



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

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA
CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE
MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.**

Edgar Rudy Sánchez Román

Asesorado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León

Guatemala, noviembre de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA
CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE
MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA

POR

EDGAR RUDY SÁNCHEZ ROMÁN

ASESORADO POR LA INGA. SIGRID ALITZA CALDERÓN DE LEÓN

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, NOVIEMBRE DE 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
VOCAL I	Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br. Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADORA	Inga. Sigrid Alitza Calderón de León
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA
CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE
MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha mayo de 2011.



Edgar Rudy Sánchez Román



Guatemala, 12 de septiembre de 2012.
REF.EPS.DOC.1231.09.12.

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le informo que como Asesora-Supervisora de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **Edgar Rudy Sánchez Román**, Carné No. **200512070** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.”**.

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

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”


Inga. Signa Aitzá Calderón de León
Asesora-Supervisora de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



SACdL/ra



FACULTAD DE INGENIERÍA

UNIDAD DE EPS

Guatemala, 12 de septiembre de 2012.
REF.EPS.D.735.09.12

Ingeniero
César Ernesto Urquizú Rodas
Director
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Urquizú Rodas.

Por este medio atentamente le envío el informe final correspondiente a la práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) titulado **“OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **Edgar Rudy Sánchez Román** quien fue debidamente asesorado y supervisado por la Inga. Sigrid Alitza Calderón de León.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo como Asesora-Supervisora de EPS y Directora, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,
“Id y Enseñad a Todos”

Inga. Sigrid Alitza Calderón de León De León
Directora Unidad de EPS



SACdLDdL/ra



Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Rudy Sánchez Román**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, septiembre de 2012.

/mgp



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 **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.,** presentado por el estudiante universitario **Edgar Rudy Sánchez Román,** aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. César Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, noviembre de 2012.

/mgp



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: **OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE PRODUCCIÓN DE CILINDROS PORTÁTILES PARA CONTENER GAS LICUADO DE PETRÓLEO (GLP), APLICANDO TÉCNICAS DE MANUFACTURA ESBELTA, EN INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **Edgar Rudy Sánchez Román**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alfredo Beber'.

Ing. Alfredo Enrique Beber Aceituno
Decano en funciones



Guatemala, 22 de noviembre de 2012

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

- Dios** Por estar conmigo durante toda mi vida, por permitirme llegar hasta este momento y haber puesto en mi camino a aquellas personas que han sido mi soporte y compañía durante todo el período de estudio.
- Mi madre** Por excederse en ser la mejor madre, infinitas gracias por tu inmensurable amor e incondicional apoyo, siempre tendrás mi eterno agradecimiento y admiración. Te amo mucho.
- Mi tío** Edgar Román, por ser como un padre; gracias por su apoyo y amor. Siempre será mi admiración y ejemplo de superación, lo quiero mucho.
- Mi padre** Por sus consejos, cariño y apoyo.
- Mis hermanos** Ruby, Johnny y Oswaldo, por su cariño y apoyo.
- Mi novia** Marcela Hernández, por estar conmigo en las buenas y en las malas, por tu comprensión y apoyo en todo este tiempo; te amo con todo mi corazón.

Mis tíos

Gracias, por sus valiosos consejos y ejemplos de superación.

Mis primos

Gracias por su cariño y consejos

Mis amigos

Jorge Morales, Carlos Archila, Lourdes Choquín, Abner Sic, Karla Pérez y Raquel Cocón, por formar parte tan importante de mi vida y por todos los inolvidables momentos que compartimos en las aulas de nuestra querida universidad.

Familia Catú Xuyá, por ser una segunda familia para mí, gracias por su valiosa amistad, cariño, consejos y apoyo.

Carlos Pol, Juan Pol y José Luis Catú, por ser mis amigos de toda la vida y formar parte de ella, gracias por su cariño.

AGRADECIMIENTOS A:

Ing. Giovanni Nistal

Por brindarme la oportunidad de realizar mi Estudio Profesional Supervisado (EPS) en su prestigiosa empresa, por todos sus consejos y apoyo.

Inga. Sigrid Calderón

Por su valiosa asesoría, apoyo y amistad, durante la elaboración de mi trabajo de graduación.

**Área administrativa
de la Industria Metal
Mecánica NIVI, S. A.**

Por la confianza y compartir sus conocimientos y experiencias, durante la realización de mi Estudio Profesional Supervisado (EPS); sinceramente muchas gracias.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS	XV
GLOSARIO	XVII
RESUMEN.....	XXV
OBJETIVOS	XXVII
INTRODUCCIÓN.....	XXIX
1. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Antecedentes de la empresa	1
1.2. Misión	2
1.3. Visión.....	2
1.4. Productos	3
1.5. Ubicación.....	4
1.6. Estructura organizacional	5
2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL	7
2.1. Situación actual de la empresa.....	7
2.2. Diagnóstico del Departamento de Producción	8
2.3. Procedimiento para medir el trabajo.....	15
2.3.1. Técnicas para la medición del trabajo	15
2.3.1.1. Estudio de tiempos con cronometro	15
2.3.1.2. Medición del tiempo.....	16
2.3.1.3. Cálculo de observaciones necesarias.	19
2.3.2. Calificación del desempeño o actuación del operario	27

2.3.3.	Cálculo del tiempo normal	29
2.3.4.	Suplementos para la estandarización de tiempos ..	30
2.3.5.	Cálculo del tiempo estándar	32
2.4.	Tiempos estándares de la producción actual	35
2.4.1.	Cilindros con capacidad de 40 libras	35
2.4.1.1.	Diagrama de flujo del proceso actual ..	57
2.4.1.2.	Determinación de la capacidad actual disponible de la planta de producción.....	71
2.5.	Propuesta de la optimización del sistema de producción	75
2.5.1.	¿Qué es la manufactura esbelta?	76
2.5.2.	Desperdicios.....	76
2.5.3.	Metodología 9´S	79
2.5.4.	Trabajo estándar	81
2.5.4.1.	Tiempo Takt (ritmo de producción).....	82
2.5.4.1.1.	Análisis del tiempo Takt	83
2.5.4.2.	Secuencia del trabajo estándar	84
2.5.4.3.	Inventario estándar en proceso (SWIP)	85
2.5.5.	Balanceo de las líneas de producción para cilindros con capacidad de 40 libras.....	86
2.5.5.1.	Personal óptimo para la producción de cilindros de 40 libras	101
2.5.5.2.	Capacidad disponible propuesta de la planta para la producción de cilindros de 40 libras.....	102
2.5.5.3.	Diagrama de flujo del proceso propuesto	106

	2.5.5.4.	Productividad parcial de mano de obra	120
	2.5.6.	Aprovechamiento del tiempo improductivo en el área de ensamble final.....	121
2.6.		Procedimiento de las propuestas de mejora.....	124
	2.6.1.	Reasignación de tareas	125
	2.6.2.	Instrucción a operarios de nueva distribución de tareas.....	125
	2.6.3.	Validación de propuestas	125
2.7.		Seguimiento	126
	2.7.1.	Mejora continua en los procesos	127
3.		FASE DE INVESTIGACIÓN	129
	3.1.	Marco teórico.....	129
	3.2.	Antecedentes.....	135
	3.2.1.	Instituciones guatemaltecas encargadas de la contingencia ante desastres	135
	3.2.2.	Emergencias ocurridas en la zona que se encuentra la Industria Metal Mecánica NIVI, S. A.....	141
	3.2.2.1.	Tormenta Stan	141
	3.2.2.2.	Tormenta Agatha	143
	3.2.3.	Emergencias ocurridas en la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A. en los últimos diez años.....	144
	3.2.3.1.	Daños provocados en la empresa por la tormenta Agatha	144
	3.2.4.	Tipos de desastres a los cuales se encuentra expuesta la empresa.	145
	3.2.5.	Diagnóstico de riesgos	146

3.3.	Plan de contingencia ante desastres.....	152
3.3.1.	Comité de emergencias.....	152
3.3.2.	Organización del comité de emergencias.....	164
3.3.3.	Brigadas de emergencias.....	165
3.3.3.1.	Brigada de evacuación.....	168
3.3.3.2.	Brigada de primeros auxilios	169
3.3.3.3.	Brigada de prevención y combate de incendios	171
3.3.3.4.	Brigada de comunicación	173
3.3.4.	Análisis de riesgo	174
3.3.4.1.	Amenaza identificada: inundación.....	174
3.3.4.2.	Amenaza identificada: terremoto o sismo.....	177
3.3.4.3.	Amenaza identificada: incendio.....	180
3.3.5.	Recursos propios de la empresa.....	182
3.3.5.1.	Recursos existentes	182
3.3.5.2.	Recursos no existentes	185
3.3.5.3.	Recursos externos (ubicados o administrados por otra institución).....	186
3.3.6.	Sistema de comunicación.....	186
3.3.6.1.	Sistema de alerta	187
3.3.7.	Procedimiento en caso de emergencia	188
3.3.7.1.	Emergencia durante horas de trabajo	188
3.3.7.2.	Emergencia durante horas irregulares de trabajo	191
3.3.8.	Rutas de evacuación y puntos de reunión.....	191
3.3.8.1.	Cuantificación del personal	192
3.3.9.	Respuesta en caso de una inundación	194

3.3.10.	Respuesta en caso de un accidente eléctrico.....	199
3.3.11.	Respuesta en caso de un terremoto.....	202
3.3.12.	Respuesta en caso de incendio.....	205
4.	FASE DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE	209
4.1.	Diagnóstico de fase de enseñanza y aprendizaje	209
4.2.	Planificación de las capacitaciones de manufactura esbelta	209
4.2.1.	Recursos necesario para impartir las capacitaciones de manufactura esbelta.....	212
4.2.2.	Costos de inversión	213
4.3.	Programación de las capacitaciones	213
	CONCLUSIONES	215
	RECOMENDACIONES.....	219
	BIBLIOGRAFÍA.....	221
	APÉNDICES	225

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Productos.....	3
2.	Ubicación de la empresa.....	4
3.	Organigrama de la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	6
4.	Diagrama causa-efecto del área de producción.....	13
5.	Diagrama de evaluación causa raíz	14
6.	Descomposición del ciclo de trabajo	16
7.	Cálculo del tiempo estándar.....	34
8.	Distribución de cargas de trabajo en línea de cuellos, cilindros 40 libras método actual	37
9.	Distribución de cargas de trabajo en línea de bases, cilindros 40 libras método actual	39
10.	Distribución de cargas de trabajo en línea de tapas, cilindros 40 libras método actual	41
11.	Distribución de cargas de trabajo en línea de ensamble inicial, cilindros 40 libras método actual	43
12.	Distribución de cargas de trabajo en el área de soldadura longitudinal, cilindros 40 libras método actual	44
13.	Distribución de cargas de trabajo en el área de soldadura circular, cilindros 40 libras método actual	46
14.	Distribución de cargas de trabajo en el área de ensamble final, cilindros 40 libras método actual.....	47
15.	Distribución de cargas de trabajo en el área de prueba hidrostática, cilindros 40 libras método actual.....	51

16.	Distribución de cargas de trabajo en el área de tara, cilindros 40 libras método actual.....	52
17.	Distribución de cargas de trabajo en el área de granallado, cilindros 40 libras método actual.....	53
18.	Distribución de cargas de trabajo en el área de prueba neumática, cilindros 40 libras método actual.....	54
19.	Distribución de cargas de trabajo en el área de pintura, cilindros 40 libras método actual.....	55
20.	Distribución de cargas de trabajo en el área de cocido, cilindros 40 libras método actual.....	57
21.	Diagrama de flujo del proceso actual “cuellos”	58
22.	Diagrama de flujo del proceso actual “bases”	60
23.	Diagrama de flujo del proceso actual “tapa inferior”	62
24.	Diagrama de flujo del proceso actual “tapa superior”	64
25.	Diagrama de flujo del proceso actual cilindros de 40 libras	66
26.	Capacidad actual de la planta de producción para cilindros de 40 libras	74
27.	Distribución de cargas de trabajo en línea de cuellos, cilindros 40 libras método balanceado	87
28.	Distribución de cargas de trabajo en línea de bases, cilindros 40 libras método balanceado	89
29.	Distribución de cargas de trabajo en línea de tapas, cilindros 40 libras método balanceado	91
30.	Distribución de cargas de trabajo en línea de ensamble inicial, cilindros 40 libras método balanceado	93
31.	Distribución de cargas de trabajo en área de soldadura longitudinal, cilindros 40 libras, método balanceado	95
32.	Distribución de cargas de trabajo en área de ensamble final, cilindros 40 libras, método balanceado	97

33.	Distribución de cargas de trabajo en área de tara, cilindros 40 libras, método balanceado	98
34.	Mejora en área de tara	98
35.	Distribución de cargas de trabajo en área de granallado, cilindros 40 libras método balanceado	99
36.	Distribución de cargas de trabajo en área de prueba neumática, cilindros 40 libras, método balanceado	100
37.	Capacidad disponible propuesta de la planta de producción para cilindros de 40 libras	105
38.	Diagrama de flujo del proceso propuesto “cuellos”	107
39.	Diagrama de flujo del proceso propuesto “bases”	109
40.	Diagrama de flujo del proceso propuesto “tapa inferior”	111
41.	Diagrama de flujo del proceso propuesto “tapa superior”	113
42.	Diagrama de flujo del proceso propuesto cilindros de 40 libras	115
43.	Carro abastecedor de cuellos y bases, parte 1	122
44.	Carro abastecedor de cuellos y bases, parte 2	123
45.	Carro abastecedor de cuellos y bases	123
46.	Triángulo de la vida	133
47.	Daños ocurridos en La Giralda.....	144
48.	Río La Giralda cercano a la empresa.....	147
49.	Deslizamiento del cerro aledaño a la empresa	148
50.	Falta de drenajes públicos	148
51.	Drenajes de la empresa sin mantenimiento	149
52.	Mantenimiento correctivo de techos y canales en edificio de planta de producción.....	149
53.	Vidrios sin protección	150
54.	Cilindros obstaculizan pasillo central de oficinas	151
55.	Garrafones de agua pura inseguros.....	151
56.	Organización del comité de emergencias	164

57.	Plano general de la empresa y rutas de evacuación	193
58.	Capacitación de personal	214

TABLAS

I.	Formato para la toma de tiempos de producción	17
II.	Número de observaciones necesarias para la línea de cuellos...	20
III.	Número de observaciones necesarias para la línea de bases	21
IV.	Número de observaciones necesarias para la línea de cuellos...	21
V.	Número de observaciones necesarias para la línea de ensamble inicial	22
VI.	Número de observaciones necesarias para el área de soldadura longitudinal.....	22
VII.	Número de observaciones necesarias para el área de soldadura circular	23
VIII.	Número de observaciones necesarias para el área de ensamble final	23
IX.	Número de observaciones necesarias para el área de prueba hidrostática	24
X.	Número de observaciones necesarias para el área de tara	24
XI.	Número de observaciones necesarias para el área de granallado.....	25
XII.	Número de observaciones necesarias para el área de prueba neumática.....	25
XIII.	Número de observaciones necesarias para el área de pintura ...	26
XIV.	Número de observaciones necesarias para el área de cocido	26
XV.	Calificación de la actuación	28
XVI.	Cálculo del tiempo normal	30

XVII.	Suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales	31
XVIII.	Cálculo de los suplementos y sus tolerancias	33
XIX.	Estudio de tiempos en línea de cuellos, cilindros 40 libras	36
XX.	Estudio de tiempos en línea de bases, cilindros 40 libras.....	38
XXI.	Estudio de tiempos en línea de tapas, cilindros 40 libras	40
XXII.	Estudio de tiempos en línea de ensamble inicial, cilindros 40 libras	42
XXIII.	Estudio de tiempos en área de soldadura longitudinal, cilindros 40 libras	44
XXIV.	Estudio de tiempos en área de soldadura circular, cilindros 40 libras	45
XXV.	Estudio de tiempos en área de ensamble final, cilindros 40 libras	47
XXVI.	Análisis del tiempo perdido por abastecimiento en área de ensamble final.....	48
XXVII.	Cilindros no producidos por tiempo de abastecimiento en área de ensamble final.....	49
XXVIII.	Pérdida por productos dejados de fabricar o vender	49
XXIX.	Costo de horas-hombre desperdiciadas en ensamble final	50
XXX.	Estudio de tiempos en área de prueba hidrostática, cilindros de 40 libras	50
XXXI.	Estudio de tiempos en área de tara, cilindros de 40 libras	52
XXXII.	Estudio de tiempos en área de granallado, cilindros de 40 libras	53
XXXIII.	Estudio de tiempos en área de prueba neumática, cilindros de 40 libras	54
XXXIV.	Estudio de tiempos en área de pintura, cilindros de 40 libras.....	55

XXXV.	Estudio de tiempos en área de cocido, cilindros de 40 libras	56
XXXVI.	Capacidad y productividad actual de la planta de producción para cilindros de 40 libras.....	72
XXXVII.	Desperdicios y como eliminarlos	77
XXXVIII.	Las nueve eses	80
XXXIX.	Análisis del tiempo Takt.....	83
XL.	Cálculo del tiempo Takt	84
XLI.	Balanceo en línea de cuellos, cilindros de 40 libras	86
XLII.	Balanceo en línea de bases, cilindros de 40 libras.....	88
XLIII.	Balanceo en línea de tapas, cilindros de 40 libras	90
XLIV.	Balanceo en línea de ensamble inicial, cilindros de 40 libras.....	92
XLV.	Balanceo en área de soldadura longitudinal, cilindros de 40 libras	94
XLVI.	Balanceo en área de ensamble final, cilindros de 40 libras.....	96
XLVII.	Balanceo en área de tara, cilindros de 40 libras.....	97
XLVIII.	Balanceo en área de granallado, cilindros de 40 libras	99
XLIX.	Balanceo en área de prueba neumática, cilindros de 40 libras .	100
L.	Personal óptimo propuesto para cilindros de 40 libras.....	101
LI.	Capacidad propuesta de la planta de producción para cilindros de 40 libras	103
LII.	Productividad parcial de mano de obra para la producción de cilindros con capacidad de 40 libras.....	120
LIII.	Costo de propuesta carros transportadores	121
LIV.	Fases de intervención del comité de emergencias.....	165
LV.	Materiales en bodega de insumos.....	182
LVI.	Materiales de oficina.....	183
LVII.	Materiales en garita de seguridad	183
LVIII.	Extintores en edificio de planta de producción	184
LIX.	Botiquín de primeros auxilios	185

LX.	Teléfonos de emergencia y de instituciones de la comunidad...	186
LXI.	Sistema de alerta.....	187
LXII.	Recursos utilizados en capacitación de manufactura esbelta....	212
LXIII.	Costo de inversión para capacitaciones	213
LXIV.	Cronogramas de capacitación de manufactura esbelta.....	214

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
m	Metro
No.	Número
%	Porcentaje
s	Segundo

GLOSARIO

Acero calmado	Es el acero que ha sido desoxigenado antes de fundirlo, mediante la adición de silicio y algunas veces aluminio.
Alarma	Aviso o señal que se da para que se sigan las instrucciones específicas; debido a la presencia real o inminente de un evento adverso.
Alerta	Estado declarado con el fin de tomar precauciones, debido a la probable o cercana ocurrencia de un evento adverso.
Amenaza	Factor de riesgo, representado por la potencial ocurrencia de un suceso de origen natural o generado por la actividad humana, que puede manifestarse en un lugar específico, con una intensidad y duración determinadas.
Base de sustentación	Pieza metálica de forma circular, rebordeada hacia el interior en su parte inferior, soldada a la tapa inferior del recipiente, para sostenerlo y posicionarlo verticalmente; con orificios que permiten la ventilación para disminuir los efectos de corrosión por humedad en el mismo.

Brida	Pieza metálica anular con un orificio concéntrico con rosca cónica, que va soldada en el centro del casquete superior del envase cilíndrico y que permite la instalación de la válvula a dicho envase.
Brigadas	Son grupos de personas organizadas y capacitadas para emergencias, mismos que serán responsables de combatirlas de manera preventiva o ante eventualidades de un alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre, dentro de una empresa, industria o establecimiento y cuya función está orientada a salvaguardar a las personas, sus bienes y el entorno de los mismos.
Casquetes o tapas (superior e inferior)	Partes metálicas del recipiente, de forma semiesférica o semielíptica, con o sin faldón recto, o de forma semicapsulada.
Cilindro o recipiente portátil	Recipiente metálico, con o sin cordones de soldadura, hermético, rellenable, utilizado para almacenar y transportar GLP, que por su masa y dimensiones puede manejarse manualmente y que cumple con los requisitos del Reglamento Técnico Centroamericano. Está formado por los siguientes componentes: cuello protector, válvula, brida, cuerpo cilíndrico y base de sustentación.

Coordinación	Acción que implica hacer funcionar efectiva, oportuna y armónicamente, procesos o actividades.
Cuello protector de la válvula	Parte metálica de forma cilíndrica abierta o cerrada, soldada al casquete superior del cilindro, que sirve para la manipulación del mismo y para proteger la válvula contra daños por impacto; tiene aberturas que permiten su conexión con el regulador, así como la ventilación, operación y drenaje.
Cuerpo cilíndrico	Es la parte del cilindro que contiene el producto y que puede estar formado por: casquete superior, casquete inferior y sección cilíndrica o bien por dos casquetes semicapsulados.
Damnificado	Persona afectada por un desastre que ha sufrido daños físicos y económicos.
Daño	Efecto adverso o grado de destrucción causado por un fenómeno peligroso sobre las personas, los bienes, sistema de prestación de servicios y sistemas naturales o sociales.
Desastre	Evento o actividad que provoca pérdidas humanas, daños materiales y físicos a las comunidades y no pueden ser controlados con los recursos locales.

Elemento	Es una parte esencial y definida de una actividad o tarea determinada, compuesta por uno o más movimiento fundamentales del operador y de los movimientos de una máquina o las fases de un proceso seleccionado para fines de observación y cronometraje.
Embutido	Proceso metalmecánico utilizado para brindar la forma requerida a una lámina, aplicándole una fuerza que obliga al metal a deformarse plásticamente a través de un molde, sin utilizar calor, impactos, ni golpes.
Emergencia	Estado caracterizado por la alteración o interrupción intensa y grave de las condiciones normales de funcionamiento y operación de una comunidad, causada por un evento o por la inminencia del mismo, que requiere de una reacción inmediata y que exige la atención o recuperación de las instituciones del Estado, los medios de comunicación y de la comunidad en general.
Enlace	Es la persona que sirve de intermediario para lograr una comunicación con otras personas.
Fenómeno	Toda apariencia o manifestación extraordinaria y sorprendente (súbito o lento).

Gas licuado de petróleo

Producto combustible que comúnmente se designa con las siglas GLP, es la mezcla formada por hidrocarburos de tres (3) y cuatro (4) átomos de carbono, predominantemente propano, butano o ambos, que siendo gaseosos, en condiciones normales de presión y temperatura CNPT (101,3 kPa y 25 °C) pueda ser licuado aplicando presión, enfriamiento o ambos, para facilitar el almacenamiento, transporte y manejo.

Granallado

El granallado es una técnica de tratamiento superficial por impacto, con el cual se puede lograr un excelente grado de limpieza y simultáneamente una correcta terminación superficial.

Línea de producción

Son secuencias de actividades que dan lugar a la producción de bienes y servicios determinados. Suponen una combinación determinada de insumos, una cantidad de trabajo, de materias primas y de equipo e instalaciones necesarios para producir un “lote de producto” en un periodo dado.

Lote

Es la cantidad específica de envases cilíndricos de un mismo tamaño y diseño, fabricados en una misma tanda, bajo condiciones de producción presumiblemente uniformes y que se somete a inspección como un conjunto unitario.

Mitigación	Planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente, es decir, que en muchos casos no es posible impedir o evitar los daños y sus consecuencias y sólo es posible atenuarlas.
Planes de emergencia	Documento que establece las responsabilidades y normas que ante un evento adverso permite administrar de manera efectiva y eficiente todos los recursos de una comunidad.
Prevención	Medidas y acciones dispuestas con anticipación con el fin de evitar o impedir que se presente un fenómeno peligrosos o para reducir sus efectos sobre la población, los bienes y servicios y el ambiente.
Productividad	Es el grado de rendimiento con que se emplean los recursos disponibles para alcanzar objetivos predeterminados.
Propano	Es el gas licuado de petróleo (GLP) formado predominantemente por hidrocarburos saturados (sin doble enlace entre dos (2) átomos de carbono en la molécula: C=C) y constituido por tres (3) átomos de carbono con fórmula química C ₃ H ₈ .

Prueba hidráulica

Es una prueba de hermeticidad, consiste en que el recipiente se presuriza internamente hasta llegar a una presión de prueba de 3,310 kPa (34.0 kgf/cm²) equivalente a dos veces la presión de diseño, manteniéndose esta presión durante 30 segundos, como mínimo, para revisar las uniones. Este ensayo se realiza a temperatura ambiente.

Prueba neumática

Es una prueba de hermeticidad, consiste en que el recipiente se coloca dentro de una cámara de prueba blindada, se eleva la presión interna del recipiente a 3, 310 kPa (34.0 kgf/cm²) manteniéndola por un tiempo mínimo de 10 segundos, se reduce la presión a 1, 660 kPa (17.0 Kgf/cm²), retirándose el recipiente de la cámara blindada y se sumerge en agua para revisar las uniones.

Respuesta

Etapa de la atención que corresponde a la ejecución de las acciones previstas en la etapa de preparación. Corresponde a la reacción inmediata para la atención oportuna de la población.

Riesgo

Es la probabilidad que se presente un nivel de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un período de tiempo definido. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Simulacro	Actividad práctica con fines de entrenamiento y capacitación basados en el supuesto desastre dentro de una comunidad amenazada, con el fin de representar situaciones que promuevan una coordinación efectiva de respuesta.
Tara	Es la masa del envase cilíndrico vacío, incluyendo la masa de la válvula.
Válvula	Elemento mecánico de operación manual o automática que integra en su cuerpo un dispositivo para carga y descarga de GLP y un dispositivo para alivio de presión, con o sin dispositivo de máximo nivel de llenado.
Vulnerabilidad	Es la debilidad, desconocimiento, incapacidad o falta de preparación que se tiene para enfrentar un peligro o amenaza, lo cual aumenta la posibilidad de sufrir mayor daño.

RESUMEN

Los estudios de tiempos son la base de todo buen proceso de manufactura pues proporcionan a las empresas de estándares de trabajo, tiempos definidos por operaciones y lo principal, constituyen la base de toda buena planificación de producción para cumplir metas de trabajo.

Además, con estos estudios también se analiza el estado físico de las herramientas y áreas de trabajo e ineficiencias en el proceso, lo cual genera nuevas ideas, que son aportes significativos para el aumento de la productividad, reducción y/o eliminación de desperdicios que no agregan valor desde la perspectiva del cliente y balance de cargas de trabajo. Por la metodología de trabajo se valoran y califican las actitudes y capacidades de cada colaborador en su respectiva parte del proceso, pues con ellas también aportan un valor importante a la empresa.

Las ventajas de realizar un estudio de tiempos en las industrias, está enfocado en puntos estratégicos a nivel de personal, de planificación y cuellos de botella. A nivel de personal indica el número necesario de operarios y como consecuencia la correcta planificación de costos en mano de obra y de producción. En el nivel de maquinaria muestra las cargas ideales de trabajo.

Por tanto, el presente trabajo consiste en la optimización del sistema de producción de cilindros portátiles para contener Gas Licuado de Petróleo (GLP), mediante estudio de tiempo y movimientos, balanceando cargas de trabajo para los subprocesos de la línea de producción.

Ayudado con la introducción de la manufactura esbelta, que se enfoca en la reducción y/o eliminación de los siete desperdicios que no agregan valor desde la perspectiva del cliente, obteniendo como resultado de estándares de trabajo, tiempos definidos por operaciones, determinación de la capacidad de la planta y una buena base para la planificación de la producción que ayudará a cumplir metas de trabajo. En resumen, un aumento en la productividad de la empresa.

OBJETIVOS

General

Optimizar el sistema de producción de cilindros portátiles para contener de Gas Licuado de Petróleo (GLP), aplicando técnicas de manufactura esbelta, para obtener un mejoramiento en la productividad.

Específicos

1. Estandarizar los tiempos de producción para cilindros de 40 libras.
2. Balancear las líneas de producción para los cilindros con capacidad de 40 libras.
3. Determinar el número óptimo de operarios necesarios para la producción de cilindros con capacidades de 40 libras.
4. Determinar la capacidad disponible en planta de producción para cilindros de 40 libras.
5. Controlar los cuellos de botella en el proceso de producción para cilindros de 40 libras.
6. Aumentar la productividad parcial de mano de obra, para la producción de cilindros con capacidad de 40 libras.

7. Disminuir y/o eliminar desperdicios en el proceso de producción (sobreproducción, transporte, espera, exceso de inventario, procesos inapropiados, defectos y movimientos).
8. Crear una propuesta de un plan de contingencia ante desastres.
9. Elaborar un plano con las rutas de evacuación y puntos de reunión dentro de la empresa.
10. Crear capacitaciones para el personal operativo y administrativo sobre las herramientas y técnicas de la manufactura esbelta.

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto consiste en la optimización del sistema de producción de cilindros portátiles para contener Gas Licuado de Petróleo (GLP), aplicando técnicas de manufactura esbelta en industria Metal Mecánica NIVI, S.A.

En el primer capítulo se describe de manera general las características principales e importantes de la empresa, como la historia, misión, visión, productos, ubicación geográfica y su estructura organizacional.

Después se analiza la situación actual de la empresa, revisando las causas y encontrando la raíz del problema; luego se procede a obtener la información necesaria realizando estudios de tiempos y movimientos para una capacidad de cilindro para GLP, utilizando el método de cronometración regreso a cero, logrando con ello los tiempos estandarizados para los proceso de producción.

Finalmente, se presenta la propuesta que consiste en la introducción de la manufactura esbelta, describiendo los siete desperdicios que en toda empresa se encuentran y mostrando la metodología de las 9 S's, la herramienta del trabajo estándar que permiten crear un flujo más suave de la producción, haciéndola más flexible y constante; para esto se realiza el balanceo de las cargas de trabajo en todas las áreas y líneas de producción, equilibrándolas al tiempo Takt (ritmo de producción), determinando el personal óptimo necesario para poder fabricar dicho producto.

Además, con la determinación de la capacidad de la planta de producción antes y después de la propuesta, identificar y controlar los cuellos de botella que existen dentro del sistema productivo; también se calcula la productividad parcial mano de obra para cada lugar estudiado, finalizando con la presentación de otra propuesta de mejora para el área de ensamble final y la actualización de los diagramas de flujo del procesos para cilindros de 40 libras de capacidad.

En el tercer capítulo se desarrolla un plan de contingencia ante desastres, enfocándose en las inundaciones, el cual es el mayor riesgo a que está expuesta la empresa en época de invierno. Además, se incluyen unas guías en caso de incendios, accidentes eléctricos y terremotos.

Se finaliza con el capítulo cuatro, en el cual se desarrollan varias presentaciones para capacitar al personal de la empresa, siendo estas un apoyo en la fase técnico-profesional; permitiendo que cada uno conozca, comprenda y aplique dentro de su trabajo los conocimientos que este nuevo concepto de producción proporciona. Para tener la certeza de que las mejoras que sean propuestas logren los resultados esperados.

1. GENERALIDADES Y ANTECEDENTES DE LA EMPRESA

1.1. Antecedentes de la empresa

“Industria Metal Mecánica NIVI, S.A. Inició sus operaciones en el año de 1,980 con el nombre comercial Industrias NIVI, derivado de los apellidos Nistal Vielmann, propiedad de José Francisco Nistal Rosales, quien montó un taller de estructuras metálicas y fabricación de baterías para automóviles.”¹

En 1985 emigró al departamento del Petén a desarrollar trabajos en su profesión como tornero industrial en una compañía petrolera, donde nació la idea de poder fabricar cilindros portátiles para contener gas propano. En 1987 regresó a Tecpán, formalizó la idea y maduró el proyecto, iniciando la producción de cilindros portátiles para envasar gas licuado de petróleo (GLP), utilizando maquinaria y herramientas no apropiadas para dicha actividad; inicialmente no contaban con un edificio adecuado a los requerimientos del tipo de industria a implementarse.

En 1995 se terminó la construcción del nuevo edificio con instalaciones apropiadas para acondicionar maquinaria sofisticada, amplitud para el desarrollo de los diferentes procesos y áreas en que está dividida la producción de los cilindros para envasar GLP, aunado con el crecimiento de la demanda del producto por la calidad, empeño y dedicación puestas por su personal altamente calificado.

¹ Fuente: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.

En 2000, la dirección del Departamento de Producción es asumida por el ingeniero industrial y en sistemas, Giovanni Francisco Nistal Vielmann, hijo del propietario, realizando una reingeniería de procesos en toda la empresa; desde la oficina administrativa hasta los procesos productivos.

1.2. Misión

La misión de la empresa es definida de la siguiente manera:

“Somos una empresa dedicada a la manufactura de cilindros portátiles para contener gas licuado de petróleo GLP con un sistema de aseguramiento de calidad, entregada a satisfacer las expectativas de nuestros clientes mayoristas o minoristas; somos líderes en un mercado rentable y de crecimiento, sustentado en el desarrollo de nuestra gente, incentivando los valores de responsabilidad, puntualidad, honestidad y respeto aunado a la tecnología de vanguardia”.

1.3. Visión

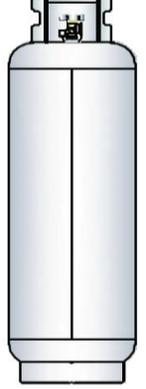
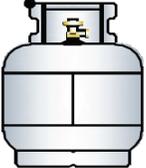
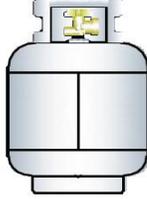
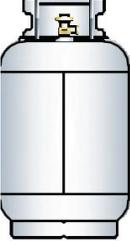
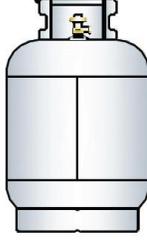
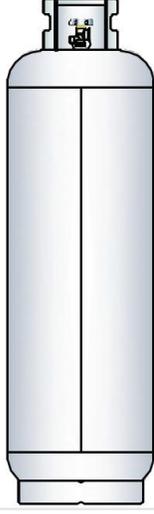
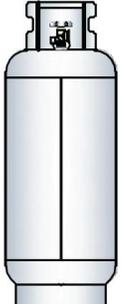
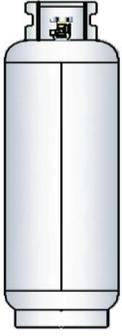
Industria Metal Mecánica NIVI, S.A., describe su visión así:

“Ser una empresa líder en la fabricación de cilindros portátiles para contener GLP, con crecimiento rentable y sostenido, buscando la excelencia en sus productos, compartiendo sus éxitos con gente motivada y talentosa entregada a la satisfacción de sus clientes”.

1.4. Productos

Los modelos de cilindros producidos en la empresa se clasifican según la capacidad de almacenamiento de GLP (ver figura 1).

Figura 1. **Productos**

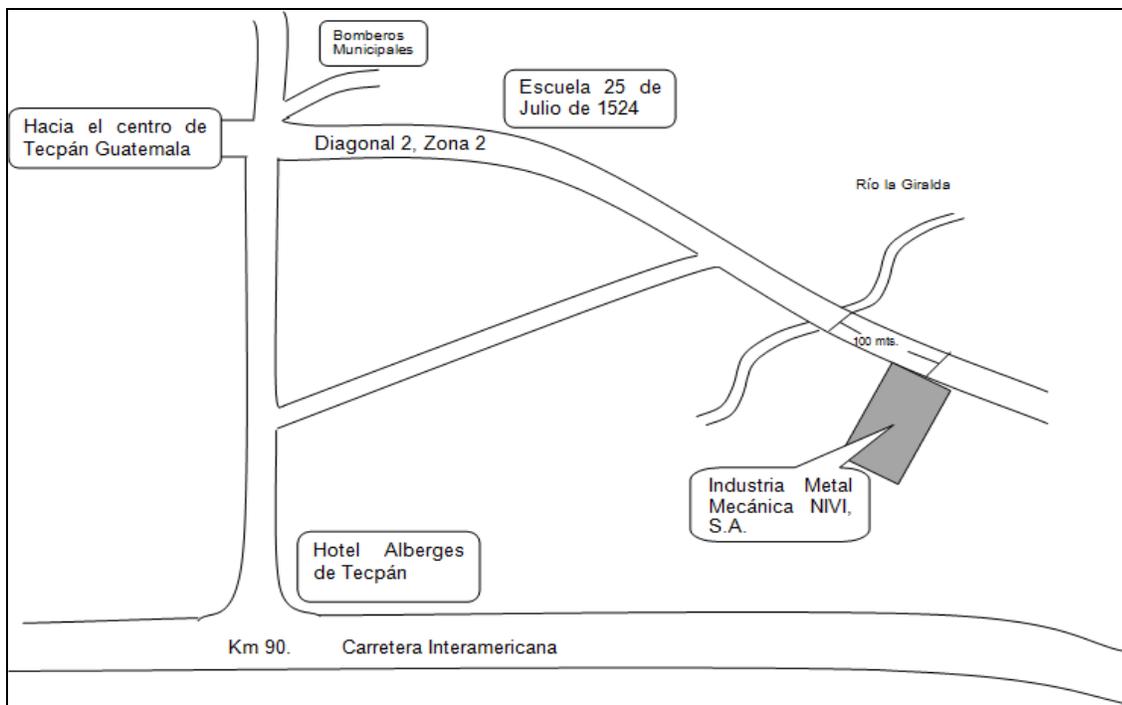
Cilindro	Capacidad	Cilindro	Capacidad	Cilindro	Capacidad
	5 libras		10 libras		60 libras
	15 libras		20 libras		
	25 libras		35 libras		100 libras
	40 libras		50 libras		

Fuente: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.

1.5. Ubicación

La empresa se encuentra ubicada en diagonal 2, 4 - 16, zona 2, Tecpán Guatemala, Chimaltenango (ver figura 2).

Figura 2. **Ubicación de la empresa**



Fuente: elaboración propia.

1.6. Estructura organizacional

La estructura organizacional se refiere a la forma en que se dividen, agrupan y coordinan las actividades o trabajo dentro de la organización en cuanto a las relaciones entre los gerentes y los empleados, entre gerentes y gerentes y entre empleados y empleados.

La industria Metal Mecánica NIVI, S.A., para el cumplimiento de sus mandatos, emplea una organización por funciones de ámbito general, debido a sus niveles jerárquicos y sus interrelaciones entre direcciones. Por la especialización se puede clasificar como integral y por su cantidad de unidades se representa en bloques.

Las ventajas que presenta la organización de la empresa son:

- Indican en forma objetiva las jerarquías del personal
- Hay mayor especialización
- Se obtiene la más alta eficiencia de la persona
- La división del trabajo es planeada y no incidental
- El trabajo manual se separa del intelectual
- Disminuye la presión sobre un solo jefe, por el número de especialistas con que cuenta la organización
- La departamentalización por funciones permite obtener resultados

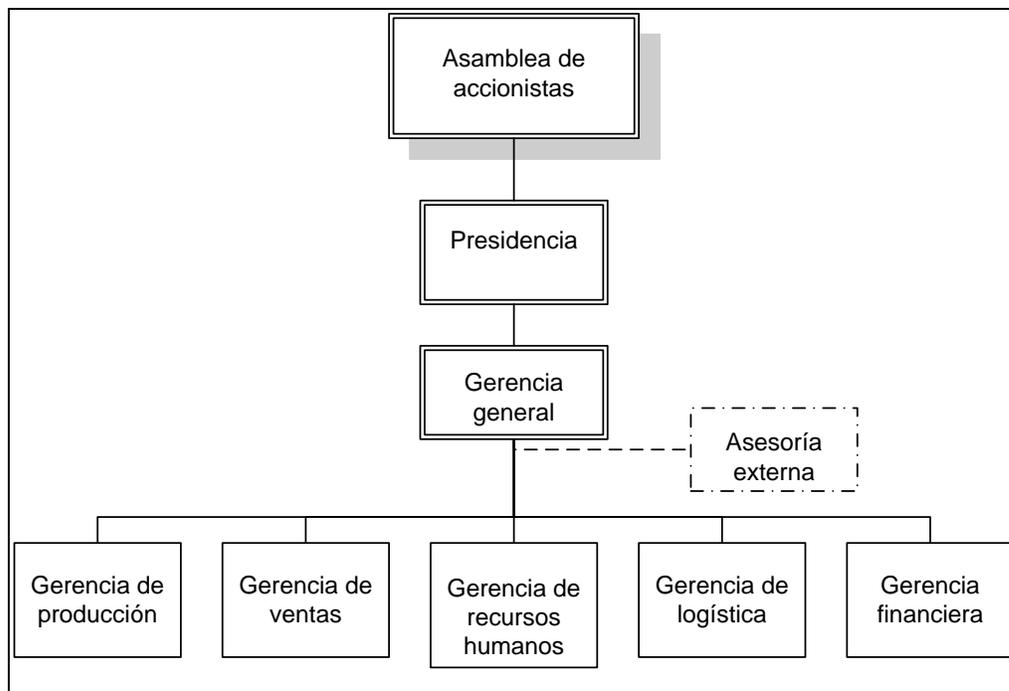
Las desventajas que se advirtieron en la organización son:

- Dificultad de localizar y fijar la responsabilidad, lo que afecta seriamente la disciplina y moral de los trabajadores, por contradicción aparente o real de las órdenes.

- Se viola el principio de la unidad de mando, lo que origina confusión y conflictos.
- La no clara definición de la autoridad da lugar a rozamientos entre jefes.
- Por su estructura vertical, la línea de mando se torna angosta, debido a los numerosos niveles existentes entre los puestos de mayor jerarquía y los bajos niveles.

El diagrama organizacional de la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A. Se muestra en la figura 3.

Figura 3. **Organigrama de la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.**



Fuente: elaboración propia.

2. FASE DE SERVICIO TÉCNICO PROFESIONAL

2.1. Situación actual de la empresa

Industria Metal Mecánica NIVI, S.A., está ubicada en el municipio de Tecpán Guatemala, Chimaltenango; está a la vanguardia de la tecnología en lo que se refiere a la fabricación de cilindros portátiles para contener GLP, en presentaciones domesticas e industriales.

Una de las oportunidades que ha tenido la empresa durante este tiempo es que el consumo de gas propano en Guatemala ha aumentado en un gran porcentaje; durante estos años ha aprovechado las necesidades del mercado comercializando sus productos en el mercado nacional y centroamericano, donde ha llegado a ser la empresa número uno en la fabricación y comercialización de cilindros portátiles para contener gas licuado de petróleo.

Ahora la empresa tiene el objetivo de buscar nuevos mercados, por lo que necesita que sus productos sean elaborados de una forma mejor, utilizando nuevas tecnologías; y además, tiene la necesidad de romper con los esquemas de trabajo antiguo y crear nuevos para poder ser más productivos.

Al momento Industria Metal Mecánica NIVI, S.A. está formada por seis accionistas cuyos integrantes son; Francisco Nistal, su esposa e hijos, contando con cinco departamentos, con un gerente en cada uno y el presidente, quien es el fundador y accionista mayoritario.

2.2. Diagnóstico del Departamento de Producción

En los últimos años, el gerente general de la empresa ha tenido dificultades, debido a que se ha mantenido una baja producción de cilindros portátiles para contener gas licuado de petróleo (GLP); además, con atrasos e incumplimientos de las órdenes de producción en la fecha acordada.

Sabiendo que se cuenta con la tecnología y recursos adecuados para su desarrollo y con la creciente demanda, se requiere identificar las causas del problema y plantear la solución apropiada.

Para el análisis del problema se utiliza como técnica de exploración un diagrama causa-efecto dentro del área de producción.

Las causas que provocan la problemática se identifican mediante la técnica de las 6M's, que se constituyen principalmente de los siguientes factores: mano de obra, materiales, maquinaria, métodos de trabajo, medición y medio ambiente.

El método de obtención de las causas y subcausas de las diferentes categorías se describe a continuación:

- Mano de obra: se realizaron entrevistas no estructuradas a la mayor parte del personal operativo y administrativo, acerca de sus condiciones de trabajo, la motivación, la capacitación, las costumbres y ambiente laboral, donde se determinó lo siguiente:
 - No se les proporciona capacitación.

- Se incorpora personal nuevo no calificado para algunas tareas, lo que ocasiona accidentes debido a la falta de experiencia y negligencia de los mismos.
- Costumbre o rutina en el desarrollo de sus actividades.
- Desmotivación debido a que no se sienten en pertenencia con la empresa, muchos de ellos no conocen la misión y visión de esta.
- En la categoría de materiales se empleó la técnica de observación y entrevistas no estructuradas al encargado de bodega de insumos y producto terminado, al personal operativo del área de corte y pintura, acerca del ingreso, egreso, existencia de materia prima, así como, las condiciones de almacenamiento. Se determinó lo siguiente:
 - El flujo de las líneas de producción no asegura que las materias primas, material en proceso, producto terminado y suministros se desplacen normalmente de un lugar a otro, retrasando la entrega del mismo y ocupando un área excesiva para el almacenamiento en la planta y por ende, aumentando el costo del producto.
 - Los materiales muchas veces se encuentran almacenados provisionalmente durante mucho tiempo, lo cual acumula inventarios excesivos.
- En la categoría de maquinaria: se empleó la técnica de observación y entrevistas no estructuradas con los encargados de Mantenimiento Eléctrico y Mantenimiento Mecánico, acerca de los procedimientos de mantenimiento que utilizan. Como también al encargado de cada línea de

producción acerca de las condiciones de instalaciones que poseen para realizar sus tareas. Se determinó lo siguiente:

- Existen problemas con la seguridad de los trabajadores debido al manejo de la materia prima y suministros, ya que no poseen equipo móvil para el manejo de los mismos, pudiendo provocar lesiones graves a cada operario. Además provocando retrasos debido al reabastecimiento de material en cada línea de producción.
- Respecto del mantenimiento de maquinaria no cuentan con un mantenimiento preventivo. Por lo que recurren, la mayoría de las veces, a realizar el mantenimiento correctivo, provocando paros en la producción por lapsos grandes de tiempo.
- Respecto de los métodos de trabajo: se realizó un entrevista no estructurada al gerente de producción, en donde se determinó que los tiempos de producción de cilindros que se poseen son obsoletos, debido a que en el 2000 fue la última vez que se realizó un estudio de tiempos y movimientos; además, después de ese año se han diseñado y producido otras capacidades de cilindros, así como la incorporación de nuevas maquinarias. Luego del desastre que sufrió la empresa a finales de mayo del 2010 por la tormenta Agatha, deteriorando varias maquinarias así como las instalaciones de la empresa.

