mediano negro 2.9 mm	72
mediano negro 3.2 mm	72
cédula 40 negro 3.4 mm	67
1 1/4" Redondo	
bananero 6.7 2.9 mm	66
bananero 6.7 mm	75
mecánico 1 mm	86
mecánico 1.5 mm	78
ligero negro 2.4 mm	74
mediano negro 2.9 mm	65
cédula 40 negro 3.4mm	62
1 1/2" Redondo	
mecánico 1 mm	74
mecánico 1.5 mm	81

PRODUCTO	VELOCIDADES MÁXIMAS (pies / min)
ligero negro 2.7 mm	74
mediano negro 2.9 mm	54
cédula 40 negro 3.4 mm	56
2" Redondo	
ligero negro 2.7 mm	56
mecánico 1.5 mm	58
mediano negro 3.4 mm	45
4" Redondo	
ligero negro 3.4 mm	57
1 1/2" Estructural	
cuadrado 1 mm	72
cuadrado 1.3 mm	72
cuadrado 1.8 mm	74
2*2 Estructural	
cuadrado 1.5 mm	75
cuadrado 1.8 mm	71
cuadrado 2.4 mm	70
4*4 Estructural	
cuadrado 1.5 mm	41
cuadrado 1.8 mm	40
cuadrado 2.4 mm	33
72*72 Estructural	
cuadrado 1.2 mm	52
cuadrado 1.5 mm	51

Fuente: elaboración propia.

- Yoder 20

Figura 28. Hoja de velocidades Yoder 20

		HOJA DE VELOCIDADES POR MÁQUINA Y PRODUCTO	INTUPERSA	Página 1 de 1
YODER 20			Versión: 0	
Elaborado por: Lucinda Palacios		Revisado por: José Sánchez	Aprobado por:	
			Fecha de Emisión: 31/10/2014	

PRODUCTO	VELOCIDADES MÁXIMAS (pies / min)
1/2" Industrial	
cuadrado CH 22	162
cuadrado CH 21	158
cuadrado CH 20	160
5/8 Industrial	
redondo CH 22	162
redondo CH 21	162
redondo CH 20	163
abierto CH 21	157
abierto CH 20	163
3/4" Industrial	
cuadrado CH 24	163
cuadrado CH 22	161
cuadrado CH 21	161
cuadrado CH 20	161
cuadrado CH 18	160
7/8" Industrial	
redondo CH 21	163
redondo CH 20	163
1" Industrial	
cuadrado CH 24	157
cuadrado CH 22	162

PRODUCTO	VELOCIDADES MÁXIMAS (pies / min)
cuadrado CH 21	156
cuadrado CH 20	162
redondo CH 21	154
redondo CH 20	161
1 1/2" Industrial	
cuadrado CH 22	160
1/2*1" Industrial	
rectangular CH 21	163
rectangular CH 20	162
3/4" Estructural	
cuadrado 1 mm	160
cuadrado 1.2 mm	156
cuadrado 1.3 mm	155
cuadrado 1.5 mm	144
1" Estructural	
cuadrado 1 mm	145
cuadrado 1.2 mm	146
cuadrado 1.3 mm	141
cuadrado 1.4 mm	136
cuadrado 1.5 mm	134
cuadrado 1.8 mm	133

Fuente: elaboración propia.

- American

Figura 29. Hoja de velocidades American

		HOJA DE VELOCIDADES POR MÁQUINA Y PRODUCTO	INTUPERSA	Página 1 de 1
AMERICAN			Versión: 0	
Elaborado por: Luis José Palacios	Revisado por: José Sánchez	Aprobado por:	Fecha de Emisión: 31/10/2014	
PRODUCTO	VELOCIDADES MÁXIMAS (pies / min)			
1"				
cuadrado CH 22	108			
cuadrado CH 21	109			
cuadrado CH 20	110			
cuadrado CH 18	115			
1 1/4"				
cuadrado CH 21	107			
cuadrado CH 20	108			
cuadrado CH 18	111			
1 1/2"				
cuadrado CH 24	101			
cuadrado CH 21	104			
cuadrado CH 20	102			
cuadrado CH 18	103			
redondo CH 20	110			
1.9"				
redondo CH 21	103			
redondo CH 20	104			
1 * 1 1/2 "				
rectangular CH 21	107			
rectangular CH 20	107			
rectangular CH 18	103			
1 * 2				
rectangular CH 22	102			
rectangular CH 21	102			
rectangular CH 20	95			
rectangular CH 18	105			

Fuente: elaboración propia.

4.1.3. Potencia de la máquina (kw)

- YODER 35-1

Figura 30. Yoder 35-1 (kw)

		HOJA DE POTENCIA POR MAQUINA	INTUPERSA	Página 1 de 1
YODER 35-1			Versión: 0	
Elaborado por: Lucinda Palacios		Revisado por: José Sánchez	Aprobado por:	
			Fecha de Emisión: 31/10/2014	

PRODUCTO	POTENCIA MÁXIMA KW
MECÁNICO11.5	55
CAÑERÍA CARRETAS 3.0011.2	40
LIGERO NEGRO½2	104
MEDIANO NEGRO½2.4	107
LIGERO NEGRO¾2.2	109
LIGERO NEGRO1 ½2.7	113
MECÁNICO1 ¼1.5	70
MECÁNICO1 ¼1.5	68
MECÁNICO¾1.5	67
MEDIANO NEGRO¾2.4	81
MECÁNICO GALVANIZADO31.87	64
MECÁNICO21	50
LIGERO NEGRO¾1.9	112
MECÁNICO¾1.5	100
LIGERO NEGRO2 ½3	108
LIGERO NEGRO33	117
MEDIANO NEGRO33.6	108
LIGERO NEGRO43.4	113
MEDIANO NEGRO44.1	121
LIGERO NEGRO22.7	104
MECÁNICO21.5	69
MECÁNICO GALVANIZADO21.53	69

PRODUCTO	POTENCIA MÁXIMA KW
MECÁNICO GALVANIZADO1 ¼1.53	62
MEDIANO NEGRO2 ½3.4	118
MECÁNICO GALVANIZADO1 ¼1.5	63
MECÁNICO GALVANIZADO1 ¼1.5	54
MECÁNICO GALVANIZADO11.5	58
CÉDULA 40 NEGRO13.4	98
MECÁNICO GALVANIZADO21.5	90
LIGERO NEGRO23	104
CÉDULA 40 NEGRO35.1	122
MECÁNICO31.8	69
MECÁNICO GALVANIZADO31.5	56
MECÁNICO44.1	108
MEDIANO NEGRO1 ½2.9	110
CÉDULA 40 NEGRO46	120
MECÁNICO41.8	65
MECÁNICO GALVANIZADO¾1.5	72
BANANERO 6.701 ¼2.9	116
MECÁNICO GALVANIZADO¾1.53	70
MEDIANO NEGRO23.4	118
CÉDULA 40 NEGRO½2.7	89
LIGERO NEGRO12.4	80
MECÁNICO GALVANIZADO21.87	73
MECÁNICO GALVANIZADO¾1.5	60

Fuente: elaboración propia.

- YODER 35-2

Figura 31. Yoder 35-2 (kw)

		HOJA DE POTENCIA POR MÁQUINA	INTUPERSA	Página 1 de 1
YODER 35-2			Versión: 0	
Elaborado por: Luis Andrés Palacios	Revisado por: José Sánchez	Aprobado por:	Fecha de Emisión: 21/10/2014	
PRODUCTO	POTENCIA MAXIMA KW			
BANANERO 6.701 1/2 2.9	120			
BANANERO 6.701 1/2 3	111.6			
CAÑERÍA CARRETAS 3.001 1.2	51			
CÉDULA 40 NEGRO 1 1/2 3.4	136.35			
CÉDULA 40 NEGRO 1 1/2 3.4	105.8			
CÉDULA 40 NEGRO 1 3.4	127.4			
CUADRADO ESTRUCTURAL 1 1/2 1	49.6			
CUADRADO ESTRUCTURAL 1 1/2 1.3	76.5			
CUADRADO ESTRUCTURAL 1 1/2 1.8	80.8			
CUADRADO ESTRUCTURAL 2 x 21.5	84			
CUADRADO ESTRUCTURAL 2 x 21.8	102.9			
CUADRADO ESTRUCTURAL 2 x 22.4	117.3			
CUADRADO ESTRUCTURAL 4 x 41.5	77.28			
CUADRADO ESTRUCTURAL 4 x 41.8	91.2			
CUADRADO ESTRUCTURAL 4 x 42.4	98.098			
CUADRADO ESTRUCTURAL 72 x 721.2	69.7			
CUADRADO ESTRUCTURAL 72 x 721.5	56			
PRODUCTO	POTENCIA MAXIMA KW			
LIGERO NEGRO 1 1/2 2.4	113.75			
LIGERO NEGRO 1 1/2 2.7	117.6			
LIGERO NEGRO 1 2	111.6			
LIGERO NEGRO 1 2.4	109.2			
LIGERO NEGRO 2 2.7	104.76			
LIGERO NEGRO 4 3.4	97.65			
MECÁNICO 1 1/2 1	70.3			
MECÁNICO 1 1/2 1.5	84			
MECÁNICO 1 1/2 1	33.8			
MECÁNICO 1 1/2 1.5	93.15			
MECÁNICO 1 1	60.3			
MECÁNICO 1 1.5	100.8			
MECÁNICO 2 1.5	73.8			
MEDIANO NEGRO 1 1/2 2.9	108			
MEDIANO NEGRO 1 1/2 2.9	106.26			
MEDIANO NEGRO 1 2.9	113.75			
MEDIANO NEGRO 1 3.2	135			
MEDIANO NEGRO 2 3.4	120.75			

Fuente: elaboración propia.

4.1.4. Producción mínima (unidades)

Las producciones mínimas son los valores más pequeños que puede producir una empresa para que sus costos medios se reduzcan al mínimo a largo plazo. En la escala mínima eficiente se hace referencia a la producción más pequeña posible en la cual la empresa competitiva a largo plazo le interesa producir. En las producciones mínimas se analizan las cantidades mínimas que se pueden producir por hora, siempre y cuando no haya pérdida en los ingresos de la empresa y no salgan de los límites de control. Los beneficios que se obtienen al analizar la empresa y encontrar la mínima producción, trabajando siempre en su producción óptima, son:

- Mejorar la producción para la reducción de costos
- Menos pérdida de materia prima
- Reducción en la cantidad de tubos defectuosos
- Reducción de consumo de energía eléctrica
- Menos tiempo de uso en maquinaria especializada
- Reducción de gastos fijos y variables, entre otros

4.1.4.1. Tubería de cañería

4.1.4.1.1. Diámetro 1/2"

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen diámetro de 1/2":

Tabla XL. **Producción actual de tubo de cañería de diámetro de 1/2"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1/2 "	38,30879	3192	1	122281,6566

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen diámetro de 1/2":

Tabla XLI. **Producción mínima de tubo de cañería de diámetro de 1/2"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1/2 "	38,30879	3192	3184	1	122281,66	121975,19

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo de diámetro 1/2" y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.1.2. Diámetro 4"