Además, empleando la técnica de observación, se determinó que:

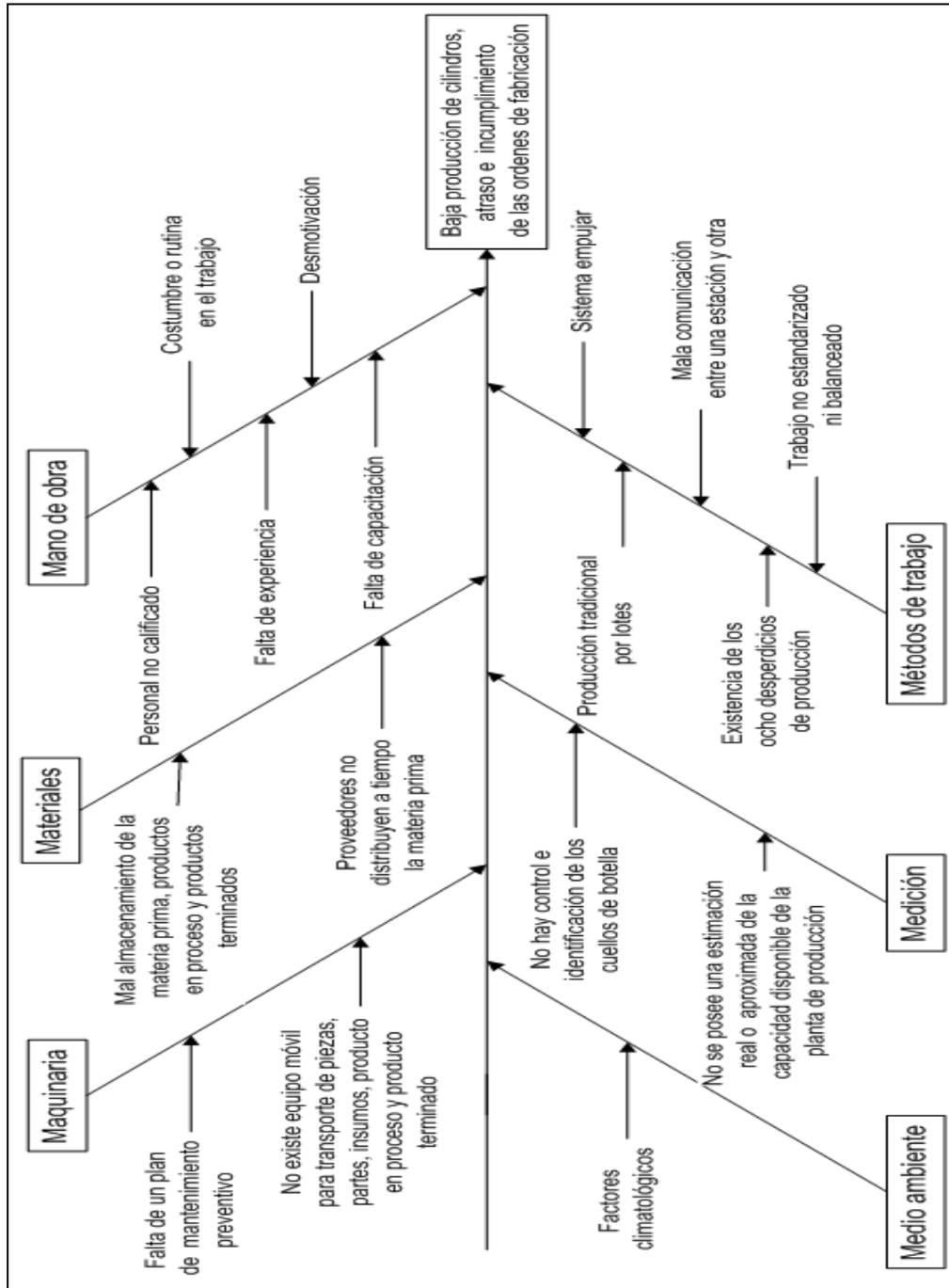
- El sistema de producción se trabaja por lotes, a pesar que la línea de producción está diseñada para trabajar en línea.

- Debido a la costumbre de los operarios se trabaja mediante el sistema empujar provocando con esto sobreproducción, tiempo de espera en las siguientes estaciones de trabajo e incluso en líneas de producción, transportes, movimientos innecesarios para el reacomodo de lo producido, defectos e incluso retrabajos de cilindros y por ende un exceso de inventario (producto en proceso).
- Hay una mala comunicación entre estaciones de trabajo.
- No se poseen estándares de tiempo, menos un balanceo y distribución de las cargas de trabajo en todas las líneas y áreas de producción, con esto provoca que el flujo del producto se estanque y no sea continuo.
- Al efectuar la medición pudo determinarse lo siguiente:
 - No se posee una estimación real de la capacidad disponible de la planta de producción, para las diferentes capacidades que en ella se elaboran. Provocando con esto dificultad para programar la producción y estimar una fecha para la entrega de los productos.
 - No se cuenta con una herramienta que permita identificar fácilmente los cuellos de botella, para priorizar mejoras especialmente en el flujo de la producción.
- En relación con el medio ambiente, por la ubicación geográfica en la que se encuentra la empresa, es vulnerable a eventos de tipo natural como inundaciones y/o deslaves que pueden provocar retrasos, paros totales o parciales de la actividad productiva.

Respecto del efecto, este se reconoce como la baja producción de cilindros, atraso e incumplimiento de las órdenes de fabricación.

En la figura 4, se presenta el diagrama causa-efecto del área de producción en donde se resumen los aspectos importantes que afectan que contribuyen a la problemática.

Figura 4. Diagrama causa-efecto del área de producción



Fuente: elaboración propia.

Del estudio causa-efecto realizado en el Departamento de Producción se establece la falta de estandarización, balanceo y distribución de las cargas de trabajo, aunado con la forma de tradicional de producir por lotes, manteniendo el sistema empujar, y a no poseer un control de los cuellos de botella, así como la capacidad disponible de la planta de producción para cilindros GLP. Provoca interrupción en el flujo de trabajo no haciéndola continua.

Por lo anteriormente descrito, se determina que la falta de optimización del sistema de producción de cilindros portátiles para contener gas licuado de petróleo, es la causa raíz del problema, debido a que dichos factores contribuyen considerablemente a la baja producción de cilindros, atraso e incumplimiento de las órdenes de fabricación. El análisis se muestra en la siguiente figura:

Figura 5. Diagrama de evaluación causa raíz



Fuente: elaboración propia.

2.3. Procedimientos para medir el trabajo

Como se observa en el diagnóstico, una de las causas principales del problema es que los tiempos de producción son obsoletos y es de urgencia su obtención para tener una base real del tiempo de cada actividad productiva, de las diferentes líneas de producción (línea de bases, cuellos, tapas, ensamble inicial, ensamble final).

Debido a que existe una variedad de técnicas para la medición del trabajo, el estudio de tiempos con cronómetro es una de ellas, esta técnica servirá de base para optimizar el sistema de producción de cilindros con capacidad para 40 libras, las cuales son de mayor interés para la empresa.

Con esta técnica para la medición del trabajo, se podrá estandarizar los tiempos de producción y determinar la capacidad disponible actual de la planta para las capacidades de cilindros mencionados; además, la identificación y control de las restricciones o cuellos de botella, permitiendo con ellos proponer mejoras que beneficiarán a la empresa.

2.3.1. Técnica para la medición del trabajo

Es de suma importancia tener conocimiento y habilidad de los procedimientos o técnicas apropiadas para obtener y registrar la información del trabajo en estudio, por lo cual, a continuación se presenta la técnica a emplear para el presente trabajo.

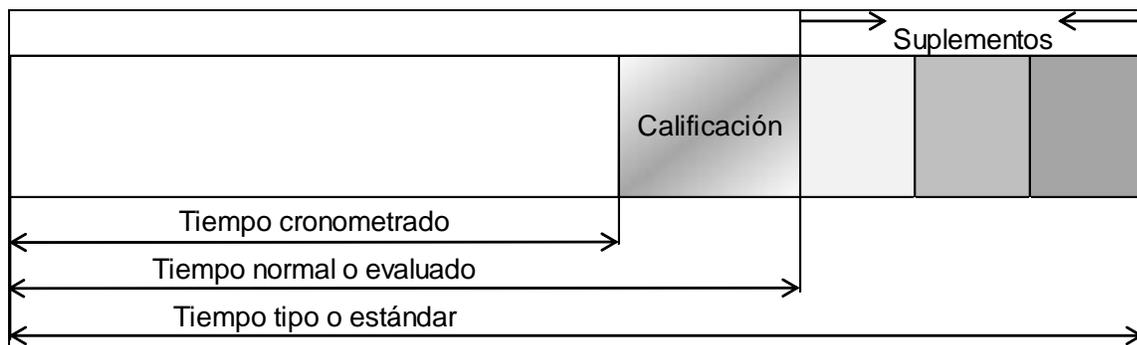
2.3.1.1. Estudio de tiempos con cronómetro

El estudio de tiempos es una técnica para determinar con la mayor exactitud posible, partiendo de un número limitado de observaciones, el tiempo

necesario para llevar a cabo una tarea determinada con arreglo a una norma de rendimiento preestablecido.

Esta norma de rendimiento preestablecido es el tiempo tipo o estándar, el cual es el que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes, variables), así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos. A estos tiempos ya valorados se les agregan los suplementos siguientes: personales, por fatiga y especiales. La figura 6 indica qué es el tiempo estándar.

Figura 6. **Descomposición de ciclo de trabajo**



Fuente: elaboración propia.

2.3.1.2. **Medición del tiempo**

Antes de iniciar la medición de los tiempos se procede a conocer y comprender los procesos de las diferentes líneas y áreas de producción, continuando con la creación de un formato para registrar las actividades o elementos que corresponden a la tarea y cada una con sus respectivos tiempos; en la tabla I se puede observar la estructura de dicho formato.

Tabla I. **Formato para la toma de tiempos de producción**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 Libras		
Proceso: Ensamble final										Método: Actual		
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Página: 1 de 1		
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	Tiempo Estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1	342.95										
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	25.81	27.36	33.02	31.42	25.98	28.72	90%	23%	31.79		
2	Colocar base de sustentación	15.20	15.25	18.46	16.17	17.06	16.43	90%	16%	17.15		
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	51.00	47.89	50.54	46.00	49.06	48.90	90%	18%	51.93		
4	Soldar base de sustentación y cuello	206.55	209.10	204.00	211.65	219.30	210.12	90%	18%	223.15		
5	Descargar cilindro	14.41	17.47	13.41	20.68	19.56	17.11	90%	23%	18.94		

Fuente: elaboración propia.

En la columna nombrada “Actividad”, se definen las actividades o elementos que componen la tarea que se realiza en cada estación.

Se tomó como base inicial una muestra de cinco tiempos expresados en segundos, para cada tarea de las diferentes estaciones de cada línea y áreas de producción, debido a que los órdenes de producción durante la realización del proyecto fueron de lotes pequeños para cada capacidad estudiada. En las columnas “T 1, T 2, T 3, T 4 Y T 5”, se indica el número de ciclos que se realizaron, para los diferentes elementos que componen la tarea en estudio. La unidad de medida del tiempo es en segundos.

Dentro del contexto de manufactura esbelta, la toma de tiempos no se realiza como en el anterior, buscando la perfección estadística, se debe ser consciente de sus limitaciones, pero el diseño de la línea en movimiento hará que estas sean visibles y por tanto mejoradas.

En la columna T_{prom}, se coloca el promedio de los tiempos registrados, correspondiente a la sumatoria de cada ciclo

$$T_{prom} = (T1+T2+T3+T4+T5) / 5$$

En la columna % calif., se coloca la calificación de la actuación del operario en porcentaje (ver tabla XV) para las diferentes actividades o elementos que se realizan en la estación de trabajo.

En la columna % suple., se coloca el porcentaje de los suplementos o el tiempo que se concede al trabajador con objeto de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea (ver tabla XVII).

En la columna # Op., se registra la cantidad de operarios que laboran en cada estación de trabajo.

En donde se refiere a tiempo estándar, como su nombre lo indica, se determina el tiempo estándar de cada actividad que se realiza en la estación de trabajo.

En la columna de operario, se coloca el nombre del operario a quien se le realiza el estudio de tiempos.

En cuanto a la columna de observaciones, como su nombre lo indica, se detalla alguna observación que se pueda encontrar en la estación de trabajo.

2.3.1.3. Cálculo de observaciones necesarias

Inicialmente se consideraron cinco ciclos para cada estación de trabajo de las diferentes líneas y áreas de producción, debido a que la producción era de lotes pequeños.

Para comenzar con la optimización del sistema de producción es necesario contar con los datos lo más rápido posible, para establecer la situación actual de dicho sistema.

Para tener un respaldo o referencia de la exactitud de la información obtenida, se recurrió al uso de la siguiente fórmula estadística para la obtener el número de observaciones necesarias.

$$N = \left(\frac{K * \sigma}{e * \bar{X}} \right)^2 + 1$$

De la tabla II a la XIV, se muestran todas las estaciones que fueron cronometradas dentro del sistema de producción para cilindros con capacidad de 40 libras, e indicando el número de observaciones requeridos para tener un dato más confiable de la información.

Cada una de las operaciones fue realizada por operarios experimentados. A continuación se presentan los resultados obtenidos:

Tabla II. **Número de observaciones necesarias para la línea de cuellos**

Cuellos										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	35,00	37,30	35,53	38,10	37,15	36,62	1,30	0,05	2,00	3,01
Estación 2	30,14	31,35	30,87	30,18	30,51	30,61	0,51	0,05	2,00	1,44
Estación 3	39,51	38,10	39,00	37,48	39,74	38,77	0,96	0,05	2,00	1,97
Estación 4	24,10	21,30	22,23	22,24	22,51	22,48	1,02	0,05	2,00	4,28
Estación 5	22,08	21,43	21,60	22,20	21,26	21,71	0,41	0,05	2,00	1,57
Estación 6	64,72	65,78	67,95	67,80	68,90	67,03	1,72	0,05	2,00	2,05
Estación 7	68,12	69,30	70,42	69,20	72,19	69,85	1,54	0,05	2,00	1,78
Estación 8	65,95	63,00	67,25	63,61	66,64	65,29	1,88	0,05	2,00	2,33
Estación 9	110,00	108,90	111,24	109,78	110,00	109,98	0,84	0,05	2,00	1,09

Fuente: elaboración propia.

En la columna nombrada “ciclo 1 “de la tabla II, se coloca el tiempo de ciclo total que realiza cada operario en cada estación de trabajo que posee la línea o área de producción en estudio; de igual manera se realiza con las siguientes columnas hasta “ciclo 5”. Las demás columnas se realizaron utilizando una hoja de cálculo para facilitar la obtención de N = número de observaciones necesarias.

Como bien se puede observar en la misma tabla II, al momento de calcular el número total de muestras a cronometrar, se obtuvo el resultado de que todas las observaciones realizadas fueron suficientes, ya que se tomaron cinco muestras para cada actividad; por lo tanto, cumplen con los resultados de la fórmula utilizada, por tanto no necesario tomar más muestras.

Tabla III. **Número de observaciones necesarias para la línea de bases**

Bases										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	34,45	33,25	36,31	33,89	36,47	34,87	1,45	0,05	2,00	3,76
Estación 2	58,06	56,36	55,62	54,39	60,33	56,95	2,31	0,05	2,00	3,63
Estación 3	87,21	92,18	86,04	90,65	88,15	88,85	2,52	0,05	2,00	2,29
Estación 4	32,87	32,26	35,37	35,34	36,01	34,37	1,68	0,05	2,00	4,84

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, el número de tiempos tomados son suficientes para todas las estaciones de trabajo, por lo que no es necesario tomar más muestras.

Tabla IV. **Número de observaciones necesarias para la línea de tapas**

Tapas										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	49,78	49,52	44,85	50,46	47,81	48,49	2,25	0,05	2,00	4,45
Estación 2	49,78	49,52	44,85	50,46	47,81	48,49	2,25	0,05	2,00	4,45
Estación 3	86,96	85,17	85,35	85,76	82,98	85,24	1,44	0,05	2,00	1,46
Estación 4	63,88	61,81	62,07	59,26	57,35	60,87	2,57	0,05	2,00	3,84
Estación 5	80,25	76,93	77,49	78,97	76,12	77,95	1,65	0,05	2,00	1,72
Estación 6	66,81	67,58	70,13	72,68	71,91	69,82	2,58	0,05	2,00	3,19
Estación 7	194,11	192,86	196,41	195,87	201,53	196,15	3,32	0,05	2,00	1,46

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar, el número de tiempos tomados son suficientes para todas las estaciones de trabajo, por lo que no es necesario tomar más muestras.

Tabla V. **Número de observaciones necesarias para la línea de ensamble inicial**

Ensamble inicial										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	57,02	59,54	54,77	63,65	65,13	60,02	4,36	0,05	2,00	9,44
Estación 2	127,70	149,23	136,73	133,70	129,51	135,37	8,51	0,05	2,00	7,32
Estación 3	124,68	125,18	140,56	146,29	131,76	133,69	9,53	0,05	2,00	9,13
Estación 4	138,54	125,18	140,56	146,29	131,76	136,47	8,17	0,05	2,00	6,74
Estación 5	68,62	69,74	75,79	63,06	70,58	69,56	4,55	0,05	2,00	7,86
Estación 6	107,41	115,80	113,81	115,26	100,32	110,52	6,61	0,05	2,00	6,73

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, el número de tiempos tomados no son suficientes; para ello se realizarán otras cinco observaciones más para hacer un total de 10, por lo tanto, así se cumplirá con los resultados de la fórmula utilizada

Tabla VI. **Número de observaciones necesarias para el área de soldadura longitudinal**

Soldadura longitudinal										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1 (2 cordones)	334,10	340,68	337,19	337,65	333,74	336,67	2,85	0,05	2,00	1,11
Estación 1 (1 cordón)	239,73	228,56	220,63	229,12	226,90	228,98	6,89	0,05	2,00	2,45

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse en la tabla VI, el número de tiempos tomados son suficientes para todas las estaciones de trabajo, por lo que no es necesario tomar más muestras, debido a que cumple con el resultado de la fórmula utilizada.

Tabla VII. Número de observaciones necesarias para el área de soldadura circular

Soldadura circular										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	694,54	673,56	676,95	653,28	677,56	675,18	14,71	0,05	2,00	1,76
Estación 2	608,79	611,90	597,01	604,38	629,54	610,32	12,11	0,05	2,00	1,63
Estación 3	503,45	474,58	516,30	515,97	510,59	504,18	17,35	0,05	2,00	2,89
Estación 4	573,67	562,50	580,66	565,34	600,42	576,52	15,15	0,05	2,00	2,10

Fuente: elaboración propia.

Como puede observarse, el número de tiempos tomados son suficientes para todas las estaciones de trabajo, por lo que no es necesario tomar más muestras, debido a que cumple con el resultado de la fórmula utilizada.

Tabla VIII. Número de observaciones necesarias para el área de ensamble final

Ensamble final										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	312,96	317,07	319,44	325,92	330,96	321,27	7,17	0,05	2,00	1,80
Estación 2	343,84	338,74	327,85	363,68	342,49	343,32	13,00	0,05	2,00	3,29

Fuente: elaboración propia.

En la tabla VIII, puede verse que el número de tiempos tomados son suficientes para todas las estaciones de trabajo, por lo que no es necesario tomar más muestras, debido a que cumple con el resultado de la fórmula utilizada.

Tabla IX. **Número de observaciones necesarias para el área de prueba hidrostática**

Prueba hidrostática										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	506,48	480,80	506,66	491,90	514,85	500,14	13,61	0,05	2,00	2,18
Estación 2	366,28	374,09	379,36	365,64	377,22	372,52	6,28	0,05	2,00	1,45

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que el número de tiempos tomados son suficientes para las 2 estaciones, por lo tanto se cumple los resultados de la fórmula utilizada. No hay necesidad de realizar más tomas.

Tabla X. **Número de observaciones necesarias para el área de tara**

Tara										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	184,85	196,78	197,32	188,80	194,74	192,50	5,45	0,05	2,00	2,28

Fuente: elaboración propia.

En la tabla X, puede comprobarse que el número de tiempos tomados son suficientes; por lo tanto se cumplen con los resultados de la fórmula. No hay necesidad de realizar más tomas.

Tabla XI. **Número de observaciones necesarias para el área de granallado**

Granalladora										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	309,01	312,27	307,94	295,26	297,00	304,30	7,65	0,05	2,00	2,01

Fuente: elaboración propia.

Puede observarse que el número de tiempos tomados son suficientes; por lo tanto se cumple los resultados de la fórmula utilizada. No hay necesidad de realizar más tomas.

Tabla XII. **Número de observaciones necesarias para el área de prueba neumática**

Prueba neumática										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	364,29	383,42	363,32	376,33	382,65	374,00	9,71	0,05	2,00	2,08

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XII, puede determinarse que el número de tiempos tomados son suficientes, por lo tanto, se cumple los resultados de la fórmula. No hay necesidad de realizar más tomas.

Tabla XIII. **Número de observaciones necesarias para el área de pintura**

Pintura										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	54,19	53,58	55,56	52,63	54,39	54,07	1,08	0,05	2,00	1,64
Estación 2	59,80	62,35	59,80	64,90	59,54	61,28	2,33	0,05	2,00	3,31

Fuente: elaboración propia.

Se puede observar que el número de tiempos tomados son suficientes; por lo tanto se cumple los resultados de la fórmula utilizada. No hay necesidad de realizar más tomas.

Tabla XIV. **Número de observaciones necesarias para el área de cocido**

Horno										
	Ciclo 1	Ciclo 2	Ciclo 3	Ciclo 4	Ciclo 5	Media	Desviación estándar	error	K	N
Estación 1	3.710,25	3.710,25	3.710,25	3.710,25	3.710,25	3710,25	0,00	0,05	2,00	1,00
Estación 2	128,47	132,12	131,76	139,38	135,89	133,52	4,20	0,05	2,00	2,58

Fuente: elaboración propia.

Puede determinarse que el número de tiempos tomados son suficientes, por lo tanto, se cumple los resultados de la fórmula utilizada. No hay necesidad de realizar más tomas.

2.3.2. Calificación del desempeño o actuación del operario

La calificación de la actuación es la técnica para determinar equivalentemente el tiempo requerido por un operario normal para ejecutar una tarea. Se entiende por operario normal al operario competente y altamente experimentado que trabaje en las condiciones que prevalecen normalmente en la estación de trabajo, a un ritmo ni demasiado rápido ni demasiado lento, sino representativamente de un término medio.

Para que la comparación entre la escala del tiempo observado de trabajo, y la escala de trabajo estándar sea más efectiva, es necesario tener una escala numérica para hacer una evaluación. Esta podrá ser utilizada como un factor, por el cual el tiempo observado deberá ser multiplicado para dar el tiempo estándar. Hay varios sistemas de evaluación, la más común es el sistema Westinghouse, desarrollado por Westinghouse Electric Corporation, el cual ha tenido mucha aplicación especialmente en el ciclo corto y en las operaciones repetitivas.

Este método considera 4 factores a evaluar: habilidad, esfuerzo, condición y consistencia, los cuales se describen a continuación:

- Habilidad: es la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operador.
- Esfuerzo: es la voluntad de trabajar, controlable por el operador dentro de los límites impuestos por la habilidad.
- Condiciones: son aquellas condiciones o circunstancias (luz, ventilación, calor, ruido, etc.) que afectan únicamente al operario y no a la operación.

- Consistencia: es el grado de variación de los tiempos transcurridos, mínimos y máximos, en relación con la media, juzgado con arreglo a la naturaleza de las operaciones y a la habilidad y esfuerzo del operador.

La eficiencia general se obtiene sumando las calificaciones de los cuatro factores, a una constante de 1. Ver tabla XV.

Tabla XV. **Calificación de la actuación**

HABILIDAD			ESFUERZO		
A	HABILÍSIMO	+0.15%	A	HABILÍSIMO	+0.15
B	EXCELENTE	+0.10	B	EXCELENTE	+0.10
C	BUENO	+0.05	C	BUENO	+0.05
D	MEDIO	0.00	D	MEDIO	0.00
E	REGULAR	-0.05	E	REGULAR	-0.05
F	MALO	-0.10	F	MALO	-0.10
G	TORPE	-0.15	G	TORPE	-0.15
CONDICIONES			CONSISTENCIA		
A	BUENA	+0.05	A	BUENA	+0.05
B	MEDIA	0.00	B	MEDIA	0.00
C	MALA	-0.05	C	MALA	-0.05

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Robert. Estudio del trabajo. p. 210.

2.3.3. Cálculo del tiempo normal

Los tiempos normales se obtienen a partir del promedio de los tiempos cronometrados por elemento, adicionándole los tiempos variantes; luego de esto se le multiplica por el factor de calificación de la actuación del operario.

La fórmula del tiempo normal es:

$$T_{\text{normal}} = T_{\text{prom}} (\% \text{ calificación})$$

Utilizando como ejemplo el formato para la toma de tiempos (tabla I), cada elemento de la tarea se califica por separado, es decir, en cada elemento el operario puede o no mostrar un ritmo de trabajo diferente. El factor de calificación se puede determinar utilizando la tabla XV. Se obtiene el siguiente resultado:

El total de la calificación se suma o resta a 1 dependiendo del signo que se tenga. Para este ejemplo se restará en virtud de que salió negativo. Por tanto, la calificación de todos los elementos y de esta operación es de 0.90 o bien 90%.

En la tabla XVI se muestran los resultados del tiempo normal de cada elemento de la tarea. Para efectos de comprensión se creó la columna T normal

en el formato para la toma de tiempos, pero para los estudios de tiempos se utiliza el formato mostrado en la tabla I.

Tabla XVI. **Cálculo del tiempo normal**

No.	Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	T prom	% Calif.	T normal
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	25,81	27,36	33,02	31,42	25,98	28,72	90%	25,85
2	Colocar base de sustentación	15,20	15,25	18,46	16,17	17,06	16,43	90%	14,78
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	51,00	47,89	50,54	46,00	49,06	48,90	90%	44,01
4	Soldar base de sustentación y cuello	206,55	209,10	204,00	211,65	219,30	210,12	90%	189,11
5	Descargar cilindro	14,41	17,47	13,41	20,68	19,56	17,11	90%	15,39
	TOTAL	312,96	317,07	319,44	325,92	330,96	321,27		289,14

Fuente: elaboración propia.

2.3.4. **Suplementos para la estandarización de tiempos**

Suplemento se puede definir como el tiempo que se concede al trabajador con propósito de compensar los retrasos, las demoras y los elementos contingentes que son partes regulares de la tarea.

Tres son los suplementos que pueden concederse en el estudio de tiempos:

- Por retrasos personales
- Por retrasos por fatiga (descanso)

- Por retrasos especiales, que incluye:
 - Demoras debidas a elementos contingentes poco frecuentes
 - Demoras en la actividad del trabajador provocadas por supervisión
 - Demoras causadas por elementos extraños inevitables, concesión que puede ser temporal o definitiva

El método utilizado para calcular los suplementos por fatiga es con la valoración objetiva con estándares de fatiga; este método consiste en hacer el análisis de las características del trabajo estudiado y posteriormente, con base en valores asignados para diferentes condiciones, se procede a calcular el suplemento a conceder. En la tabla XVII se presenta un sistema de suplementos por descansos, en porcentaje de tiempos normales.

Tabla XVII. **Suplementos por descanso en porcentajes de los tiempos normales**

• Suplementos constantes	Hombre	○ Concentración intensa	Hombre
○ Suplementos por necesidades personales	5	▪ Trabajos de cierta precisión	0
○ Suplementos base por fatiga	4	▪ Trabajos de precisión o fatigosos	2
• Suplementos variables		▪ Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5
○ Suplemento por trabajar de pie	2	○ Tensión mental	
○ Suplemento por postura anormal		▪ Proceso bastante complejo	1
▪ Ligeramente incómoda	0	▪ Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4
▪ Incómoda(inclinado)	2	▪ muy complejo	8

Continuación de la tabla XVII.

▪ Muy incómoda (echado, estirado)	7	○ Monotonía	
○ Mala iluminación		▪ Trabajo algo monótono	0
▪ Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	▪ Trabajo bastante monótono	1
▪ Bastante por debajo	2	▪ Trabajo muy monótono	4
▪ Absolutamente insuficiente	5	○ Tedio	
○ Ruido		▪ Trabajo algo aburrido	0
▪ Continuo	0	▪ Trabajo aburrido	2
▪ Intermitente y fuerte	2	▪ Trabajo muy aburrido	5
▪ Intermitente y muy fuerte	5		
▪ Estridente y fuerte			
○ Uso de la fuerza o de la energía muscular (levantar, tirar o empujar)			
▪ 2.5 kgs.	0	▪ 17.5 kgs.	7
▪ 5 kgs.	1	▪ 20 kgs.	9
▪ 7.5 kgs.	2	▪ 22.5 kgs.	11
▪ 10 kgs.	3	▪ 25 kgs.	13
▪ 12.5 kgs.	4	▪ 30 kgs.	17
▪ 15 kgs.	5	▪ 33.5 kgs.	22

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo. p. 228

2.3.5. Cálculo del tiempo estándar

Utilizando la tabla XVII y con los tiempos normales ya determinados, se procede a identificar los suplementos y calcular sus tolerancias que se conceden en cada elemento de la tarea estudiada (ver tabla XVIII).

Tabla XVIII. **Cálculo de los suplementos y sus tolerancias**

Descripción	Tolerancia (%)
Necesidades personales	5
fatiga	4
Trabaja de pie	2
Levanta 18 kg.	7
Ruido intermitente	2
Trabajo bastante monótono	1
Trabajo de precisión	2
Total	23

Fuente: elaboración propia.

Esta tolerancia variará para cada elemento en que fue dividida la tarea, debido a cada una de ellas posee características distintas a lo largo de toda la actividad; las mismas se muestran en la figura 7.

Ahora que se tiene el valor de las tolerancias, se utiliza la fórmula del tiempo estándar, la cual es:

$$TE = T_{prom} \times (\text{calificación } \%) \times (1 + \text{Tolerancia } \%)$$

En la figura 7, se detallan los resultados de los tiempos cronometrados hasta el tiempo estándar.

Figura 7. Cálculo del tiempo estándar

Tiempo estándar de la estación o tarea realizada

No.	Actividad	T1	T2	T3	T4	T5	T prom	% Calif.	T normal	% Suple.	Tiempo estándar
	ESTACIÓN 1	342,95									
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	25,81	27,36	33,02	31,42	25,98	28,72	90%	25,85	23%	31,79
2	Colocar base de sustentación	15,20	15,25	18,46	16,17	17,06	16,43	90%	14,78	16%	17,15
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	51,00	47,89	50,54	46,00	49,06	48,90	90%	44,01	18%	51,93
4	Soldar base de sustentación y cuello	206,55	209,10	204,00	211,65	219,30	210,12	90%	189,11	18%	223,15
5	Descargar cilindro	14,41	17,47	13,41	20,68	19,56	17,11	90%	15,39	23%	18,94
	TOTAL	312,96	317,07	319,44	325,92	330,96	321,27		289,14		

Tiempo estándar de cada elemento o subtarea

Fuente: elaboración propia.

2.4. Tiempos estándares de la producción actual

El estudio de tiempos se realizó para una capacidad de cilindros, en el cual su producción es de gran importancia y de mayor interés para la empresa, debido a que es uno de los más demandados. La metodología realizada para estos estudios es la mostrada a continuación.

2.4.1. Cilindros con capacidad de 40 libras

Los estudios de tiempos que se mostrarán a continuación corresponden a las diferentes líneas y áreas de producción:

- Cuellos
- Bases
- Tapas
- Ensamble inicial
- Soldadura longitudinal
- Soldadura circular
- Ensamble final
- Prueba hidrostática
- Tara
- Granallado
- Prueba neumática
- Pintura
- Cocido

A cada línea o área de producción se le adiciona un gráfico, facilitando la comprensión de los datos obtenidos e identificando el estado actual de cada estación de trabajo, así como, la distribución y cargas de trabajo.

Tabla XIX. Estudio de tiempos en línea de cuellos, cilindros 40 libras

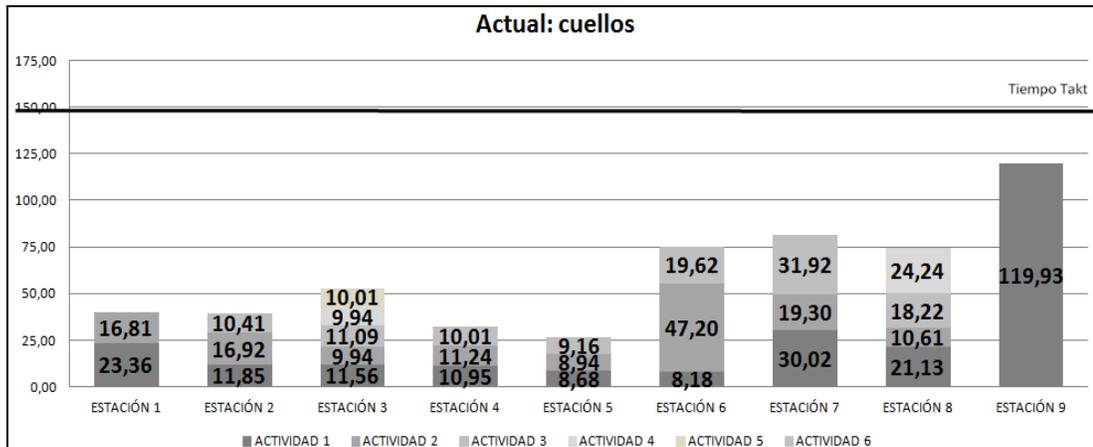
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS									Capacidad: 40 Libras		
Proceso: cuellos											Método: actual		
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro									Página: 1 de 1		
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		40,16								1			
1	Colocar pieza de metal en máquina	20,00	21,00	19,75	21,50	21,80	21,81	90%	19%		23,36		
2	Realizar corte y descargar pieza de metal	15,00	16,30	15,78	16,60	15,35	16,81	90%	19%		16,81		
ESTACIÓN 2		39,18								1			
1	Colocar pieza de metal en molde	8,25	8,50	9,00	8,75	7,90	10,48	95%	19%		11,85		2 Seg por acomodamiento de piezas
2	Estampar tara	15,00	15,25	14,87	14,67	14,83	16,92				16,92		
3	Retirar pieza de metal	6,89	7,60	7,00	6,76	7,78	9,21	95%	19%		10,41		
ESTACIÓN 3		52,54											
1	Colocar pieza de metal en molde	8,40	8,00	8,25	7,99	8,50	10,23	95%	19%		11,56		2 seg por inspeccion
2	Accionar máquina (dobles 1)	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	9,94				9,94		
3	Acomodar pieza para dobles 2	7,83	8,00	7,75	7,25	8,20	9,81	95%	19%		11,09		
4	Accionar máquina (dobles 2)	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	9,94				9,94		
5	Descargar pieza de metal	7,72	6,50	7,00	6,24	6,80	8,85	95%	19%		10,01		
ESTACIÓN 4		32,19								1			
1	Lubricar pieza (remojar con agua y jabón)	8,60	7,00	7,23	8,00	7,59	9,68	95%	19%		10,95		2 seg por inspeccion
2	Introducir en molde pieza y accionar troqueladora	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	9,94	95%	19%		11,24		
3	Sacar y colocar pieza en siguiente estación de trabajo	7,72	6,50	7,00	6,24	6,80	8,85	95%	19%		10,01		
ESTACIÓN 5		26,77								1			
1	Colocar pieza de metal en troqueladora	7,00	6,73	6,50	7,00	6,14	7,67	95%	19%		8,68		
2	Realizar corte (accionar troqueladora)	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	8,94				8,94		
3	Retirar pieza y colocarla en siguiente estación de trabajo	7,30	6,90	7,10	7,20	7,00	8,10	95%	19%		9,16		
ESTACIÓN 6		75,00											
1	Colocar pieza de metal en troqueladora	6,50	6,00	6,39	7,00	7,30	7,64	90%	19%		8,18		
2	Accionar troqueladora (moldear)	41,15	43,00	44,00	43,50	43,70	44,07	90%	19%		47,20		
3	Realizar ajustes y colocar en siguiente estación de trabajo	17,07	16,78	17,56	17,30	17,90	18,32	90%	19%		19,62		

Continuación de la tabla XIX.

ESTACIÓN 7		81,23								1	
1	Preparar cuello (colocar pieza de metal en molde, golpeando con martillo)	25,00	26,00	26,43	25,70	27,00	28,03	90%	19%		30,02
2	Accionar maquina (doblecés)	16,12	16,00	15,54	16,00	16,43	18,02	90%	19%		19,30
3	Retirar de molde, martillar dobleces y colocar cuello en siguiente estación de trabajo	27,00	27,30	28,45	27,50	28,76	29,80	90%	19%		31,92
ESTACIÓN 8		74,21								1	
1	Colocar cuello en mesa y martillar dobles interno superior	18,45	18,00	19,30	18,40	19,50	19,73	90%	19%		21,13
2	Introducir en molde y accionar máquina	9,20	9,00	8,75	8,34	9,26	9,91	90%	19%		10,61
3	Enderezar laterales	16,30	15,00	17,40	15,40	15,98	17,02	90%	19%		18,22
4	Limar dobles interno superior	22,00	21,00	21,80	21,47	21,90	22,63	90%	19%		24,24
ESTACIÓN 9		119,93								1	
1	Medir y ajustar cuello	110,00	108,90	111,24	109,78	110,00	111,98	90%	19%		119,93
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										7	
TIEMPO DE CICLO										541,22	
3,64 Operarios sugeridos											

Fuente: elaboración propia.

Figura 8. **Distribución de cargas de trabajo en línea de cuellos, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la tabla XIX y la figura 8, se observa que las actividades están desbalanceadas, por lo que se prosiguió a separar o unificar actividades para que se ajustaran al tiempo Takt y así eliminar el mayor tiempo posible de ocio.

Además, todos los operarios están acostumbrados a trabajar por lotes grandes y con el sistema “empujar”, esto provoca mucho tiempo de ocio y retrasos de material en proceso, causando paros y/o cuellos de botella no solo dentro del proceso de producción de esta línea, sino también de los procesos siguientes, como la línea de ensamble final.

Esta línea de producción cuenta con 7 operarios para realizar sus actividades.

Tabla XX. Estudio de tiempos en línea de bases, cilindros de 40 libras

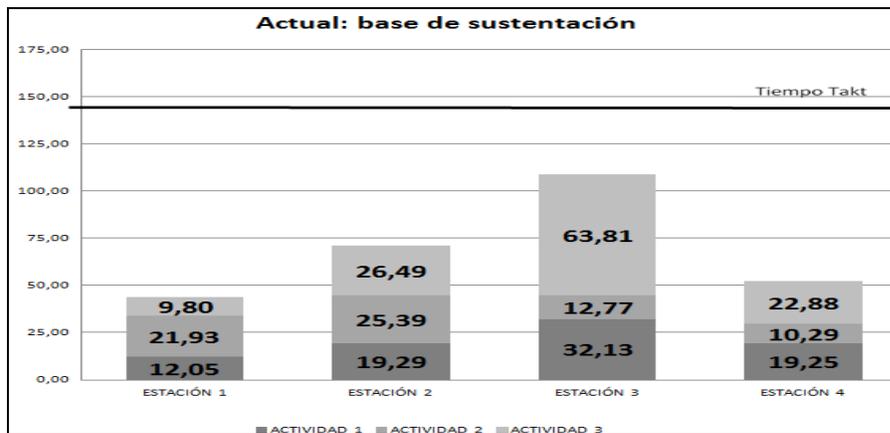
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS										Capacidad: 40 Libras	
Proceso: base de sustentación												Método: actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro										Página: 1 de 1	
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		43,78								1			Tiempo para abastecer la línea de producción para cada 200 piezas son 43 min = 2 580 seg
1	Colocar lámina de metal en troqueladora	9,18	8,95	9,26	8,03	10,84	11,25	90%	19%		12,05		
2	Accionar troqueladora	19,41	16,45	19,00	18,62	18,90	20,47	90%	19%		21,93		
3	Sacar lámina de metal de troqueladora y colocarla en descansador	5,87	7,85	8,06	7,24	6,73	9,15	90%	19%		9,80		
ESTACIÓN 2		71,17								1			
1	Tomar y colocar plancha de metal en roladora	15,53	12,98	14,56	15,53	16,70	17,06	95%	19%		19,29		
2	Rolar lámina de metal	20,66	20,71	20,94	19,05	20,94	22,46	95%	19%		25,39		
3	Retirar lámina de metal y colocarla en siguiente estación	21,88	22,67	20,12	19,81	22,70	23,44	95%	19%		26,49		
ESTACIÓN 3		108,72								1			
1	Tomar y unir extremos de base de sustentación	25,02	26,78	30,29	25,91	21,93	28,42	95%	19%		32,13		
2	Colocar punto de soldadura en extremo de base de sustentación	9,61	8,87	7,29	8,39	10,12	11,30	95%	19%		12,77		
3	Soldar longitud de extremos de base de sustentación	52,58	56,53	48,45	56,36	56,10	56,44	95%	19%		63,81		

Continuación de la tabla XIX.

ESTACIÓN 4		52,42								1		
1	Colocar base de sustentación en molde lubricado	12,60	11,93	13,21	13,74	13,67	17,03	95%	19%		19,25	
2	Prensar (doblar radio de base de sustentación en la parte inferior)	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	9,10	95%	19%		10,29	
3	Retirar base de sustentación	15,17	15,22	17,06	16,50	17,24	20,24	95%	19%		22,88	
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										4		
TIEMPO DE CICLO											276,08	
1,86 Operarios sugeridos												

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. **Distribución de cargas de trabajo en línea de bases, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la figura 9, se observa que las actividades están desbalanceadas, por lo que se prosiguió a separar o unificar actividades para que se ajustaran al tiempo Takt y así eliminar el mayor tiempo posible de ocio.

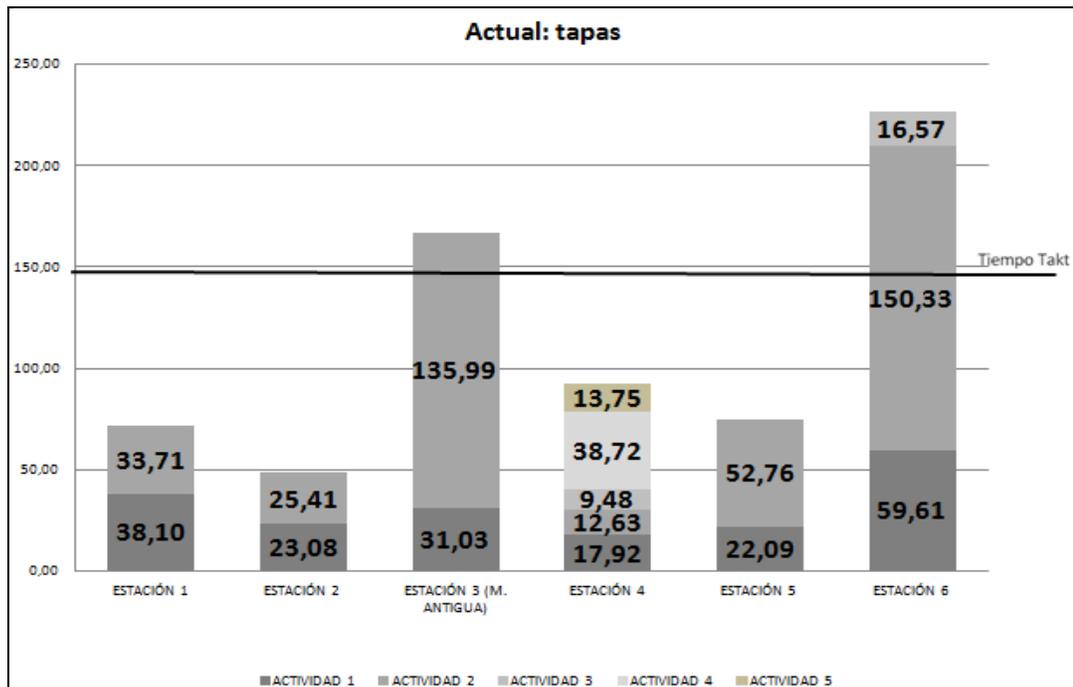
Esta línea de producción cuenta con 4 operarios para realizar sus actividades.