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen diámetro de 4":

Tabla XLII. **Producción actual de tubo de cañería de diámetro de 4"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
4 "	370,21854	1024	1	379103,7825

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen diámetro de 4":

Tabla XLIII. **Producción mínima de tubo de cañería de diámetro de 4"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
4 "	370,2185	1024	1016	1	379103,78	376142,03

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo de diámetro 4" y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.1.3. Diámetro 1 1/2"

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen diámetro de 1 1/2":

Tabla XLIV. **Producción actual de tubo de cañería de diámetro de 1 1/2"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1 1/2 "	122,40855	3176	1	388769,5689

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen diámetro de 1 1/2":

Tabla XLV. **Producción mínima de tubo de cañería de diámetro de 1 1/2"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1 1/2 "	122,408	3176	3168	1	388769,57	387790,3

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo de diámetro 1 1/2" y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.2. Tubería industrial

4.1.4.2.1. Sección 4*4''

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección de 4*4'':

Tabla XLVI. **Producción actual de tubo estructural de sección 4*4''**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
4*4''	23,24715	3209	1	74600,10527

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección de 4*4'':

Tabla XLVII. **Producción mínima de tubo estructural de sección 4*4''**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
4*4''	23,24715	3209	3184	1	74600,105	74018,927

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo de sección 4*4'' y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.2.2. Sección 2*2”

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección 2*2”:

Tabla XLVIII. **Producción actual de tubo estructural de sección 2*2”**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
2*2”	91,761523	1255	1	115160,711

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección 2*2”:

Tabla XLIX. **Producción mínima de tubo estructural de sección 2*2”**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
2*2”	91,76152	1255	3184	1	115160,71	292168,69

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo que tiene una sección 2*2” y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.2.3. Sección 1/2* 1/2 “

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección de 1/2*1/2”:

Tabla L. **Producción actual de tubo estructural de sección 1/2* 1/2”**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1/2 * 1/2”	21,249407	2489	1	52889,77343

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección de 1/2*1/2”:

Tabla LI. **Producción mínima de tubo estructural de sección 1/2* 1/2 “**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1/2*1/2”	21,2494	2489	3184	1	52889,773	67658,111

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo que tiene una sección de 1/2*1/2” y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.3. Tubería industrial

4.1.4.3.1. Sección 1/2"

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección de 1/2".

Tabla LII. **Producción actual de tubo industrial de sección 1/2"**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1/2 "	10,564846	3120	1	32962,3192

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección de 1/2":

Tabla LIII. **Producción mínima de tubo industrial de sección 1/2"**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1/2 "	10,56485	3120	3184	1	32962,319	33638,469

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo que tiene una sección de 1/2" y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.3.2. Sección 1"

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección de 1":

Tabla LIV. **Producción actual de tubo industrial de sección 1"**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1 "	18,645606	3421	1	63786,61887

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección de 1":

Tabla LV. **Producción mínima de tubo industrial de sección 1"**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1 "	18,64561	3421	3184	1	63786,619	59367,61

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo que tiene una sección de 1" y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.3.3. Diámetro 5/8"

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen diámetro de 5/8":

Tabla LVI. **Producción actual de tubo industrial de diámetro 5/8"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
5/8 "	12,270784	2650	1	32517,5781

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen diámetro de 5/8":

Tabla LVII. **Producción mínima de tubo industrial de diámetro 5/8"**

Diámetro	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
5/8 "	12,27078	2650	3184	1	32517,578	39070,177

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo de diámetro 5/8" y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.4. Tubería rectangular

4.1.4.4.1. Sección 1½"

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección de 1½":

Tabla LVIII. **Producción actual de tubo rectangular de sección 1 ½"**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1 1/2 "	31,125892	1233	1	38378,22434

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección de 1½":

Tabla LIX. **Producción mínima de tubo rectangular de sección 1½"**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1 1/2 "	31,12589	1233	3184	1	38378,224	99104,839

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se

muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo que tiene una sección de 1½” y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.4.2. Sección 1*2”

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección de 1*2”:

Tabla LX. **Producción actual de tubo rectangular de sección 1*2”**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1*2”	32,622329	1258	1	41038,8895

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección de 1*2”:

Tabla LXI. **Producción mínima de tubo rectangular de sección 1*2”**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1*2”	32,62233	1258	3184	1	41038,889	103869,49

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se

muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo que tiene una sección de 1*2” y seguir obteniendo una producción óptima.

4.1.4.4.3. Sección 1”

En la siguiente tabla se presenta el costo unitario, la cantidad de tubos que se producen por día y el ingreso mensual en los tubos que tienen una sección de 1”:

Tabla LXII. **Producción actual de tubo rectangular de sección 1”**

Sección	Costo unitario	Cantidad	Días al mes	Ingreso mensual
1"	19,75297	2584	1	51041,67362

Fuente: elaboración propia.

En esta tabla se muestra el ingreso propuesto al minimizar una unidad en la producción por hora en los tubos que tienen una sección de 1”:

Tabla LXIII. **Producción mínima de tubo rectangular de sección 1”**

Sección	Costo unitario	Cantidad	1 menos	Días al mes	Ingreso mensual	Ingreso propuesto
1"	19,75297	2584	3184	1	51041,674	62893,455

Fuente: elaboración propia.

Conclusión: en la tabla I se muestra que la empresa está trabajando en su producción óptima obteniendo rentabilidad económica máxima. En la tabla II se

muestra cómo la empresa puede producir 1 unidad menos por hora en el tubo que tiene una sección de 1" y seguir obteniendo una producción óptima.