Tabla XXI. Estudio de tiempos en línea de tapas, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS										Capacidad: 40 Libras	
Proceso: tapas												Método: actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro										Página: 1 de 1	
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		71,80											
1	Cargar pieza de metal en cortadora	26,37	27,85	23,74	26,95	26,47	35,28	90%	20%		38,10		ambas tapas
2	Accionar máquina y retirar resto de pieza de metal	23,41	21,68	21,11	23,51	21,34	31,21	90%	20%		33,71		
													Transporte hacia esta estación 2, 13 seg/tapa
ESTACIÓN 2		48,49											
1	Cargar pieza de metal	18,49	18,79	17,62	15,68	19,23	21,37	90%	20%		23,08		
2	Estampar y retirar	21,04	19,53	18,41	21,93	19,66	23,52	90%	20%		25,41		
ESTACIÓN 3 (EMBUTIDO ANTIGUA MAQUINA)		167,02											
1	Cargar pieza de metal en embudidora	10,33	9,87	10,66	13,67	11,07	14,37	90%	20%		31,03		Transporte hacia esta estación 3, 18 seg/tapa
2	Accionar máquina	66,30	65,13	63,88	64,13	64,29	67,99				135,99		
3	Pasar agua con jabón a pieza de metal, con brocha	10,33	10,17	10,81	7,96	7,62	9,38	100%	16%		10,88		Esta actividad la realiza de manera paralela, durante el proceso de embutido
ESTACIÓN 3 (EMBUTIDO MAQUINA MODERNA)		123,40											
1	Cargar pieza de metal en embudidora	10,20	10,84	11,09	10,51	10,20	15,07	90%	20%		32,55		Transporte hacia esta estación 7 seg/tapa
2	Accionar máquina	43,35	40,80	40,16	40,80	39,53	45,43				90,86		
3	Pasar agua con jabón a pieza de metal, con brocha	10,33	10,17	10,81	7,96	7,62	13,88	100%	16%		16,10		Esta actividad la realiza de manera paralela, durante el proceso de embutido
ESTACIÓN 4		92,51											
1	Aplicar cera desmoldante sobre tapa superior	15,30	15,30	15,30	13,77	15,30	17,31	90%	15%		17,92		
2	Colocar tapa superior en máquina soldadora	11,12	9,54	7,98	9,54	8,72	11,70	90%	20%		12,63		
3	Colocar brida en agujero de tapa superior	6,15	6,68	6,38	7,22	7,40	9,08	90%	16%		9,48		
4	Accionar máquina hidráulica y soldar	36,01	35,06	37,43	38,25	35,27	38,72				38,72		
5	Retirar tapa superior	11,68	10,35	10,40	10,20	9,44	12,73	90%	20%		13,75		
ESTACIÓN 5		74,85											
1	Estampado código NIF en plaqueta	17,09	17,85	20,40	22,95	22,19	21,34	90%	15%		22,09		Produce las plaquetas fuera de la línea de producción
2	Estampar numeración del cilindro en plaqueta	49,73	49,73	49,73	49,73	49,73	50,98	90%	15%		52,76		
ESTACIÓN 6		226,50											
1	Colocar tapa superior en mesa y colocar plaqueta sobre ella	52,33	49,73	48,51	49,93	52,99	52,29	95%	20%		59,61		
2	Soldar plaqueta de identificación sobre tapa superior	127,50	132,93	135,15	131,20	135,79	134,10	95%	18%		150,33		
3	Inspeccionar soldadura y retirar de mesa de trabajo	14,28	10,20	12,75	14,74	12,75	14,53	95%	20%		16,57		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA												5	
TIEMPO DE CICLO													681,18
											4,59	Operarios sugeridos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Distribución de cargas de trabajo en línea de tapas, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

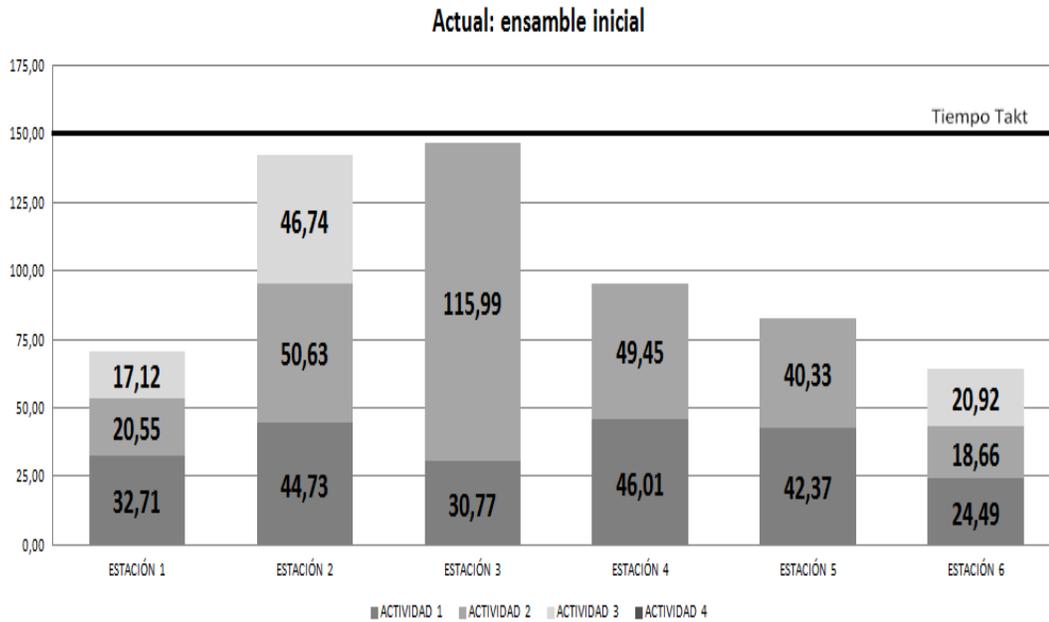
Al analizar la figura 10, se observa que las actividades están desbalanceadas, específicamente la estación 6, por lo que se prosiguió a separar o unificar actividades para que se ajustaran al tiempo Takt y así eliminar el mayor tiempo posible de ocio. Esta línea de producción cuenta con 5 operarios.

Tabla XXII. Estudio de tiempos en línea de ensamble inicial, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NMI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS													Capacidad: 40 Libras			
Proceso: ensamble inicial															Método: actual			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro													Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		70,38													1			
1	Doblar extremo de lámina de metal	28,15	30,12	25,70	28,59	29,89	25,98	25,22	28,76	25,76	29,63	28,93	95%	19%		32,71		
2	Bordear vena en orilla de la lámina de metal	15,99	15,48	17,60	19,33	18,67	18,54	18,03	17,60	14,23	14,84	18,18	95%	19%		20,55		
3	Transportar lámina a siguiente estación y numerarla	12,88	13,95	11,48	15,73	16,58	14,41	13,18	14,03	11,40	16,32	15,14	95%	19%		17,12		Esta tarea la realiza de manera simultanea mientras se realiza el dobles
ESTACIÓN 2		142,10																
1	Preparar roladora y accionar	35,60	48,22	47,43	37,43	50,97	39,86	43,91	42,59	37,89	43,32	44,22	85%	19%		44,73		
2	Introducir lámina en roladora	55,56	48,40	47,66	52,25	38,28	53,30	50,49	45,11	54,37	45,93	50,63	90%	19%		50,63		
3	Apagar y retirar cuerpo del cilindro	36,54	52,61	41,64	44,01	40,26	39,65	41,39	41,79	38,15	45,36	43,64	90%	19%		46,74		
ESTACIÓN 3		146,76													1			
1	Colocar y acomodar cuerpo del cilindro sobre máquina punteadora	27,00	22,08	26,32	28,87	27,74	26,62	24,63	49,27	26,32	25,45	29,43	85%	23%		30,77		
2	Soldar uniones del cuerpo del cilindro y descargar	111,54	103,10	114,24	117,43	104,01	113,22	107,87	111,69	102,13	114,21	110,94	85%	23%		115,99		
ESTACIÓN 4		95,46													1			2.15 por inspeccion
1	Cargar cuerpo en máquina y bordar vena de lado 1	39,04	35,83	45,29	43,10	33,30	36,49	38,38	37,64	40,55	35,85	40,70	95%	19%		46,01		
2	Bordar vena de lado 2 y descargar cuerpo del cilindro	51,71	40,57	38,12	40,47	41,82	44,32	40,57	38,63	40,47	39,27	43,75	95%	19%		49,45		
ESTACIÓN 5		82,70																
1	Colocar tapa inferior en cuerpo del cilindro	39,14	40,93	40,44	32,00	26,65	34,04	35,83	38,66	37,10	34,30	38,91	90%	21%		42,37		
2	Colocar tapa superior en cuerpo del cilindro	29,48	28,82	35,34	31,06	43,94	29,48	28,82	35,34	31,06	43,94	36,73	90%	22%		40,33		
ESTACIÓN 6		64,07																
1	Colocar cilindro en máquina ensambladora	17,01	19,61	17,77	19,10	18,92	19,64	17,57	19,05	16,55	16,88	20,96	95%	23%		24,49		
2	Ajustar cilindro con mazo de hule	11,09	13,26	18,59	15,56	8,52	14,15	16,37	16,73	15,50	12,09	16,94	95%	16%		18,66		
3	Soldar	62,70	63,42	65,03	63,52	62,45	62,70	63,42	65,03	63,52	62,45	66,17	95%	18%		74,18		
4	Retirar cilindro	16,60	19,51	12,42	17,09	10,43	14,05	16,96	14,97	16,50	12,98	17,90	95%	23%		20,92		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA															3			
TIEMPO DE CICLO																675,65		
																4,55	Operarios sugeridos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 11. **Distribución de cargas de trabajo en línea de ensamble inicial, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la tabla XXII y la figura 11, se observa que las todas las tareas están dentro del tiempo Takt, pero existe el problema que sólo se cuenta con 3 operarios, y como se ha mencionado anteriormente, ellos están acostumbrados a trabajar por lotes y con el sistema empujar, por lo cual existe sobreproducción en algunas estaciones de esta línea y tiempo de espera en los siguientes procesos de producción.

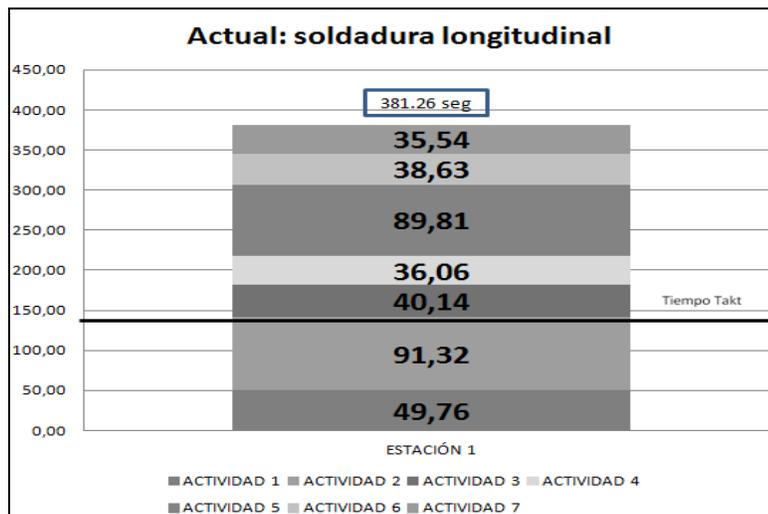
Tabla XXIII. Estudio de tiempos en área de soldadura longitudinal, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 Libras			
Proceso: soldadura longitudinal										Método: actual			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1	381,26								1			
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	38,25	41,41	40,70	41,72	40,19	44,95	90%	23%		49,76		
2	Soldar cilindro (parte 1)	87,75	85,73	85,37	89,22	86,01	91,32				91,32		
3	Preparar soldadora	35,70	34,07	39,40	32,08	28,48	38,45	90%	16%		40,14		
4	Limpiar cordones de soldadura	29,73	30,60	27,21	30,55	32,13	34,54	90%	16%		36,06		
5	Soldar cilindro (parte 2)	83,61	86,09	86,42	84,99	85,43	89,81				89,81		
6	Preparar soldadora	32,03	34,02	30,83	32,49	33,15	37,00	90%	16%		38,63		
7	Limpiar cordones de soldadura y colocar cilindro en distribuidor	27,03	28,76	27,26	26,60	28,36	32,10	90%	23%		35,54		
	NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA									1			
	TIEMPO DE CICLO										381,26		

2,57 Operario Sugeridos

Fuente: elaboración propia.

Figura 12. Distribución de cargas de trabajo en el área de soldadura longitudinal, cilindros 40 libras método actual



Fuente: elaboración propia.

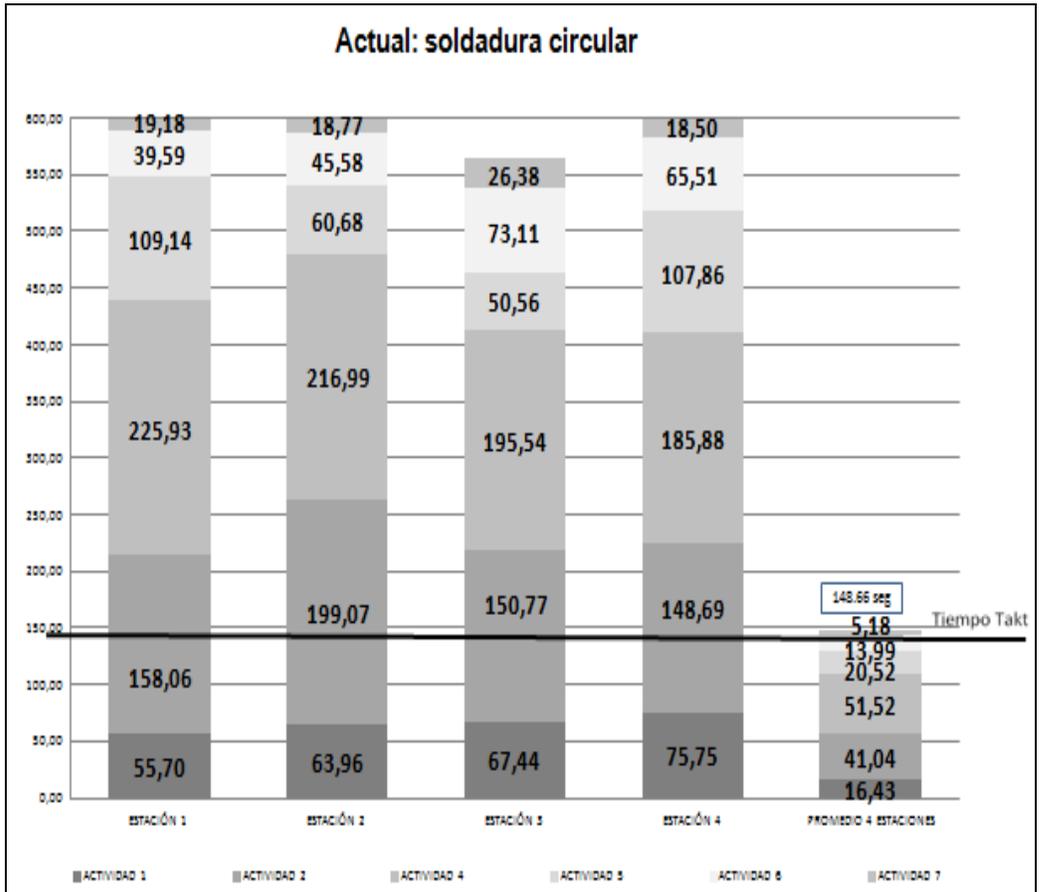
Al analizar la tabla XXIII y la figura 12, se observa que el tiempo de producción de esta área es casi el triple del ritmo de producción programado y por lo tanto no logra abastecer la siguiente área. Esta área de producción cuenta con un solo operario.

Tabla XXIV. Estudio de tiempos en área de soldadura circular, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS										Capacidad: 40 Libras	
Proceso: soldadura circular												Método: actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro										Página: 1 de 1	
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		607,60								1			
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	74,23	60,56	64,34	66,56	71,40	69,67	65%	23%		55,70		
2	Realizar soldadura en lado izquierdo	168,30	161,42	149,33	152,85	147,14	158,06				158,06		
3	Preparar soldadora , limpiar cilindro y realizar soldadura en lado derecho	224,40	219,30	226,44	216,21	232,05	225,93				225,93		
4	Detener, revisar y reparar porosidades	153,00	149,94	156,70	149,46	150,45	154,16	60%	18%		109,14		
5	Limpiar cordones de soldadura	51,00	58,93	60,05	48,45	54,72	56,88	60%	16%		39,59		
6	Retirar y colocar cilindro en distribuidor	23,61	23,41	20,09	19,76	21,80	23,99	65%	23%		19,18		
ESTACIÓN 2		605,05								1			
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	68,85	53,55	63,75	58,65	73,95	65,00	80%	23%		63,96		
2	Realizar soldadura en lado izquierdo	203,95	198,90	184,82	204,00	197,45	199,07				199,07		
3	Preparar soldadora , limpiar cilindro y realizar soldadura en lado derecho	213,13	218,94	211,06	220,75	214,79	216,99				216,99		
4	Detener, revisar y reparar porosidades	56,10	76,50	68,85	58,65	76,50	68,57	75%	18%		60,68		
5	Limpiar cordones de soldadura	49,11	47,30	48,42	49,44	45,06	49,12	80%	16%		45,58		
6	Retirar y colocar cilindro en distribuidor	17,65	16,70	20,09	12,88	21,80	19,07	80%	23%		18,77		
ESTACIÓN 3		563,79								1			
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	45,90	45,80	52,43	53,55	50,41	52,22	105%	23%		67,44		
2	Realizar soldadura en lado izquierdo	157,13	144,23	155,12	141,63	142,72	150,77				150,77		
3	Preparar soldadora , limpiar cilindro y realizar soldadura en lado derecho	192,86	182,94	188,75	205,35	194,82	195,54				195,54		
4	Detener, revisar y reparar porosidades	39,24	33,92	38,15	38,81	40,90	40,80	105%	18%		50,56		
5	Limpiar cordones de soldadura	50,67	51,00	61,76	63,75	59,93	60,02	105%	16%		73,11		
6	Retirar y colocar cilindro en distribuidor	17,65	16,70	20,09	12,88	21,80	20,42	105%	23%		26,38		
ESTACIÓN 4		602,19								1			
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	74,03	62,63	66,30	61,81	71,15	68,43	90%	23%		75,75		
2	Realizar soldadura en lado izquierdo	140,30	156,09	162,51	139,33	138,95	148,69				148,69		
3	Preparar soldadora , limpiar cilindro y realizar soldadura en lado derecho	186,15	177,74	188,70	179,70	190,87	185,88				185,88		
4	Detener, revisar y reparar porosidades	96,90	101,24	86,70	107,10	109,65	101,57	90%	18%		107,86		
5	Limpiar cordones de soldadura	58,65	50,67	63,09	64,52	70,56	62,75	90%	16%		65,51		
6	Retirar y colocar cilindro en distribuidor	17,65	14,15	13,36	12,88	19,25	16,71	90%	23%		18,50		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										4			
TIEMPO DE CICLO											594,66		
											4,00	Operarios sugeridos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. **Distribución de cargas de trabajo en el área de soldadura circular, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la figura 13, se observa que las actividades están casi dentro del tiempo Takt, únicamente se necesita más empeño de parte de los operarios para poder mantenerse dentro de lo establecido y así cumplir con la demanda diaria.

Esta línea de producción cuenta con 4 operarios para realizar sus actividades.

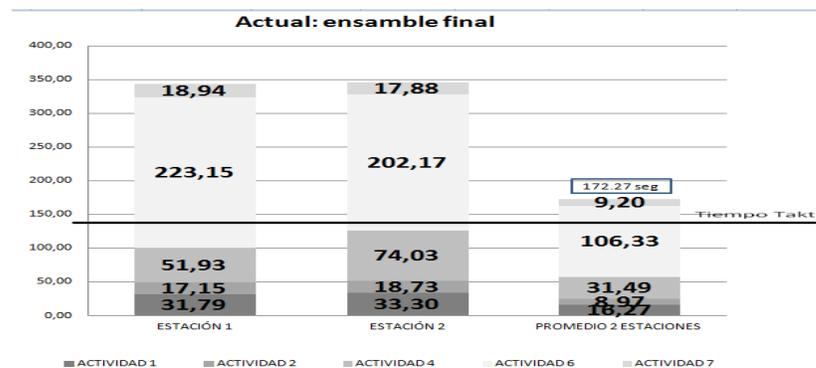
Tabla XXV. Estudio de tiempos en área de ensamble final, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 Libras		
Proceso: ensamble final		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Método: actual		
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román										Página: 1 de 1		
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		342,95										
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	25,81	27,36	33,02	31,42	25,98	28,72	90%	23%	31,79		A cada 12 cilindros procesados, detiene la operación y se reabastece utilizando 13 minutos.
2	Colocar base de sustentación	15,20	15,25	18,46	16,17	17,06	16,43	90%	16%	17,15		
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	51,00	47,89	50,54	46,00	49,06	48,90	90%	18%	51,93		
4	Soldar base de sustentación y cuello	206,55	209,10	204,00	211,65	219,30	210,12	90%	18%	223,15		
5	Descargar cilindro	14,41	17,47	13,41	20,68	19,56	17,11	90%	23%	18,94		
ESTACIÓN 2		346,11										
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	33,84	32,46	33,02	31,42	28,53	31,85	85%	23%	33,30		A cada 12 cilindros procesados, detiene la operación y se reabastece utilizando 17 minutos.
2	Colocar base de sustentación	17,14	17,52	18,26	20,63	21,42	18,99	85%	16%	18,73		
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	76,60	64,74	65,84	90,32	71,53	73,81	85%	18%	74,03		
4	Soldar base de sustentación y cuello	201,86	206,55	197,32	200,63	201,45	201,56	85%	18%	202,17		
5	Descargar cilindro	14,41	17,47	13,41	20,68	19,56	17,11	85%	23%	17,88		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA												
TIEMPO DE CICLO										344,53		

2,32 Operarios sugeridos

Fuente: elaboración propia.

Figura 14. Distribución de cargas de trabajo en el área de ensamble final cilindros 40 libras método actual



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la figura 14, se observa que sumadas las actividades están desbalanceadas, por lo que se prosiguió a separar o unificar actividades para que se ajustaran al tiempo Takt y así eliminar el mayor tiempo posible de ocio.

Durante el estudio de tiempos en esta área de producción, se identificó otro problema, el cual consiste que, a cada cierta cantidad de cilindros producidos en cada estación, ambos operarios detienen su proceso, con el fin de abastecer nuevamente sus estaciones con cuellos protectores y bases de sustentación, actividad que se realiza varias veces al día.

Al tener claro el gran problema existente en esta área, se procedió a identificar la cantidad de tiempo y frecuencia que ellos desperdician al día. Tomando una muestra de 10 tiempos justamente en el momento de abastecimiento de cada estación. Además al momento de que cada operario empieza en abastecer su estación, hacen perder el tiempo a otros que está su camino. En la tabla XXVI, se muestra la frecuencia, el tiempo promedio y total que ellos desperdician por abastecimiento.

Tabla XXVI. **Análisis del tiempo perdido por abastecimiento en área de ensamble final**

Estación	Tiempo promedio por abastecimiento (min)	Frecuencia promedio de abastecimiento	Tiempo total desperdiciado al día (min)
1	13	6	78
2	17	5	85
Total	30	11	163

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XXVII, se muestran los cilindros que no son producidos por el tiempo desperdiciado debido al abastecimiento en el área de ensamble final.

Tabla XXVII. **Cilindros no producidos por tiempo de abastecimiento en el área de ensamble final**

Estación	Tiempo estándar (seg)	Tiempo total desperdiciado por abastecimiento al día (seg)	Cilindros no producidos
1	342.95	4680	13.65
2	346.11	5100	14.76
Total			28.41

Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla XXVII, la cantidad de cilindros no producidos entre ambas estaciones es aproximadamente 29; los mismos generan una pérdida económica como se detalla en la tabla XXVIII.

Tabla XXVIII. **Pérdida por productos dejados de fabricar o vender**

Al día	A la semana	Al mes	Al año
Q 1,595.00	Q 7,975.00	Q 31,900.00	Q 382,800.00

Fuente: elaboración propia.

Además, aparte de las pérdidas generadas por dejar de fabricar, se determina la existencia de otro costo de importancia, el cual es la mano de obra, este se detalla en la tabla XXIX.

Gracias al estudio mostrado en la tabla XXVI, se determina que aproximadamente se desperdicia 2.71 horas de un hombre al día (sueldo ordinario por hora Q 8.50)². Estas horas representan costos, los cuales se muestran a continuación:

Tabla XXIX. **Costo de hora-hombre desperdiciada en ensamble final**

Al día	A la semana	Al mes	Al año
Q 23.04	Q 115.18	Q 460.70	Q 5,528.40

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXX. **Estudio de tiempos en área de prueba hidrostática, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS										Capacidad: 40 Libras	
Proceso: prueba hidrostática		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro										Método: actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román												Página: 1 de 1	
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1	249,47								1			
1	Llevar cilindros a área de trabajo	24,02	26,19	26,19	17,98	23,59	25,26	90%	23%		27,97		
2	Enroscar válvula en cilindro para inyectar agua a presión	44,17	37,08	42,59	36,21	40,01	41,68	90%	16%		43,51		
3	Colocar manguera en válvula de cilindro 1 e inyectar agua a presión (cilindro 1)	25,88	30,35	23,21	23,28	27,31	27,67	90%	16%		28,89		
4	Llenado	275,40	276,50	275,40	275,40	277,95	276,13				276,13		Bomba a 490 PSI
5	Detener inyección de agua a presión y detectar fugas (marcando con yeso blanco) (cilindro 1) y retirar manguera de válvula (cilindro 1)	85,14	88,38	84,46	82,42	90,93	87,94	90%	18%		93,39		Tiempo vaciado promedio 112 seg/cilindro
6	Desenroscar válvula (cilindro 1)	33,51	12,60	33,69	35,70	33,76	31,52	90%	16%		32,91		
7	Voltear cilindro para drenar agua (cilindro 1)	18,36	9,71	21,14	20,91	21,29	19,95	90%	27%		22,81		

² <http://www.mintrabajo.gob.gt/index.php/salario-minimo>. Consulta: 15 de febrero de 2012.

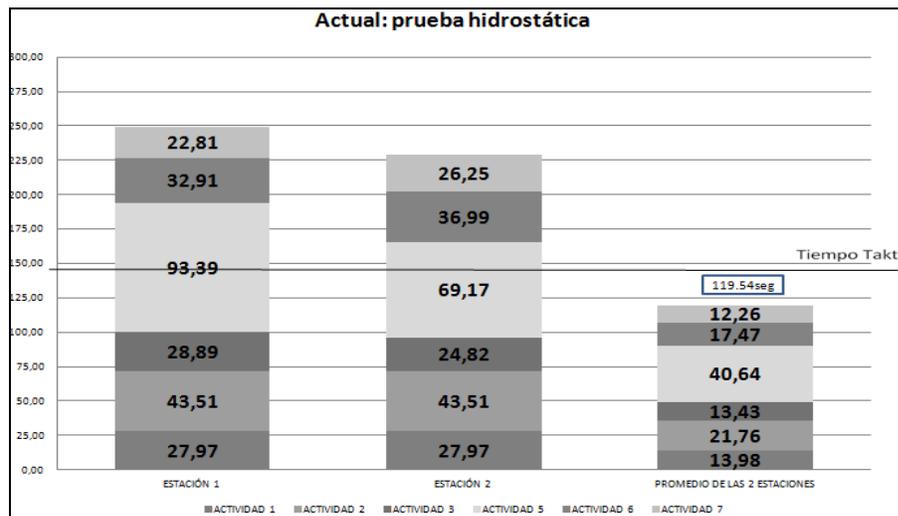
Continuación de la tabla XXX.

ESTACIÓN 2		228,70								1		
1	Llevar cilindros a área de trabajo	24,02	26,19	26,19	17,98	23,59	25,26	90%	23%		27,97	
2	Enrosca válvula en cilindro para inyectar agua a presión	44,17	37,08	42,59	36,21	40,01	41,68	90%	16%		43,51	
3	Colocar manguera en válvula de cilindro 1 e inyectar agua a presión (cilindro 1)	21,19	22,21	22,34	21,90	22,90	23,78	90%	16%		24,82	
4	Llenado	168,30	168,30	168,30	168,30	168,30	169,97				169,97	Bomba a 490 PSI
5	Detener inyección de agua a presión y detectar fugas (marcando con yeso blanco) (cilindro 1) y retirar manguera de válvula (cilindro 1)	56,74	63,42	65,13	64,64	67,37	65,13	90%	18%		69,17	Tiempo vaciado promedio 112 seg/cilindro
6	Desenroscar válvula (cilindro 1)	33,51	32,13	33,69	35,70	33,76	35,43	90%	16%		36,99	
7	Voltear cilindro para drenar agua (cilindro 1)	18,36	24,76	21,14	20,91	21,29	22,96	90%	27%		26,25	
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										2		
TIEMPO DE CICLO											239,09	

1,61 Operarios sugeridos

Fuente: elaboración propia.

Figura 15. **Distribución de cargas de trabajo en el área de prueba hidrostática cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

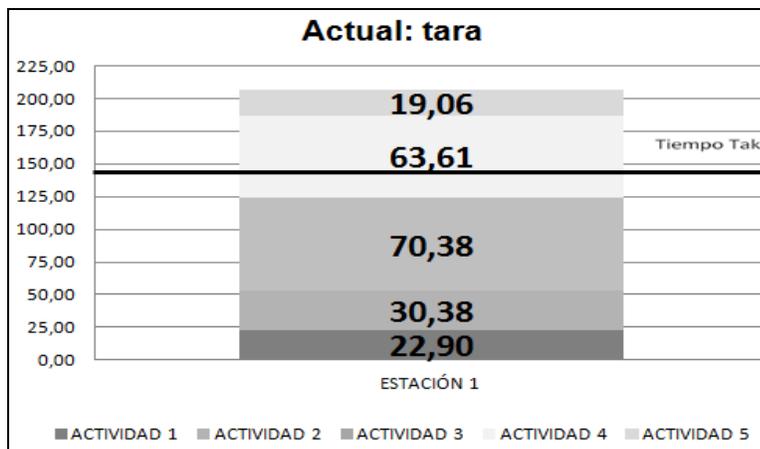
Al analizar la figura 15, se observa que las actividades están perfectamente balanceadas, por lo que no hay necesidad de un balanceo.

Tabla XXXI. Estudio de tiempos en área de tara, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 Libras			
Proceso: tara		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Método: actual			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román										Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		206,34								1			
1	Retirar cilindro y colocar nuevo cilindro en pesa	16,29	22,39	25,07	19,07	19,10	20,68	90%	23%		22,90		Estación ergonómicamente mal diseñada
2	Colocar cilindro en prensa hidráulica	26,27	26,93	26,06	25,40	31,08	27,45	90%	23%		30,38		
3	Marcar tara	66,38	71,04	70,84	63,09	64,23	67,42	90%	16%		70,38		
4	Anotar tara y numero de cilindro en hoja de control	56,51	57,27	59,80	66,30	64,77	60,93	90%	16%		63,61		
5	Retirar cilindro y colocarla en siguiente estación	19,41	19,15	15,56	14,94	15,56	17,22	90%	23%		19,06		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										1			
TIEMPO DE CICLO											206,34		
											1,39	Operarios sugeridos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 16. Distribución de cargas de trabajo en el área de tara, cilindros 40 libras método actual



Fuente: elaboración propia.

Durante el estudio realizado se analizó que esta estación de trabajo genera mucha dificultad al operario, provocándole fatiga y más tiempo para

realizar cada una de las actividades que corresponden a su tarea. Además, mediante los datos obtenidos de la tabla XXXV, el tiempo no se ajusta al ritmo de producción planeado, por lo tanto se realiza el respectivo balanceo.

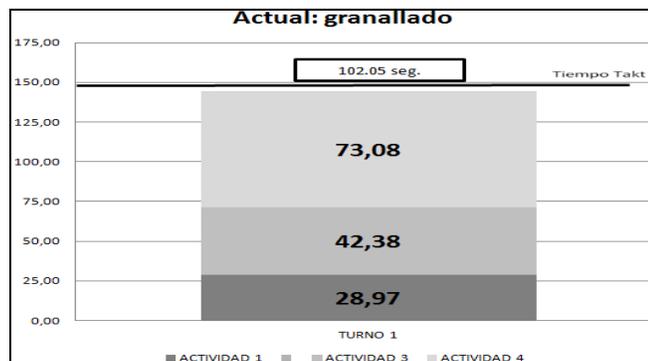
Tabla XXXII. **Estudio de tiempos en área de granallado, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS										Capacidad: 40 Libras	
Proceso: granallado		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro										Método: actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román												Página: 1 de 1	
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1	280,55								1			
1	Introducir cilindro a la granalladora	24,74	24,43	27,719	23,64	23,46	24,80	95%	23%		28,97		
2	Realizar granallado	178,50	178,50	178,50	178,50	178,50	178,50				178,50		
3	Quitar y colocar tapón a cilindro	38,40	43,12	43,58	33,46	33,74	38,46	95%	16%		42,38		Esta actividad la realiza durante el proceso de granallado, además, se abastece y trasporta los cilindros limpios a la siguiente estación.
4	Detener granalladora y sacar cilindro	67,37	66,22	58,14	59,67	61,3	62,54	95%	23%		73,08		
	NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA									1			
	TIEMPO DE CICLO										280,55		

1,89 Operarios sugeridos

Fuente: elaboración propia.

Figura 17. **Distribución de cargas de trabajo en el área de granallado, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la figura 17, se observa que las actividades que realiza el operario están dentro del tiempo Takt, pero el problema es que el tiempo de ciclo es el doble de este. Esto ocurre debido a que se posee una sola máquina de granallado o solo un turno.

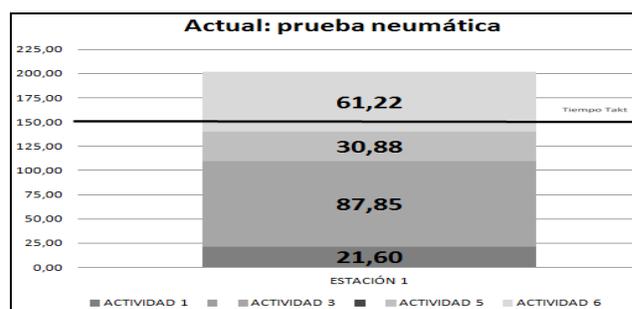
Tabla XXXIII. Estudio de tiempos en área de prueba neumática, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS										Capacidad: 40 Libras	
Proceso: prueba neumática												Método: actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro										Página: 1 de 1	
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1	201,55								1			
1	Roscar válvula en cilindro	23,56	21,93	16,73	18,74	22,49	20,69	90%	16%		21,60		
2	Inyectar aire comprimido en cilindro	107,10	104,55	107,10	114,75	119,85	110,67	90%	16%		115,54		Esta tarea no se incluye en el T.E, porque se hace de manera simultánea, mientras se detectan fugas
3	Inspección de fugas (limpiar y marcar cilindro con yeso blanco)	84,15	89,25	79,05	86,70	81,60	84,15	90%	16%		87,85		
4	Retirar aire de cilindro	37,28	43,61	39,32	42,99	42,79	41,20	90%	16%		43,01		Esta tarea no se incluye en el T.E, porque se hace de manera simultánea, mientras se detectan fugas
5	Desenroscar válvula	35,70	29,73	29,33	26,44	26,67	29,57	90%	16%		30,88		
6	Tiempo por apilar cilindros	51,00	68,85	66,30	61,20	63,75	62,22	80%	23%		61,22		
	NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA									1			
	TIEMPO DE CICLO										201,55		

1,36 Operarios sugeridos

Fuente: elaboración propia.

Figura 18. Distribución de cargas de trabajo en el área de prueba neumática, cilindros 40 libras método actual



Fuente: elaboración propia.

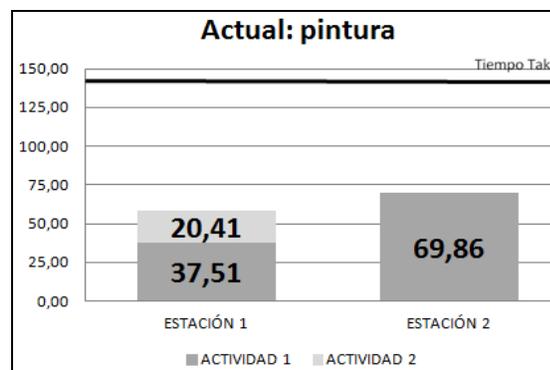
Al analizar la figura 18, se observa que las actividades están desbalanceadas, por lo que se prosiguió a separar o unificar actividades para que se ajusten al tiempo Takt.

Tabla XXXIV. **Estudio de tiempos en área de pintura, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 Libras			
Proceso: pintura										Método: actual			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1	57,92								1			
1	Tomar y roscar gancho sujetador a cilindro	35,45	35,70	36,29	35,37	36,85	35,93	90%	16%		37,51		
2	Enganchar gancho sujetador a monorriel	18,74	17,88	19,28	17,26	17,54	18,14	90%	25%		20,41		
	ESTACIÓN 2	69,86								1			
1	Pintar cilindro	59,80	62,35	59,80	64,90	59,54	61,28	95%	20%		69,86		
	NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA									2			
	TIEMPO DE CICLO										127,77		

Fuente: elaboración propia.

Figura 19. **Distribución de cargas de trabajo en el área de pintura, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

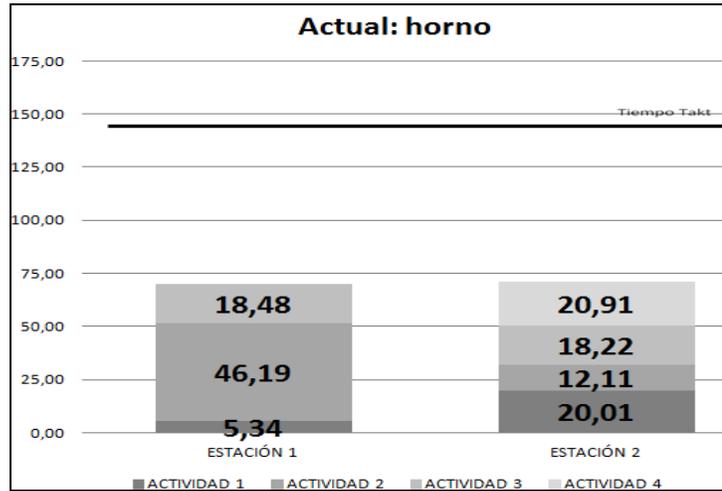
Al analizar la figura 19, se ve que el proceso está perfectamente balanceado, debido a las condiciones de la empresa; cada 2 días se procederá pintar.

Tabla XXXV. **Estudio de tiempos en área de cocido, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS										Capacidad: 40 Libras	
Proceso: Homeado o cocido												Método: actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro										Página: 1 de 1	
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1 (HORNO)	70,00											Tomar en cuenta tiempo en calentar horno 35 min
1	Tiempo muerto (salida de pintura a horno)	283,05	283,05	283,05	283,05	283,05	283,05				283,05		
2	Curado de cilindro	2.448,00	2.448,00	2.448,00	2.448,00	2.448,00	2.448,00				2.448,00		
3	Salida de horno a estación 1	979,20	979,20	979,20	979,20	979,20	979,20				979,20		
	ESTACIÓN 2	71,25								1			
1	Regresar y colocar ganchos sujetadores en monorriel	34,73	38,68	38,84	40,93	40,16	38,67	90%	15%		40,02		
2	Bajar cilindro y colocarlos en tarima	21,55	21,80	20,94	22,57	22,54	21,88	90%	23%		24,22		
3	Desenroscar gancho sujetador	34,58	34,81	32,59	35,65	38,38	35,20	90%	15%		36,43		
4	Apilar cilindro	37,61	36,82	39,40	40,24	34,81	37,78	90%	23%		41,82		Este tiempo varia dependiendo del lugar de aplicación de los cilindros
	NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA									1			
	TIEMPO DE CICLO										3710,25		

Fuente: elaboración propia.

Figura 20. **Distribución de cargas de trabajo en el área de cocido, cilindros 40 libras método actual**



Fuente: elaboración propia.

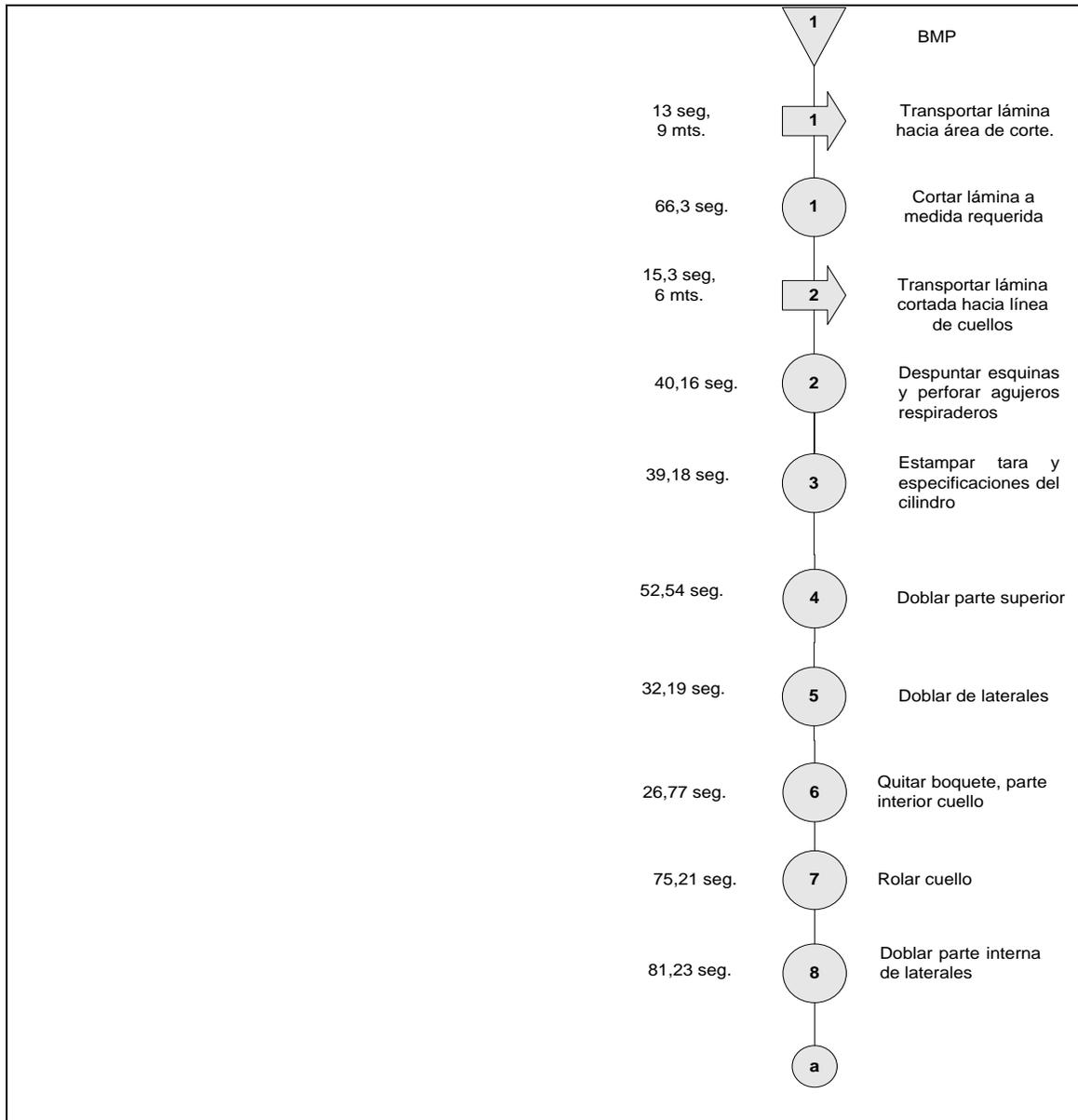
Al analizar la figura 20, se observa que las actividades están balanceadas, debido a que las condiciones de la empresa permiten pintar y hornear a cada 2 días.

2.4.1.1. Diagrama de flujo del proceso actual

Los siguientes diagramas de flujo del proceso, comprenden el proceso de fabricación de cilindros portátiles para contener Gas Licuado de Petróleo (GLP) con capacidad de 40 libras; desde que se carga la materia prima en las bobinas para corte del metal hasta el almacenamiento de los cilindros pintados. Este es el proceso básico y fundamental para las demás capacidades que se manufacturan en la empresa.