4.2. Entrenamiento crítico

El entrenamiento crítico es un método práctico, probado y sistemático que se utiliza para orientar a una persona a realizar su trabajo correctamente desde la primera vez. El objetivo es proporcionar toda la información necesaria para que el operador pueda desarrollar habilidades y destrezas que permitan que desempeñe su trabajo con estándares de calidad, productividad, seguridad y control de costos, desde el momento que inicia las labores. Por lo tanto, la estabilidad del proceso solo se alcanzará cuando los operadores se encuentren satisfechos, comprometidos y bien entrenados, siguiendo estándares bien definidos. Las necesidades de entrenamiento de los operadores surgen a través de:

- Implantación de nuevos productos y procesos (máquinas, materiales, técnicas, etc.).
- Bloqueo o eliminación de las causas de fallas.
- Alteraciones de estándares por causa de alguna mejora.

4.2.1. Organización del entrenamiento

En esta etapa se determinará el nivel de entrenamiento necesario que se le debe proporcionar al colaborador, dependiendo del área y las actividades que desempeñe en su puesto de trabajo. Para ello se debe realizar lo siguiente:

- Determinar las necesidades de capacitación del colaborador

- Se observará directamente el desempeño del trabajador para determinar las actividades en que debe mejorar, así como en el desempeño de sus tareas.
 - Poner a prueba al trabajador en tareas específicas y determinar sus deficiencias.
 - Formular preguntas sobre su proceso de trabajo, en aspectos técnicos o de seguridad.
 - Analizar fallas ocurridas en el trabajo
- Analizar la tarea
 - Anotar las actividades importantes en la tarea a enseñar
 - Anotar los puntos clave de cada actividad
 - Elaborar un formato con las etapas del entrenamiento necesarias

4.2.2. Método de los 4 puntos

Con esta metodología se trata de concientizar al colaborador en cuanto a la criticidad de su tarea, presentando los conceptos, puntos claves y eventuales riesgos de la misma.

4.2.2.1. Preparar al entrenado

Para esta fase del método se debe elaborar un plan de entrenamiento, en el cual se deben tener definidos las destrezas y habilidades que se espera que el colaborador alcance al final. Para ello se debe lograr que el colaborador se sienta a gusto con su trabajo, explicándole la tarea que se le va a enseñar. Se debe despertar el interés por aprender el trabajo.

4.2.2.2. Presente el trabajo

Como siguiente paso se le debe explicar a través de ilustraciones, si es necesario una a una, las actividades del trabajo a realizar. Se debe enfatizar en cada punto clave de su tarea. Se le debe enseñar de forma clara, completa y pacientemente y, finalmente, enseñarle pocas cosas en casa lección hasta resolver todas las dudas.

4.2.2.3. Haga que el entrenado ejecute el trabajo

En este punto se debe hacer que el colaborador ejecute su trabajo, pidiéndole que repita los puntos clave mientras se realiza el trabajo. En el transcurso del trabajo se le deben hacer preguntas para asegurarse que aprendió lo enseñado en cada lección. En caso de que no se contesten las preguntas de forma adecuada, se deben repetir las explicaciones y aclarar las dudas que se tengan en cuanto sea necesario. Este procedimiento ha de realizarse cuantas veces sea necesario hasta asegurarse que el trabajador sabe. Luego hay que felicitarlo.

4.2.2.4. Acompañe el progreso del entrenado

En esta última etapa del proceso se debe dejar que el colaborador trabaje de manera independiente, así como indicarle quién le puede aconsejar y aclarar las dudas en cualquier momento. Después se le debe supervisar amable y frecuentemente hasta disminuir gradualmente la ayuda y el control.

5. GESTIÓN DE LA MEJORA

En este capítulo se describen los resultados obtenidos, así como los pasos para llevar a cabo la mejora continua. Además se indicará qué formatos se utilizarán y los indicadores que se medirán.

5.1. Resultados obtenidos

A continuación se presenta una propuesta con las mejoras que se esperan obtener con la realización de dicho trabajo.

5.1.1. Mejoras en el incremento de la productividad

Con la estandarización de los EPH se pretende que la producción aumente considerablemente, ya que no se trabajará con base en una suposición, ni con un mismo ritmo de producción para todos los productos, si no que se podrá aprovechar al máximo la capacidad de cada máquina. Como ahora para cada producción, dependiendo del tamaño, calibre, espesor y máquina, ya se tiene un rendimiento establecido, se podrán colocar metas en la producción para determinar cuántos tubos por hora deben producir.

5.1.2. Reducción de pérdida metálica

Al instalar los medidores de velocidad en cada máquina, se nivela y controla la misma, lo cual provocará que estas trabajen siempre a una velocidad constante, provocando que existan menos paradas inesperadas y que una alteración en la velocidad provoque fallas en la producción.

5.1.3. Reducción de tubos de segunda

Con las producciones mínimas se pudo determinar que, por cada producto defectuoso menos que se fabrica, existe un beneficio para la empresa. En esta parte es donde mayor se ven reflejados los beneficios, ya que aproximadamente se reduce en 8 tubos la producción de productos defectuosos, es decir, que no cumplen con las normas de calidad establecidas.

5.2. Círculos de calidad

Los círculos de calidad son una herramienta utilizada por las organizaciones para la gestión y mejora, en la cual se reúnen un grupo de personas para buscar soluciones a problemas que afectan las diferentes áreas y que retrasan el correcto desempeño laboral.

Una vez establecido el proyecto, este es transferido a los superiores para que sea analizado, y una vez aprobado, sea dotado de recursos necesarios para que sea llevado a cabo. Los colaboradores se reúnen de forma regular en horarios de trabajo para ser entrenados por personal capacitado, llamados facilitadores. Estos cuentan con un líder que recibe el apoyo de la organización y su misión es transmitir propuestas de mejora de los sistemas de trabajo. Esta filosofía pretende crear una cultura de trabajo en las personas, la cual ofrece gran valor a la gestión de mejora para una organización de cualquier índole.

5.2.1. Beneficios

El mayor beneficio que se puede obtener al poner en práctica esta herramienta es la solución de problemas detectados, o bien, la mejora en algún área en la que se logra repercutir positivamente. Cuando se implementa de

manera adecuada, se logra crear la concienciación, comunicación e integración de los recursos humanos de la empresa. Por otro lado, al implementar los círculos de calidad se fomenta una formación continua, debido al intercambio de conocimiento que se tiene a consecuencia de las reuniones de trabajo y la motivación intrínseca, ya que el equipo se siente participe del proceso porque sus propuestas son analizadas y posteriormente son implementadas.

5.2.2. Fases para su implantación

Para poder implementar los círculos de calidad debe cumplirse con ciertos requisitos mínimos, los cuales deberán ajustarse dependiendo de las necesidades de la organización. Las fases a seguir son:

- **Planificación:** es sumamente importante tomar la decisión de crear estos grupos y delegar al líder de los mismos, quien se capacitará en el tema. Seguidamente se deberá crear un comité que será el encargado de dirigir todas las actividades dentro de la empresa. Este comité definirá los objetivos que se perseguirán como mejorar la calidad, reducción y prevención de fallas, e incentivar el trabajo en equipo de manera eficiente, entre otras. El líder será la persona encargada de la coordinación de actividades, capacitar a cada uno de los integrantes, asistir a reuniones, dar orientación y finalmente llevar los registros de los logros alcanzados.
- **Capacitación:** en esta fase, los líderes y el moderador se reúnen para aprender todo respecto de los círculos de calidad, y cuál es la aplicación de los mismos para ponerlos en funcionamiento posteriormente.
- **Iniciación:** se deben hacer reuniones informativas para que los colaboradores vayan familiarizándose con los círculos de calidad, además

de identificar si ellos están dispuestos a formar parte de estos. Finalmente, cada líder se reunirá con los interesados para conformarlos y poder entregar un panorama del proyecto y cuáles serán las técnicas a seguir.

- **Funcionamiento:** para que los círculos de calidad funcionen, la idea debe cobrar vida, por lo que se debe empezar a identificar, seleccionar, analizar y solucionar los diferentes problemas de cada área de trabajo.

Para que esto se lleve a cabo se debe contar con la participación activa de los miembros, quienes deben ser participativos inclusive más que el mismo líder, ya que esto les dará un grado de confianza mayor. Luego, las propuestas serán entregadas a gerencia, donde se encargarán de aprobarlas. Una vez logrado esto, la directiva debe comprometerse con la propuesta para que funcione y se le dé solución al problema.

5.3. Auditoría interna por máquina

Con la finalidad de seguir mejorando se utilizará el círculo de Demming para poder determinar en qué punto se encuentran las mejoras y cuál es el mejor momento para replantear el problema y seguir avanzando.

5.3.1. Checklist de auditoría

Un *checklist* de auditoría es una hoja en la cual se podrán evaluar los parámetros que se estandarizaron, y se verificará que para cada máquina y para los diferentes productos que producen se cumplan los EPH establecidos, velocidades máximas y potencias. Así se irá evaluando si al realizar estas modificaciones se redujo la pérdida metálica que se tenía antes de iniciado el proyecto. Para dicha auditoria se llevará el siguiente formato, en el cual se

ingresa la información diariamente con la finalidad de evaluar a fin de mes si se ha llegado al objetivo, y determinar cuál o cuáles son los puntos fuera de control para poder tomar acciones correctivas.

Figura 32. **Control EPH**

		DATOS EPH								
FECHA	MÁQUINA	PRODUCTO	DIÁMETRO / SECCIÓN (pulgadas)	ESPESOR (mm)	EPH Real (tubos/h)	EPH Teórico (tubos/h)	VELOCIDAD REAL (ft/min)	VELOCIDAD TEORICA (ft/min)	POTENCIA REAL KW	POTENCIA TEORICA KW

Fuente: elaboración propia.

En dicho formato se llenarán los siguientes campos:

- Fecha
- Máquina
- Producto

- Diámetro o sección en pulgadas
- Espesor en mm
- EPH real (tubos/hora)
- EPH teórico (tubos/hora)
- Velocidad real (ft/min)
- Velocidad teórica (ft/min)
- Potencia real (kw)
- Potencia teórica (kw)

5.3.2. Resultado de la auditoría

A fin de mes se evaluarán los datos recolectados durante el mismo para determinar si se logró cumplir con los nuevos ritmos de producción horaria (deberían ser los esperados), sin embargo, es importante recalcar que se le debe dar el seguimiento adecuado a la implementación de la propuesta. En caso contrario, se deberán tomar acciones correctivas y evaluar si es necesario empezar de nuevo, o bien, solo cambiar una de las etapas del método implementado. De ser así, se estará aplicando lo que se conoce como el método de Demming mencionado anteriormente.

5.3.3. Plan de acción

Un plan de acción es determinar de forma resumida cuáles son las tareas que deben realizarse y qué personas son las encargadas de llevarlas a cabo, en un plazo de tiempo específico, asignándoles los recursos que sean necesarios para cumplir con el objetivo definido. También se puede definir como un espacio en el cual se discutirá el qué, cómo, cuándo y con quién se realizarán las acciones que se deberán seguir para mejorar algún proceso, punto fuera de control, anomalía, etc. Para ello se realizó el siguiente formato, el cual es llamado, en

INTUPERSA, HCA, por sus siglas: hecho, causa y acción, acompañado del quién, cuándo y el *status* en el que se encuentra cada acción, con el fin de llevar un control sobre las acciones correctivas que se deben tomar y darles un seguimiento adecuado.