Figura 21. Diagrama de flujo del proceso actual “Cuellos”

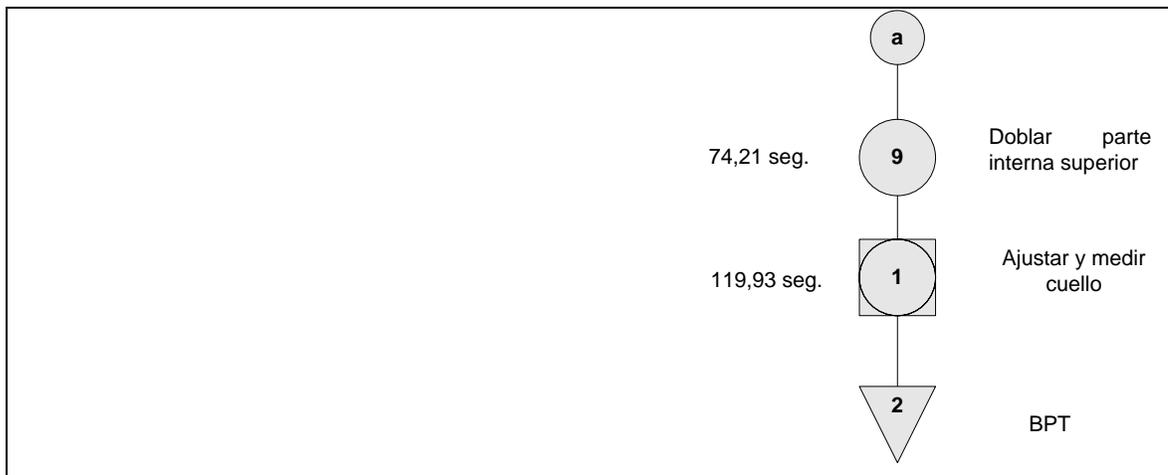
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Cuellos
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 21.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Cuellos
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



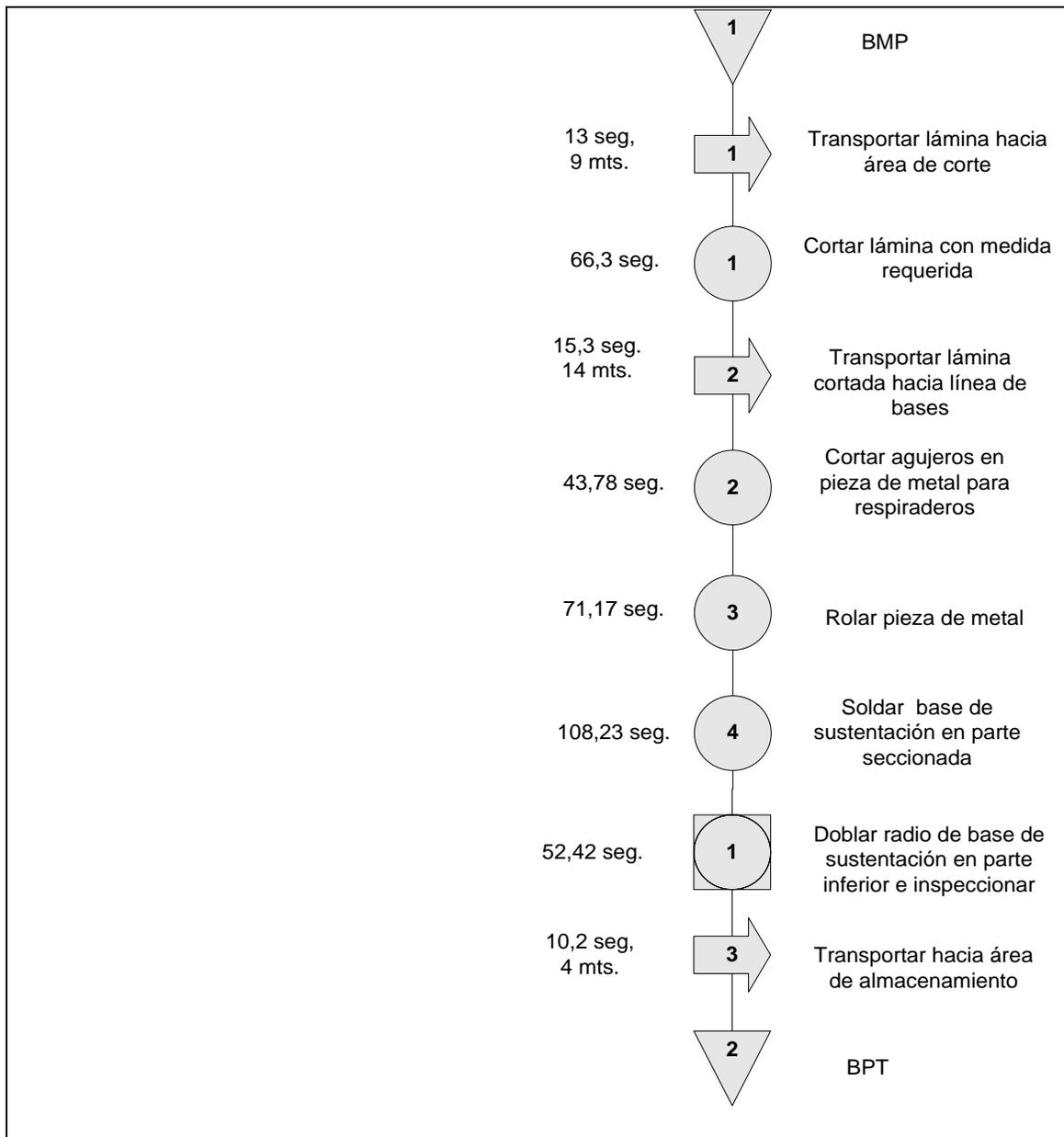
Resumen diagrama de flujo del proceso actual de cuellos

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación		9	487,79	0
Transporte		2	28,3	15
Inspección		0	0	0
Combinada		1	119,93	
Demora		0	0	0
almacenaje		2		
Suma		14	636,02	15
Tiempo de ciclo			10 minutos y 36 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Diagrama de flujo del proceso actual “Bases”

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Bases
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 22.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Bases
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual

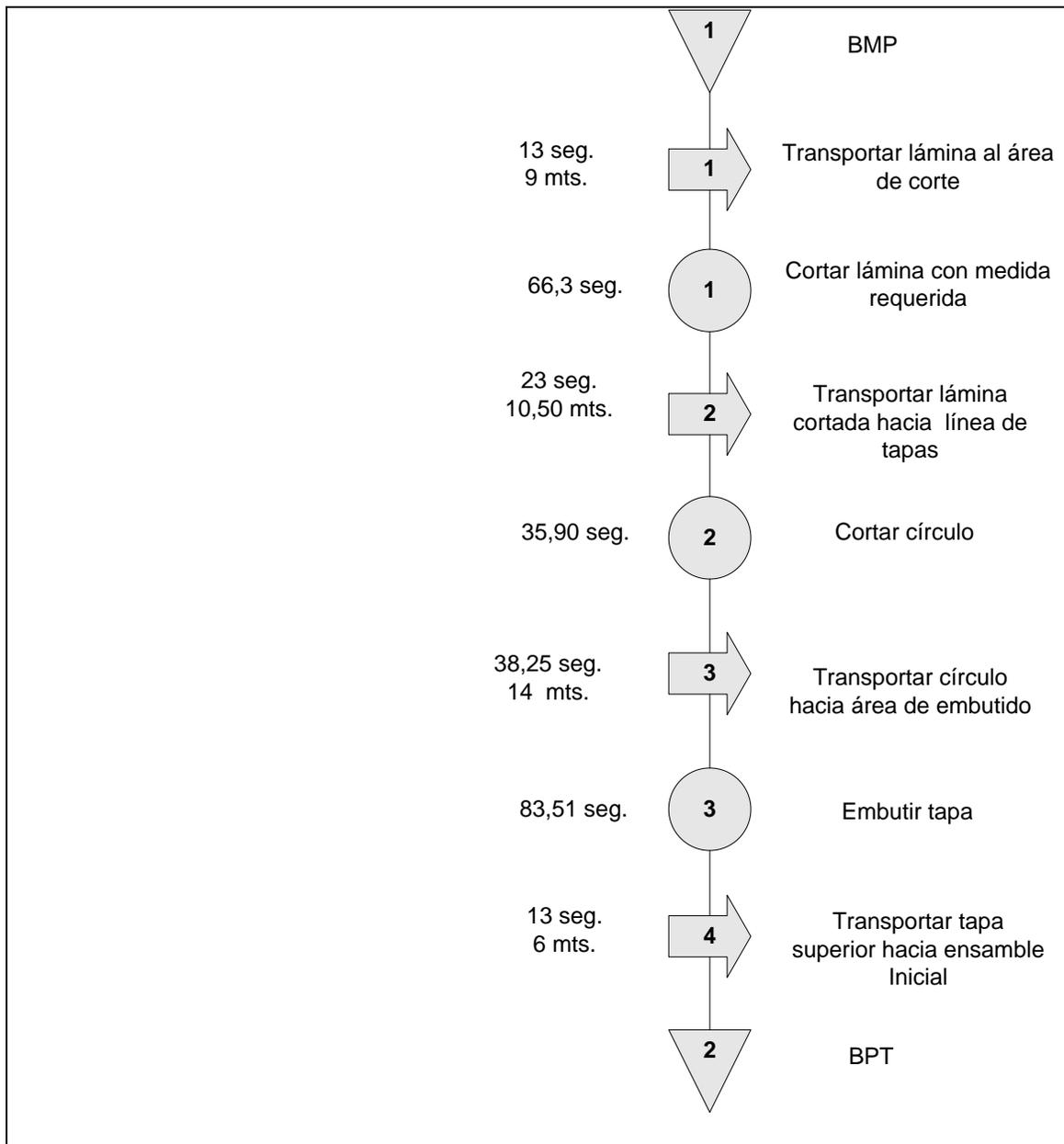
Resumen diagrama de flujo del proceso actual de bases

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación		4	289,48	0
Transporte		3	38,5	27
Inspección		0	0	0
Combinada		1	52,42	
Demora		0	0	0
Almacenaje		2	0	0
Suma		10	380,40	27
Tiempo de ciclo			6 minutos y 20 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 23. Diagrama de flujo del proceso actual “Tapa inferior”

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapas inferior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 23.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapa inferior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual

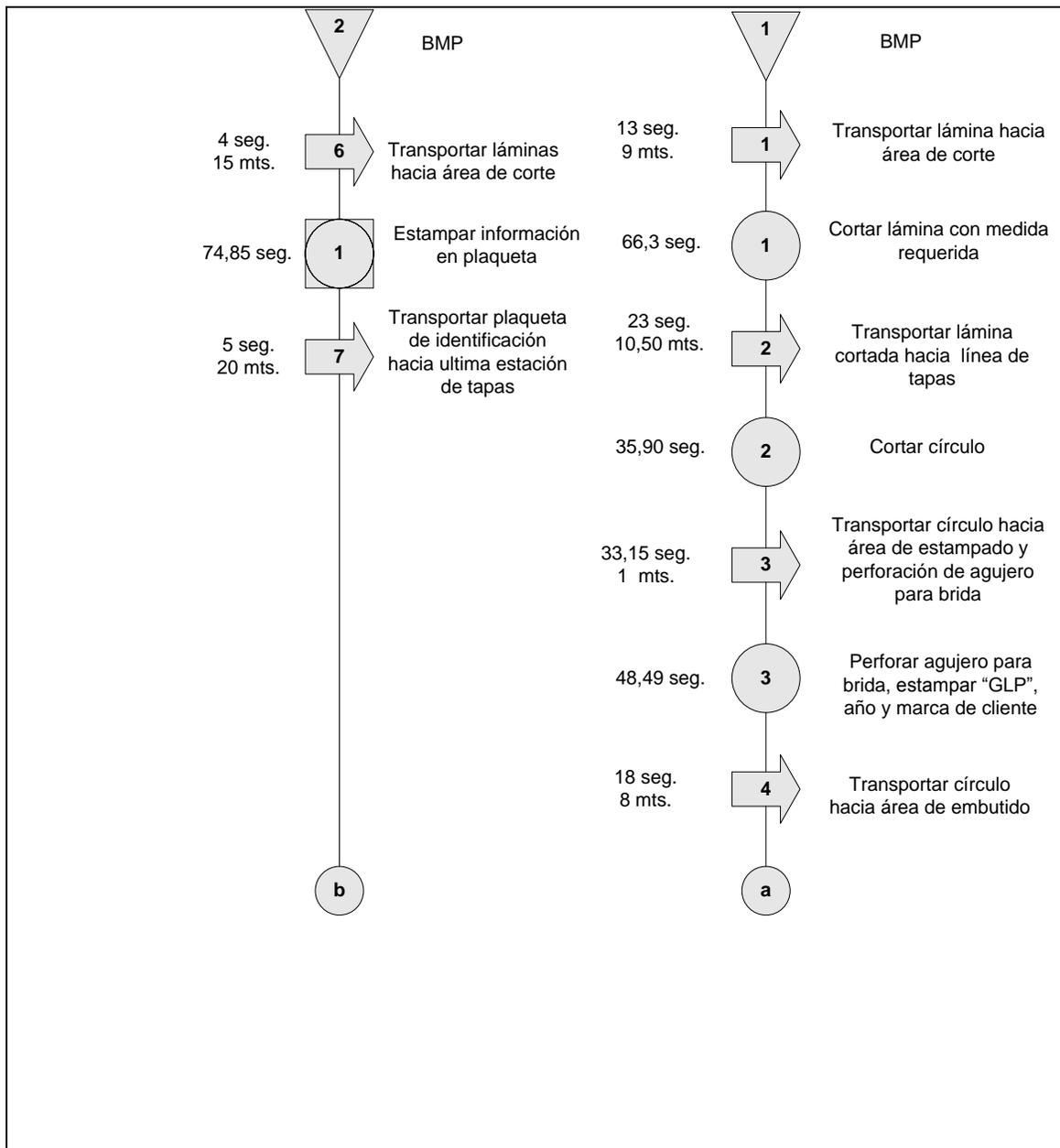
Resumen diagrama de flujo del proceso actual de tapa inferior

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación		3	185,71	0
Transporte		4	87,25	39,50
Inspección		0	0	0
Combinada		0	0	0
Demora		0	0	0
Almacenaje		2	0	0
Suma		8	272,96	39,50
Tiempo de ciclo			4 minutos y 33 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 24. Diagrama de flujo del proceso actual "Tapa superior"

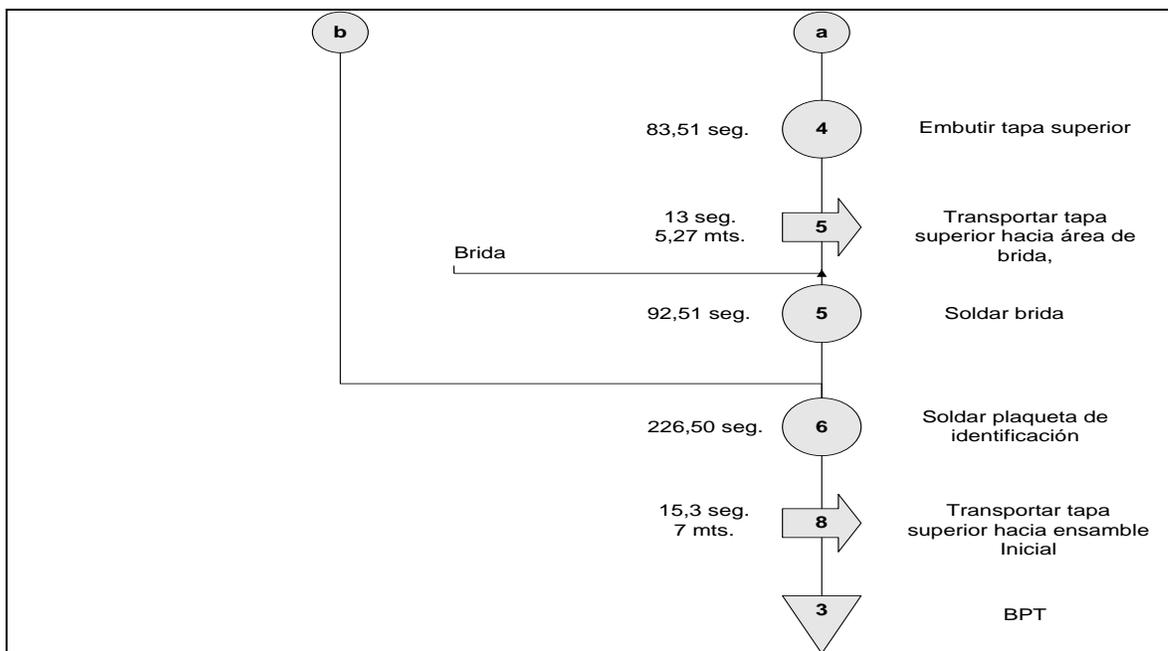
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapas superior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 24.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapa superior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



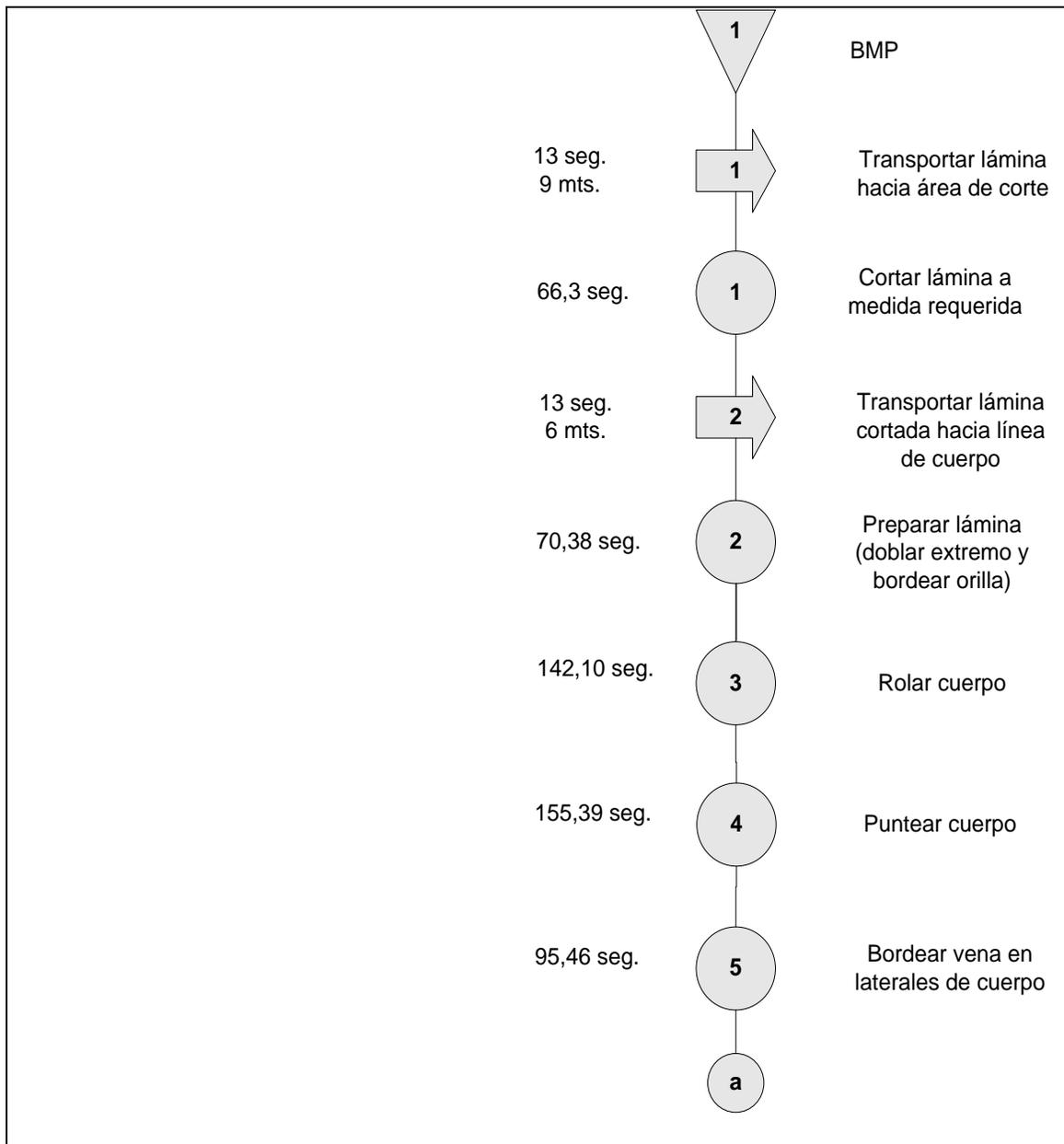
Resumen diagrama de flujo del proceso actual de tapa superior

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación	○	6	553,21	
Transporte	➔	8	124,45	80,70
Inspección	◻	0	0	
Combinada	◻○	1	75,17	
Demora	◐	0	0	
Almacenaje	▽	3	0	
Suma		17	752,83	80,70
Tiempo de ciclo			12 minutos y 33 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 25. Diagrama de flujo del proceso actual cilindros de 40 libras

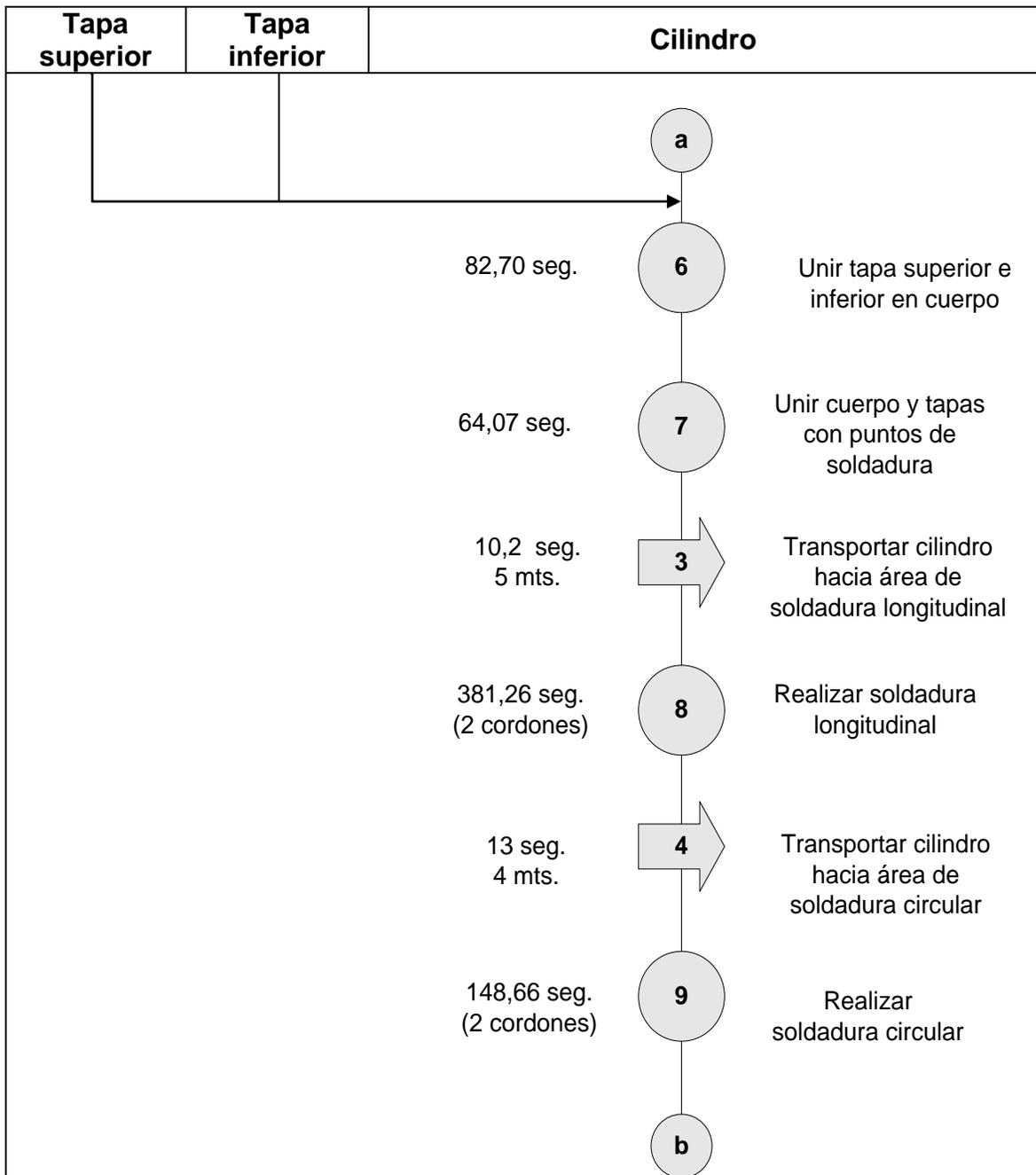
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Cuerpo
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



Fuente: elaboración propia.

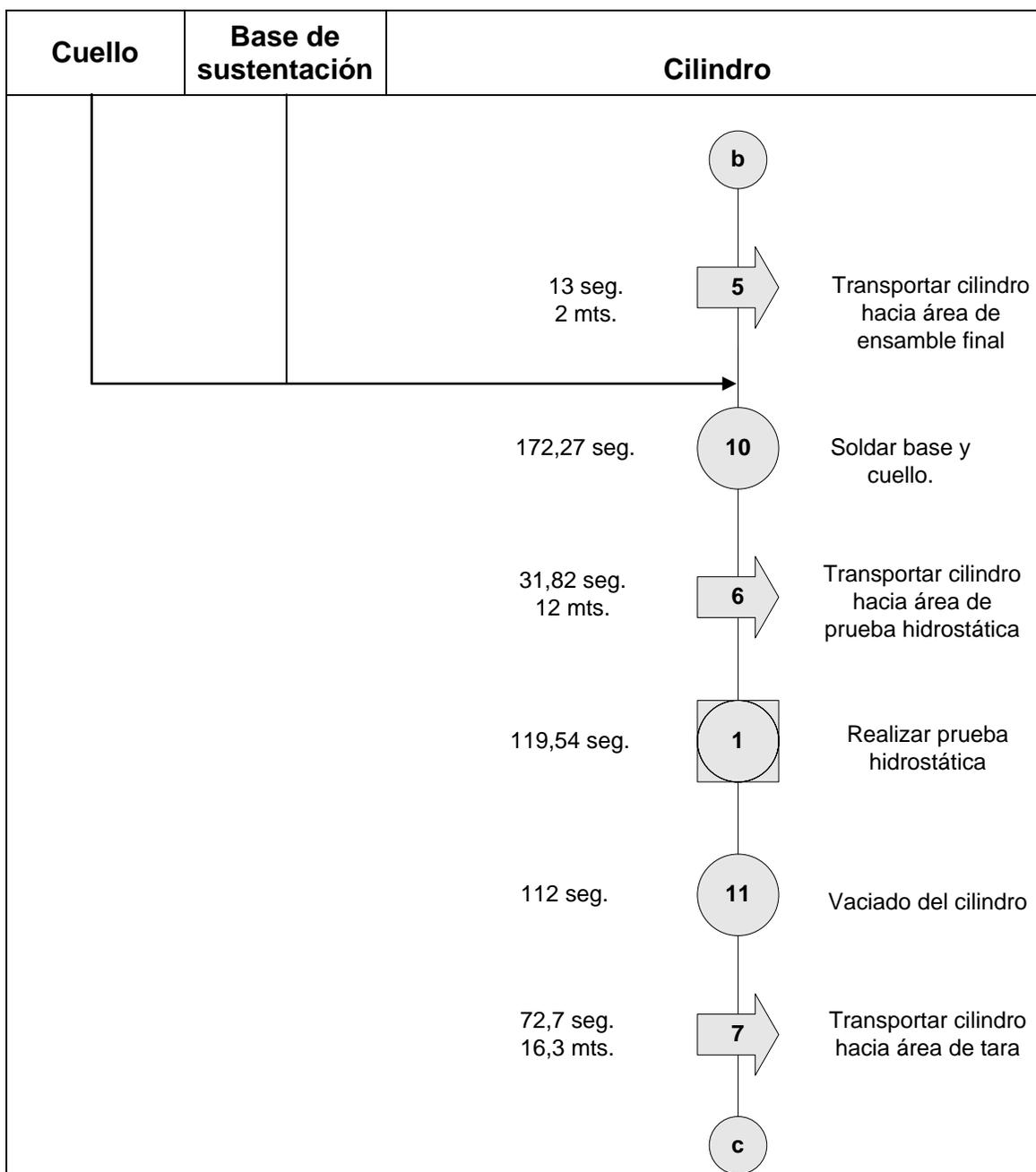
Continuación de la figura 25.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble inicial
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



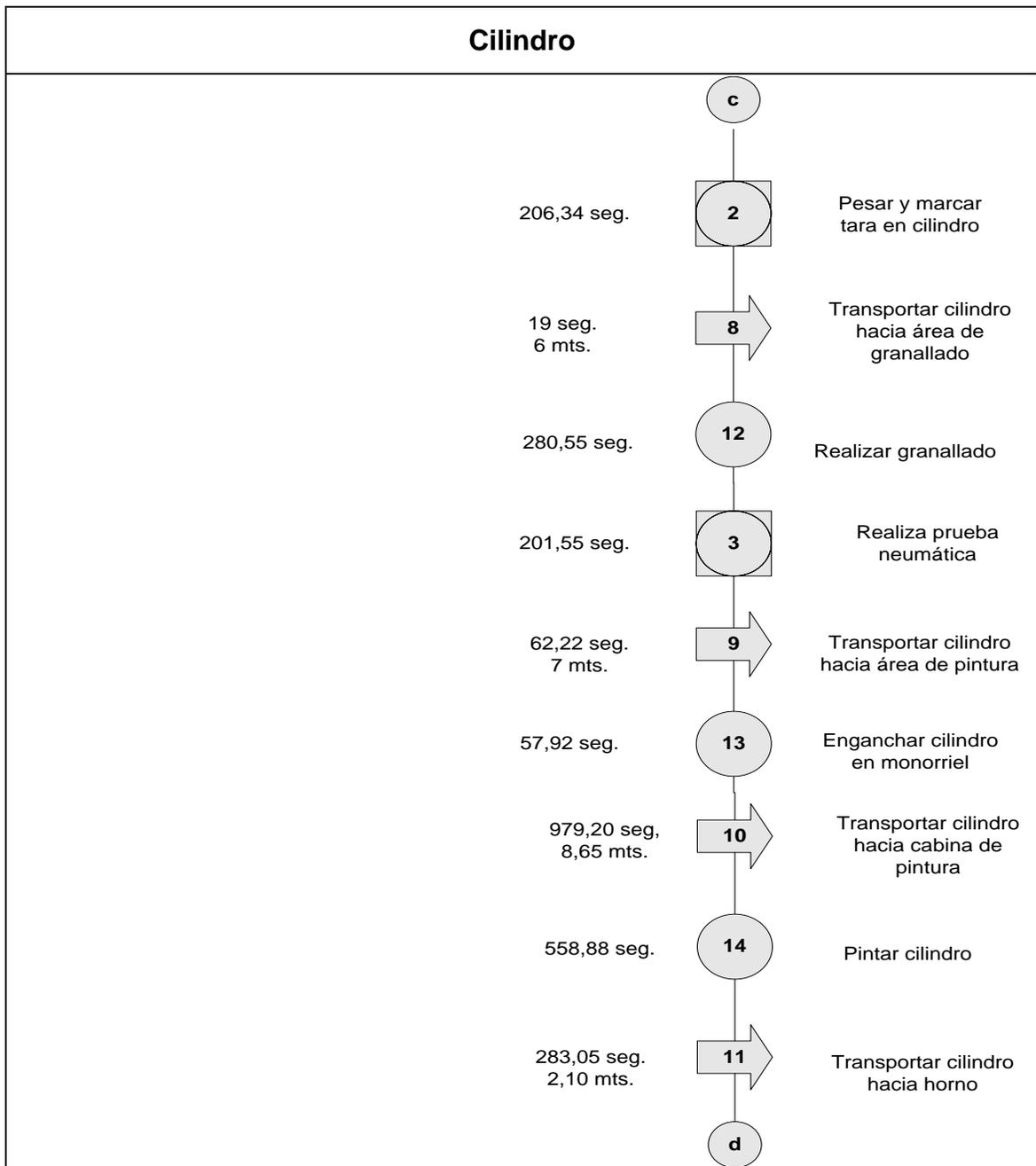
Continuación de la figura 25.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble final
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 3 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



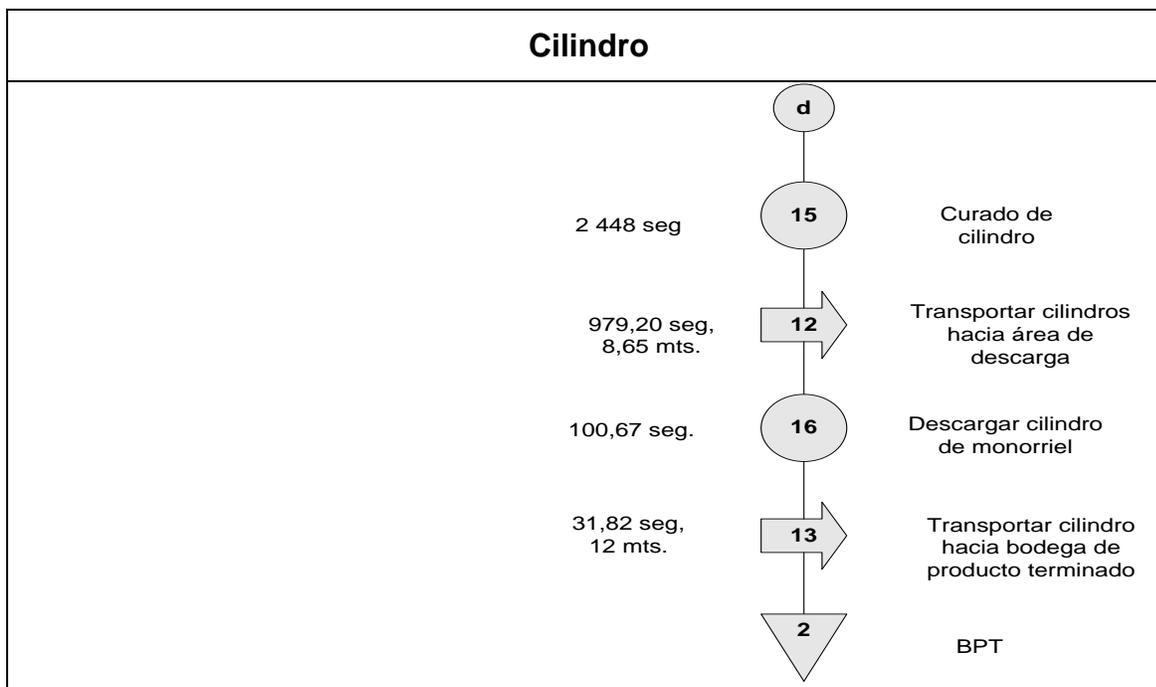
Continuación de la figura 25.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble final
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 4 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



Continuación de la figura 25.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble final
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 5 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Actual



Resumen diagrama de flujo del proceso actual cilindros de 40 libras

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación		16	4 936,61	0
Transporte		13	2 529,9	98,70
Inspección		0	0	0
Combinada		3	575,73	
Demora		0	0	0
Almacenaje		1		
Suma		35	8 042,24	98,70
Tiempo de ciclo			134 minutos y 2 segundos	

Fuente: elaboración propia.

2.4.1.2. Determinación de la capacidad actual disponible de la planta de producción

En toda empresa es fundamental tener el conocimiento de la capacidad disponible que posee su planta de producción, ya que con esta información se puede realizar una mejor planificación de la producción. Como se muestra en la figura 4, una de las causas encontradas del problema mencionado, es que no se posee una estimación real o aproximada de la capacidad de planta de producción, para las diferentes capacidades que en ella se realizan.

Por tanto se procede a determinar la capacidad que posee la planta de producción para producir cilindros con capacidad de GLP de 40 libras, tomando como base los tiempos estándares y la disponibilidad de tiempo real de producción por día.

El cálculo para determinar la capacidad de la planta es:

$$\text{No. cilindros} = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Tiempo estándar del cuellos de botella}}$$

Además, en la tabla XXXVI, se adiciona una columna donde se calcula la productividad parcial de mano de obra para cada línea o área de producción; este cálculo se realiza mediante la siguiente expresión:

$$\text{Productividad}^3 = \frac{\text{Salidas (unidades)}}{\text{Número de personas X Jornada (tiempo disponible)}}$$

³ Revista El Buzón de Pacioli, Número Especial 74, Octubre 2011, www.itson.mx/pacioli

Ejemplo: se desea calcular la productividad parcial mano de obra en la línea de cuellos, el tiempo disponible es de 29,700 seg (8.25 horas) por día; la producción diaria fue de 238 unidades; actualmente laboran 7 operarios en esta línea. Entonces:

$$\text{Productividad} = \frac{238}{7 \times 8.25} = 4.12 \frac{\text{Cuellos}}{\text{Operario}}$$

Esto quiere decir que cada operario fabrica 4.12 cuellos por hora.

Tabla XXXVI. **Capacidad y productividad actual de la planta de producción para cilindros de 40 libras**

		Capacidad y productividad de la planta de producción					
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.						Método: Actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Cilindros de 40 libras				Página: 1 de 2	
Tiempo estándar (cuellos de botella)	Proceso	Tiempo disponible en 29700	Unidades por hora	No. de operarios	Productividad		Observaciones
		Unidades			P =	No. de operarios X jornada	
119,93	CUELLOS	238	30	7	4,11	Cuellos por operario	Tiempo por abastecer 200 piezas en línea de producción, 20 min.
108,72	BASES	261	33	4	7,92	Bases por operario	Tiempo para abastecer 200 piezas en línea de producción, 43 min con 2 operarios
226,5	TAPAS SUPERIORES	131	16	5	3,18	Tapas superiores por operario	Exceso de trabajo para un operario de última estación de tapas (soldar plaqueta de identificación)
83,51	TAPAS INFERIORES	178	43	2	10,78	Tapas inferiores por operario	
228,09	ENSAMBLE INICIAL	130	16	3	5,26	Cilindros por operario	Debido a que se trabaja con tres operarios se promedia el tiempo de ciclo entre todas las estaciones y el tiempo estándar es de $(684.28/3) = 228.09$ seg
381,26	SOLDADURA LONGITUDINAL:	76	9	1	9,19	Cilindros por operario	Se cuenta con una sola estación
607,6	SOLDADURA CIRCULAR 1	48	6	1	5,78	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
605,05	SOLDADURA CIRCULAR 2	48	6	1	5,81	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
563,79	SOLDADURA CIRCULAR 3	51	6	1	6,23	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
602,19	SOLDADURA CIRCULAR 4	48	6	1	5,83	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
	SUMA (4 SOLDADORAS)	195	24	4	5,91	Cilindros por operario	

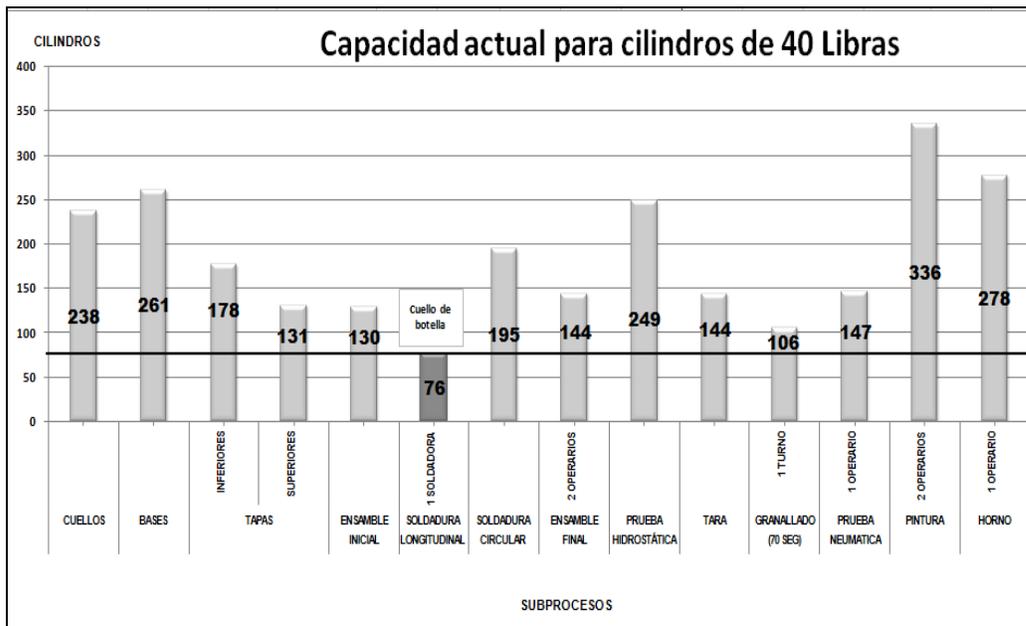
Continuación de la tabla XXXVI.

		Capacidad y productividad de la planta de producción					
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.						Método: Actual	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Cilindros de 40 libras				Página: 2 de 2	
Tiempo estándar (cuellos de botella)	Proceso	Tiempo disponible en seg 29700	Unidades por hora	No. de operarios	Productividad		Observaciones
		Unidades			P =	Unidades	
ENSAMBLE FINAL							
342,95	ESTACIÓN 1	73	10	1	8,84	Cilindros por operario	Tiempo por abastecimiento de cuellos y bases, 78 min/jornada
346,11	ESTACIÓN 2	71	10	1	8,62	Cilindros por operario	Tiempo por abastecimiento de cuellos y bases, 85 min/jornada
	SUMA (2 OPERARIOS)	144	21	2	8,73	Cilindros por operario	
PRUEBA HIDROSTÁTICA							
249,47	BOMBA 1	119	14	1	14,43	Cilindros por operario	Siempre y cuando estén en su área realizando las mismas actividades
228,7	BOMBA 2	130	16	1	15,74	Cilindros por operario	
	SUMA	249	30	2	15,09	Cilindros por operario	
206,34	TARA	144	17	1	17,45	Cilindros por operario	Mala distribución de estación de trabajo
GRANALLADORA							
280,55	OPERARIO (1 TURNO)	106	13	1	12,83	Cilindros por operario	
PRUEBA NEUMÁTICA							
201,55	ESTACIÓN 1	147	18	1	17,86	Cilindros por operario	Exceso de trabajo para un solo operario
70	PINTURA	336	51	1	40,71	Cilindros por operario	Preparación de horno hasta pintar el primer cilindro 6188.74 seg.
71	HORNO	278	51	1	33,68	Cilindros por operario	Preparación de horno hasta descargar primer cilindro 9970 seg

Fuente: elaboración propia.

A continuación se muestra la representación grafica de los datos obtenidos de la tabla XXXVI.

Figura 26. **Capacidad actual de la planta de producción para cilindros de 40 libras**



Fuente: elaboración propia.

Al analizar la figura 26, resultado de la tabla XXXVI, se observan la producción y capacidad que tiene cada línea o área de la planta para la producción de cilindros de 40 libras. Además, es visible y fácil identificar cuál es el cuello de botella en todo el sistema, siendo esta una herramienta de ayuda para priorizar y establecer mejoras en donde realmente se necesita.

El cuello de botella para esta capacidad de cilindros es en el área de soldadura longitudinal, en donde existe una sola estación de trabajo. Provocando un exceso de trabajo para este operario y desperdicios como:

tiempo de espera, sobreprocesamientos y exceso de inventario, movimientos innecesarios y sobreproducción por parte de las líneas de producción anteriores y posteriores a esta (ver tabla XXXVII).

En resumen, se puede decir que este cuello de botella provoca en toda la empresa la existencia de los 7 desperdicios que se mencionarán más adelante.

En el capítulo 2 se realizará el balanceo respectivo para equilibrar todos los tiempos de producción al tiempo Takt y determinar el personal óptimo para producir cilindros de la capacidad estudiada; se presentará la capacidad disponible propuesta, mostrando un gráfico para visualizar claramente las mejoras y controlar los cuellos de botella existentes dentro de la planta; además, obtener la productividad parcial mano de obra mejorada y con esto estimar un incremento de la misma.

2.5. Propuesta de la optimización del sistema de producción

La propuesta de optimización del sistema de producción consiste en la introducción de la filosofía de manufactura esbelta, la cual es uno de los mejores métodos de ayuda en la toma de decisiones, ya que basa la valoración de las necesidades del mismo proceso y en el valor del cliente.

No es ningún consultor quien llega y dice qué hacer, únicamente brinda capacitación y guía para que sea el personal de las diferentes líneas de producción quien haga los cambios.

La comprensión de los conceptos de manufactura esbelta, así como la identificación de oportunidades, han concluido en la selección de las herramientas y/o técnicas más apropiadas para desarrollar mejoras en el

sistema de producción, siendo estas: trabajo estándar y metodología 9 'S; estas propuestas son descritas en los siguientes apartados.

2.5.1. ¿Qué es la manufactura esbelta?

- Manufactura esbelta (*Lean*), es un sistema y filosofía de mejoramiento de procesos de manufactura y servicios, basado en la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor al proceso y/o producto; permitiendo alcanzar resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad de la empresa.
- La manufactura esbelta consiste en varias herramientas y/o técnicas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Reducir desperdicios y mejorar las operaciones.

2.5.2. Desperdicios

En todos los procesos y áreas de trabajo existen desperdicios, por lo que se debe de trabajar conjuntamente, para promover la mejora continua, enfocando los esfuerzos, a la identificación y eliminación de estos.

Estos desperdicios se pueden clasificar en ocho, los cuales son:

- Sobreproducción
- Transporte
- Tiempo de espera
- Sobre procesamiento o procesos inapropiados

- Exceso de inventario
- Defectos
- Movimientos innecesarios
- Talento humano

En la tabla XXXVII, se presenta una descripción general sobre cómo reducir hasta eliminar los desperdicios que afectan de gran manera a cualquier empresa.

En apéndice 2 se detalla el significado de cada uno de los desperdicios mencionados.

Tabla XXXVII. **Desperdicios y como eliminarlos**

DESPERDICIOS		FORMA DE ELIMINARLOS
1	Sobreproducción	Fabricar y suministrar sólo lo que demanda el proceso siguiente. No dar oportunidad de acumular sin medida; reducir los espacios para almacenaje. Realizar una nivelación de la demanda y un balanceado de los medios de producción para evitar los cuellos de botella.
2	Transporte	Para reducir los transportes se debe reducir distancias (cambio de la distribución en planta). Acoplar operaciones siempre que sean posibles. Evitar obstáculos: aplicar 9'S.

Continuación de la tabla XXXVII.

DESPERDICIOS		FORMA DE ELIMINARLOS
3	Tiempo de espera	Para reducir las esperas evitar los cuellos de botella realizando un balanceado de los medios. Evitar las paradas no planificadas por: interferencias o averías: Aplicar 9'S, SMED y TPM. Y la falta de material: trabajar en Pull (jalar)
4	Sobre procesamiento o procesos inapropiados	Para evitar operaciones innecesarias asegurar que se trabaja según las mejores prácticas: trabajo estandarizado y Asegurar que sólo se hace aquello que es necesario, trabajar bajo el sistema de producción jalar.
5	Exceso de inventario	Para evitar la acumulación de existencias, se debe evitar necesitarlas: aplicar Pull, limitar los espacios para almacenaje
6	Defectos	Para evitar los defectos aplicar los "5 porqués" y actuar sobre su causa raíz. Formar a las personas para que conozcan las consecuencias de los defectos. Hacer un hábito de la prevención, detección, información inmediata al origen del defecto y corrección. 1. No aceptar defectos 2. No generar defectos 3. No entregar defectos Reducir los tamaños de lotes mediante el sistema de producción jalar y aplicar el trabajo estandarizado.

Continuación de la tabla XXXVII.

DESPERDICIOS		FORMA DE ELIMINARLOS
7	Movimientos innecesarios	Para evitar movimientos innecesarios procurar que todo esté a la mano y eliminar las búsquedas: 9´S. Aplicar trabajo estandarizado
8	No aprovechar el talento humano.	La forma de evitarlo es mediante el respeto. Respetar a las personas es apreciar sus aportaciones y mostrar ese aprecio con apoyo para hacer realidad las buenas ideas.

Fuente: elaboración propia.

La eliminación de desperdicios presenta resultados inmediatos en la reducción del costo, aumento de la productividad, organización del área de trabajo, entre otros. Generalmente se presentan problemas con el mantenimiento de los mejoramientos alcanzados; esto sucede debido a que no se implementa un sistema que en el largo plazo sea capaz de mantener y adaptar la empresa a nuevos cambios en el entorno.

2.5.3. Metodología 9´S

Esta metodología se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor "calidad de vida" al trabajo. Las 9'S provienen de términos japoneses que diariamente se ponen en práctica en la vida cotidiana y no son parte exclusiva de una "cultura japonesa", es más, todos los seres humanos, o casi todos, tienen tendencia a practicarlas o la han practicado aunque no se den cuenta.

En muchos textos aún se utiliza el término de 5´S pero actualmente se incorporaron otras 4´S, permitiendo con esto una mejor efectividad con el personal, de esta forma las fases quedan completas, y al aplicarlas se tienen retribuciones como una mejora continua, unas mejores condiciones de calidad, seguridad y del ambiente de toda la empresa.

Además, se basan en la creencia de que cada individuo puede contribuir con el mejoramiento de su lugar de trabajo, en donde permanece una tercera parte de su tiempo.

La implantación de esta metodología, es importante en diferentes áreas, por ejemplo, permite eliminar desperdicios y por otro lado mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados.

Esta metodología se utilizó para incorporarla en la fase de docencia y aprendizaje (capítulo 4) con el fin de mostrar al personal su utilidad en las 3 fases que se desarrollan y los beneficios que ellos obtendrán al aplicarlas en sus áreas de trabajo y en su estilo de vida.

Tabla XXXVIII. **Las nueve eses**

	Español	Japonés	
Con las cosas	Clasificación	Seiri	1. Mantener sólo lo necesario
	Organización	Seiton	2. Mantener todo en orden
	Limpieza	Seiso	3. Mantener todo limpio

Continuación de la tabla XXXVIII.

Y ahora... ¿Cómo está usted?			
Con usted mismo	Bienestar Personal	Seiketsu	4. Cuidar su salud física y mental
	Disciplina	Shitsuke	5. Mantener un comportamiento confiable
	Constancia	Shikari	6. Perseverar en los buenos hábitos
	Compromiso	Shitsukoku	7. Ir hasta el final en las tareas
Pero... ¡no lo haga solo!			
En la empresa	Coordinación	Seishoo	8. Actuar en equipo con sus compañeros
	Estandarización	Seido	9. Unificar a través de normas

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo p. 99.

2.5.4. Trabajo estándar

El trabajo estándar es una descripción precisa de cada actividad de trabajo, incluyendo tiempo de ciclo y tiempo Takt; la secuencia de cada actividad y la cantidad mínima de inventario de piezas a la mano para realizar la operación.

Con un trabajo estandarizado, es garantizar que en las operaciones siempre se elaboren los productos de la misma manera.

Después que el trabajo estandarizado es determinado, se debe dejar documentado y entrenar al personal de ello.

El trabajo estandarizado no permanece estático, por lo que debe ser revisado y actualizado periódicamente.