Figura 33. HCA

							
PROCESO:		INFORME "HCA" Producción, Mantenimiento y Control de Calidad					
TEMA:		Revisión de los indicadores del xx al xx del xx			FECHA: xx/xx/xx		
No.	Máquina	Hecho	Causa	Acción	QUIÉN	CUÁNDO	STATUS
							ENTRANTE
							ENTRANTE

Fuente: elaboración propia.

Para el *status* se deben tener como opciones los siguientes datos:

- No iniciado
- En trámite
- Cumplido
- Vencido

Con esto se podrá ir monitoreando si las personas que fueron asignadas para llevar a cabo las acciones han avanzado en los plazos establecidos y, si no, poder presionar o apoyar para que sean culminados.

5.4. Estadísticas

A continuación se mostrará una serie de ideas, formatos o procedimientos, así como quiénes son las personas que deben involucrarse para ir trabajando las estadísticas, de modo que se pueda ir midiendo el avance del proyecto.

5.4.1. Mensual

Para las estadísticas mensuales se deben sacar los siguientes datos:

- Indicador de EPH por máquina
- Indicador de pérdida metálica global
- Indicador de pérdida metálica por máquina
- Indicador del porcentaje de utilización global
- Indicador del porcentaje de utilización que se tuvo por máquina

Dicha información deberá ser colocada en formato de presentación, para luego ser presentada en una reunión a fin de mes, en la cual deberán estar

presentes el encargado de realizar los informes, el gerente general, el jefe de producción, los supervisores de máquinas y el jefe de mantenimiento. Con esta información se podrá evaluar si se está alcanzando las metas propuestas, de no ser así, se podrá utilizar el formato mencionado en el plan de acción.

Figura 34. Ejemplo HCA

		INFORME "HCA" 					
PROCESO:		Producción, Mantenimiento y Control de Calidad					
TEMA:		Revisión de los indicadores del 01 al 16 de Sept			FECHA: 22/09/2014		
No.	Máquina	Hecho	Causa	Acción	QUIÉN	CUÁNDO	STATUS
1	YODER 35-1	Exceso de segunda por tubo ovalado en la yoder 35-1 de los días 12 al 16 de noviembre	Torres de formación desgastadas y no ajustadas. Sin repuestos para cajas de motores.	Hacer los trabajos de rectificación, fundición y maquinado de los castillos de las torres. Ya están listas las torres, lo que sigue es acordar con mantenimiento mecánico la fecha de paro para hacer los trabajos.	Ing. Steiger y Juan Morales	Avances: 03 de Octubre de 2014	ENTRÁNTE
2	YODER 35-1	Pérdida Metálica alta los días 26 y 27 de febrero en máquina yoder 35-1	Producción nueva con mecánica de 4" espesor 1.8 mm los rodos que se usaron no son funcionales para este producto	Usar serie de rodos antigua de 4" y maquinas para esa medida con ese producto. Se estará trabajando con TIH, está pendiente establecer el espesor de la lámina con el que se va a trabajar.	Ing. Carlos Steiger / Juan Morales	Avances: 03 de Octubre de 2014	ENTRÁNTE

Fuente: elaboración propia.

5.4.2. Trimestral

En esta sección se evaluarán las interrupciones que se tiene en las máquinas. Hay que verificar si estas son de tipo operacional, mecánico o eléctrico. Con esto se pretende que existan la menor cantidad de paros. Acá se puede tener desglosadas todas las tareas de cada actividad, crear manuales de mantenimiento preventivo y procedimientos escritos para cada proceso. Cuando exista una falla se debe determinar si es porque no existe un procedimiento, por negligencia del operador, o por una causa externa. A través del método de Ishikawa se puede ir determinando cuál es la causa raíz y empezar a trabajar en las correcciones.

5.4.3. Semestral

Para esta parte se medirán básicamente los tiempos, tanto los programados como el tiempo libre, tiempo calendario y el tiempo de causas externas. Se utilizará lo que se conoce en INTUPERSA como análisis L, cuya fórmula es la siguiente:

$$C = CE + L + PT$$

Donde:

C = tiempo calendario

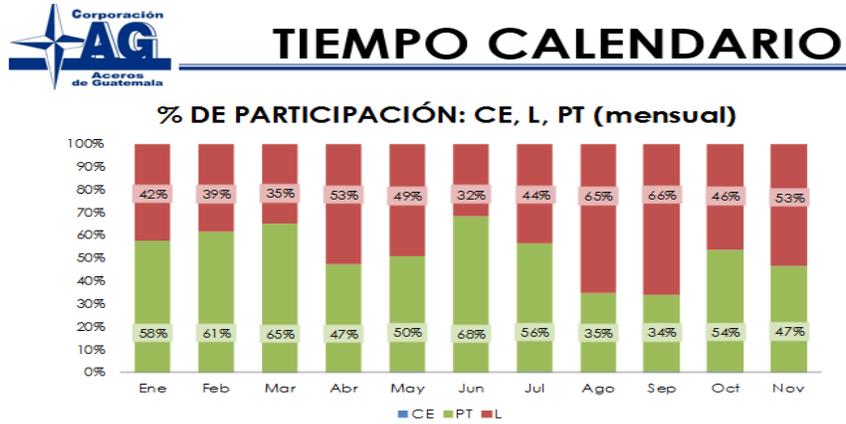
CE = tiempo causas externas

L = tiempo libre

PT = tiempo programado total para la producción

Para el tiempo calendario se debe calcular el % de participación que tiene cada mes:

Figura 35. Tiempo calendario



Fuente: Empresa Industria de Tubos y Perfiles S.A. Consulta octubre 2015

Para el cálculo del PT se debe utilizar la siguiente fórmula:

$$PT = P + PP$$

Donde:

P = parada programada

PP = tiempo programado para la producción

El tiempo programado para la producción (PP) se calcula de la siguiente manera:

$$PP = U + I + r$$

Donde:

U = Tiempo Útil

I = Interrupciones

r = Quiebre ritmo

Por lo tanto, el tiempo programado total queda de la siguiente manera:

$$PT = P + U + I + r$$

Con este tipo de análisis se podrá medir y llevar un control del tiempo que se pierde durante la producción, para poder tomar acciones correctivas en caso sea necesario.

5.4.4. Anual

En este punto se debe realizar una evaluación sobre la meta que se ha estado trabajando durante todo el año, es decir, se debe reevaluar la meta para el siguiente año, tomando en cuenta todos los sucesos involucrados a lo largo del año, los cuales modificaron, mejoraron o empeoraron los resultados esperados. Al comenzar se deben realizar las siguientes preguntas:

- ¿Se conocen los objetivos de la dirección en cuanto al negocio?
- ¿Se deben mantener estables los resultados?
- ¿Se deben mejorar los resultados?

También se debe definir si los indicadores van a estar en:

- Rutina: los cuales buscan mantener resultados estables. Utiliza herramientas de gestión de la rutina, exige el cálculo de límites de control y busca como referencia la medida de los valores.
- Mejora: se busca mejorar los resultados del negocio, se requiere asociar las mejoras a proyectos o inversiones y exige el cálculo de la meta.

Métodos para calcular la meta:

Se debe conocer el *benchmark* del indicador, el cual puede ser el mejor valor del indicador en industria de tubos del negocio, así como el mejor valor histórico en la propia planta.

- Se procede a calcular el valor base según el resultado del indicador, tomando 9 meses de trabajo y el resultado del indicador tomando 3 meses de trabajo.
- Se colocan los datos de *benchmark* y valor base encontrados.
- Se obtiene la diferencia entre el *benchmark* y el valor base.
- Al valor base se le suma el 40 % de la diferencia entre el valor base y el *benchmark*, como meta mínima para el siguiente ciclo.
- Se calcula igual para los siguientes años, adicionando un 10 % para cada año.

CONCLUSIONES

1. Se realizó un diagnóstico interno de la situación actual de la empresa para conocer los procesos, el personal operativo y sus funciones. La empresa cuenta con un gerente de producción, quien se encarga de analizar e indicar los volúmenes de producción en cada línea para cumplir satisfactoriamente con la demanda de planificación. El jefe de producción se encarga de programar tiempos, recursos, mano de obra y todo lo necesario para cumplir con los requerimientos de la gerencia. El supervisor de formadoras es el encargado de supervisar el proceso de producción, el técnico de formadora tiene bajo su cargo una máquina, y los operadores de formadora son los encargados de realizar los cambios de medida para la nueva producción. Con este análisis se logró determinar la influencia del personal en el proceso productivo, a través de sus funciones.
2. Se realizó el análisis por medio de diagramas de flujo. Para ello fue necesario conocer el proceso de producción. Se detalló cada paso de forma secuencial, es un proceso continuo, por tanto, se consideró la necesidad de tomar tiempos de paros programados, interrupciones por fallas operativas y de mantenimiento en cada paso del proceso. El proceso inicia desde que la tira de lámina ingresa a la máquina y finaliza en el empaquetado. Con este análisis se logró determinar la cantidad de operaciones, transportes, demoras, almacenes y otros factores, que permiten alcanzar los niveles de productividad actuales de la empresa.

3. Se encontró el cuello de botella en cada línea al monitorear los tiempos en cada fase. Adicionalmente, estos cuellos de botella provocan pérdida de materiales, recursos y tiempo. Para la Línea de Cañería, Yoder 35-1, se encontró que el cuello de botella es el carro de corte, el cual no permite calibrar la velocidad al ritmo de la línea, debido a la alineación de las cuchillas. Para la Línea 2 de Cañería, Yoder 35-2, el cuello se encuentra en la etapa de enhebrar la punta de la tira en los molinos de formación. En la Línea Yoder 20, el cuello está en la fase de pegacintas, ya que la unión entre tiras depende de la habilidad del operador. En la Línea American, el cuello de botella se encuentra en la etapa de soldadura del equipo, debido a su antigüedad.

4. Se recomendó el medidor *CUB5*, que tiene las siguientes ventajas: fácil de usar, brinda la máxima flexibilidad para ser programado, funciona con un contador, ya sea simple o doble, con su tasa de capacidad. Este medidor puede funcionar de varias formas: como medidor de voltaje, de procesos, de corriente, de termopar, temporizador y contador dual o recuento/velocidad, y su capacidad puede ampliarse con la adición de una tarjeta. Se hace la propuesta, ya que este medidor dará mejores beneficios de control y monitoreo en las velocidades de las diferentes máquinas.

5. Para la implementación de la propuesta se contó con la colaboración de todo el personal de la empresa, especialmente de los que se encargan de monitorear, revisar y controlar las máquinas. Se llevó a cabo una serie de actividades que ayudaron a estandarizar la producción y reducir los problemas encontrados, así como a realizar hojas de verificación y capacitación del personal. Se usó el método de los 4 puntos, el cual consiste en preparar al entrenado, presentarle el trabajo, hacer que el entrenado ejecute el trabajo y, finalmente, acompañarlo en el proceso de

entrenamiento, con el fin de que realicen bien su trabajo, obtener buenos resultados y mejorar la productividad.