El trabajo estándar se compone de tres elementos, que son:

- Tiempo Takt (Ritmo de Producción)
- Secuencia de trabajo estándar
- Trabajo o inventario en proceso estándar (*SWIP*)

2.5.4.1. Tiempo Takt (Ritmo de Producción)

Satisfacer la demanda que tiene el cliente sobre un determinado producto o servicio es lo que permite la existencia y permanencia de una empresa. Por lo tanto, el cliente es quien marca el ritmo, decide la manera y forma en la que se le entregarán los productos o servicios que desea; además es quien decide qué agrega y qué no agrega valor dentro de los procesos, qué es lo que genera desperdicio y por lo cual no está dispuesto a pagar.

Este ritmo es el tiempo Takt se puede denominar como ritmo de producción, el cual se calcula dividiendo el tiempo de producción disponible (o el tiempo neto disponible de trabajo por turno) entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno). Se calcula en unidades de tiempo, siendo los segundos los más utilizados.

$$\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo neto disponible de producción por turno}}{\text{Demanda del cliente por turno}}$$

- Tiempo neto disponible de producción por turno: tiempo real planeado de una corrida de producción por turno. No incluye descansos, limpieza, mantenimiento preventivo, juntas de calidad.
- Demanda del cliente: volumen requerido basado en las órdenes del cliente. Usualmente se usa un período mensual; sin embargo, se recomienda usar periodos más cortos.

2.5.4.1.1. Análisis del tiempo Takt

La empresa dispone de 9 horas en el día para el proceso de manufactura; de esas horas se tiene que eliminar el tiempo en que, normalmente, se detiene el proceso (comidas, descansos, limpieza, reparación o mantenimiento de maquinarias, etc.). Ver tabla XXXIX.

Tabla XXXIX. Análisis del tiempo Takt

		Tiempo disponible	Unidad de tiempo
+	Tiempo laboral por día	9.00	Horas
	Refacción	0.25	Hora
	Preparación de maquinarias	0.25	Hora
	Limpieza	0.25	Hora
-	Total tiempo no productivo	0.75	Hora
	Tiempo disponible	8.25	Horas
	Tiempo disponible	495.00	Minutos
	Tiempo disponible	29700.00	Segundos

Fuente: elaboración propia.

Además, para este proceso, el cliente está demandando 200 cilindros al día. En la tabla XL se detalla y muestra el cálculo del tiempo Takt.

Tabla XL. **Cálculo del tiempo Takt**

TIEMPO TAKT (RITMO DE PRODUCCIÓN)	
Tiempo Takt =	$\frac{29700 \text{ seg}}{200 \text{ Cilindros}} = \boxed{148.50 \text{ seg / Cilindro}}$

Fuente: elaboración propia.

El resultado de la tabla XL indica que todas las operaciones deben ser balanceadas para asegurar que se produzca una unidad cada 148.50 seg. En otras palabras quiere decir que el cliente está comprando este producto a un ritmo de una unidad cada 148.50 seg. Este es el ritmo que se puede manejar para alcanzar la meta.

2.5.4.2. Secuencia de trabajo estándar

Es el orden en que el trabajo es llevado a cabo. Dentro de la empresa existe un gran problema de producción, el cual consiste en que todos los operarios trabajan de la forma tradicional por lotes grandes y por ende utilizan el sistema de producción empujar, dando los siguientes problemas:

- Falta de transparencia y problemas ocultos por exceso de inventario
- Defectos descubiertos tarde (afectando a grandes volúmenes)
- Esperas debido al mal método de producción

- Falta de comunicación entre puestos o estaciones de trabajo
- Plazos de entrega largos

Para eliminar este problema se realizará el balanceo de las cargas de trabajo y se les asignará las tareas que le corresponden a cada operario, con el fin de aplicar el sistema de producción jalar, el cual traerá los siguientes beneficios:

- El proceso se vuelve transparente
- Operaciones y procesos acoplados (incremento de productividad)
- Gran reducción del inventario
- Mayor dependencia de la eficiencia de los equipos
- Cargas de trabajo balanceadas o equilibradas
- Plazos de entrega cortos
- Los defectos se detectan de inmediato

2.5.4.3. Inventario estándar en proceso (*SWIP*)

Es la mínima cantidad de inventario (piezas, partes componentes, etc.) que se requiere dejar al final del turno para que no exista ciclo perdido al inicio del siguiente turno y mantener un flujo suavizado en el proceso.

Para operaciones manuales de un solo operador, no se requiere ningún *SWIP*.

Para operaciones automáticas requieren el *SWIP* para que el tiempo del operador sea separado del tiempo automático de la máquina.

2.5.5. Balanceo de las líneas de producción para cilindros con capacidad de 40 libras

En esta sección corresponde a la propuesta de balanceo de las líneas de producción para cilindros con capacidad de 40 libras equilibrando las cargas de trabajo al tiempo Takt o ritmo de producción determinado para la empresa (ver tabla XL).

Esta propuesta resulta del diagnóstico obtenido en el capítulo 2, debido a que se necesita balancear todas las operaciones, crear un flujo más flexible y mejorar la capacidad de la planta con el fin de optimizar el sistema de producción, permitiendo obtener un aumento en la productividad. A continuación se presentan los balanceos realizados.

Tabla XLI. Balanceo en línea de cuellos, cilindros de 40 libras

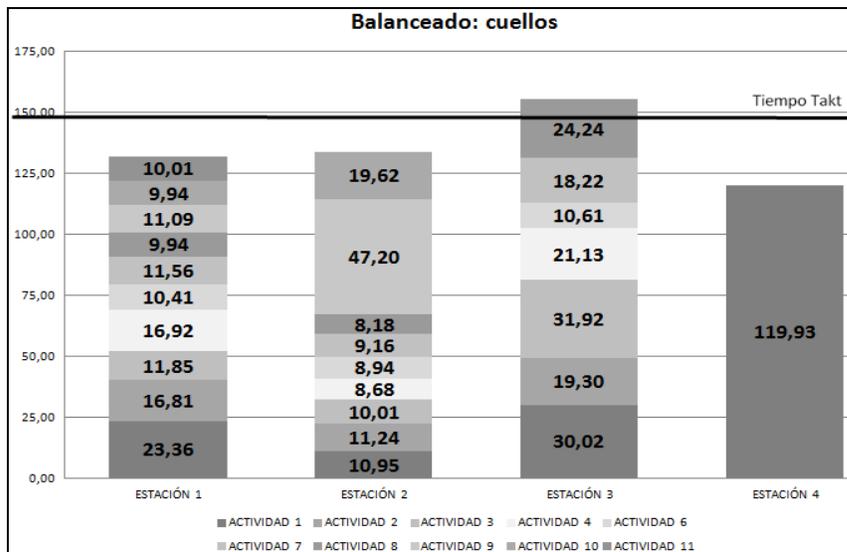
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 libras			
Proceso: cuellos										Método: propuesto			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		131,88								1			
1	Colocar pieza de metal en máquina	20,00	21,00	19,75	21,50	21,80	21,81	90%	19%		23,36		
2	Realizar corte y descargar pieza de metal	15,00	16,30	15,78	16,60	15,35	16,81	90%	19%		16,81		
3	Colocar pieza de metal en molde	8,25	8,50	9,00	8,75	7,90	10,48	95%	19%		11,85		
4	Estampar tara	15,00	15,25	14,87	14,67	14,83	16,92				16,92		
5	Retirar pieza de metal	6,89	7,60	7,00	6,76	7,78	9,21	95%	19%		10,41		
6	Colocar pieza de metal en molde	8,40	8,00	8,25	7,99	8,50	10,23	95%	19%		11,56		
7	Accionar máquina (dobles 1)	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	9,94				9,94		
8	Acomodar pieza para dobles 2	7,83	8,00	7,75	7,25	8,20	9,81	95%	19%		11,09		
9	Accionar máquina (dobles 2)	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	9,94				9,94		
10	Descargar pieza de metal	7,72	6,50	7,00	6,24	6,80	8,85	95%	19%		10,01		
ESTACIÓN 2		133,97								1			
1	Lubricar pieza (remojar con agua y jabón)	8,60	7,00	7,23	8,00	7,59	9,68	95%	19%		10,95		
2	Introducir en molde pieza y accionar troqueladora	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	9,94	95%	19%		11,24		
3	Sacar y colocar pieza en siguiente estación de trabajo	7,72	6,50	7,00	6,24	6,80	8,85	95%	19%		10,01		
4	Colocar pieza de metal en troqueladora	7,00	6,73	6,50	7,00	6,14	7,67	95%	19%		8,68		
5	Realizar corte (accionar troqueladora)	7,78	7,80	8,00	8,00	8,12	8,94				8,94		
6	Retirar pieza y colocarla en siguiente estación de trabajo	7,30	6,90	7,10	7,20	7,00	8,10	95%	19%		9,16		
7	Colocar pieza de metal en troqueladora	6,50	6,00	6,39	7,00	7,30	7,64	90%	19%		8,18		
8	Accionar troqueladora (moldear)	41,15	43,00	44,00	43,50	43,70	44,07	90%	19%		47,20		
9	Realizar ajustes y colocar en siguiente estación de trabajo	17,07	16,78	17,56	17,30	17,90	18,32	90%	19%		19,62		

Continuación de la tabla XLI.

ESTACIÓN 3		155,44								1	
1	Preparar cuello (colocar pieza de metal en molde, golpeando con martillo)	25,00	26,00	26,43	25,70	27,00	28,03	90%	19%	30,02	
2	Accionar máquina (dobleces)	16,12	16,00	15,54	16,00	16,43	18,02	90%	19%	19,30	
3	Retirar de molde, martillar dobleces y colocar cuello en siguiente estación de trabajo	27,00	27,30	28,45	27,50	28,76	29,80	90%	19%	31,92	
4	Colocar cuello en mesa y martillar dobles interno superior	18,45	18,00	19,30	18,40	19,50	19,73	90%	19%	21,13	
5	Introducir en molde y accionar máquina	9,20	9,00	8,75	8,34	9,26	9,91	90%	19%	10,61	
6	Enderezar laterales	16,30	15,00	17,40	15,40	15,98	17,02	90%	19%	18,22	
7	Limar dobles interno superior	22,00	21,00	21,80	21,47	21,90	22,63	90%	19%	24,24	
ESTACIÓN 4		119,93								1	
1	Medir y ajustar cuello	110,00	108,90	111,24	109,78	110,00	111,98	90%	19%	119,93	
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										4	
TIEMPO DE CICLO										541,22	

Fuente: elaboración propia.

Figura 27. Distribución de cargas de trabajo en línea de cuellos, cilindros 40 libras método balanceado



Fuente: elaboración propia.

Al comparar la figura 8 con la figura 27, se observa que mediante el balanceo realizado se disminuyó hasta 5 estaciones de trabajo, debido a la agrupación de estas como se muestra en la tabla L; además, se disminuyó a cuatro personas de las siete que laboraban en esta línea de producción.

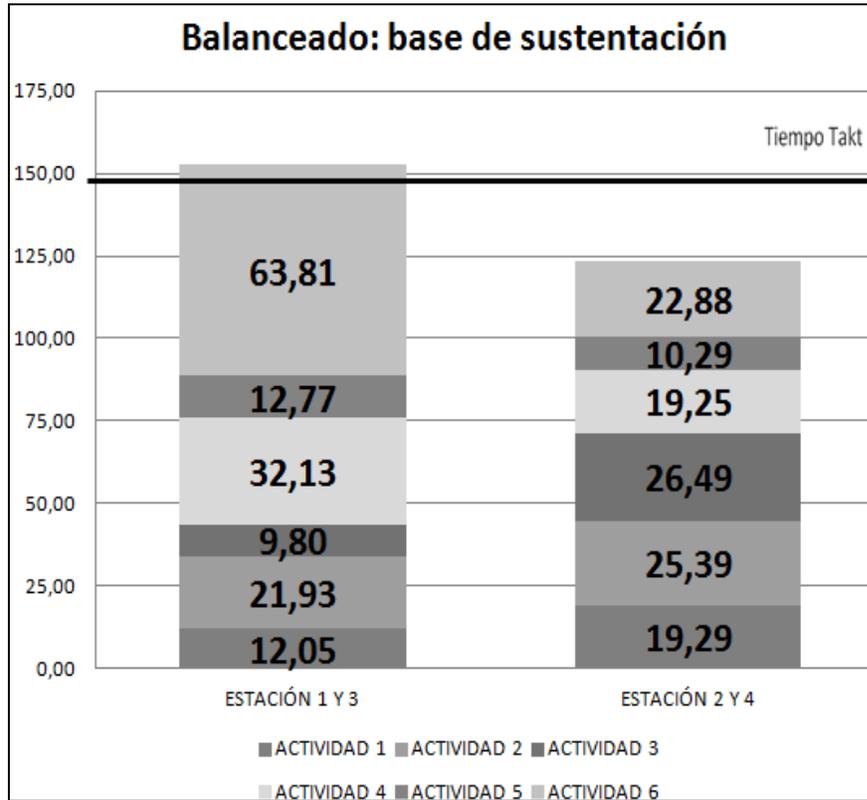
Este balanceo ha aumentado la productividad de la línea (ver tabla LXII) ya que ahora se producen más cuellos con menos personas.

Tabla XLII. **Balanceo en línea de bases, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS									Capacidad: 40 libras		
Proceso: base de sustentación		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro									Método: propuesto		
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román											Página: 1 de 1		
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		152,49								1			
1	Colocar lámina de metal en troqueladora	9,18	8,95	9,26	8,03	10,84	11,25	90%	19%		12,05		
2	Accionar troqueladora	19,41	16,45	19,00	18,62	18,90	20,47	90%	19%		21,93		
3	Sacar lámina de metal de troqueladora y colocarla en descansador	5,87	7,85	8,06	7,24	6,73	9,15	90%	19%		9,80		
1	Tomar y unir extremos de base de sustentación	25,02	26,78	30,29	25,91	21,93	28,42	95%	19%		32,13		Estación 3 (soldadura)
2	Colocar punto de soldadura en extremo de base de sustentación	9,61	8,87	7,29	8,39	10,12	11,30	95%	19%		12,77		
3	Soldar longitud de extremos de base de sustentación	52,58	56,53	48,45	56,36	56,10	56,44	95%	19%		63,81		
ESTACIÓN 2		123,59								1			
1	Tomar y colocar plancha de metal en roladora	15,53	12,98	14,56	15,53	16,70	17,06	95%	19%		19,29		
2	Rolar lámina de metal	20,66	20,71	20,94	19,05	20,94	22,46	95%	19%		25,39		
3	Retirar lámina de metal y colocarla en siguiente estación	21,88	22,67	20,12	19,81	22,70	23,44	95%	19%		26,49		
1	Colocar base de sustentación en molde	12,60	11,93	13,21	13,74	13,67	17,03	95%	19%		19,25		Estación 4
2	Prensar (doblar radio de base de sustentación en la parte inferior)	5,10	5,10	5,10	5,10	5,10	9,10	95%	19%		10,29		
3	Retirar base de sustentación	15,17	15,22	17,06	16,50	17,24	20,24	95%	19%		22,88		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										2			
TIEMPO DE CICLO											276,08		

Fuente: elaboración propia.

Figura 28. **Distribución de cargas de trabajo en línea de bases, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

Al comparar las tablas XX y XLII, inicialmente existía un exceso de personal laborando en esta línea de producción, con el balanceo se determina que sólo con dos personas es suficiente para lograr la meta diaria.

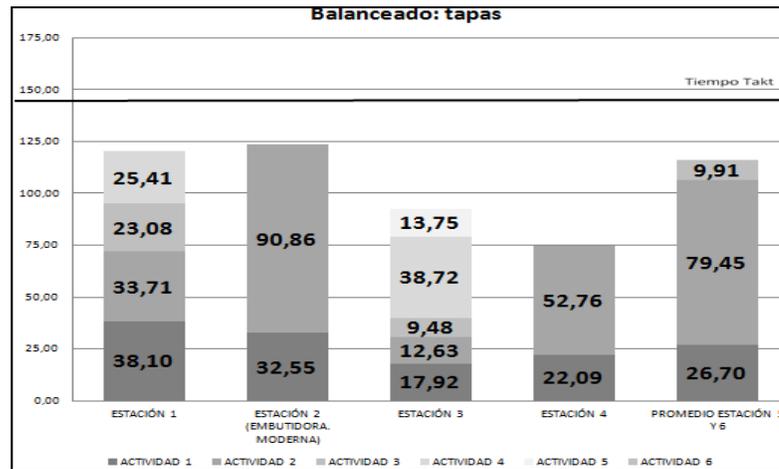
Debido a que las condiciones de la línea no permiten mover las maquinarias, se coordina con el personal para que produzcan por hora la cantidad exacta necesaria de bases (25) para cumplir con una meta diaria.

Tabla XLIII. Balanceo en línea de tapas, cilindros de 40 libras

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 libras			
Proceso: tapas										Método: propuesto			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		120,29								1			Ambas tapas
1	Cargar pieza de metal en cortadora	26,37	27,85	23,74	26,95	26,47	35,28	90%	20%		38,10		
2	Accionar máquina y retirar resto de pieza de metal	23,41	21,68	21,11	23,51	21,34	31,21	90%	20%		33,71		
3	Cargar pieza de metal en estampadora	18,49	18,79	17,62	15,68	19,23	21,37	90%	20%		23,08		
4	Estampar y retirar	21,04	19,53	18,41	21,93	19,66	23,52	90%	20%		25,41		
ESTACIÓN 2		123,40								1			Ambas tapas, embudidora moderna
1	Cargar pieza de metal en embudidora	10,20	10,84	11,09	10,51	10,20	15,07	90%	20%		32,55		
2	Accionar máquina	43,35	40,80	40,16	40,80	39,53	45,43				90,86		
3	Pasar agua con jabón a pieza de metal, con brocha	10,33	10,17	10,81	7,96	7,62	13,88	100%	16%		16,10		Esta actividad la realiza de manera paralela, durante el proceso de embutido
ESTACIÓN 3		92,51								1			Para tapa superior
1	Aplicar cera desmondante sobre tapa superior	15,30	15,30	15,30	13,77	15,30	17,31	90%	15%		17,92		
2	Colocar tapa superior en máquina soldadora	11,12	9,54	7,98	9,54	8,72	11,70	90%	20%		12,63		
3	Colocar brida en agujero de tapa superior	6,15	6,68	6,38	7,22	7,40	9,08	90%	16%		9,48		
4	Accionar máquina hidráulica y soldar	36,01	35,06	37,43	38,25	35,27	38,72				38,72		
5	Retirar tapa superior	11,68	10,35	10,40	10,20	9,44	12,73	90%	20%		13,75		
ESTACIÓN 4		74,85											Para tapa superior
1	Estampado código NIF (11-21796) en plaqueta	17,09	17,85	20,40	22,95	22,19	21,34	90%	15%	1	22,09		Produce las plaquetas fuera de la línea de producción
2	Estampar numeración del cilindro en plaqueta	49,73	49,73	49,73	49,73	49,73	50,98	90%	15%		52,76		
ESTACIÓN 5		226,50								1			
1	Colocar tapa superior en mesa y colocar plaqueta sobre ella	52,33	49,73	48,51	49,93	52,99	52,29	95%	20%		59,61		
2	Soldar plaqueta de identificación sobre tapa superior	127,50	132,93	135,15	131,20	135,79	134,10	95%	18%		150,33		
3	Inspeccionar soldadura y retirar de mesa de trabajo	14,28	10,20	12,75	14,74	12,75	14,53	95%	20%		16,57		
ESTACIÓN 6		237,71								1			Estación nueva
1	Colocar tapa superior en mesa y colocar plaqueta sobre de ella	52,33	43,35	42,61	42,28	42,79	46,26	85%	20%		47,19		
2	Soldar plaqueta de identificación sobre tapa superior	163,20	168,43	159,48	164,91	170,85	166,96	85%	18%		167,46		
3	Inspeccionar soldadura y retirar de mesa de trabajo	22,90	18,84	22,95	21,04	19,35	22,61	85%	20%		23,06		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										6			
TIEMPO DE CICLO											875,27		

Fuente: elaboración propia.

Figura 29. **Distribución de cargas de trabajo en línea de tapas, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

Al comparar las figuras 10 y 29, el problema mayor que existía era que la última estación está sobrecargada con un solo operario no es suficiente para poder producir al ritmo programado. Por lo tanto, se procede a incorporar otro operador para reducir aproximadamente a la mitad el tiempo que se hacía con un solo operario.

Además, se determinó que la máquina embudidora moderna es más productiva y se ajusta al tiempo Takt por lo que se tomó la decisión de utilizar esta máquina como primera opción para la producción de las tapas para las diferentes capacidades que en la planta se producen.

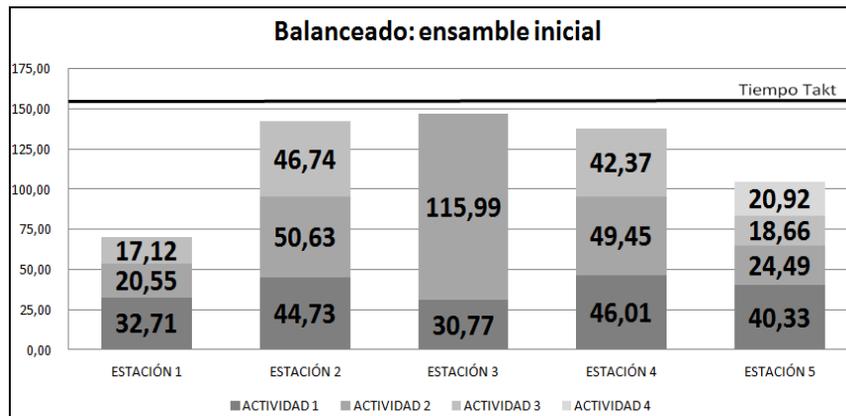
Para las estaciones 1 y 2 de la tabla XXI, se unificaron las tareas de estas, con la movilización o acercamiento de las maquinarias, permitiendo con esto realizar de manera continua las operaciones.

Tabla XLIV. **Balanceo en línea de ensamble inicial, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIV, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS													Capacidad: 40 libras			
Proceso: ensamble inicial															Método: propuesto			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro													Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T 6	T 7	T 8	T 9	T 10	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		70,38													1			Este operario colaborará con el área de corte
1	Doblar extremo de lámina de metal	28,15	30,12	25,70	28,59	29,89	25,98	25,22	28,76	25,76	29,63	28,93	95%	19%		32,71		
2	Bordear vena en orilla de la lámina de metal	15,99	15,48	17,60	19,33	18,67	18,54	18,03	17,60	14,23	14,84	18,18	95%	19%		20,55		
3	Transportar lámina a siguiente estación y enumerarla	12,88	13,95	11,48	15,73	16,58	14,41	13,18	14,03	11,40	16,32	15,14	95%	19%		17,12		Esta tarea la realiza de manera simultánea mientras se realiza el dobles
ESTACIÓN 2		142,10													1			
1	Preparar roladora y accionar	35,60	48,22	47,43	37,43	50,97	39,86	43,91	42,59	37,89	43,32	44,22	85%	19%		44,73		
2	Introducir lámina en roladora	55,56	48,40	47,66	52,25	38,28	53,30	50,49	45,11	54,37	45,93	50,63	90%	19%		50,63		
3	Apagar y retirar cuerpo del cilindro	36,54	52,61	41,64	44,01	40,26	39,65	41,39	41,79	38,15	45,36	43,64	90%	19%		46,74		
ESTACIÓN 3		146,76													1			
1	Colocar y acomodar cuerpo del cilindro sobre máquina punteadora	27,00	22,08	26,32	28,87	27,74	26,62	24,63	49,27	26,32	25,45	29,43	85%	23%		30,77		
2	Soldar uniones del cuerpo del cilindro y descargar	111,54	103,10	114,24	117,43	104,01	113,22	107,87	111,69	102,13	114,21	110,94	85%	23%		115,99		
ESTACIÓN 4		137,83													1			
1	Cargar cuerpo en máquina y bordar vena de lado 1	39,04	35,83	45,29	43,10	33,30	36,49	38,38	37,64	40,55	35,85	40,70	95%	19%		46,01		
2	Bordar vena de lado 2 y descargar cuerpo del cilindro	51,71	40,57	38,12	40,47	41,82	44,32	40,57	38,63	40,47	39,27	43,75	95%	19%		49,45		
1	Colocar tapa inferior en cuerpo del cilindro	39,14	40,93	40,44	32,00	26,65	34,04	35,83	38,66	37,10	34,30	38,91	90%	21%		42,37		
ESTACIÓN 5		104,40													1			
2	Colocar tapa superior en cuerpo del cilindro	29,48	28,82	35,34	31,06	43,94	29,48	28,82	35,34	31,06	43,94	36,73	90%	22%		40,33		
1	Colocar cilindro en máquina ensambladora	17,01	19,61	17,77	19,10	18,92	19,64	17,57	19,05	16,55	16,88	20,96	95%	23%		24,49		
2	Ajustar cilindro con mazo de hule	11,09	13,26	18,59	15,56	8,52	14,15	16,37	16,73	15,50	12,09	16,94	95%	16%		18,66		
3	Soldar	62,70	63,42	65,03	63,52	62,45	62,70	63,42	65,03	63,52	62,45	66,17	95%	18%		74,18		
4	Retirar cilindro	16,60	19,51	12,42	17,09	10,43	14,05	16,96	14,97	16,50	12,98	17,90	95%	23%		20,92		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA															5			
TIEMPO DE CICLO															675,65			

Fuente: elaboración propia.

Figura 30. **Distribución de cargas de trabajo en línea de ensamble inicial, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

Al comparar las figuras 11 y 30, se puede ver a simple vista que todas las estaciones se ajustaron sin ningún problema al tiempo Takt.

En la estación 1 se deja con esa cantidad de actividades debido a que las condiciones físicas no permiten combinar las tareas con otras estaciones, pero para evitar el tiempo de ocio, este operador podrá colaborar en el área de corte.

Durante el estudio que presenta la tabla XXII, existían únicamente 3 operarios en toda la línea de ensamble inicial, provocando exceso de trabajo para cada uno de ellos; por lo tanto, al balancear se determina que el personal ideal u óptimo es de cinco.

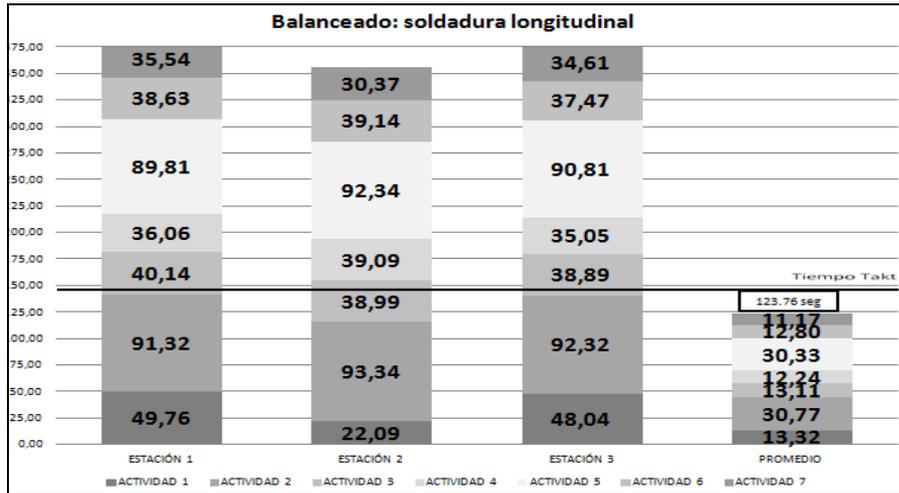
Además, se eliminó estación 5 de la tabla XXII, pudiendo compartir estas actividades con las estaciones 4 y 6, que para dicho balanceo, esta última se considera como estación 5. Ver tabla XLIV.

Tabla XLV. **Balanceo en área de soldadura longitudinal, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NMI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 libras			
Proceso: soldadura longitudinal										Método: propuesto			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		381,26								1			
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	38,25	41,41	40,70	41,72	40,19	44,95	90%	23%		49,76		
2	Soldar cilindro (parte 1)	87,75	85,73	85,37	89,22	86,01	91,32				91,32		
3	Preparar soldadora	35,70	34,07	39,40	32,08	28,48	38,45	90%	16%		40,14		
4	Limpiar cordones de soldadura	29,73	30,60	27,21	30,55	32,13	34,54	90%	16%		36,06		
5	Soldar cilindro (parte 2)	83,61	86,09	86,42	84,99	85,43	89,81				89,81		
6	Preparar soldadora	32,03	34,02	30,83	32,49	33,15	37,00	90%	16%		38,63		
7	Limpiar cordones de soldadura y colocar cilindro en distribuidor	27,03	28,76	27,26	26,60	28,36	32,10	90%	23%		35,54		
ESTACIÓN 2		355,36								1		Nuevo operario	Nueva estación
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	15,84	15,84	15,84	12,37	12,42	19,96	90%	23%		22,09		
2	Soldar cilindro (parte 1)	92,85	85,73	85,37	89,22	86,01	93,34				93,34		
3	Preparar soldadora	53,55	28,66	34,30	24,43	18,28	37,34	90%	16%		38,99		
4	Limpiar cordones de soldadura	33,15	32,03	33,66	30,60	30,27	37,44	90%	16%		39,09		
5	Soldar cilindro (parte 2)	91,26	86,09	86,42	84,99	85,43	92,34				92,34		
6	Preparar soldadora	37,13	34,02	23,18	32,49	33,15	37,49	90%	16%		39,14		
7	Limpiar cordones de soldadura y colocar cilindro en distribuidor	23,94	20,40	19,53	23,97	21,83	27,44	90%	23%		30,37		
ESTACIÓN 3		377,19								1		Nuevo operario	Nueva estación
1	Cargar cilindro en mesa de trabajo	38,25	41,41	40,70	41,72	40,19	45,95	85%	23%		48,04		
2	Soldar cilindro (parte 1)	87,75	85,73	85,37	89,22	86,01	92,32				92,32		
3	Preparar soldadora	35,70	34,07	39,40	32,08	28,48	39,45	85%	16%		38,89		
4	Limpiar cordones de soldadura	29,73	30,60	27,21	30,55	32,13	35,54	85%	16%		35,05		
5	Soldar cilindro (parte 2)	83,61	86,09	86,42	84,99	85,43	90,81				90,81		
6	Preparar soldadora	32,03	34,02	30,83	32,49	33,15	38,00	85%	16%		37,47		
7	Limpiar cordones de soldadura y colocar cilindro en distribuidor	27,03	28,76	27,26	26,60	28,36	33,10	85%	23%		34,61		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										3			
TIEMPO DE CICLO											371,27		

Fuente: elaboración propia.

Figura 31. **Distribución de cargas de trabajo en el área de soldadura longitudinal, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

Realizado el balanceo respectivo, como se muestra en la tabla XLV, se determina que es necesario crear otras dos estaciones para esta área de producción.

Gracias a que la empresa posee como fortaleza la disposición de un área de mantenimiento mecánico y eléctrico dentro de sus instalaciones, además, contando con un personal de mantenimiento altamente calificado en la creación y modificación de maquinaria, se procedió a crear dos estaciones más en esta área, con la salvedad de que una de ellas será modificable para realizar ambas soldaduras (longitudinal y circular) debido a que las condiciones de la empresa no solamente demandan cilindros de esta capacidad sino de capacidades más grandes y más pequeñas, y por ende su tiempo de producción mayor o menor, respectivamente.

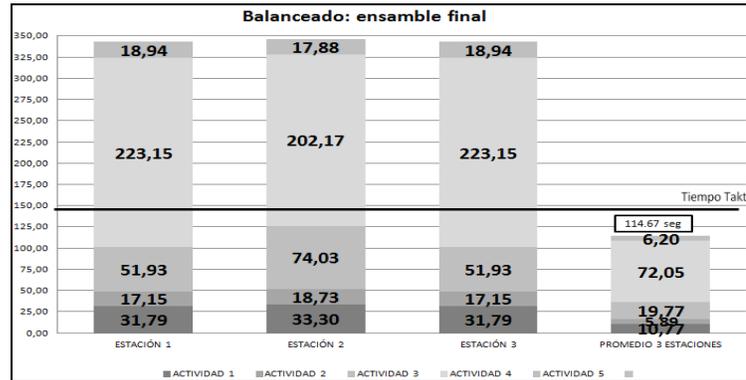
Los tiempos para las estaciones 2 y 3 que se muestran en la tabla XLV, se obtuvieron luego de que el nuevo personal obtuvo práctica en la realización de sus actividades.

Tabla XLVI. **Balanceo en área de ensamble final, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS									Capacidad: 40 libras		
Proceso: ensamble final											Método: propuesto		
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro									Página: 1 de 1		
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		342,95								1			
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	25,81	27,36	33,02	31,42	25,98	28,72	90%	23%		31,79		A cada 12 cilindros procesados, detiene la operación y se reabastece utilizando 13 minutos.
2	Colocar base de sustentación	15,20	15,25	18,46	16,17	17,06	16,43	90%	16%		17,15		
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	51,00	47,89	50,54	46,00	49,06	48,90	90%	18%		51,93		
4	Soldar base de sustentación y cuello	206,55	209,10	204,00	211,65	219,30	210,12	90%	18%		223,15		
5	Descargar cilindro	14,41	17,47	13,41	20,68	19,56	17,11	90%	23%		18,94		
ESTACIÓN 2		346,11								1			
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	33,84	32,46	33,02	31,42	28,53	31,85	85%	23%		33,30		A cada 12 cilindros procesados, detiene la operación y se reabastece utilizando 17 minutos.
2	Colocar base de sustentación	17,14	17,52	18,26	20,63	21,42	18,99	85%	16%		18,73		
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	76,60	64,74	65,84	90,32	71,53	73,81	85%	18%		74,03		
4	Soldar base de sustentación y cuello	201,86	206,55	197,32	200,63	201,45	201,56	85%	18%		202,17		
5	Descargar cilindro	14,41	17,47	13,41	20,68	19,56	17,11	85%	23%		17,88		
ESTACIÓN 3		342,95								1			
1	Colocar cilindro en mesa de trabajo	25,81	27,36	33,02	31,42	25,98	28,72	90%	23%		31,79		Creación de otra estación
2	Colocar base de sustentación	15,20	15,25	18,46	16,17	17,06	16,43	90%	16%		17,15		
3	Colocar cuello (pensar e inspeccionar)	51,00	47,89	50,54	46,00	49,06	48,90	90%	18%		51,93		
4	Soldar base de sustentación y cuello	206,55	209,10	204,00	211,65	219,30	210,12	90%	18%		223,15		
5	Descargar cilindro	14,41	17,47	13,41	20,68	19,56	17,11	90%	23%		18,94		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										3			
TIEMPO DE CICLO											344,53		

Fuente: elaboración propia.

Figura 32. **Distribución de cargas de trabajo en el área de ensamble final, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

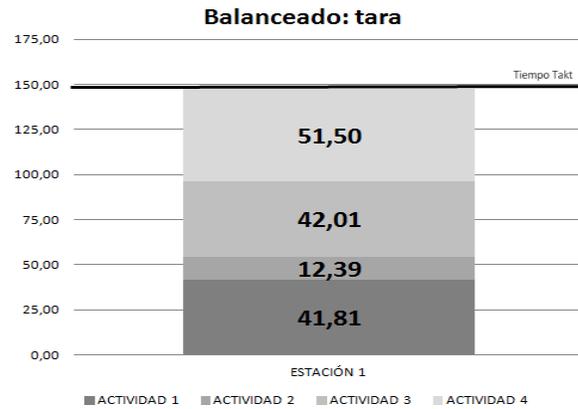
Al comparar las figuras 14 y 32, se ve claramente la mejora que se logró con el balanceo respectivo, permitiendo con esto eliminar el cuello de botella que inicialmente poseía el sistema de producción.

Tabla XLVII. **Balanceo en área de tara, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 libras			
Proceso: tara		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Método: propuesto			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román										Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
	ESTACIÓN 1	147,71								1			
1	Retirar cilindro y colocar nuevo cilindro en pesa	35,45	40,04	35,45	37,97	39,93	37,77	90%	23%		41,81		Se modificó estación de trabajo
2	Colocar cilindro en prensa hidráulica	10,20	10,20	13,21	12,75	9,59	11,19	90%	23%		12,39		
3	Marcar tara	38,25	40,80	40,24	35,93	45,98	40,24	90%	16%		42,01		
4	Anotar tara y numero de cilindro en hoja de control	45,90	53,22	51,84	47,33	48,37	49,33	90%	16%		51,50		
5	Retirar cilindro y colocarla en siguiente estación	19,41	19,15	15,56	14,94	15,56	16,92	90%	23%		18,73		Esta tarea se traslada para Granalladora
	NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA									1			
	TIEMPO DE CICLO										147,71		

Fuente: elaboración propia.

Figura 33. **Distribución de cargas de trabajo en el área de tara, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

Al comparar las figura 16 y la 33, se puede observar una reducción del tiempo de 20.15 % del tiempo que tenia inicialmente.

Figura 34. **Mejora en área de tara**



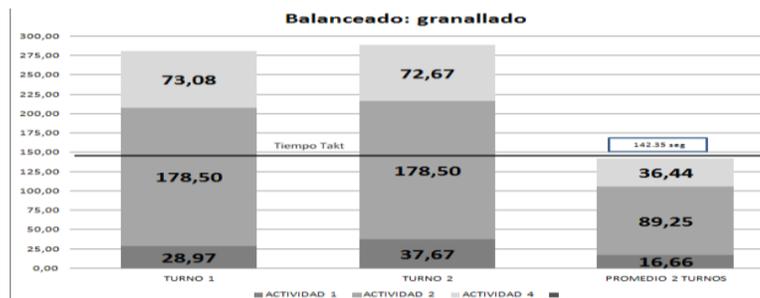
Fuente: área de tara de la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.

Tabla XLVIII. **Balanceo en área de granallado, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS									Capacidad: 40 libras		
Proceso: granallado		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro									Método: propuesto		
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román											Página: 1 de 1		
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN TURNO 1		280,55								1			
1	Introducir cilindro a la granalladora	24,74	24,429	27,719	23,64	23,46	24,80	95%	23%		28,97		
2	Realizar granallado	178,50	178,50	178,50	178,50	178,50	178,50				178,50		
3	Quitar y colocar tapón a cilindro	38,40	43,121	43,58	33,46	33,74	38,46	95%	16%		42,38		Esta tarea se realiza durante el proceso de granallado, además, transporta y abastece a la siguiente estación.
4	Traer y acomodar cilindros del área de tara	21,96	21,70	20,66	20,04	18,11	20,49	95%	23%		23,94		
5	Detener granalladora y sacar cilindro	67,37	66,224	58,14	59,67	61,3	62,54	95%	23%		73,08		
ESTACIÓN TURNO 2		288,84								1		Nuevo operario	Creación de otro turno
1	Introducir cilindro a la granalladora	38,63	36,567	40,8	36,54	38,89	38,29	80%	23%		37,67		
2	Realizar granallado	178,50	178,50	178,50	178,50	178,50	178,50				178,50		
3	Quitar y colocar tapón a cilindro	61,20	57,809	60,69	66,02	62,99	61,74	80%	16%		57,30		Esta tarea se realiza durante el proceso de granallado, además, transporta y abastece a la siguiente estación.
4	Traer y acomodar cilindros del área de tara	21,96	21,70	20,66	20,04	18,11	20,49	80%	23%		20,16		
5	Detener granalladora y sacar cilindro	77,16	68,289	68,85	79,05	75,91	73,85	80%	23%		72,67		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										2			
TIEMPO DE CICLO											284,70		

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Distribución de cargas de trabajo en el área de granallado, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

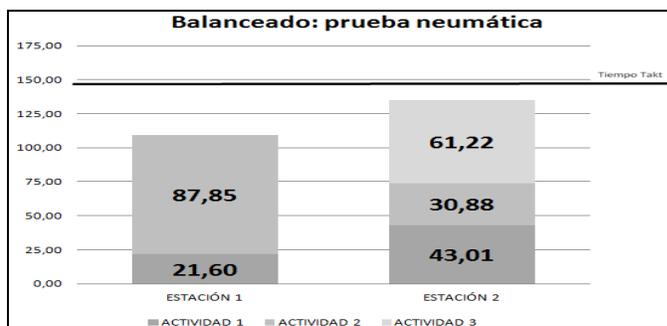
Al comparar las figuras 17 y 35, se puede apreciar que la mejor manera para equilibrar la producción, es utilizar otro turno para esta área, debido a que la máquina de granallado está capacitada para trabajar hasta 3 turnos.

Tabla XLIX. **Balanceo en área de prueba neumática, cilindros de 40 libras**

Empresa: Industria Metal Mecánica NVI, S.A.		ESTUDIO DE TIEMPOS								Capacidad: 40 libras			
Proceso: prueba neumática		Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro								Método: propuesto			
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román										Página: 1 de 1			
No.	Actividad	T 1	T 2	T 3	T 4	T 5	T prom.	% calif.	% suple.	# Op.	Tiempo estándar	Operario	Observación
ESTACIÓN 1		109,45											
1	Enrosca válvula en brida de siguiente cilindro e inyectar aire comprimido al mismo	23,56	21,93	16,73	18,74	22,49	20,69	90%	16%	1	21,60		
2	Inspección de fugas cilindro anterior (limpiar y marcar con yeso blanco)	84,15	89,25	79,05	86,70	81,60	84,15	90%	16%		87,85		
ESTACIÓN 2		135,11											
3	Retirar aire de cilindro	37,28	43,61	39,32	42,99	42,79	41,20	90%	16%	1	43,01		
4	Desenrosca válvula	35,70	29,73	29,33	26,44	26,67	29,57	90%	16%		30,88		
5	Apilar cilindros	51,00	68,85	66,30	61,20	63,75	62,22	80%	23%		61,22		
NÚMERO DE PERSONAS EN EL ÁREA										2			
TIEMPO DE CICLO											244,56		

Fuente: elaboración propia.

Figura 36. **Distribución de cargas de trabajo en el área de prueba neumática, cilindros 40 libras método balanceado**



Fuente: elaboración propia.

Por las limitaciones de la granalladora, esta área se ve obligada a mantener únicamente a un solo operario, con la decisión de agregar otro turno para cumplir con la meta diaria.

2.5.5.1. Personal óptimo para la producción de cilindros de 40 libras

Para determinar el personal óptimo necesario se hace el siguiente cálculo:

$$\text{No. de personal necesario} = \frac{\text{Tiempo de ciclo total de la línea o área de producción}}{\text{Tiempo Takt}}$$

A continuación se presenta la propuesta del personal óptimo necesario para producir cilindros con capacidad de 40 libras.

Tabla L. Personal óptimo propuesto para cilindros de 40 libras

SUBPROCESOS	TRABAJADORES			OBSERVACIONES
	ACTUAL	SUGERIDO	DIF.	
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	INDUSTRIA METAL MECÁNICA NIVI, S.A.			Capacidad: 40 libras
Estudio: personal óptimo	ESTUDIO DE TIEMPOS			Meta: 200 cilindros/ día
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Tiempo Takt = 148.50 Seg / Cilindro			Página: 1 de 1
CUELLOS	7	4	3	
BASES	4	2	2	
TAPAS	4	6	-2	Colocar otra estación para soldar placas de identificación, este operario se rotará en nueva estación de ensamble final.
ENSAMBLE INICIAL	3	5	-2	
SOLDADURA LONGITUDINAL	1	3	-2	Creación de dos estaciones más (2 cordones)
SOLDADURA CIRCULAR	4	4	0	
ENSAMBLE FINAL	2	3	-1	Habilitar otra estación
PRUEBA HIDROSTÁTICA	2	2	0	
TARA	1	1	0	
GRANALLADORA	1	2	-1	Dos turnos (uno operario en cada turnos)
PRUEBA NEUMÁTICA	1	2	-1	Dos turnos (uno operario en cada turnos)
PINTURA	2	2	0	
HORNO	1	1	0	
TOTAL	33	37	-4	

Fuente: elaboración propia.

Al analizar la tabla L, se ve que inicialmente el departamento de producción contaba con 33 personas. Realizando el balanceo en todo el departamento de producción, se determina que el personal apropiado para poder producir la meta diaria, es 37 personas; es decir 4 personas más de lo que actualmente posee. Siempre y cuando se distribuyan de la manera propuesta.

2.5.5.2. Capacidad disponible propuesta de la planta para la producción para cilindros de 40 libras

A continuación se presenta la capacidad disponible de la planta de producción mejorada, la cual se logró a través de la propuesta de balanceo de cada una de las líneas y áreas de producción; además, en ella se presenta la productividad parcial de mano de obra para cada una de ellas.

Tabla LI. Capacidad propuesta de la planta de producción para cilindros de 40 libras

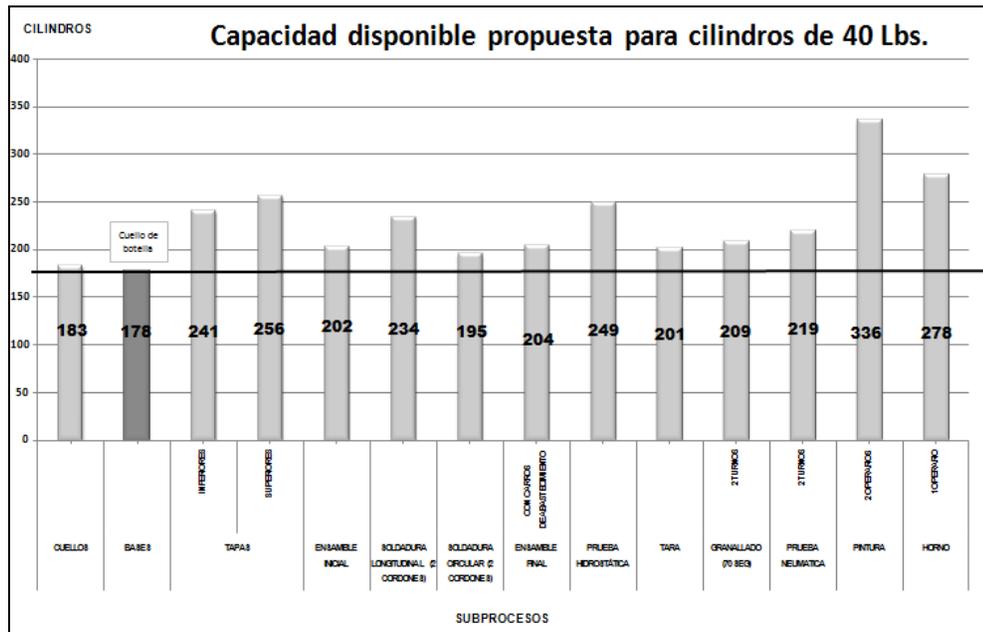
Empresa: Industria Metal Mecánica NVI, S.A.		Capacidad y productividad de la planta de producción					Método: propuesto
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Cilindros de 40 libras					Página: 1 de 2
Tiempo estándar (cuellos de botella)	Proceso	Tiempo disponible en 29700	Unidades por hora	No. de operarios	Productividad		Observaciones
		Unidades			P =	No. de operarios X jornada	
155,44	CUELLOS	183	23	4	5,56	Cuellos por operario	Tiempo por abastecer 200 piezas en línea de producción, 20 min.
152,49	BASES	178	24	2	10,78	Bases por operario	Tiempo para abastecer 200 piezas en línea de producción, 43 min con 2 operarios
116,05	TAPAS SUPERIORES	256	31	6	5,17	Tapas superiores por operario	Se adiciona otro operario en última estación
61,7	TAPAS INFERIORES	241	58	2	14,59	Tapas inferiores por operario	
146,76	ENSAMBLE INICIAL	202	25	5	4,91	Cilindros por operario	
	SOLDADURA LONGITUDINAL:						
381,26	2 CORDONES DE SOLDADURA	76	9	1	9,19	Cilindros por operario	Estación existente
355,36	2 CORDONES DE SOLDADURA	81	10	1	9,86	Cilindros por operario	Nueva estación
377,19	2 CORDONES DE SOLDADURA	77	10	1	9,29	Cilindros por operario	Nueva estación modificable
	SUMA	234	29	3	9,45	Cilindros por operario	
607,6	SOLDADURA CIRCULAR 1	48	6	1	5,78	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
	2 VUELTAS DE SOLDADURA						
605,05	SOLDADURA CIRCULAR 2	48	6	1	5,81	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
	2 VUELTAS DE SOLDADURA						
563,79	SOLDADURA CIRCULAR 3	51	6	1	6,23	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
	2 VUELTAS DE SOLDADURA						
602,19	SOLDADURA CIRCULAR 4	48	6	1	5,83	Cilindros por operario	12.5 min. Para cambio de alambre para soldar
	2 VUELTAS DE SOLDADURA						
	SUMA (4 SOLDADORAS)	195	24	4	5,91	Cilindros por operario	
SIN USAR CARRO PARA ABASTECIMIENTO							
	ENSAMBLE FINAL						
342,55	ESTACIÓN 1	73	11	1	8,85	Cilindros por operario	Tiempo por abastecimiento de cuellos y bases, 78 min/jornada
346,11	ESTACIÓN 2	71	10	1	8,62	Cilindros por operario	Tiempo por abastecimiento de cuellos y bases, 85 min/jornada
342,95	ESTACIÓN 3	72	10	1	8,77	Cilindros por operario	Tiempo por abastecimiento de cuellos y bases, 81.50 min/jornada
	SUMA (3 OPERARIOS)	216	21	3	8,75	Cilindros por operario	

Continuación de la tabla LI.

Empresa: Industria Metal Mecánica NVI, S.A.		Capacidad y productividad de la planta de producción				Método: propuesto	
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román		Cilindros de 40 libras				Página: 2 de 2	
Tiempo estándar (cuellos de botella)	Proceso	Tiempo disponible en seg 29700	Unidades por hora	No. de operarios	Productividad		Observaciones
		Unidades			P =	Unidades	
USANDO CARRO PARA ABASTECIMIENTO							
ENSAMBLE FINAL							
342,55	ESTACIÓN 1	87	11	1	10,51	Cilindros por operario	
346,11	ESTACIÓN 2	86	10	1	10,40	Cilindros por operario	
	SUMA (2 OPERARIOS)	173	21	2	10,46	Cilindros por operario	
342,95	ESTACIÓN 3	31	10	1	7,63	Cilindros por operario	Rotar personal de otra área (ultima estacion de tapas superiores y mantener en esta un máximo 3 horas
	SUMA (3 OPERARIOS)	204	21	3	8,24	Cilindros por operario	
PRUEBA HIDROSTÁTICA							
249,47	BOMBA 1	119	14	1	14,43	Cilindros por operario	Siempre y cuando estén en su área realizando las mismas actividades
228,7	BOMBA 2	130	16	1	15,74	Cilindros por operario	
	SUMA (2 BOMBAS)	249	30	2	15,09	Cilindros por operario	
147,71	TARA	201	24	1	24,37	Cilindros por operario	Se modificó la estación de trabajo
GRANALLADORA							
280,55	OPERARIO (TURNO 1)	106	13	1	12,83	Cilindros por operario	Dos turnos para completar meta diaria.
288,84	OPERARIO (TURNO 2)	103	12	1	12,46	Cilindros por operario	
	SUMA	209	25	3	8,43	Cilindros por operario	
PRUEBA NEUMÁTICA							
201,55	OPERARIO (TURNO 1)	147	18	1	17,86	Cilindros por operario	Turno normal
201,55	OPERARIO (MEDIO TURNO)	71	18	1	8,66	Cilindros por operario	Medio turno
	SUMA	219	36	2	13,26	Cilindros por operario	
70	PINTURA	336	51	1	40,71	Cilindros por operario	Preparación de homo hasta pintar el primer cilindro 6188.74 seg.
71	HORNO	278	51	1	33,68	Cilindros por operario	Preparación de homo hastadescargar primer cilindro 9970 seg

Fuente: elaboración propia.

Figura 37. **Capacidad disponible propuesta de la planta de producción para cilindros de 40 libras**



Fuente: elaboración propia.

Al comparar las figura 26 y 37, puede verse que la capacidad de la planta de producción mejoró en gran manera, ahora ya se acerca a la meta programada al día. El cuello de botella se traslada a la línea de bases, la cual se puede mejorar evitando que los mismos operarios abastezcan su propia línea de producción.

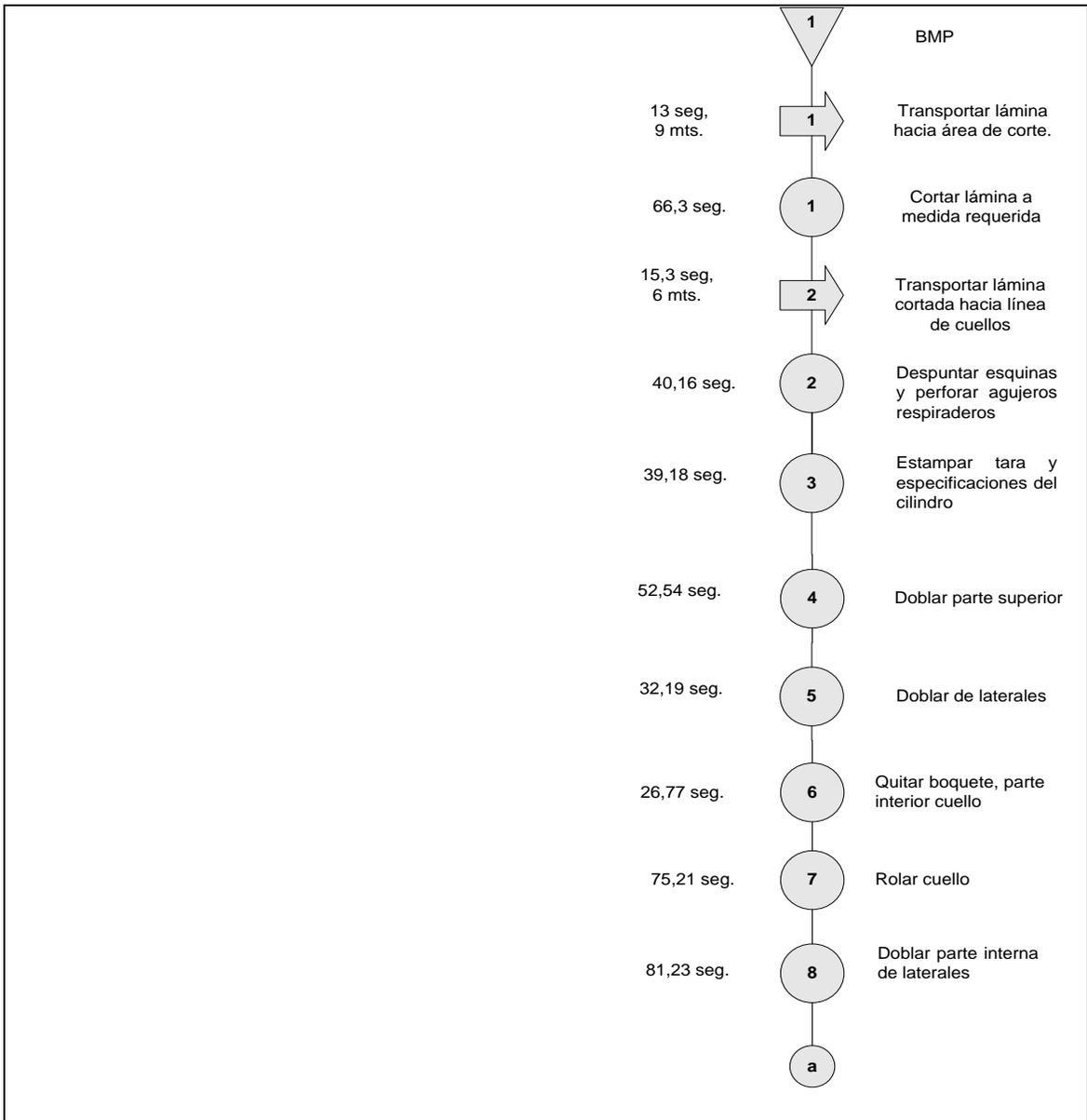
En la tabla LII se presenta una comparación de la productividad parcial mano de obra en un antes y un después, para cada una de las áreas o líneas de producción estudiadas, para identificar el porcentaje de aumento de la productividad.

2.5.5.3. Diagrama de flujo del proceso propuesto

Los siguientes diagramas de flujo del proceso, se realizaron con base en la propuesta de balanceo para los cilindros portátiles para contener Gas Licuado de Petróleo (GLP) con capacidad de 40 libras, permitiendo identificar cada operación y su tiempo correspondiente desde que se carga la materia prima en las bobinas para corte, hasta el almacenamiento de los cilindros pintados.

Figura 38. Diagrama de flujo del proceso propuesto “Cuellos”

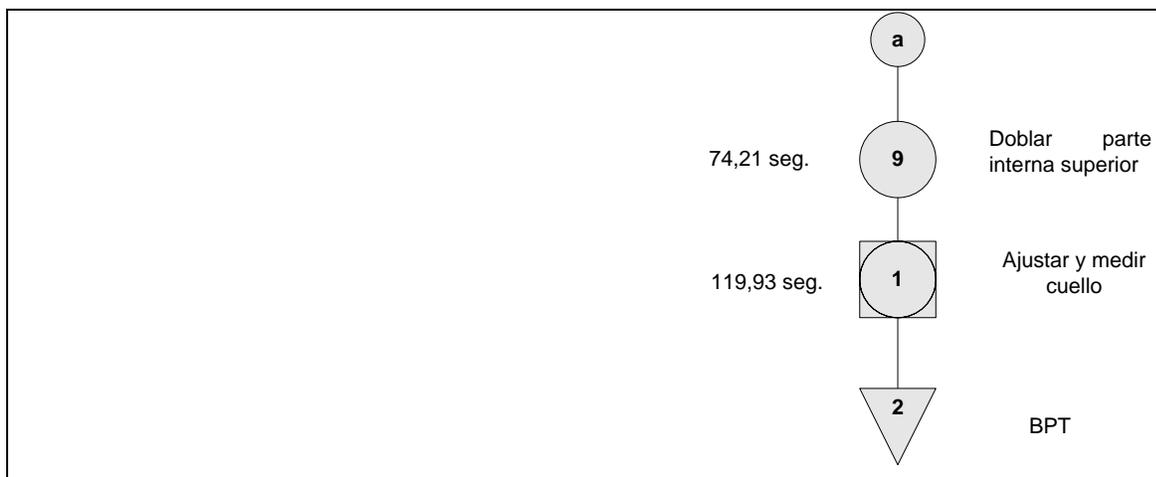
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Cuellos
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 38.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Cuellos
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



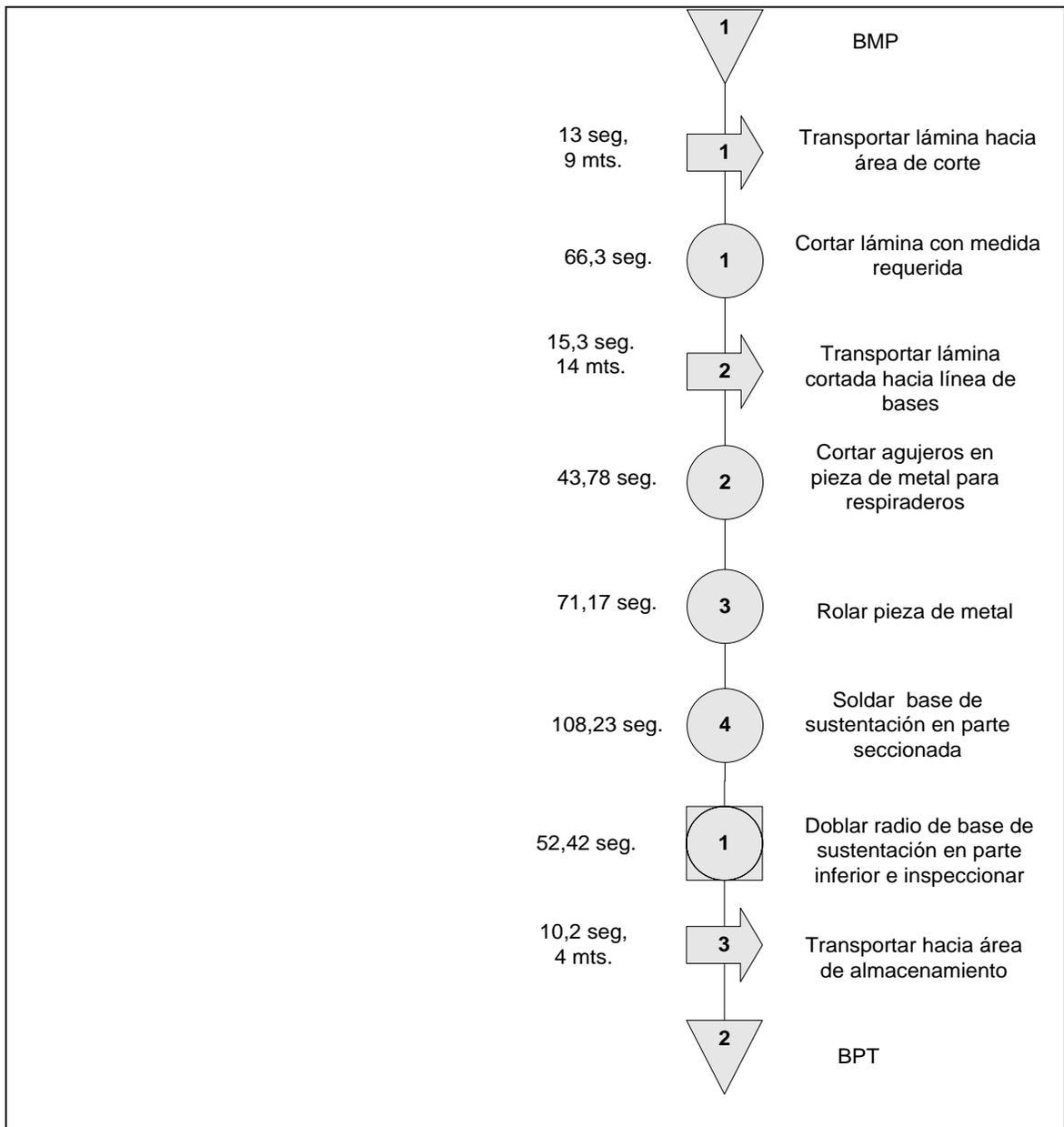
Resumen diagrama de flujo del proceso propuesto de cuellos

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación		9	487,79	0
Transporte		2	28,3	15
Inspección		0	0	0
Combinada		1	119,93	
Demora		0	0	0
almacenaje		2		
Suma		14	636,02	15
Tiempo de ciclo			10 minutos y 36 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 39. Diagrama de flujo del proceso propuesto “Bases”

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Bases
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 39.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Bases
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto

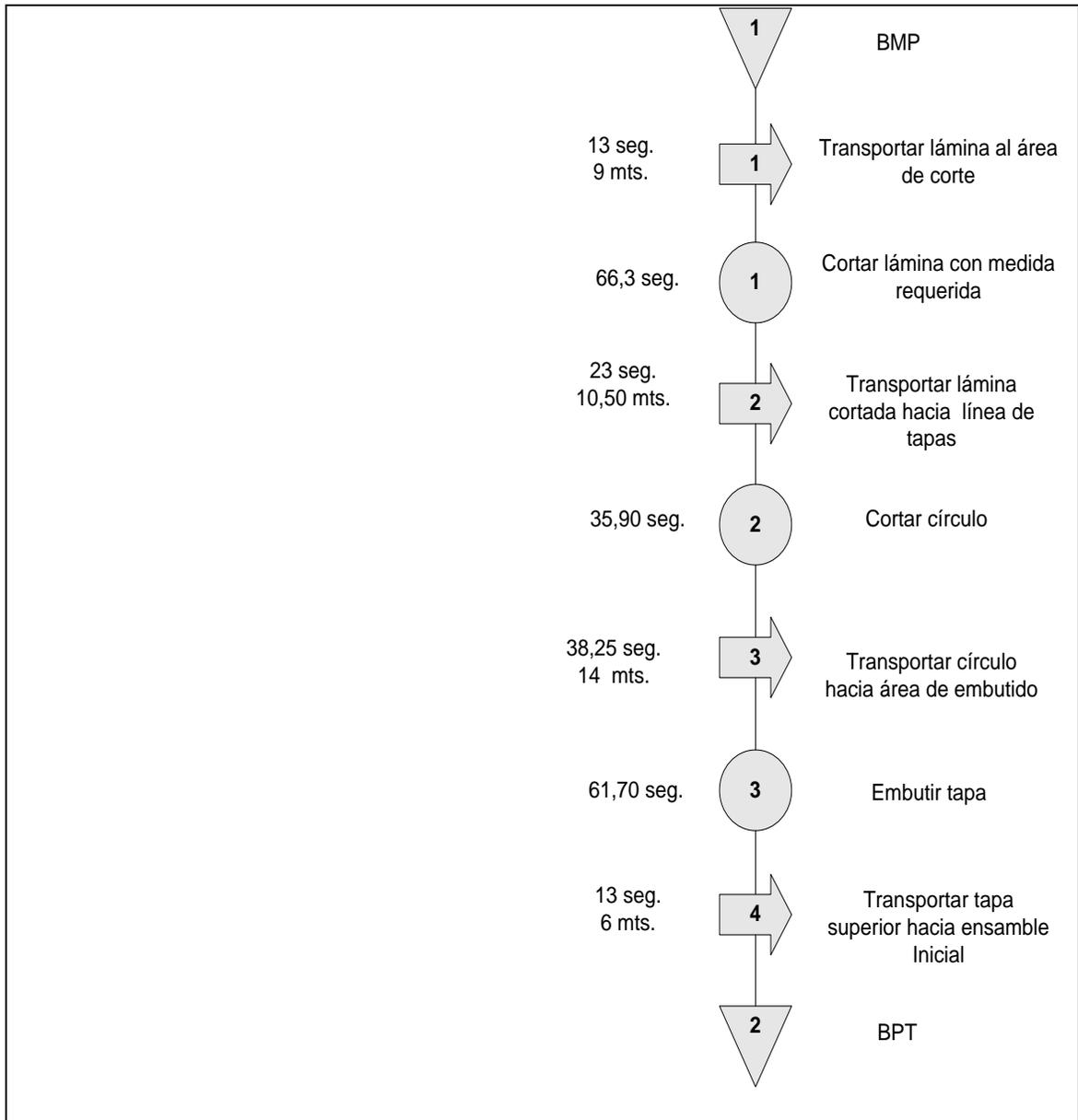
Resumen diagrama de flujo del proceso propuesto de bases

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación		4	289,48	0
Transporte		3	38,5	27
Inspección		0	0	0
Combinada		1	52,42	
Demora		0	0	0
Almacenaje		2	0	0
Suma		10	380,40	27
Tiempo de ciclo			6 minutos y 20 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 40. Diagrama de flujo del proceso propuesto “Tapa inferior”

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapas inferior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 40.

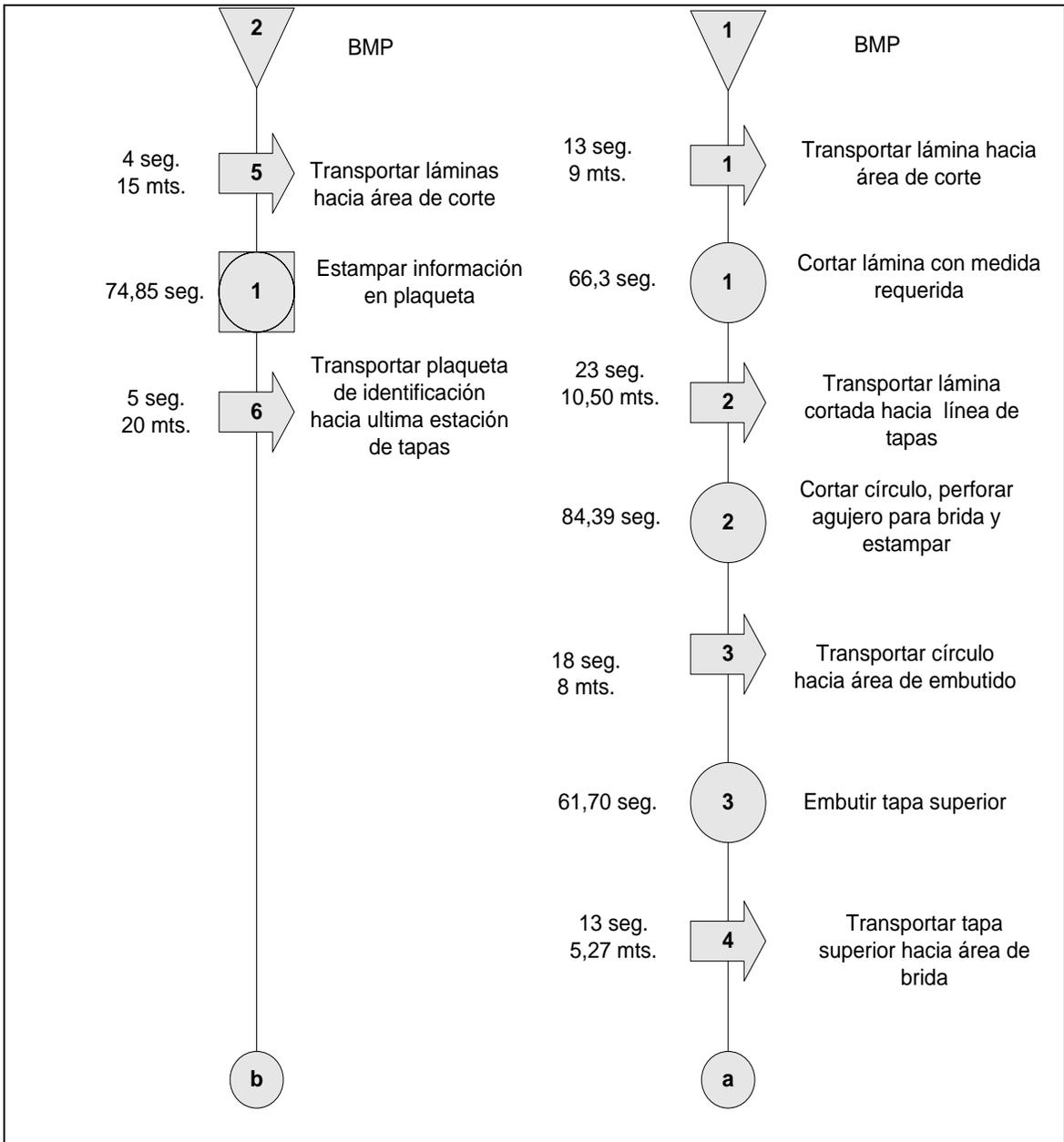
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapa inferior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto

Resumen diagrama de flujo del proceso propuesto de tapa inferior				
Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación		3	163,90	0
Transporte		4	87,25	39,50
Inspección		0	0	0
Combinada		0	0	0
Demora		0	0	0
Almacenaje		2	0	0
Suma		8	251,15	39,50
Tiempo de ciclo			4 minutos y 12 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 41. Diagrama de flujo del proceso propuesto “Tapa superior”

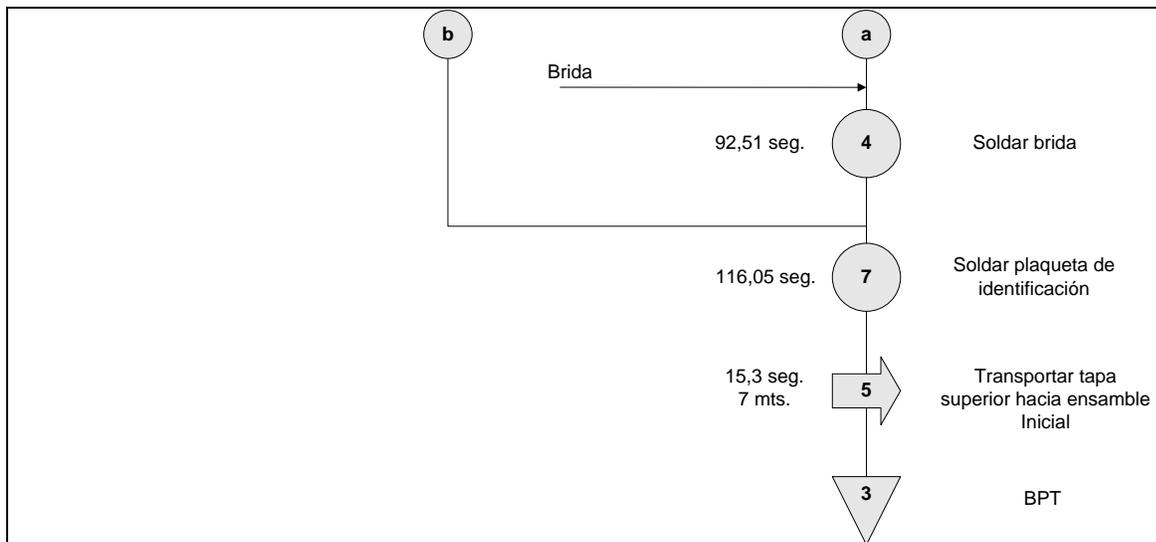
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapas superior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



Fuente: elaboración propia.

Continuación de la figura 41.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Tapa superior
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 2
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



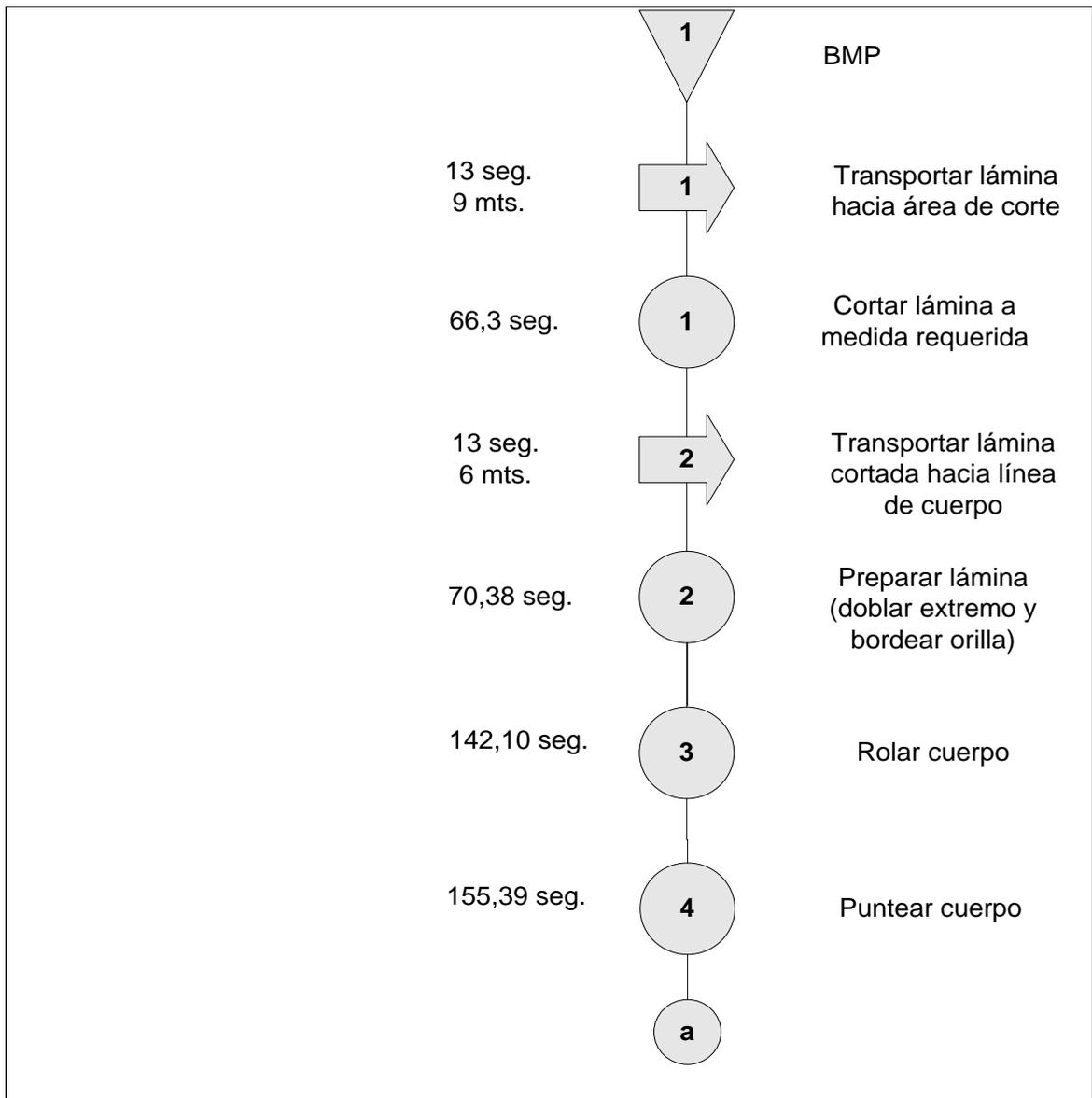
Resumen diagrama de flujo del proceso propuesto de tapa superior

Actividad	Símbolo	Cantidad	Tiempo (en segundos)	Distancia (en metros)
Operación	○	6	420,95	
Transporte	➔	7	91,30	48,75
Inspección	◻	0	0	
Combinada	◻○	1	75,85	
Demora	◐	0	0	
Almacenaje	▽	3	0	
Suma		17	588,10	48,75
Tiempo de ciclo			9 minutos y 48 segundos	

Fuente: elaboración propia.

Figura 42. Diagrama de flujo del proceso propuesto cilindros de 40 libras

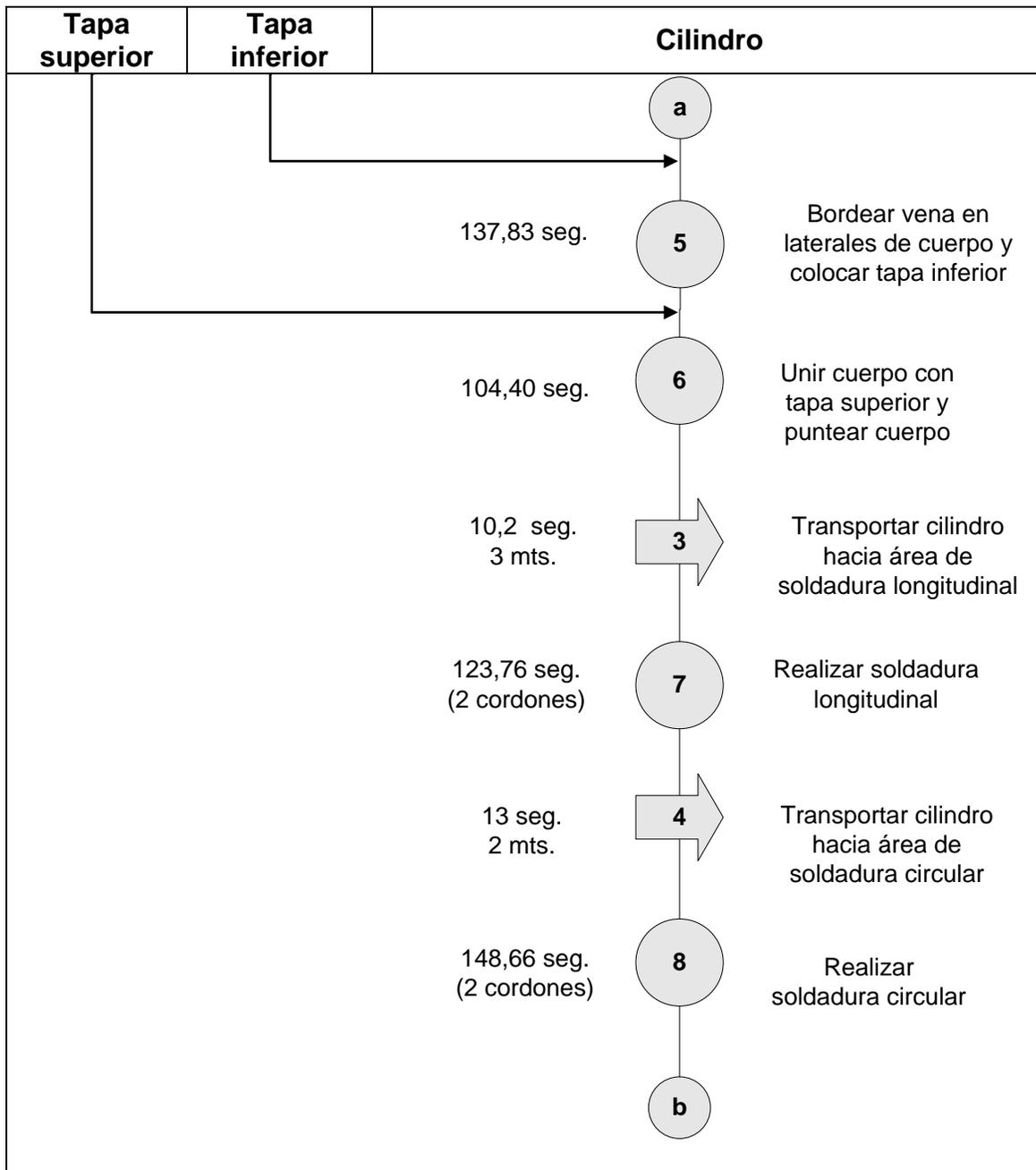
Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Cuerpo
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 1 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



Fuente: elaboración propia.

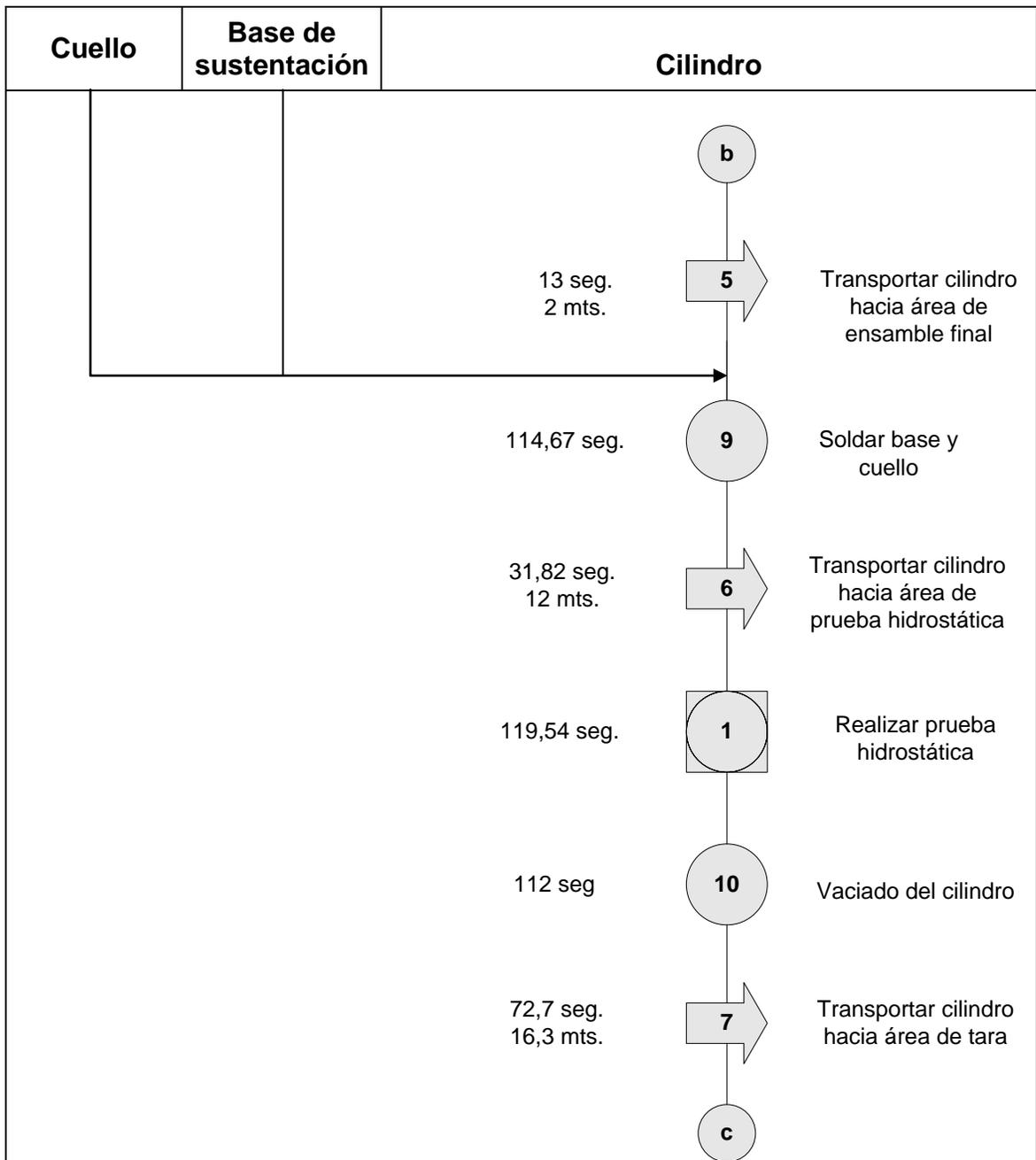
Continuación de la figura 42.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble inicial
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 2 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



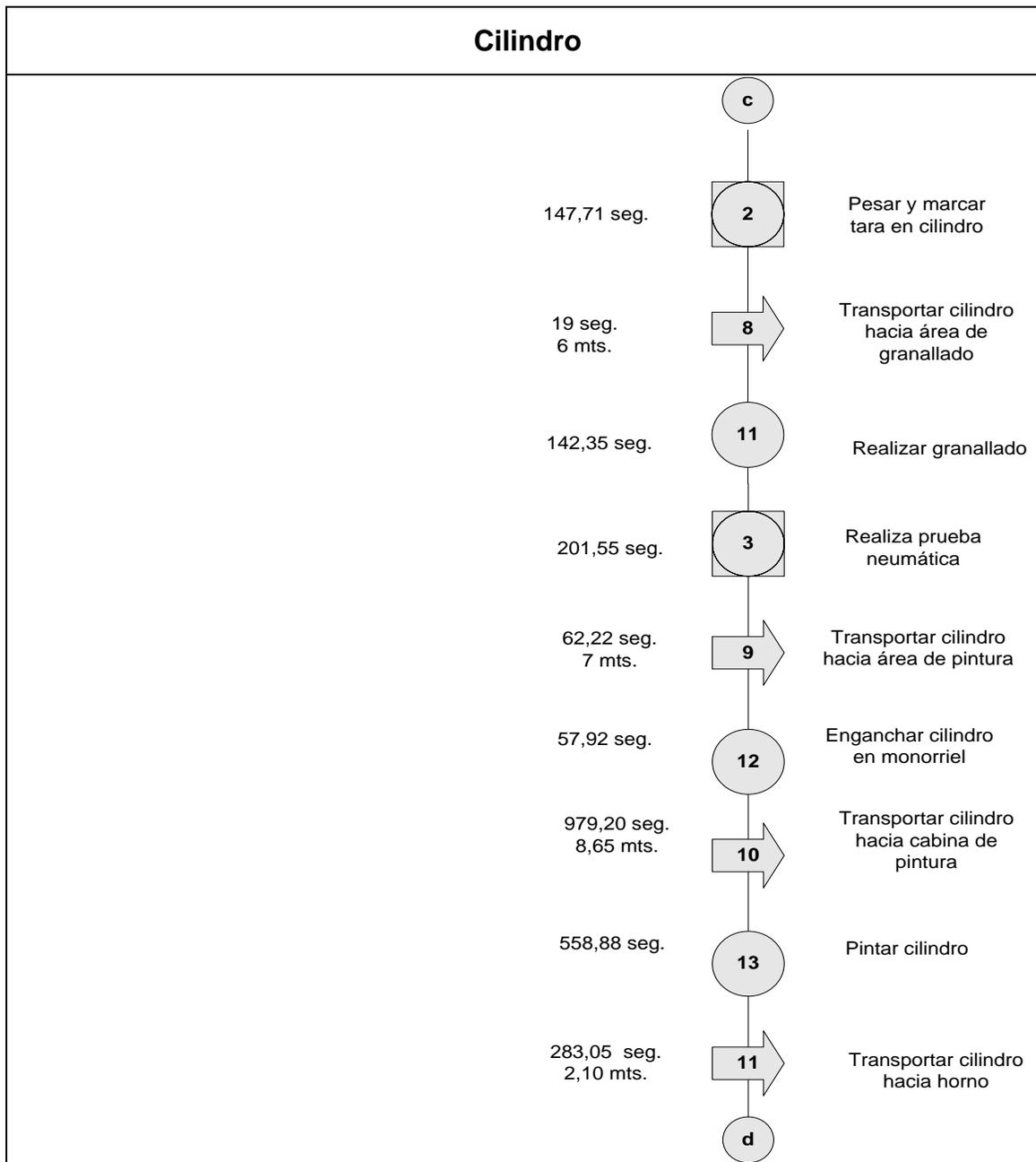
Continuación de la figura 42.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble final
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 3 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



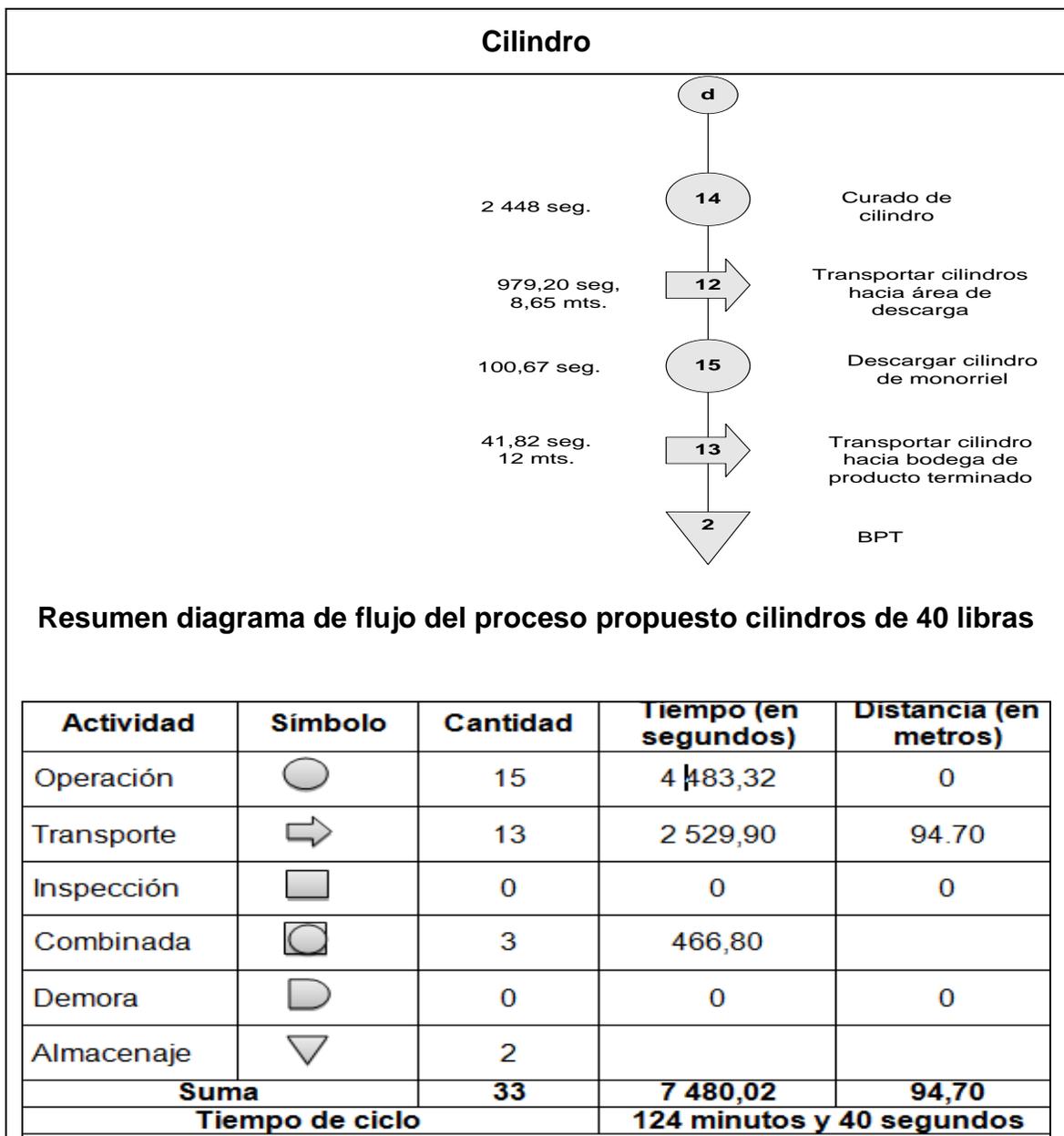
Continuación de la figura 42.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble final
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 4 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



Continuación de la figura 42.

Empresa: Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.	Proceso: Ensamble final
Departamento: Producción	Finaliza: B.P.T.
Elaborado por: Edgar Rudy Sánchez Román	Hoja: 5 de 5
Inicio: B.M.P.	Método: Propuesto



Fuente: elaboración propia.