6. Se realizó el seguimiento de las acciones correctivas por medio de una herramienta llamada HCA, que permite conocer los hechos, las causas y las acciones requeridas en el tiempo. Se contó con el aporte y apoyo de la gerencia para llevar a cabo las acciones propuestas, con el propósito de cumplir con los objetivos.

RECOMENDACIONES

1. Evaluar la capacidad del proceso, realizando un monitoreo de los nuevos cuellos de botella, con la finalidad de convertir este análisis en una práctica positiva. Esto permitirá proponer proyectos de mejora para aumentar la productividad de la empresa, lo cual lleva a cumplir con la demanda del mercado y reducir los costos operativos, al lograr un aumento de volumen en la producción.
2. Analizar un equilibrio entre los planes de producción, las existencias en inventario físico y en el sistema, de manera que exista un flujo continuo de almacenamiento del material, conforme al ritmo de producción, para con ello evitar interrupciones no programadas que ocasionen retrasos en las líneas.
3. Preparar al personal con el conocimiento requerido basado en sus procesos, de manera que las mejores prácticas realizadas en líneas comunes puedan adoptarse en las otras líneas, para con ello tener mejores resultados basados en hechos reales, convirtiendo al personal operativo en personal experto en “prácticas de excelencia”, y no en expertos de prácticas que aportan pocos resultados al negocio. Se trata de una especie de especialización de los operadores de forma estandarizada, según las necesidades de las líneas productivas.

BIBLIOGRAFÍA

1. Automatización industrial. [en línea].
<http://www.redlion.net/sites/default/files/media/automation_products_guide.pdf>. [Consulta: 24 julio de 2015].
2. BLAAUBEUR, Roberto. *Círculos de calidad*. [en línea].<<https://www.gestiopolis.com/circuitos-de-calidad/>>. [Consulta: 20 agosto de 2016].
3. Corporación Aceros de Guatemala. *Información*. [Consulta: 2014].
4. GUTIÉRREZ PULIDO, Humberto. *Calidad total y productividad*. 3ª ed. McGraw-Hill. 363 p.
5. Gestión de la calidad. [en línea].
<http://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/pdf/Circuitos_de_Calidad.pdf>. [Consulta: 25 octubre de 2016].
6. Manual Cub 5. [en línea].
<http://www.redlion.net/sites/default/files/media/cub5_product_manual.pdf>. [Consulta: 12 de agosto de 2016]
7. RAMOS G., José Constancio. *Optimización de operaciones en la línea de producción para incrementar la productividad y disminuir el desperdicio*. 190 p.

8. Resumen Concepto de Tiempos. Revisión, 2008. 12 p.
9. Resumen de Módulo de Tratamiento de Fallas. 5 p.
10. Resumen de Módulo de Entrenamiento Crítico. 3 p.
11. Resumen de Módulo de Ritmos de Producción Horaria (EPH). 10 p.
12. SALAZAR LÓPEZ, Bryan. *Estudio de tiempos.* [en línea].<<http://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>>. [Consulta: 24 julio de 2015].

ANEXOS

CUB 5

Anexo 1. Indicador de Modelo CUB 5



Tel +1 (717) 767-6511
Fax +1 (717) 764-0839
www.redlion.net

Bulletin No. CUB5-L
Drawing No. LP0584
Released 04/16

MODEL CUB[®]5 - MINIATURE ELECTRONIC 8-DIGIT DUAL COUNTER AND RATE INDICATOR



- LCD, REFLECTIVE OR GREEN/RED LED BACKLIGHTING
- 0.46" (11.7 mm) HIGH DIGITS
- OPTIONAL SETPOINT OUTPUT CARD
- OPTIONAL SERIAL COMMUNICATIONS CARD (RS232 or RS485)
- OPTIONAL USB PROGRAMMING CARD
- OPERATES FROM 9 TO 28 VDC POWER SOURCE
- PROGRAMMABLE SCALING FOR COUNT AND RATE
- BI-DIRECTIONAL COUNTING, UP/DOWN CONTROL
- QUADRATURE SENSING (UP TO 4 TIMES RESOLUTION)
- BUILT-IN BATCH COUNTING CAPABILITY
- DISPLAY COLOR CHANGE CAPABILITY AT SETPOINT OUTPUT
- NEMA 4X/IP65 SEALED FRONT BEZEL

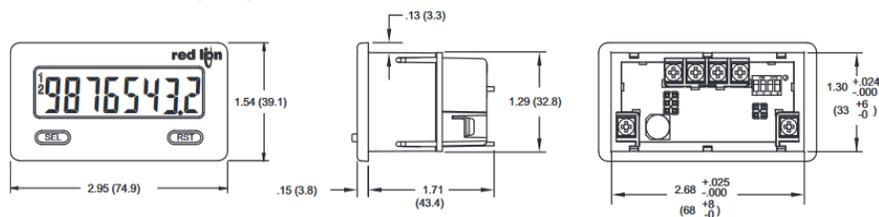
Fuente: Manual CUB 5

http://www.redlion.net/sites/default/files/media/cub5_product_manual.pdf Consulta: 20 noviembre 2016.

Anexo 2. Dimensiones

DIMENSIONS In inches (mm)

Note: Recommended minimum clearance (behind the panel) for mounting clip installation is 2.15" (54.6) H x 3.00" (76.2) W.



Fuente: *Indicador de CUB 5.*

http://www.redlion.net/sites/default/files/media/cub5_product_manual.pdf. Consulta: 20 noviembre 2016.