2.5.5.4. Productividad parcial de mano de obra

Tabla LII. Productividad parcial de mano de obra para la producción de cilindros con capacidad de 40 libras

PRODUCTIVIDAD PARCIAL MANO DE OBRA PARA LA PRODUCCION DE CILINDROS CON CAPACIDAD DE 40 LBS.									
No.	PROCESO	PRODUCTIVIDAD ACTUAL			PRODUCTIVIDAD PROPUESTA			ANÁLISIS	
		Cilindros	Número de operarios	Productividad	Cilindros	Número de operarios	Productividad	Aumento	Disminución
1	Cuellos	238	7	4.12	183	4	5.55	34.56%	0.00%
2	Bases	261	4	7.91	178	2	10.79	36.40%	0.00%
3	Tapa superior	131	4	3.97	256	6	5.17	30.28%	0.00%
4	Tapa inferior	178	2	10.79	241	2	14.61	35.39%	0.00%
5	Ensamble inicial	130	3	5.25	202	5	4.90	0.00%	-6.77%
6	Soldadura longitudinal	76	1	9.21	234	3	9.45	2.63%	0.00%
7	soldadura circular	195	4	5.91	195	4	5.91	0.00%	0.00%
8	Ensamble final	144	2	8.73	204	3	9.89	13.33%	0.00%
9	Prueba hidrostática	249	2	15.09	249	2	15.09	0.00%	0.00%
10	Tara	144	1	17.45	201	1	24.36	39.58%	0.00%
11	Granallado	106	1	12.85	209	2	12.67	0.00%	-1.42%
12	Prueba neumática	147	1	17.82	219	2	17.70	0.00%	-0.68%
13	Pintura	336	2	20.36	336	2	20.36	0.00%	0.00%
14	Cocido	278	1	33.70	278	1	33.70	0.00%	0.00%
	Productividad total del sistema	76	33	0.28	178	37	0.58	108.89%	0.00%

Fuente: elaboración propia.

Al analizar la tabla LXII, de las diez áreas y líneas de producción que fueron balanceadas, el 70% de ellas incrementó la productividad parcial de mano de obra. Mientras tanto, en el 30 % restante, existió una disminución mínima en la productividad parcial de mano de obra, pero que colabora para que el flujo total del sistema de producción sea más suave, evitando y reduciendo la aparición de los desperdicios mencionados anteriormente.

En cuanto a las cuatro áreas de producción (soldadura circular, prueba hidrostática, pintura y horno) se decidió no realizar dicho balanceo debido a que por sus características y condiciones, se ajustan al ritmo de producción planificado (tiempo Takt) y producen a un flujo suave y constante.

En resumen, se puede indicar que la productividad total del sistema de producción incrementó aproximadamente un 109%.

2.5.6. Aprovechamiento del tiempo improductivo en el área de ensamble final

Gracias al estudio desarrollado, se propone elaborar 4 carritos para transportar y abastecer bases y cuellos, a cada una de las estaciones del ensamble final. Esto permitirá hacer llegar el material con cierta anticipación en este punto crítico. Con esto eliminar el desperdicio de transporte, movimientos innecesarios y provocando demoras que no agregan valor al producto y/o proceso.

Tabla LIII. Costo de propuesta carros transportadores

Cantidad	Costo de propuesta	Precio unitario (Q)	Costo total (Q)
16	Llantas para trocket / rodos de 5"	60,00	960,00
8	Perfiles angular de 1" X 1" X 6 mts. de largo	93,50	748,00
4	Planchas de metal de 1 mts. X 1 mts.	50,00	200,00
8	Hierros liso legitimo de ¼ "x 6 mts	9,00	72,00
5	Libras de electrodo punto café 1/8"	11,00	140,00
1	Disco para pulir metal 5"	15,00	15,00
1	Galón pintura anticorrosivo	95,00	95,00
	Mano de obra	0,00	0,00
	TOTAL		1 960,00

Fuente: elaboración propia.

El costo de mano de obra se omite del costo de propuesta mostrado en la tabla anterior, ya que la empresa cuenta con un área propia de mantenimiento mecánico, donde estos carritos se pueden elaborar sin ningún inconveniente y ningún costo adicional al sueldo de los técnicos.

En el diseño de los carros transportadores para el área de ensamble final deben usarse las siguientes dimensiones:

Altura: 0,90 mts. Incluyendo la altura del rodo o rueda

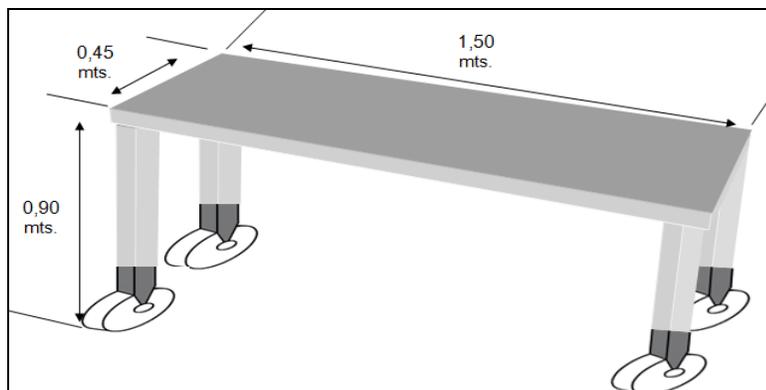
Largo: 1,50 mts.

Ancho: 0,45 mts.

Los carritos se componen de dos partes, las cuales se mencionan a continuación:

- Parte 1: corresponde a una mesa transportadora con 4 rodos con capacidad de 350 libras cada uno, un total de 1400 libras.

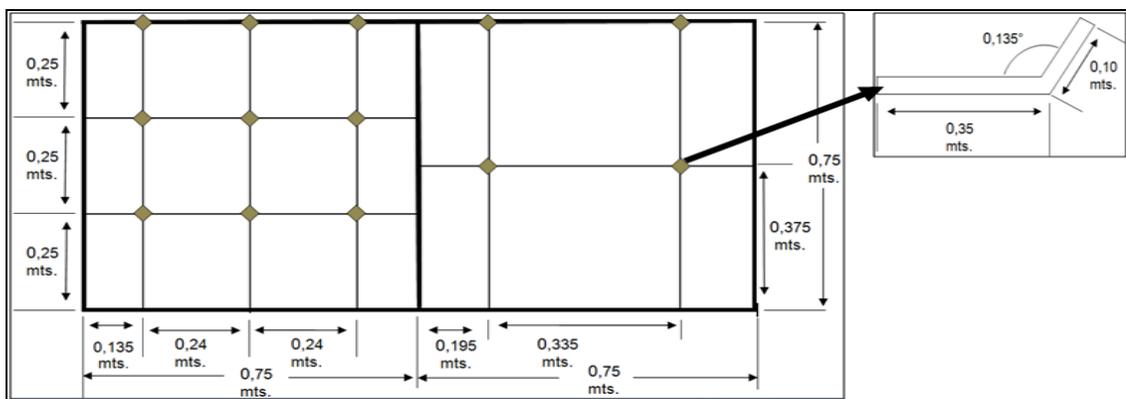
Figura 43. **Carro abastecedor de cuellos y bases, parte 1**



Fuente: elaboración propia.

- Parte 2: corresponde a una estructura tipo parrilla, con las características y dimensiones que se muestran en la figura 49, en cada rombo identifica la existencia de una varilla soportadora en donde se colgarán los cuellos y bases.

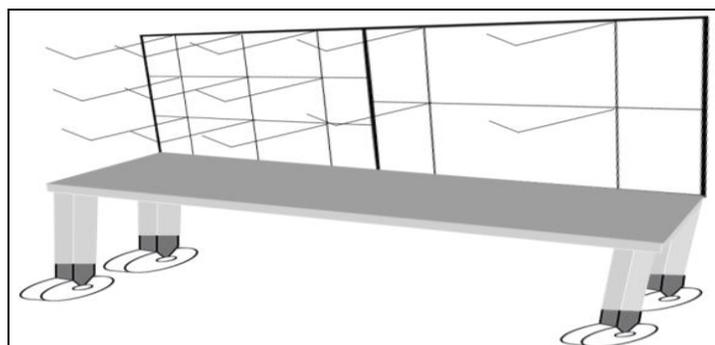
Figura 44. **Carro abastecedor de cuellos y bases, parte 2**



Fuente: elaboración propia.

Finalmente quedará de esta manera:

Figura 45. **Carro abastecedor de cuellos y bases**



Fuente: elaboración propia.

El ahorro por aprovechamiento del tiempo desperdiciado por abastecimiento es el siguiente:

- Costo de horas-hombre desperdiciadas al año (tabla XXIX) Q 5 528,40
- Si el costo de elaboración e instalación de los Carritos (tabla LXV) es de: Q 1 960,00
- Entonces se ahorra al año Q 4 510,40

Quiere decir que aproximadamente cuatro meses y una semana se pagará por sí mismo, sin contar el tiempo que hace perder a otros, la ganancia obtenida al aprovechar todo este tiempo para producir los cilindros. Ver tabla XXVIII.

2.6. Procedimiento de las propuestas de mejora

Una vez obtenido el compromiso serio y firme por parte de la dirección, de introducir un nuevo concepto de producción: manufactura esbelta; ahora el objetivo es implementar las propuestas de mejora; estas ayudarán a reducir y/o eliminar los 7 desperdicios y controlar los cuellos de botella existentes para la producción de cilindros de 40 libras, permitiendo un mejor control de la producción y un aumento de la productividad de la empresa.

Además, con la asignación del personal óptimo necesario para toda la producción de cilindros portátiles para contener GLP de 40 libras Es preciso que la dirección emprenda una reasignación de tareas en todas las estaciones o áreas de trabajo.

2.6.1. Reasignación de tareas

La reasignación se hará de la siguiente manera:

El jefe de planta y encargados de cada línea de producción, están comprometidos a respetar la asignación de cargas de trabajo dada, e indicarle a cada operario en su estación de trabajo qué actividades y de qué manera deberá realizarlas, para mantenerse dentro del ritmo de producción (tiempo *Takt*) y con esto cumplir con la meta diaria.

2.6.2. Instrucción a operarios de nueva distribución de tareas

El método propuesto se tiene que transmitir de la manera más simple para que cada operario comprenda a la perfección la manera óptima de realizar cada elemento que le corresponde a su tarea y con ello aprovechar al máximo el tiempo que posee para la misma.

2.6.3. Validación de propuestas

Se da este proceso cuando el modelo va a correr en la línea de producción y los encargados ya asignaron las tareas de la manera propuesta.

Este proceso consiste en realizar tres o cuatro tomas tiempos globales o totales en cada estación de trabajo, siempre verificando que todas las tareas se estén realizando de la manera propuesta, con el fin de comparar estos tiempos con los estándares; si estos son menores o iguales a los propuestos se considera como validado y aceptado.

Si en dado caso estos tiempos fueran mayores a los propuestos, se realizan anotaciones describiendo la causa o causas del atraso en la estación de trabajo; siempre llamar al encargado para que esté presente y vea lo que está ocurriendo. Tratar de tener claras las causas y buscar la mejor manera de eliminar algunos de los siete desperdicios que se pueden encontrar en la práctica.

También durante la validación puede que exista la posibilidad que haya alguna modificación en el diseño del modelo y por lo cual afecte el tiempo de algunas actividades; en este caso, se procede a realizar una nueva toma de tiempo de las nuevas tareas, o de tareas ya existentes que se estén llevando más o menor tiempo de lo que se tenía. Todo esto se hace con el fin de tener actualizados los datos para futuras producciones.

2.7. Seguimiento

El seguimiento consiste en el análisis y recopilación sistemáticos de información a medida que avanza un proyecto. Su objetivo es mejorar la eficacia y efectividad de un proyecto y organización.

Se basa en metas establecidas y actividades planificadas durante las distintas fases del trabajo de planificación. Ayuda a que se siga una línea de trabajo, y además, permite a la administración conocer cuando algo no está funcionando. Si se lleva a cabo adecuadamente, es una herramienta de incalculable valor para una buena administración y proporciona la base para la evaluación. Permite determinar si los recursos disponibles son suficientes y están bien administrados, si la capacidad de trabajo es suficiente y adecuada.

2.7.1. Mejora continua en los procesos

Conforme se van mejorando los procesos, compra de máquinas más modernas y cambio de diseño de los cilindros o componentes, es necesario mantener una mejora continua de los procesos y los métodos para su realización.

Tener un buen control tanto de los procesos como de los tiempos que son necesarios para su realización, es fundamental para la empresa, ya que sin estos es muy difícil poder planificar la producción. Por lo cual se recomienda a los directivos de la empresa continúen con la mejora continua de este nuevo concepto o enfoque de producción, y que se extienda en todos los procesos de de esta empresa.

Haciendo uso de las herramientas que se utilizaron en este proyecto y la continua capacitación de todo el personal, esto es muy importante para dar seguimiento a los métodos propuestos y crear una cultura de mejora continua.

3. FASE DE INVESTIGACIÓN

Guatemala es un país vulnerable ante amenazas de tipo natural, socionatural y antrópica; esto se puede afirmar por su ubicación geográfica, los medios de explotación de los recursos naturales, sus métodos de producción y sus asentamientos humanos en sitios no aptos para el desarrollo económico y social seguro.

Debido a que la Industria Metal Mecánica NIVI S.A. ha estado expuesta y es vulnerable a dichas amenazas y con la finalidad de estar preparados para una posible contingencia, surge la necesidad de elaborar un plan de contingencia ante desastres, que permita prevenir y mitigar cualquier tipo de accidente e impactos adversos del medio ambiente dentro de la empresa.

3.1. Marco teórico

Una emergencia es “una situación imprevista que puede afectar a una persona o grupo de personas y causar un daño, debido a la presencia de algún tipo de riesgo, pese a que se hayan tomado las medidas de prevención posibles.”⁴ También puede originar daños a la propiedad y/o al ambiente, que demandan acción inmediata.

La magnitud de la emergencia dependerá de la posibilidad de que el riesgo pueda ser valorado, controlado y dominado de forma rápida, ya sea por acciones internas y/o por entes externos a la empresa.

⁴ http://es.wikipedia.org/wiki/Emergencia_%28desastre%29. Consulta: 12 de marzo de 2012

Pueden darse los siguientes niveles de emergencia:

- “Nivel bajo: emergencia en donde sólo se ve afectada una área en la estructura de la empresa o un individuo en particular; las labores de trabajo continúan sin contratiempos y no se espera que afecten las actividades de la empresa.
- Nivel medio: evento en donde los integrantes de la empresa y colaboradores deberán desalojar momentáneamente las instalaciones, y no se ve afectada la estructura de la instalación. Ejemplo: incendio menor, terremoto, etc.
- Nivel alto: nivel en donde los integrantes de la empresa y colaboradores deberán desalojar permanentemente las instalaciones y se ve afectada la estructura de la instalación. Ejemplo: incendio de gran magnitud, terremoto, inundación, etc.”⁵

La Inundación es el fenómeno por el cual una parte de la superficie terrestre queda cubierta temporalmente por el agua, ante una subida extraordinaria del nivel de esta.

Varias son las causas que provocan y aceleran las inundaciones, en su gran mayoría originadas por razones de índole natural y en menor grado por motivos humanos, como destrucción de cuencas, deforestación, sobrepastoreo, etc.; en ambas situaciones los desastres producidos son cuantiosos.

⁵ <https://www.antedesastres.com/Niveles-de-Emergencia.html>. Consulta: 12 de julio de 2011

Las causas más frecuentes que ocasionan inundaciones en nuestro medio son:

- Las fuertes lluvias en un período relativamente corto.
- La persistencia de precipitaciones, que rápidamente provocan aumentos considerables en el nivel de los ríos y torrentes hasta causar el desbordamiento.
- El represamiento de un río por derrumbes, originados por fuertes lluvias o sismos.
- La repentina destrucción de una presa, por causas naturales, humanas o ambas.
- La expansión de un lago o laguna por fuertes o continuas precipitaciones o por represamiento del desagüe.
- El ascenso del nivel del mar causado por fenómenos meteorológicos como temporales, tormentas, marejadas o por tsunamis.

La inundación ocurre cuando la carga (agua y elementos sólidos) rebasa la capacidad normal del cauce, por lo que se vierte en los terrenos circundantes, sobre los que suelen crecer pastos, bosques y cultivos; o en los que hay áreas urbanas.

Generalmente, todos los ríos y torrentes poseen en su curso inferior un lecho de inundación, es decir, un área baja a ambos lados del cauce que es cubierta por las aguas en una parte del año.

En la época lluviosa, la cantidad de agua precipitada provoca la saturación de los suelos y un ascenso en su nivel freático, por lo cual, si se produce una cantidad adicional de precipitación, se generará un desbordamiento y la consiguiente inundación.

Los desbordamientos por lo general tienen un carácter estacional. Es posible apreciar cómo los niveles del río van ascendiendo lentamente alcanzando la altura del desbordamiento.

En las inundaciones súbitas, la rapidez en el inicio y desarrollo del fenómeno son las constantes, manifestando su gran capacidad arrasadora.

Otro fenómeno que puede darse es un deslizamiento, que se refiere a un desprendimiento de roca, suelo, flujos de lodo o rellenos artificiales, de un cerro o montaña, que al correr puede soterrar una parte o toda una comunidad. También pueden mencionarse los terremotos que son movimientos fuertes de tierra, de corta y de gran intensidad producidos por choques o golpes en su interior, capaz de destruir viviendas y edificios.

Lo más importante en una situación como esta es tener calma y serenidad, ya que el pensar de una manera apresurada puede terminar en una tragedia; muchas veces las muertes que se han registrado en un terremoto son debidas a la manera inconsciente y desordenada de correr de un lado a otro sin percatarse de los peligros que esto representa.

Anteriormente, se suponía de una manera errónea que al pararse debajo del marco de una puerta se evitaría que las paredes cayeran encima de la persona; sin embargo, está comprobado que esta técnica es errónea pues de igual manera las paredes podrían aplastarle en cuestión de segundos.

También se aseguraba que la mejor forma de evitar que los objetos pesados caigan encima es meterse debajo de una mesa; de igual manera no servirá, pues podrá resistir algunas cosas livianas pero no el peso de una pared y se podría morir aplastado.

Hoy en día, se conoce una práctica que ha sido experimentada por muchas personas alrededor del mundo, la técnica se conoce como “triángulo de la vida”, al parecer se han realizado simulacros de terremotos donde se ha aplicado esta teoría; la cual ha resultado efectiva; comparada con la de refugiarse debajo de una mesa o en el marco de una puerta. La técnica consiste en ubicarse a un lado de un objeto sólido como un sillón un escritorio o un mueble ya que siempre al caer cualquier cosa sobre el mismo, este guarda un espacio en cada lado; esto se conoce como el “triángulo de la vida”.

Figura 46. **Triángulo de la vida**



Fuente: www.google.com/imagenes/triangulodelavida. Consulta: 18 de julio 2 011.

Es necesario mencionar también los incendios, que se definen como siniestros totales o parciales de algún elemento o cosa. Un incendio se produce cuando se conjugan tres elementos: oxígeno, combustible y temperatura. Es el denominado "triángulo de fuego". Si a ese triángulo se le quita cualquiera de los tres elementos, el incendio se extingue.

¿A qué se refieren los primeros auxilios?. Estos son la primera respuesta ante una situación que requiera auxiliar a una persona por alguna lesión o accidente, de ello depende que el lesionado pueda sobrevivir o recibir atención antes de ser evaluado por un médico o centro hospitalario.

Es por ello que la atención que la persona reciba en los primeros minutos del accidente determina lo demás sobre dicha situación, es importante que se deba tomar en cuenta una serie de procedimientos para poder actuar de manera eficaz y prudente, a modo de minimizar los daños del lesionado y no agravar más el deterioro de salud que el afectado tenga.

Es importante evaluar la situación del lesionado, ya que esto permitirá actuar de la manera más prudente y eficaz a modo de evitar el deterioro de la salud del lesionado. Los pasos a seguir son:

- Evaluación del paciente
- Revisar signos vitales
- Determinar la acción que causó la lesión
- Actuar de la manera más prudente
- Tener seguridad y carácter
- Dar seguridad y confianza al paciente

No siempre es recomendable mover al lesionado pues en la mayoría de veces no debe de realizarse a menos que esté en peligro de vida del mismo y se cuente con el equipo necesario para realizar su manipulación; en este caso se habla de una camilla, un inmovilizador cervical o canales para inmovilizar ambos miembros tanto superiores como inferiores, ya que no se puede determinar las clases de lesiones que pudiese tener el afectado, tal como lo

podrían ser fracturas cervicales, lumbares (columna) o fracturas de piernas y brazos.

Se debe tener en cuenta como la primera respuesta en una situación que amerite brindar los primeros auxilios, siempre es importante recordar la ayuda no solo física sino psicológica que se deberá dar al afectado pues ellos puede ser determinante para salvar la vida de una personal.

3.2. Antecedentes

A continuación se presentarán algunas, referencias y antecedentes históricos sobre algunas instituciones guatemaltecas que se encargan de las contingencias de desastres, así como las emergencias ocurridas en la zona que se encuentra la empresa, como también, las que han afectado a las que está expuesta la misma.

3.2.1. Instituciones guatemaltecas encargadas de las contingencias ante desastres

- Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres (CONRED) y sus coordinadoras en toda la república.⁶

“La CONRED es la entidad encargada de prevenir, mitigar, atender y participar en la rehabilitación y reconstrucción de los daños derivados por la presencia de desastres. Está conformada por todas las entidades del sector público y del sector privado, que incluyen entre otras, a centros educativos, universidades, cuerpos de socorro y toda la sociedad en su

⁶ http://www.crid.or.cr/cd/CD_USAC_Kaqchikel/pdf/doc581/doc581-spa.pdf. Consulta: 15 de julio de 2011.

conjunto. Su órgano de ejecución es la Secretaría Ejecutiva de CONRED. Son órganos integrantes de CONRED: el Consejo Nacional para la Reducción de Desastres, Junta y Secretaría Ejecutiva para la Reducción de Desastres, Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres CONRED, Coordinadora Regional para la Reducción de Desastres, Coordinadora Departamental para la Reducción de Desastres (CODRED).”

- Ministerio de Salud Pública y Asistencia Social⁷

“Las actividades del Ministerio, con todo su personal disponible, están encaminadas a trabajar en todos aquellos mecanismos que se anticipen, le den respuesta, rehabiliten y reconstruyan los efectos de los desastres en el sector salud, fundamentándose en la prevención, la mitigación y la preparación.

Para realizar sus funciones, la Unidad de Riesgo lleva a cabo un proceso de planificación, organización, integración, dirección y control. Está ubicada bajo la Dirección General del Sistema de Atención a la Salud (SIAS).

Participa en la CONRED, en las diferentes instancias de la misma a través de sus funcionarios:

- Consejo Nacional, a través del Ministro y Viceministro(s)
- Centro de Operaciones de Emergencias y Sistema de Enlace Interinstitucional, a través de representantes de la Unidad de

⁷ <http://www.acnur.org/biblioteca/pdf/3962.pdf?view=1>. Consulta: 15 de julio de 2011.

Gestión de Riesgo que participan en los diferentes sectores de los sistemas de enlace

- Coordinadoras, a través de los funcionarios locales
 - CODRED, a través de los directores de área de Salud
 - COMDRED, a través de los directores de los centros de Salud
 - COLRED, a través de los encargados de los puestos de Salud”
- Instituto Guatemalteco de Seguridad Social⁸

“El IGSS participa en la atención de desastres planificando, dirigiendo y desarrollando programas de prevención, control y reducción de los efectos en la salud, derivados de un desastre natural o provocado por la acción humana, de acuerdo con las necesidades de la población derechohabiente del régimen de seguridad social y a la disponibilidad de recursos. Esto lo hace en forma coordinada con los sectores públicos y privados, y para lo cual ha creado la Comisión de Desastres, según Acuerdo No. 13/97 de la gerencia del IGSS de fecha 11 de julio de 1997.

La Comisión de Desastres es la encargada de la planificación y desarrollo de las estrategias de la prevención, control y reducción de los efectos en la salud, derivados de desastres naturales provocados por la acción humana. Esta Comisión es un cuerpo asesor de la Dirección General de Servicios Médico Hospitalarios, se organiza en una Comisión Central y Subcomisiones locales (todas la unidades asistenciales

⁸ <http://www.acnur.org/biblioteca/pdf/3962.pdf?view=1>. Consulta: 15 de julio de 2011.

administrativas del Instituto tienen una subcomisión responsable de operatividad el plan en caso de un desastre).”

- Cruz Roja⁹

“Dentro del programa de Educación Comunitaria para la Prevención de Desastres, que Cruz Roja Guatemalteca está implementando actualmente en 18 delegaciones departamentales, se trabajo por medio de un Coordinador Nacional, apoyado por Coordinadores locales, ubicados en cada una de las delegaciones que se encuentran desarrollando el programa en sus comunidades. A la vez se cuenta con un equipo de facilitadores locales, la Coordinación Nacional del programa de Educación Comunitaria para la Prevención de Desastres depende de la Secretaria Nacional de Capacitación, y esta responde a la dirección general de la Cruz Roja Guatemalteca.

El programa de Educación Comunitaria para la Prevención de Desastres se ejecuta con el apoyo financiero de:

- CIDA/Canadá a través de Cruz Roja Canadiense, para las delegaciones de Guatemala y Retalhuleu
- Cruz Roja Americana, para las delegaciones de Sacapulas y Santa Cruz del departamento de Quiché; Escuintla en el departamento de Escuintla; Chiquimula y Jocotán en el departamento de Chiquimula; Jalapa en el departamento de Jalapa y Río Hondo y Gualán en departamento de Zacapa

⁹ <http://www.acnur.org/biblioteca/pdf/3962.pdf?view=1>. Consulta: 15 de julio de 2011.

- Cruz Roja Holandesa, para las delegaciones de Purulhà, en Baja Verapaz, Cobán en Alta Verapaz, San Benito y Sayaxché en Petén
- Cruz Roja Española, para las delegaciones de Puerto Barrios, y en Chinook, El Estor y Santo Tomás de Castilla, en Izabal

Además de ello se está trabajando coordinadamente con Médicos sin Fronteras, Cuerpo de Paz del programa EPSUM/USAC, manteniendo siempre abierta la puerta de posibilidades de trabajar con otras organizaciones interesadas en la metodología la Cruz Roja Guatemalteca.”

- Consejo Científico: Organización de asesoría formada por el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH)¹⁰

“Aparte el aporte del INSIVUMEH, a través de sus diferentes unidades técnicas, en el tema de los desastres naturales en el ámbito nacional, se ubica en el marco de la prevención de desastres naturales tanto en el tiempo real como en el proceso de planificación en las áreas de sismología, vulcanología, meteorología, hidrología y disciplinas conexas. Básicamente sus actividades en este tema se centran en la evaluación de peligros naturales sobre la base de la ubicación, severidad y posibilidad de que ocurra un evento natural dentro de un periodo de tiempo determinado, en el campo de la sismología, vulcanología, meteorología, hidrología y disciplinas conexas.

¹⁰ <http://www.acnur.org/biblioteca/pdf/3962.pdf?view=1>. Consulta: 15 de julio de 2011.

- Universidades
 - Centro de Investigación
 - Entidades Autónomas y descentralizadas ONG´s
 - Entidades de Servicio
 - Entidades Voluntarias”
- Consejo Nacional: Órgano superior de la Coordinadora Nacional para la Reducción de Desastres de Origen Natural o Provocado¹¹
 - “Ministro de la Defensa
 - Ministro de Salud Publica
 - Ministro de Educación
 - Ministro de Finanzas Públicas
 - Ministro de Comunicaciones
 - Infraestructura y Vivienda
 - Ministro de Gobernación
 - Junta y Secretaria Ejecutiva
 - Cuerpos de Bomberos Nacionales
 - Asamblea de Colegios Profesionales
 - Comité Coordinador de Asociaciones Agrícolas, Comerciales, Industriales y Financieras

Algunos de los procedimientos que se han generado por parte del Consejo Nacional para el Diseño de Planes de Emergencia son:

- Manual para la organización de las coordinadoras de reducción de desastres

¹¹ <http://conred.gob.gt/documentos/secretaria-ejecutiva/Ley-de-CONRED.pdf>. Consulta: 15 de julio de 2011.

- Guía para el curso de inducción al manejo de desastres
- Formato para la estructuración de planes de evacuación y atención, Sectorial
- Formato para la estructuración de planes de evacuación y atención, Local
- Formato para la estructuración de planes de evacuación y atención, Escolar
- Formato para la estructuración de planes de evacuación y atención, Departamental
- Guía para elaborar un plan familiar de respuesta ante emergencias y/o desastres

3.2.2. Emergencias ocurridas en la zona que se encuentra la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A.

Las emergencias que han tenido mayor relevancia en la zona en la que se encuentra ubicada la empresa es se describen a continuación.

3.2.2.1. Tormenta Stan

Stan fue la decimoctava tormenta tropical y el décimo huracán de la temporada de huracanes del océano Atlántico en el 2005. Dicho fenómeno se ha considerado como una tormenta relativamente fuerte que en un corto período de tiempo se convirtió en un huracán de categoría 1, el cual ocasionó

inundaciones y destrucción en Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Haití y México.

Las fuertes y constantes lluvias sufridas en el territorio nacional como parte del paso de Stan provocaron innumerables inundaciones, deslaves y derrumbes, cuyos resultados catastróficos repercutieron en 133 municipios de 15 de los 22 departamentos del país, comprendiendo un área de aproximadamente 36,000 km², equivalentes al 33% de la extensión territorial de Guatemala. La población afectada se calcula en unos 3.5 millones de personas.

En fecha 4 de octubre de 2005 se declaró estado de calamidad a nivel nacional, por tal razón se activó el COE (Centro de Operaciones de Emergencia) en el departamento de Chimaltenango. El día 5 de octubre se conformaron las comisiones con las instituciones gubernamentales y no gubernamentales quienes se encargaron de las acciones de emergencia.

Para entonces se empezaron a reportar los eventos destructores en los diferentes municipios, siendo en ese momento los más afectados Patzún, San Andrés Itzapa, Tecpán Guatemala y la cabecera departamental, a donde se destacó personal para evacuar y ayudar a damnificados.

Se activó una base de radio para recibir información de los demás municipios, ya que las comunicaciones telefónicas y viales estaban obstruidas. Se solicitó víveres y agua a los habitantes de la cabecera departamental y alcaldes de los municipios no afectados, además se gestionó ante la Coordinadora para la Reducción de Desastres (CONRED), Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA), Secretaría de Obras Sociales de la Esposa del Presidente (SOSEP) víveres, agua, frazadas, colchonetas, medicamentos, etc.

Se habilitaron albergues en los municipios afectados hasta el momento, para resguardar a la población en riesgo, llevando control de las personas albergadas por familias, los insumos recibidos y las raciones familiares que se entregaron para su consumo.

3.2.2.2. Tormenta Agatha

Debido a las intensas lluvias que dejó la depresión tropical AGATHA en el territorio Guatemalteco, los días viernes 28 y sábado 29 de mayo del 2010, se produjo una serie de inundaciones, derrumbes y deslizamientos, los cuales ocasionaron pérdidas humanas y daños materiales tales como: personas fallecidas, heridas, albergadas, en riesgo; viviendas destruidas; carreteras, caminos municipales y rurales inhabilitados; y colapso de puentes, cortes de energía eléctrica, de sistemas de agua y de drenajes, entre otros.

El municipio de Tecpán del departamento de Chimaltenango está dentro de los lugares que fueron afectados severamente por inundaciones y deslaves en casi toda el área, las comunidades participantes reportaron personas fallecidas, daños en viviendas y siembras, las vías de comunicación interna fueron interrumpidas; en la comunidad del caserío La Giralda se evacuó un gran número de personas, las cuales fueron albergadas en lugares seguros (ver figura 47).

No obstante por la situación de emergencia que se vivió, estas comunidades cuentan con una buena organización para responder este tipo de emergencias, gracias a las acciones previas que han realizado las coordinadoras locales para la reducción de desastres –COLRED- y los Consejos Comunitarios de Desarrollo junto a la Municipalidad de Tecpán y la COMRED.

Figura 47. **Daños ocurridos en La Giralda**



Fuente: caserío La Giralda.

3.2.3. Emergencias ocurridas en la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A. en los últimos diez años

Dentro de las emergencias que han provocado grandes daños en la empresa en los últimos años, se describe a continuación.

3.2.3.1. Daños provocados en la empresa por la tormenta Agatha

“El día sábado 29 de mayo de 2010, aproximadamente a las 5:30 de la tarde, las lluvias constantes de los días anteriores y por tanta deforestación en los lugares aledaños, ocasionaron fuertes derrumbes, deslizamientos e inundaciones, arrasando con todo lo que encontraba así paso tales como (casas, piedras, carros, etc.).

Posteriormente el deslave y las fuertes corrientes de agua, provenientes del río y del cerro, golpearon los portones principales, los cuales no soportaron el peso del agua, lodo, palos, escombros, inundando los camiones, así como las instalaciones, maquinarias, materia prima, producto en proceso y producto terminado”.¹²

Gracias al esfuerzo de todos los que incorporan esta empresa, se ha logrado recuperar casi un 100% de todo lo perdido durante ese este funesto desastre.

3.2.4. Tipos de desastres a los cuales se encuentra expuesta la empresa

Por la ubicación geográfica: Tecpán Guatemala se encuentra a una elevación sobre el nivel del mar de 2,286 mts. Su ubicación geográfica, latitud 14°45'37'', longitud 90°59'30''. El clima es frío la mayor parte del año. Está situado a 88 kilómetros de distancia de la ciudad de Guatemala y tiene una extensión territorial aproximada de 201 kilómetros cuadrados.

El territorio de Tecpán Guatemala es generalmente accidentado, encontrándose alternativamente cerros, barrancos y planicies.

Aproximadamente 100 metros, donde se encuentra localizada la empresa, existe un río el cual en épocas de invierno aumenta su nivel significativamente. Dependiendo de qué tan intensa sean las lluvias colapsa y llena toda la calle de lodo, trayendo consigo rocas, escombros, palos, etc.

¹² Informe: daños provocados por tormenta Agatha en Industria Metal Mecánica NIVI, S.A., PDF, proporcionado por Gerente General de dicha empresa.

Al mismo tiempo, frente a la empresa existe un gran Cerro, en el cuál durante esta época, ocurren deslizamientos de terreno trayendo consigo, todo tipo de escombros (lodo, piedras, palos, etc.), provocando obstrucción del camino, y con esto permitiendo un estancamiento de agua y/o marcándole un nuevo flujo a dicha agua.

La causa mayor de estos riesgos es por el aumento de la población y deforestación en este cerro y alrededor del río.

Por la actividad productiva, Industria Metal Mecánica NIVI, S.A., es una empresa que se dedica a la fabricación de cilindros portátiles para contener Gas Licuado de Petróleo (GLP). Dentro de los procesos de producción se encuentra el horno de tratamiento térmico y el horno para curado de pintura. El primero utiliza diesel como combustible para activar los quemadores permitiendo dar funcionamiento al horno; el segundo utiliza gas propano.

Dichos hornos ponen en riesgo ante desastre de explosión e incendio, en sus alrededores. Además, debido a la acumulación de la materia prima, producto en proceso y producto terminado al momento de un sismo o terremoto estos podrían causar daño al personal al momento de una evacuación.

Por la cercanía de otras empresas, Industria Metal Mecánica NIVI, S.A. no está expuesta a ningún riesgo.

3.2.5. Diagnóstico de riesgos

Para poder elaborar el plan de contingencia ante riesgos es necesario determinar donde se encuentran y las razones por cual existen, a continuación se describen los riesgos externos e internos que posee la empresa.

Los riesgos exteriores son los que están fuera de las instalaciones de la empresa, a continuación se muestran los más relevantes.

- Río La Giralda próximo a la empresa:

Aproximadamente 100 mts., donde se encuentra localizada la empresa, existe un río el cual en épocas de invierno aumenta su nivel significativamente, trayendo consigo rocas, escombros, palos, etc., dependiendo de qué tan intensa sea la lluvia colapsa y llena toda la calle de lodo.

Figura 48. **Río La Giralda cercano a la empresa**



Fuente: Río La Giralda Tecpán Guatemala.

- Deslizamientos:

Debido al aumento de la población y la deforestación existente en el Cerro que se encuentra frente a la empresa; en época de invierno existe deslizamientos continuos de terreno, trayendo consigo, escombros, lodo, piedras, palos, etc. Provocando obstrucción del camino.

Figura 49. **Deslizamientos del cerro aledaño a empresa**



Fuente: Cerro La Giralda.

- Falta de drenajes públicos

No existen drenajes públicos en las calles cercanas a la empresa provocando obstrucción u obstaculización de estas calles por las correntadas de agua (ver figura 50).

Figura 50. **Falta de drenajes públicos**



Fuente: calle frente de la empresa.

Los riesgos interiores son los que están dentro de las instalaciones de la empresa, a continuación se muestran los más relevantes.

- Falta de mantenimiento en drenajes de la empresa, techos y canales:

Pocas veces al año se le dan mantenimiento a los drenajes propios de la empresa, así como los techos y canales de los edificios de oficina y planta de producción, provocando obstrucción de los mismos en época de invierno provocando filtración e inundación en sus alrededores (ver figura 51 y 52).

Figura 51. **Drenajes de la empresa sin mantenimiento**



Fuente: drenajes de la empresa NIVI.

Figura 52. **Mantenimiento correctivo techos y canales en edificio de planta de producción**



Fuente: techos y piso de la planta de producción de la empresa NIVI.

- Vidrios sin protección

En el pasillo central se identifica una serie de ventanas que exteriorizan varias oficinas así como el pasillo al exterior del de este edificio. Estas ventanas no cuentan con protección apropiada en caso de un acontecimiento indeseado (ver figura 53).

Figura 53. **Vidrios sin protección**



Fuente: pasillo central área administrativa de la empresa.

- Cilindros obstaculizan pasillo central

En el pasillo central se identifican varios cilindros para contener GLP, los cuales son de exhibición para los clientes. Pero en caso de algún terremoto, estos se pueden voltear y causar daño al personal al momento de alguna evacuación.

Figura 54. **Cilindros obstaculizan pasillo central de oficinas**



Fuente: pasillo central área administrativa de la empresa.

- **Garrafones de agua pura inseguros**

Los garrafones de agua pura detrás del edificio de oficinas, no se encuentran asegurados, por tal motivo en caso de un sismo o terremoto, provocarían una evacuación defectuosa.

Figura 55. **Garrafones de agua pura inseguros**



Fuente: segunda entrada a edificio de la planta de producción.

3.3. Plan de contingencia ante desastres

El plan de contingencia ante desastres está elaborado con la finalidad de que la empresa pueda estar preparada y dar respuesta inmediata ante cualquier siniestro que pueda existir. Por tal razón se organiza y coordina un comité de emergencias que será el encargado de manejar y capacitar al personal propio de la empresa para crear pequeños grupos especializados en diferentes tareas de preparación, para combatir de manera preventiva o ante eventualidades de alto riesgo, emergencias, siniestros o desastres dentro de la empresa, con el fin de salvaguardar la vida de las personas e instalaciones propias de la empresa.

3.3.1. Comité de emergencias

Coordina e impulsa el manejo de los desastres antes, durante y después del mismo. Es presidido por el coordinador general del comité de emergencia (autoridad máxima de la empresa) y lo integran también los (as) coordinadores (as) de los comités de prevención y mitigación, evacuación, primeros auxilios, seguridad y enlace.

Este documento sugiere que cada comité sea dirigido por un coordinador quedando a criterio del coordinador general si nombra a un personal administrativo, operativo o de mantenimientos, según capacidades.

Las funciones del coordinador general son las siguientes:

- Coordinar con la COLRED o COMRED según corresponda, las acciones a llevar a cabo en el caso de una emergencia.

- Convocar al comité para las reuniones de planificación, implementación y evaluación del plan de contingencia ante desastres.
- Dirigir al comité de emergencia.
- Supervisar el cumplimiento de las acciones contempladas en los planes de los comités.
- Delegar funciones a los coordinadores de los comités, reconocer o identificar a las o los miembros de los comités. Con el fin de facilitar la identificación de los integrantes durante el desastre, se recomienda que usen alguna prenda o brazalete de color verde para el comité de evacuación, anaranjado para primeros auxilios, amarillo para el de enlace, azul para seguridad. El comité de prevención y mitigación no usa distintivo porque sus acciones generalmente se realizan en tiempos normales.

Las funciones del comité de emergencias son:

- Coordinar la formulación, implementación y evaluación del plan de contingencia ante desastres.
- Coordinar los procesos de prevención, mitigación, respuesta y rehabilitación.
- Coordinar la formulación del plan de acción anual del comité.
- Aprobar los planes de trabajo de los comités.

- Coordinar en forma conjunta con los coordinadores de los comités, la capacitación para los integrantes de las mismas.

El comité de prevención y mitigación impulsa y ejecuta las acciones de prevención y mitigación (reducción de riesgos). Es dirigido por el gerente de recursos humanos, con el nombre de coordinador, quien recibe el apoyo de los coordinadores de los diferentes comités

Las funciones del coordinador son las siguientes:

- Dar seguimiento al cumplimiento de funciones del comité.
- Participar activamente en el comité de emergencias.
- Delegar responsabilidades a los o las demás miembros de este comité.
- Presentar al comité de emergencia, el plan de trabajo anual del comité.

Son funciones del comité:

- Elaborar el plan anual de actividades del comité.
- Identificar las amenazas en el edificio de planta de producción, la empresa y de sus alrededores, y la vulnerabilidad del personal administrativo y operativo ante estos peligros.
- Promover el análisis de las amenazas existentes en la empresa y en sus alrededores, si fuera necesario.

- Formular recomendaciones ante las amenazas identificadas.
- Actualizar el mapa o croquis de la empresa donde se localicen las amenazas identificadas.
- Supervisar que las vías de evacuación estén señalizadas, apropiadamente.
- Apoyar al comité de evacuación en los eventos de simulacro que se realicen.
- Proponer posibles soluciones a los problemas de riesgo identificados.
- Identificar lugares seguros para utilizarlos en caso de emergencia o desastres.
- Llevar un control actualizado de los extintores, velar su existencia, ubicación, señalización y buen estado de los mismos.
- Promover la capacitación para la comunidad propia de la empresa, sobre temas de reducción de desastres según la necesidad de la comunidad.
- Divulgar medidas de prevención antidesastres.
- Mantener actualizado el plano general de la empresa, donde se muestra lo siguiente: distribución de áreas, rutas de evacuación, salidas de emergencia, puntos de reunión, zonas de riesgo, ubicación de botiquines, ubicación de extintores.

- Publicar el plano general de la empresa en el edificio de planta de producción, así como el edificio de oficinas.
- Estar al tanto del estado de las instalaciones o edificios propios de la empresa y de otros detalles de importancia para la seguridad del personal.
- Gestionar los recursos para combatir los peligros identificados.
- Gestionar con instituciones locales, de preferencia especializadas en el tema, para la capacitación de su comité.
- Realizar un informe detallado dentro de las 48 horas de ocurrido el evento.
- Distribuir una copia al coordinador general del comité de emergencias y al presidente de la empresa.

El comité de comunicación y enlace gestiona con otras instituciones, organizaciones o personas de la comunidad, recursos de apoyo, para implementar acciones de prevención, mitigación, preparación para la respuesta y recuperación. Es dirigido por el gerente de logística, con el nombre de coordinador quien recibe el apoyo de dos personas del área administrativa, operativa o de mantenimiento, según capacidades que el designará.

Las funciones del coordinador son las siguientes:

- Dar seguimiento al cumplimiento de funciones del comité.

- Participar activamente en el comité de emergencias.
- Delegar responsabilidades a los demás miembros del comité y/o brigada.
- Presentar al comité de emergencia el plan de trabajo anual del comité.

Son funciones del comité:

- Coordinar con el coordinador general del comité de emergencia, las acciones a llevar a cabo antes, durante y después, de una emergencia o desastre.
- Identificar nombres, direcciones y servicios, de instituciones, organizaciones y personas de la comunidad, que puedan apoyar a la hora de una emergencia o desastre.
- Gestionar recursos y apoyo, de acuerdo con las necesidades identificadas.
- Gestionar el apoyo de su empresa hacia otros grupos de la comunidad que han sido afectados por una emergencia o desastre.
- Verificar la presencia y ubicación de los comités y/o brigadas.
- Identificar los servicios internos de apoyo (vehículos, equipos, etc.).
- Revisar la lista de presentes, levantada en el área de seguridad o punto de reunión, reportando al coordinador general del comité de emergencia, los o las ausentes y las causas si se conoce.

- Mantener informado al coordinador general del comité de emergencia, de todas las actividades que se realicen.
- Realizar campañas de difusión para el personal, con el fin de que conozca cuáles son las actividades del comité, sus integrantes, funciones, actitudes y normas de conducta ante emergencias, en fin, todo lo relacionado a la protección civil, para crear una cultura dentro de su empresa.
- Gestionar con instituciones locales, de preferencia especializadas en el tema, para la capacitación de su comité.
- Activar la brigada de comunicación y enlace.

El comité de evacuación impulsa y ejecuta las acciones de evacuación. Está dirigida por el gerente de ventas de cilindros, el nombre de coordinador, y recibe el apoyo del jefe de planta y dos o más operarios de cualquier línea de producción, que él designará; tiene funciones antes (preparación), durante (respuesta) y después (recuperación) del impacto del desastre.

Las funciones del coordinador son las siguientes:

- Dar seguimiento al cumplimiento de funciones del comité
- Participar activamente en el comité de emergencia
- Delegar responsabilidades a los demás miembros del comité y/o brigada
- Presentar al comité de emergencia el plan de trabajo anual del comité

Son funciones del comité:

- Diseñar las estrategias de evacuación (plan de evacuación).
- Divulgar el plan de evacuación. Identificar el recurso humano y físico disponible.
- Identificar rutas de evacuación en un croquis de la empresa.
- Señalizar las rutas de evacuación en la empresa.
- Establecer un mecanismo de alarma.
- Evaluar y reforzar el plan de evacuación.
- Mantener un censo actualizado y permanente del personal de turno.
- Guiar la movilización del personal, en forma ordenada y rápida, a las zonas de seguridad o puntos de reunión asignada, evitando que se provoque el pánico.
- Asegurar, que todas las personas estén siendo evacuadas, durante la emergencia.
- Planificar y ejecutar simulacros. Coordinar con otros comités y grupos de apoyo (bomberos municipales, policía nacional civil, municipalidad de Tecpán Guatemala).

- Gestionar con instituciones locales, de preferencia especializadas en el tema, la capacitación de su comité.
- Usar formas de comunicación propias de la empresa para mantener la calma y dar las instrucciones de evacuación.
- Activar brigada de evacuación.

El comité de primeros auxilios impulsa y ejecuta acciones de primeros auxilios básicos en caso de que una persona lo necesite. Es decir, conoce los procedimientos a utilizarse en la atención de víctimas, en lo que la ayuda especializada toma el control.

Está dirigida por el gerente de recursos humanos, con el nombre de coordinador y recibe el apoyo de dos o más operarios de cualquier línea de producción, inclusive por personal administrativo que él designará.

Las funciones del coordinador son las siguientes:

- Dar seguimiento al cumplimiento de funciones del comité. Participar activamente en el comité de emergencia.
- Delegar responsabilidades a los o las demás miembros del comité y/o brigada.
- Presentar al comité de emergencia el plan de trabajo anual del comité.

Son funciones de comité:

- Elaborar un plan de primeros auxilios para atender eficientemente la emergencia.
- Programar actividades de capacitación en la empresa sobre primeros auxilios y rescate.
- Adquirir y mejorar los recursos para atender a los y las pacientes, así como realizar operativos de rescate.
- Velar que exista por lo menos un botiquín en el edificio de planta de producción y uno en el área administrativa.
- Determinar los insumos mínimos de un botiquín.
- Llevar un control actualizado de todos los insumos del botiquín y sustituir aquellos elementos que se encuentran sucios, contaminados, dañados o caducados.
- Conocer la ubicación de los botiquines.
- Elaborar un listado del personal que presente enfermedades crónicas y tener los medicamentos específicos para tales casos.
- Retirar a los curiosos o curiosas que obstruyen la atención de los lesionados o lesionadas.
- Solicitar auxilio para personas muy afectadas.

- Apoyar el traslado de las personas afectadas, al centro de atención previsto.
- Gestionar con instituciones locales de preferencia especializadas en el tema, la capacitación de su comité.
- Activar brigada de primeros auxilios.

El comité de seguridad impulsa y ejecuta acciones de seguridad de personas, equipos, herramientas, maquinarias, materia prima y del buen uso del edificio, antes, durante y después de una emergencia o desastre, hasta que se presente el recurso especializado.

Está dirigida por el gerente de ventas de estufas, con el nombre de encargado y recibe el apoyo del personal de seguridad de turno y uno o dos operarios más de cualquier línea de producción, inclusive por personal de mantenimiento, que él designará.

Las funciones del coordinador son las siguientes:

- Dar seguimiento al cumplimiento de funciones del comité.
- Participar activamente en el comité de emergencias.
- Delegar responsabilidades a los demás miembros del comité y/o brigada.
- Presentar al comité de emergencia el plan de trabajo anual.

Son funciones de comité:

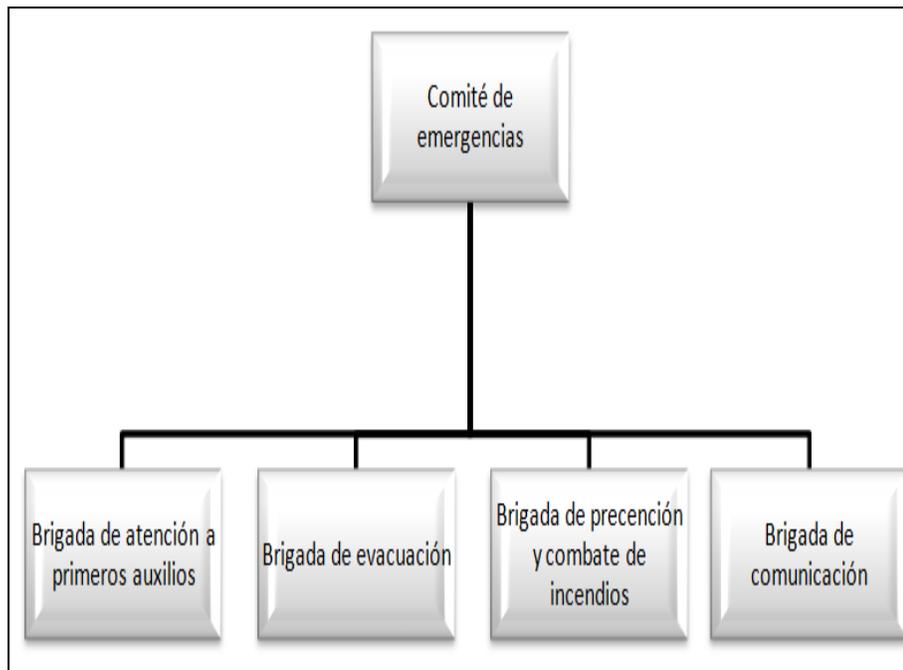
- Formular propuesta de plan de trabajo anual.
- Velar por el cumplimiento de las normas de seguridad, en las instalaciones de la empresa (prevención, mitigación y preparación). Ejemplo: que las rutas de evacuación estén señalizadas y libres de obstáculos, que el personal operativo como administrativo participen en los ejercicios de simulación y simulacro.
- Asegurar la existencia de un diagnóstico de vulnerabilidad estructural de la empresa.
- Resguardar en la medida de lo posible y evitando estar en riesgo, la vida del personal de la empresa y los bienes de la empresa, en casos de emergencia.
- Controlar el acceso de personas no autorizadas a la empresa en casos de emergencia o desastre.
- Asegurar la evacuación del personal operativo y administrativo, mediante el cierre de pasillos, acordonamiento de las zonas de seguridad, y de las salidas principales del edificio.
- Gestionar con instituciones locales, de preferencia especializadas en el tema, la capacitación de su comité.

3.3.2. Organización del comité de emergencias

El comité de emergencias lo conforman todos los comités mencionados anteriormente, de los cuales se crean cuatro brigadas (primeros auxilios, evacuación, prevención y combate de incendio y de comunicación), que satisfacen las urgencias y necesidades de la empresa.

Además, se resumen las fases de intervención que el comité de emergencias tiene que atender; estas se muestran en la tabla LV.

Figura 56. **Organización del comité de emergencias**



Fuente: elaboración propia.

Tabla LIV. **Fases de intervención del comité de emergencias**

ANTES	DURANTE	DESPUÉS
Implementar acciones de prevención y mitigación así como, participar en la preparación de planes de respuesta.	Coordinar la ejecución del plan de respuesta de acuerdo a las alertas declaradas por las autoridades competentes.	Rehabilitación y reconstrucción: acciones o solicitudes de apoyo con enfoque de desarrollo sostenible hacia la comunidad afectada.

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Brigada de emergencias

Los propósitos por los cuales se crea la brigada de emergencia en la Industria Metal Mecánica NIVI, S.A. son los siguientes:

- Ser la primera fuerza de reacción con que cuente la empresa para enfrentarse a desastres y accidentes laborales antes de que llegue el auxilio especializado exterior. La brigada será útil principalmente para el combate de inundaciones, terremotos e incendios, evacuación de las instalaciones, la práctica de primeros auxilios a víctimas de accidentes o de desastres.
- Colaborar con la coordinación del comité de prevención y mitigación de riesgos en la identificación de riesgos en las instalaciones, así como la sugerencia para la realización de correcciones.

- Colaborar con la coordinación de gestión de riesgo en los programas de prevención de riesgo, concienciar y orientar a todo el recurso humano que labora en la institución en aspectos de seguridad y riesgo.
- Colaborar en la elaboración y evaluación de simulacros periódicos.

La brigada de emergencia atenderá a cuatro líneas de emergencia, por tal motivo sus fusiones se deben adecuar a cuatro tipos de brigadas las cuales son:

- Brigada de prevención y combate de incendios
- Brigada de evacuación
- Brigada de primeros auxilios
- Brigada de comunicación y enlace

La capacitación y el entrenamiento a la brigada de emergencia serán de vital importancia, ya que en dichas actividades se basa una atención a la emergencia de manera oportuna y efectiva.

La brigada de evacuación debe recibir un entrenamiento debe ser intenso y especializado, y de igual forma se deben realizar evaluaciones de forma periódica sobre conocimientos teóricos de primeros auxilios y rescate a víctimas vulnerables o en riesgo, ante un desastre o accidente laboral.

El entrenamiento y la capacitación del recurso humano que integre la brigada de emergencia se basará en los siguientes temas:

- Detección de incendio y uso del equipo de emergencia para combatir el siniestro.

- Prácticas de primeros auxilios, así como el uso del botiquín.
- Procedimientos para evacuación del personal y visitantes en caso de un desastre.
- Acciones a tomar en caso de inundación de las instalaciones.

Se deben tomar en cuenta las siguientes normas básicas de la brigada de emergencias:

- No realizar acciones fuera del contexto de la brigada de emergencia, así como de acciones para las cuales no fue previamente capacitado, ya que esto pone en peligro no solo la vida de la víctima sino la de los demás.
- Su actividad finaliza a la llegada de los cuerpos de socorro, a menos que sus servicios sean requeridos por los especialistas.
- Siempre debe identificarse como perteneciente a la brigada de emergencia.
- Se debe mantener la calma y no llegar a crear conflicto con compañeros de brigada, así como con el personal y los visitantes.
- Acatar las instrucciones del coordinador de la brigada y realizar acciones de manera juiciosa y responsable.
- Atender a la víctima o personal en riesgo, sin prejuicios ni distinción de sexo, religión, cultura o raza.

- Guardar discreción sobre planes de simulacros o información que no sea divulgable.

3.3.3.1. Brigada de evacuación

El plan de la brigada de evacuación se propone:

- Implementar, colocar y mantener en buen estado la señalización del inmueble, lo mismo que los planos guía. Dicha señalización incluirá a los extintores, botiquines, zonas de riesgo y alta tensión.
- Contar con un censo actualizado y permanente del personal.
- Dar la señal de evacuación de las instalaciones, conforme las instrucciones del jefe de esta brigada.
- Participar tanto en los ejercicios de desalojo, como en situaciones reales.
- Ser guías y retaguardias en ejercicios de desalojo y eventos reales, llevando a los grupos de personas hacia las zonas de menor riesgo o puntos de reunión y revisando que nadie se quede en su área de competencia.
- Determinar los puntos de reunión.
- Conducir a las personas durante un alto riesgo, emergencia o desastre hasta un lugar seguro a través de rutas libres de peligro.

- Verificar de manera constante y permanente que las rutas de evacuación estén libres de obstáculos.
- En caso de que una situación amerite la evacuación del inmueble y la ruta de evacuación determinada previamente se encuentre obstruida o represente algún peligro, indicar al personal las rutas alternas de evacuación.
- Realizar un censo de las personas al llegar al punto de reunión.
- Coordinar el regreso del personal a las instalaciones en caso de simulacro o en caso de una situación diferente a la normal, cuando ya no exista peligro.

La brigada de evacuación está integrado por:

- Coordinador del comité de evacuación (jefe de brigada de evacuación)
- Jefe de planta
- Encargado del área de embutido
- Encargado del línea de cuellos
- Encargado del área de prueba neumática o granallado

3.3.3.2. Brigada de primeros auxilios

La brigada de primeros auxilios debe:

- Contar con un listado de personal que presenten enfermedades crónicas y tener los medicamentos específicos para tales casos.

- Reunir a la brigada en un punto predeterminado en caso de emergencia, e instalar el puesto de socorro necesario para atender el alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre.
- Proporcionar los cuidados inmediatos y temporales a las víctimas de un alto riesgo, emergencia o desastre, a fin de mantenerlas con vida y evitarles un daño mayor, en tanto se recibe la ayuda médica especializada.
- Entregar al lesionado a los cuerpos de auxilio.
- Realizar, una vez controlada la emergencia, el inventario de los equipos que requerirán mantenimiento y los medicamentos necesarios, así como reponer estos últimos, notificando al jefe de la brigada.
- Mantener actualizado, vigente y en buen estado los botiquines y medicamentos.

Los Integrantes de la brigada de primeros auxilios son:

- Coordinador del comité de primeros auxilios (jefe de brigada de primeros auxilios)
- Jefe de planta de producción
- Encargado de bodega de insumos
- Encargado del área de tara

3.3.3.3. Brigada de prevención y combate de incendios

Los integrantes de la brigada contra incendio deben ser capaces de:

- Detectar los riesgos de las situaciones de emergencia por incendio, de acuerdo con los procedimientos establecidos por la empresa.
- Operar los equipos contra incendio, de acuerdo con los procedimientos establecidos por la empresa o instrucciones del fabricante.
- Proporcionar servicios de rescate de personas y salvamento de bienes, de acuerdo con los procedimientos establecidos por la empresa.
- Reconocer si los equipos y herramientas contra incendio están en condiciones de operación.

La brigada de prevención y combate de incendios tiene las siguientes funciones:

- Intervenir con los medios disponibles para tratar de evitar que se produzcan daños y pérdidas en las instalaciones, como consecuencia de una amenaza de incendio.
- Vigilar el mantenimiento del equipo contra incendio.
- Vigilar que no haya sobrecarga de líneas eléctricas, ni que exista acumulación de material inflamable.

- Vigilar que el equipo contra incendio sea de fácil localización y no se encuentre obstruido.
- Verificar que las instalaciones eléctricas y de gas, reciban el mantenimiento preventivo y correctivo de manera permanente, para que las mismas ofrezcan seguridad.
- Conocer el uso de los equipos de extinción de fuego, de acuerdo a cada tipo de fuego.
- Las funciones de la brigada cesarán, cuando arriben los bomberos o termine el conato de incendio.
- Tomar acciones con base en las respuestas en caso de inundaciones, accidentes eléctricos, terremotos e incendios que se dan en este documento.

La brigada de prevención y combate de incendios está integrado por:

- Coordinador del comité de seguridad (jefe de la brigada de prevención y combate de incendios).
- Coordinador del comité de prevención y mitigación de riesgos / primeros auxilios.
- Jefe de planta de producción.
- 1 encargado del área o línea de producción que se encuentre más cercana al incendio o al siniestro.

- Personal de seguridad de turno.

3.3.3.4. Brigada de comunicación

La brigada de comunicación deberá:

- Contar con un listado de números telefónicos de los cuerpos de auxilio en la zona, mismos que deberá de dar a conocer a todo el personal.
- Hacer las llamadas a los cuerpos de auxilio, según el alto riesgo, emergencia, siniestro o desastre que se presente.
- En coordinación con la brigada de primeros auxilios tomará nota del número de ambulancia, nombre del responsable, dependencia y el lugar donde será remitido el paciente, y realizar la llamada a los parientes del lesionado.
- Recibir la información de cada brigada, de acuerdo con el alto riesgo, emergencia o desastre que se presente, para informarle al coordinador del comité general de atención a emergencias y cuerpos de emergencia.
- Permanecer en el puesto de comunicación e instalarse previo acuerdo del comité hasta el último momento, o bien, si cuenta con aparatos de comunicación portátiles, lo instalará en el punto de reunión.
- Emitir después de cada simulacro reporte de los resultados para toda la empresa, a fin de mantenerlos actualizados e informados sobre los avances de la empresa en materia de protección civil.

La brigada de comunicación y enlace está integrada por:

- Coordinador del comité de comunicación y enlace (jefe de la brigada de comunicación y enlace)
- Personal de contabilidad
- Personal de recepción

3.3.4. Análisis de riesgo

El análisis de riesgo permite analizar e identificar las características principales de la amenaza, así como las condiciones de vulnerabilidad y las causas del riesgo, permitiendo con esto dar respuesta inmediata y reducir riesgo.

3.3.4.1. Amenaza identificada: inundación

Las características de la inundación son:

- Fenómeno potencialmente destructivo
- Caracterizado por una cierta probabilidad de ocurrencia
- Dentro de un periodo de tiempo específico
- En una localidad específica
- Puede ocasionar muerte

Son condiciones de vulnerabilidad las siguientes:

- Debilitación de portones principales de la empresa ante el colapso del río, deslizamiento de terreno y las correntadas de agua.

- Pérdida total o parcial del edificio.
- Pérdida total o parcial de todas maquinarias y herramientas de la empresa.
- Puede expandirse rápidamente.
- Obstrucción de las salidas de emergencia por las correntadas de agua dentro de los pasillos de la empresa.
- Caídas de personal por deslizamiento.
- Muerte del personal por quemadura o descargas eléctricas, provocadas por mal mantenimiento de los sistemas eléctricos.
- Toda el área de producción es altamente vulnerable por las maquinarias y herramientas que son de gran importancia.

Son causas de riesgo las siguientes:

- Colapso de río
- Derrumbes o deslizamiento de tierra en calles aledañas de la empresa.
- Pasillos húmedos y resbalosos
- Falta de drenajes en las calles; la empresa y las casas aledañas se ven expuestas a inundaciones
- Drenajes insuficientes o sobrecargados dentro del edificio de producción.
- Mantenimiento deficiente del sistema de drenaje
- Mantenimiento deficiente del techo y canales de toda la empresa
- Reducción de los pasillos de evacuación por correntadas de agua

Se hacen las siguientes propuestas de solución:

- Motivar o impulsar a la Municipalidad de Tecpán Guatemala, la comunidad aledaña y propia de la empresa, para formar una campaña o jornada de limpieza y reforestación con árboles de crecimiento rápido por ejemplo: ciprés, pino, encino, en el cerro y alrededor de río. Esto favorecerá la disminución del deslizamiento de terreno, aumento en la firmeza de los suelos y evitará la erosión.
- Solicitar a la Municipalidad de Tecpán Guatemala, la creación de un muro de contención ubicada frente al río, para con esto evitar el continuo desbordamiento del mismo, que trae consigo todo tipo de escombros.
- Realizar reuniones con el Consejo Comunitario de Desarrollo (COCODE) de esta localidad, para solicitar a la municipalidad la creación y localización de drenajes apropiados para evitar inundaciones de calles y casas de este sector.
- Realizar con anticipación mantenimiento preventivo de todos los techos, canales y drenajes propios de la empresa, en los meses de marzo y abril, para evitar con ello problemas mayores durante la época de invierno.
- Durante época de invierno, revisar periódicamente el estado de los drenajes, techos y canales; en caso de algún deterioro proceder a repararlo para evitar problemas mayores.
- Mantener en buen estado y bien aisladas las instalaciones eléctricas.

- Mantener en orden y en buena ubicación los cables eléctricos de las fuentes de poder de cada maquinaria, para evitar accidentes del personal en su estación de trabajo y una mala evacuación en caso de una emergencia.
- Cubrir todas las fuentes de poder de las maquinarias con bolsas plásticas, para evitar que mojen totalmente o parte de ellas.
- Si el riesgo es mayor, evacuar inmediatamente la planta, evitando las zonas de alto riesgo y riesgo medio indicados en el plano de rutas de evacuación (ver figura 57).

Se deben tomar en cuenta los siguientes recursos disponibles y limitaciones:

- Escobas, palas, cubetas, etc., se encuentran ubicados en bodega de insumos.
- Bolsas plásticas para proteger fuentes de poder, ubicadas en bodega de insumos.
- Las fuentes de poder no se pueden ubicar en otra parte, porque pesan demasiado, cada una con un peso aproximado de 300 a 400 libras c/u.

3.3.4.2. Amenaza identificada: terremoto o sismo

Las características de esta amenaza son:

- No es predecible

- Puede ocasionar muerte
- Es poco frecuente
- Puede ser altamente destructivo

En relación con las condiciones de vulnerabilidad puede ocasionar:

- Caída de lámparas
- Caída de tuberías de aire comprimido y de instalación eléctrica
- Caída de producto terminado
- Caída de producto en proceso
- Caída de garrafones de agua pura.
- Derrame de líquido combustible e irritante
- Obstrucción de salidas de emergencia en las bodegas de materia prima y producto terminado
- Vidrios sin protección en pasillos del área de oficinas
- Muerte del personal

Son causas de riesgo las siguientes:

- Tubería de distribución área y lámparas colgantes distribuidas principalmente en toda el área de producción.
- Productos en terminado o en proceso, apilados de 2 hasta 3 cilindros de altura.
- Producto en proceso, apilados hasta 3 metros de altura en área de soldadura de arco sumergido.

- Golpes o lesiones del personal por obstrucción del camino y una deficiente evacuación.
- Cortaduras por fragmentos o astillas de vidrios rotos.

Se hacen las siguientes propuestas de solución:

- Evitar estar debajo de lámparas y tuberías de distribución.
- Evitar pasillos de bodega de materia prima y producto terminado.
- Verificar el estado de los ejes de suspensión de tuberías y lámparas.
- Asegurarse de la correcta apilada y almacenamiento de materiales y producto terminado.
- Asegurar vidrios con polarizado o cinta de protección para evitar rompimiento de estos y no se generen astillas que al contacto con el personal pueda causar lesiones.
- Asegurar los garrafones de agua pura mediante elementos de amarre y de igual forma constatar el adecuado anclaje de los estantes que almacenan dicho recurso.
- Instruir al personal en la forma de actuar de presentarse un terremoto.

Se deben tomar en cuenta los siguientes recursos disponibles y limitaciones:

- No se puede modificar la distribución y suspensión de tuberías y lámparas.
- No se puede modificar la forma de almacenaje, los ejes de suspensión son resistentes y se cuenta con amplios pasillos para evacuación del personal en caso de una emergencia.

3.3.4.3. Amenaza identificada: incendio

Son características de la amenaza las siguientes:

- No es predecible
- Puede ocasionar muerte
- Poca probabilidad de ocurrencia
- Puede ser altamente destructivo

Tomando en cuenta las condiciones de vulnerabilidad, estas pueden ocasionar:

- Pérdida total o parcial del edificio y todo dentro del mismo
- Rápida expansión
- Obstrucción de la visibilidad de las salidas de emergencia por la acumulación de humo
- Muerte del personal por quemadura o intoxicación
- Muerte del personal por contacto eléctrico
- Las áreas más vulnerables son la pintura y horno de cosido de pintura de cilindros y horno de tratamiento térmico

Son causas del riesgo las siguientes:

- Almacenaje de productos combustibles
- Fugas provenientes del contenedor de gas propano
- Mal llenado de los quemadores del horno de tratamiento térmico
- Cortos circuitos por mal mantenimiento de las instalaciones eléctricas
- Explosión de transformadores de energía eléctrica
- Reducción de visibilidad y respiración por acumulación de humo

Se hacen las siguientes propuestas de solución:

- Revisar y verificar periódicamente todas las instalaciones eléctricas y contenedores de gas para mantenerlas en buen estado.
- Capacitar al personal en procedimientos de evacuación en caso de incendio.
- Evacuar inmediatamente la planta, evitando pasillos cercanos del horno de cosido de pintura y horno de tratamiento térmico.
- Alejar materiales combustibles e inflamables del área de incendio.
- Instruir al personal en la forma de actuar de presentarse un incendio.

Se deben tomar en cuenta los siguientes recursos disponibles y limitaciones:

- Extintores distribuidos de forma conveniente en toda la planta.

- Materiales combustibles e inflamables son necesarios dentro de la planta.

3.3.5. Recursos propios de la empresa

Son todos los recursos con los que cuenta la empresa y pueden ser de gran utilidad en el momento menos esperado.

3.3.5.1. Recursos existentes

Para determinar los recursos con los que cuenta la empresa, se realizó un recorrido y conteo de los mismos en la bodega de insumos, área de oficinas, garita de seguridad y edificio de planta de producción. A continuación se detalla cada uno de ellos.

Tabla LV. **Materiales en bodega de insumos**

Cantidad	Descripción	Ubicación
Varios	Palos de escobas	Bodega de insumos
Varios	Trapeadores, trapos, Wipe. Toallas de tela.	
Varios	Cubetas	
Varios	Pintura para la señalización de la ruta de evacuación	
1	Teléfono de línea fija y celular.	
Varios	Lazo, pita plástica, fleje plástico	
Varios	Cinta adhesiva o de empaque	
5	Palas	
2	Barretas	
Varios	Papel higiénico	
Varios	Vasos desechables 8 onzas	
Varios	Bolsas plásticas.	
	Herramientas varias.	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. **Materiales de oficina**

Cantidad	Descripción	Ubicación
5	Computadoras de escritorio	Edificio de oficinas
	Internet	
3	Tijeras	
2	Rollo de cinta adhesiva	
6	Teléfonos	
Varios	Papelería y útiles de oficina	

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVII. **Materiales en garita de seguridad**

Cantidad	Descripción	Capacidad	Ubicación
1	Campana o timbre	---	Garita de seguridad
1	Teléfono para comunicación a oficinas	---	
1	Radio y televisión	---	
1	Estufa de mesa	2 hornillas	
1	Cilindro de gas propano	25 libras	
1	Calefactor	---	
1	Catre (camilla)	---	
2	Ponchos	---	
1	Garrafón de agua pura	19 litros.	

Fuente: elaboración propia.

La ubicación y uso adecuado de los extintores es un tema importante en el plan de repuesta a emergencias, el objetivo es lograr que todo el personal de la empresa sepa utilizar correctamente los extintores y la ubicación del extintor más cercano al área afectada. En la empresa cuenta con 6 extintores de tipo polvo ABC (ver tabla LIX).

El extintor de polvo químico seco ABC utilizado en el combate de incendios, provenientes de materiales combustibles, puede ser de madera, papel, cartón, cauchos, plásticos termoestables y sustancias de combustión rápida (gasolina) en espacios al aire libre.

Los extintores están ubicados en:

- Lugares estratégicos, con el fin de no poner en riesgo al operador al momento de su uso
- En lugares visibles y de fácil acceso
- En las rutas de escape o las salidas

Tabla LVIII. **Extintores en edificio de planta de producción**

Área	Número	Tipo	Capacidad
Bodega de insumos	E 1	ABC (polvo químico)	10 Libras
Corte y línea de tapas	E 2	ABC (polvo químico)	20 Libras
Mantenimiento mecánico	E 2	ABC (polvo químico)	10 Libras
Mantenimiento eléctrico	E 3	ABC (polvo químico)	10 Libras
Horno de tratamiento térmico	E 4	ABC (polvo químico)	20 Libras
Horno de cocido	E 5	ABC (polvo químico)	20 Libras

Fuente: elaboración propia.

Los botiquines se tienen como medida preventiva ante cualquier suceso o situación de emergencia que se presente dentro de las instalaciones. La empresa cuenta con un botiquín que contiene lo necesario para atención inmediata. El botiquín será responsabilidad de un integrante de la brigada de primeros auxilios el cual se encargará de mantener el control de los elementos del botiquín actualizado.

En la tabla LIX, se muestran los elementos básicos que actualmente hay en existencia y los que no hay dentro botiquín de primeros auxilios. En la figura 57 se puede observar la ubicación del botiquín dentro de la empresa.

Tabla LIX. **Botiquín de primeros auxilios**

Ubicación	En existencia		Faltante	
	Cantidad	Descripción	Cantidad	Descripción
Bodega de Insumos	½ rollo	Gasas	0	Micropore
	½ rollo	Algodón	0	Pomadas para quemaduras
	3 unidades	Vendas	0	TRIVELL (Gotas para ojos)
	½ paquete	Hisopos dobles	0	Analgésicos
	50 unidades	Baja lenguas	0	Diclofenaco
	½ Botella	Agua oxigenada	0	Aspirina Forte
	½ Litro	Alcohol	0	Panadol
	10	Curas	0	Acetaminofen
			0	Alka D
			0	Guantes de látex
			0	Tijeras punta redonda
		0	Manual de primeros auxilios	

Fuente: archivo de la empresa.

3.3.5.2. Recursos no existentes

- Camillas
- Botiquín básico para área de oficina
- Extintor ABC para área de oficinas 10 libras
- Señales de evacuación en área de oficinas y algunas en planta de producción

- Gorgoritos

3.3.5.3. Recursos externos (administrados o ubicados por otra institución)

A continuación se presentan los teléfonos de las instituciones de los recursos externos que posee la empresa:

Tabla LX. **Teléfonos de emergencia y de Instituciones de la comunidad**

Nombre de la institución	Dirección	Teléfono	Tipo de servicio ó ayuda	Nombre del encargado
COMRED	Tecpán Guatemala	5889-1614	Técnicos en reducción de riesgos	Eddy Yax
Bomberos Municipales	Tecpán Guatemala	7840-3744	Primeros Auxilios	Rodolfo Pinzón
Hospital	Tecpán Guatemala	7840-3867	Emergencias en General	

Fuente: elaboración propia.

3.3.6. Sistema de comunicación

La empresa cuenta con varios sistemas de comunicación, los cuales pueden ser utilizados por el personal para notificar una emergencia.

- Vía telefónica: cada uno de los que integra el personal administrativo posee un listado con los números de celulares y extensiones a teléfono de escritorio, de todo el personal que labora en la empresa.

- Campana: el personal de seguridad que se encuentre de turno al momento de una emergencia, está obligado a tocar la campana 3 veces seguidas, con esto se activará el plan de respuesta.

Se cuenta con los siguientes tipos de alarma:

- Aparato emisor del código de alarma: campana o timbre
- Tipo de códigos o señales: campanazos, silbatazos y señales de evacuación

3.3.6.1. Sistema de alerta

A continuación se presenta el sistema de alerta, el cual se clasifica en cuatro niveles de emergencia:

Tabla LXI. Sistema de alerta

Nivel de emergencia	Color de Alerta	Interpretación	Implicación
Normal	Verde	Situación normal, COLRED preparándose ante un desastre.	Situación normal, con acciones de monitoreo por parte de la COLRED
Bajo	Amarillo	Cuando se tenga el conocimiento de un posible efecto directo de un fenómeno	Estar informado del desarrollo del fenómeno y revisión del plan de respuesta o contingencia, también los recursos disponibles.

Continuación tabla LXI.

Medio	Naranja	Cuando la comunidad ya está siendo afectada por un fenómeno	Activación de las comisiones de la empresa, implementando todos los recursos existentes.
Alto	Rojo	Cuando la comunidad ya agotó su capacidad de respuesta. Solicita apoyo a nivel superior utilizando el sistema escalonado	Acciones de respuesta para salvaguardar las vidas de las personas en la comunidad. Solicitud de apoyo según el sistema escalonado.

Fuente: CONRED y elaboración propia.

3.3.7. Procedimiento en caso de emergencia

A continuación se describirá paso a paso el procedimiento en caso de alguna emergencia ocurrida en horas de trabajo regulares e irregulares

3.3.7.1. Emergencia durante horas de trabajo

- Paso 1: la persona que note la emergencia debe avisar al coordinador del comité de prevención y mitigación de riesgos, o en su caso, algún integrante de las brigadas para activar los procedimientos del plan de respuesta.

- Paso 2: el coordinador del comité de prevención y mitigación de riesgos o el jefe de planta debe clasificar el nivel de emergencia (nivel bajo, medio o alto). Dependiendo del nivel (nivel medio o alto) se activará el plan.
- Paso 3: activar el plan para alertar al personal. Cuando se activa el plan todo el personal debe asegurarse que las personas a su alrededor sepan que existe una emergencia.
- Paso 4: apagar equipos, maquinarias, bajar todos los flipones y colocar herramientas en lugares adecuados y asegurados.
- Paso 5: reportarse a las áreas de encuentro asignados por las rutas de evacuación y esperar instrucciones (ver figura 58).
- Paso 6: el coordinador de la brigada de comunicación y enlace o algún integrante de la brigada correspondiente, debe realizar la cuantificación de empleados en los puntos de encuentro. Utilizar listado de empleados.
- Paso 7: el coordinador del comité de comunicación y enlace o algún integrante de su brigada debe llamar a las autoridades pertinentes, dependiendo del tipo de emergencia.
- Paso 8: la brigada de prevención y combate de incendios debe realizar los procedimientos necesarios.
- Paso 9: la brigada de primeros auxilios debe realizar los procedimientos necesarios.
- Paso 10: las personas deben mantenerse en un lugar seguro, esperando que el personal autorizado realice la evaluación del área para determinar el retorno a las actividades.

- Paso 11: la emergencia finaliza cuando la condición irregular es controlada y la situación regresa a un estado de plena normalidad.
- Paso 12: el coordinador del comité de prevención y mitigación de riesgos debe elaborar un informe detallado del evento ocurrido.

Ante una emergencia se deben tomar las siguientes consideraciones:

- Dar la alarma por el medio más rápido posible (llamada telefónica, verbal, campana, etc.)
- Seguir las indicaciones del personal competente
- Ubicar los medios de salida
- No correr, caminar rápido cerrando puertas y ventanas
- No llevar mochilas u otros objetos que dificulten la movilidad de las personas
- No regresar al sector siniestrado
- El humo y los gases tóxicos suelen ser más peligrosos que el fuego, si al bajar se encuentra humo, descender de espaldas, evitando contaminar las vías respiratorias, ya que el humo asciende
- Evitar riesgos innecesarios
- Evitar el pánico
- Si se encuentra atrapado, colocar un trapo debajo de la puerta para evitar el ingreso de humo, en caso de incendio
- Una vez fuera del edificio, reunirse en un lugar seguro con el resto de las personas
- Dar información al personal de bomberos

3.3.7.2. Emergencia durante horas irregulares de trabajo

- Paso 1: los guardianes deben notificar a las autoridades pertinentes dependiendo del tipo de emergencia.
- Paso 2: los guardianes deben notificar al coordinador del comité de prevención y mitigación de riesgos o al gerente general de la empresa por medio telefónico.
- Paso 3: el encargado de la brigada de prevención y mitigación de riesgos notificará de ser necesario al gerente general o presidencia de la empresa por medio telefónico.
- Paso 4: si es necesario el coordinador del comité de prevención y mitigación de riesgos, gerente general o presidente se reportan a las instalaciones de trabajo.
- Paso 5: el coordinador del comité de prevención y mitigación de riesgos debe elaborar un informe detallado del evento ocurrido.

3.3.8. Rutas de evacuación y puntos de reunión

La empresa cuenta con 2 instalaciones (edificio de oficinas y edificio de planta de producción), cada uno con sus respectivas rutas de evacuación y un punto de encuentro general (ver figura 58). Este punto se encuentra localizado en área abierta y cercana a las edificaciones de la empresa.

Luego de que todo el personal se encuentre en su punto de encuentro, el coordinador del comité de comunicación y enlace debe:

- Organizar a su personal en el área.
- Realizar la cuantificación del personal utilizando la lista de empleados de su área.
- Contestar cualquier pregunta del personal.
- Informar al personal que se deben mantener en el punto de encuentro hasta ser notificado el estado de la emergencia, y reportar al coordinador general del comité de emergencias el estatus de lo ocurrido y el resultado del conteo del personal.

3.3.8.1. Cuantificación del personal

El coordinador del comité de comunicación y enlace es responsable de la cuantificación del personal en el punto de encuentro asignado. Los integrantes de la brigada de comunicación, jefe de planta de producción u otro coordinador de los comités de emergencias, sustituirán al coordinador del comité de comunicación y enlace en caso que no se encuentre presente; para realizar el conteo se debe utilizar la lista del control de entrada de la garita de cada día, brindada por el guardián de turno.

Figura 57. Plano general de la empresa, rutas de evacuación y punto de reunión



Fuente: elaboración propia, con programa Microsoft Office Visio 2003.

3.3.9. Respuesta en caso de una inundación

- Antes:
 - Investigar desastres pasados y la forma en que la comunidad respondió, esto con el fin de evitar cometer los mismos errores o mejorar la respuesta.
 - Participar en la organización de la Coordinadora Local para la Reducción de Desastres COLRED.
 - Elaborar un plan de respuesta ante emergencias y/o desastres.
 - Estar atento a la crecida del nivel del agua y de ser necesario evacuar a tiempo, siguiendo las instrucciones de las autoridades.
 - Cuidar el medio ambiente, siembra de árboles en los márgenes de los ríos, manejo adecuado de la basura, limpieza de causes de los ríos–dragado.
 - Realizar trabajos permanentes de limpieza de tragantes, alcantarillas, desagües y canales.
 - Colaborar en la preservación de obras de mitigación, tales como bordas o muros de contención.
 - Estar atentos a las informaciones meteorológicas, en caso de la presencia de ciclones tropicales o de lluvias intensas, causas principales que favorecen las inundaciones.

- Participar en simulaciones y simulacros de evacuación.
- Conocer las salidas de emergencia y puntos de reunión dentro de la empresa.
- Tener conocimientos básicos de primeros auxilios.
- Almacenar agua potable y de ser posible ropa y alimentos.
- Nunca subirse en las maquinarias, techos, ni árboles. Más segura es la evacuación a tiempo.
- Los documentos importantes y documentos personales deberán guardarse en bolsas plásticas para su protección.
- Reubicar los bienes de valor en la parte más alta y de mayor seguridad dentro de la empresa.
- Preparar el botiquín básico de primeros auxilios para mitigar cualquier evento o lesión que se presente.
- Desconectar de inmediato la electricidad y cerrar las llaves de suministro de gas u otro combustible, pues durante la inundación pueden ocurrir averías en los conductos.
- Mantener una lámpara de mano o linterna, radio portátil y suficientes pilas.

- Ubicar en un lugar visible los teléfonos de emergencia y de instituciones de la comunidad que brinden servicios en caso de emergencias.
- Cumplir con las indicaciones de las brigadas de emergencias o autoridades locales.
- Durante:
 - Antes de todo conservar la calma y seguir las instrucciones de las brigadas de emergencia o autoridades locales.
 - Activar el plan de respuesta de la empresa.
 - Escuchar las noticias de la radio portátil o televisión.
 - Activar el plan de evacuación y ubicarse en el punto de reunión indicado por la empresa.
 - Durante la evacuación el encargado de bodega debe llevar al punto de reunión: agua potable embotellada y botiquín de primeros auxilios (todo lo que pudiera ayudar a atender pequeñas emergencias).
 - Conocer y estar atento a la señal de alarma dada por el comité de emergencia.
 - No caminar en zonas inundadas.

- No cruzar causas de ríos.
- Alejarse de los postes y cables de electricidad.
- No tocar cables del tendido eléctrico caídos en áreas inundadas.
- Evacuar las áreas que puedan inundarse.
- Colaborar con las brigadas de emergencia y autoridades, en conservar y mantener las normas de convivencia.
- Después:
 - Mantenerse informado y siguiendo las instrucciones de las autoridades.
 - Asegurarse que el plan de respuesta ya haya sido desactivado por orden superior o cuando ya haya pasado el peligro.
 - Limpiar las sustancias tóxicas, inflamables u otras que se hayan derramado.
 - Alejarse de los cables eléctricos caídos.
 - No regresar a la empresa hasta que las brigadas de emergencia o autoridades se lo indiquen.
 - Evitar consumir agua y/o alimentos que hayan tenido contacto con la inundación.

- Apoyar a los heridos o lesionados con primeros auxilios (si está capacitado), o buscar ayuda con las autoridades de salud o brigadas de primeros auxilios.
- Comprobar en la empresa que no existan averías en las redes eléctricas, de gas y agua, antes de activarlas nuevamente.
- Colaborar con la apertura de desagües para evitar el estancamiento de agua que podría ocasionar daños a la salud.
- Eliminar los posibles criaderos de mosquitos.
- No tocar ningún cable, evitar caminar descalzo.
- No usar equipo eléctrico conectado en áreas mojadas.
- No penetrar en locales dañados con peligro de derrumbes.
- Notificar de forma inmediata a las autoridades, en caso de tener a una persona desaparecida.
- Apoyar las acciones de rehabilitación (evaluar daños, limpiar, descombrar, reconstruir, entre otros).

Debe recordarse que:

- Las emisoras de radio y televisión le facilitarán información respecto de la emergencia. Prestar atención.

- No propagar rumores o informaciones exageradas sobre la situación.

3.3.10. Respuesta en caso de un accidente eléctrico

- Antes:
 - Asegurarse que las oficinas tengan la instalación eléctrica en buenas condiciones.
 - Cuando sea preciso cambiar una lámpara, arreglar tomacorrientes, espiga, etc., corte la electricidad, utilizando el interruptor.
 - Cuando se realice reparación o mantenimiento a los motores, fuentes de poder, o cualquier tipo de maquinaria o herramienta, siempre verificar que no esté conectado en alguna fuente de energía.
 - Evitar tocar artefactos eléctricos en funcionamiento, cuando se encuentra con las manos mojadas.
 - Revisar periódicamente las espigas, cables y tomacorrientes para asegurarse de que estos se encuentran en perfecto estado.
 - Evitar conectar varios artefactos eléctricos a derivación triple; la sobrecarga en la línea puede provocar cortocircuitos y por consiguiente, producir un incendio.

- Al comprar un artefacto eléctrico, se debe asegurar que el mismo posea descarga a tierra, de lo contrario ante cualquier descarga eléctrica, la descarga a tierra puede ser la misma persona. Es conveniente que el mismo esté normalizado con doble aislación.
- Evitar realizar instalaciones eléctricas y reparaciones si no es especialista en el tema.
- Hacer revisar periódicamente la instalación eléctrica íntegramente por medio de un especialista en el tema.
- Al desenchufar un aparato, evitar tirar del cable; debe tomarse de la espiga para desconectarlo.
- No conectar aparatos que se hayan mojados.
- El disyuntor diferencial normalizado es un medio muy eficaz, que evita la electrocución y los riesgos de incendio.
- Si se llegara a observar algún cable cortado avisar inmediatamente a su empresa proveedora de energía eléctrica, trate de quedarse en el lugar para alertar a los demás. "en ningún momento toque el cable".
- Los enchufes y tomacorrientes que presenten picaduras o manchas deben ser reemplazados, ya que un mal contacto del mismo puede ocasionar una chispa y esto desencadenar en un incendio.

- Durante:
 - Como primera medida se debe dar la alarma, para que alguien acuda y se encargue de avisar al servicio médico de urgencia y a un electricista, mientras se trata de prestar auxilio al accidentado.
 - Si algún artefacto explota mientras está conectado, interrumpir el suministro de energía y luego desconectarlo.
 - En caso de que una persona accidentalmente esté recibiendo la descarga eléctrica, corte el suministro de electricidad, desconectar el artefacto, y si la persona está adherida aún, separar a la víctima con un palo seco. Verificar si respira y si tiene pulso. Practicar el auxilio correspondiente y solicitar ayuda.

- Después:
 - Como primera medida se debe dar la alarma, para que alguien acuda y se encargue de avisar al servicio médico de urgencia y a un electricista, mientras se trata de prestar auxilio al accidentado.
 - Antes de tocar al accidentado se debe cortar la corriente.
 - Cuando no sea posible desconectar la corriente para separar al accidentado, el socorrista deberá protegerse utilizando materiales aislantes, tales como madera seca, goma, etc.

- Se debe tener en cuenta las posibles caídas o despedidas del accidentado al cortar la corriente, poniendo mantas, abrigos, almohadas, etc. Para disminuir el efecto traumático.
- Si la ropa del accidentado ardiera, se apagaría mediante sofocación (echando encima mantas, prendas de lana, nunca acrílicas), o bien le haríamos rodar por la superficie en que se encontrase.

Debe recordarse que:

- Nunca se utilizará agua para apagar un incendio provocado por electricidad.

3.3.11. Respuesta en caso de terremoto

- Antes:
 - Plantearse cómo reaccionarían el personal de la oficina; revisar detalladamente los posibles riesgos que puedan existir en el trabajo.
 - En relación a la estructura del edificio, revisar, controlar y reforzar el estado de aquellas partes de las edificaciones que primero se puedan desprender, como chimeneas, aleros o balcones, así como de las instalaciones que puedan romperse (tendido eléctrico, conducciones de agua, gas y saneamientos).

- Enseñar al personal encargado cómo cortar el suministro eléctrico, de agua y gas.
- Asegurar al suelo o paredes las conducciones y bombas del gas, los objetos de gran tamaño y peso, estanterías, etc., y fijar los cuadros a la menor altura posible.
- Tener un especial cuidado con la ubicación de productos tóxicos o inflamables, a fin de evitar fugas o derrames.
- Tener a mano una linterna y un transistor (radio a pilas), así como pilas de repuesto para ambos, mantas, y cascos o gorros acolchados, para cubrirse la cabeza.
- Almacenar agua en recipientes de plástico, y alimentos duraderos.
- Durante:
 - La primera y primordial recomendación es mantener la calma y extenderla a los demás.
 - Mantenerse alejado de ventanas, cristaleras, cuadros, chimeneas y objetos que puedan caerse.
 - En caso de peligro, protegerse debajo de los dinteles de las puertas o de algún mueble sólido, como mesas o escritorios; cualquier protección es mejor que ninguna.

- Si alguien está en un gran edificio no precipitarse hacia las salidas, ya que las escaleras pueden estar congestionadas.
- Si una persona está en el exterior, mantenerse alejado de los edificios altos, postes de energía eléctrica y otros objetos que le puedan caer encima. Dirigirse a un lugar abierto.
- Si la persona va conduciendo, debe parar y permanecer dentro del vehículo, teniendo la precaución de alejarse de puentes, postes eléctricos, edificios dañados o zonas de desprendimientos.
- Después:
 - No mover indebidamente a los heridos con fracturas, a no ser que haya peligro de incendio, inundación, etc.
 - Si hay pérdidas de agua o gas, cerrar las llaves de paso y comunicarlo a la compañía correspondiente.
 - No encender fósforos, mecheros o artefactos de llama abierta, en previsión de que pueda haber escapes de gas.
 - Limpiar urgentemente el derrame de medicinas, pinturas y otros materiales peligrosos.
 - No andar por donde haya vidrios rotos, cables de luz, ni tocar objetos metálicos que estén en contacto con los cables.

- No beber agua de recipientes abiertos sin haberla examinado y pasado por coladores o filtros correspondientes.
- No utilizar el teléfono indebidamente, ya que se bloquearán las líneas y no será posible su uso para casos realmente urgentes.
- Infundir la más absoluta confianza y calma a todas la personas que tenga a su alrededor.
- Responder a las llamadas de ayuda de la policía, bomberos, protección civil, etc.

Debe recordarse que:

- Las emisoras de radio y televisión le facilitarán información respecto de la emergencia. Prestar atención.
- No propagar rumores o informaciones exageradas sobre la situación.

3.3.12. Respuesta en caso de incendio

- Antes:
 - Estar siempre alerta. La mejor manera de evitar los incendios, es la prevención.
 - Cuidar que los cables de lámparas, aparatos eléctricos, fuentes de poder, motores de maquinarias se encuentren en perfectas condiciones.

- No hacer demasiadas conexiones en contactos múltiples, para evitar la sobrecarga de los circuitos eléctricos. Redistribuir los aparatos o instalar circuitos adicionales.
- Todo contacto o interruptor debe tener siempre su tapa debidamente aislada.
- Por ningún motivo mojar sus instalaciones eléctricas. Recordar que el agua es buen conductor de la electricidad.
- Antes de irse revisar que los aparatos eléctricos estén apagados o perfectamente desconectados.
- Guardar los líquidos inflamables en recipientes cerrados y sitios ventilados.
- Revisar periódicamente que los tanques, tuberías, mangueras y accesorios del gas estén en buenas condiciones; colocar agua con jabón en las uniones, para verificar que no existan fugas. En caso de encontrar alguna, reportarla a quien le surte el gas.
- No sustituir los fusibles por alambre o monedas, ni usar cordones eléctricos dañados o parchados.
- Tener a la mano los teléfonos de los bomberos, cruz roja y brigadas de rescate.

- Durante:
 - Conservar la calma: no gritar, no correr, no empujar. Puede provocar un pánico generalizado. A veces este tipo de situaciones causan más muertes que el mismo incendio.
 - Buscar el extintor más cercano y tratar de combatir el fuego. Si no se sabe manejar el extintor, buscar a alguien que pueda hacerlo.
 - Si el fuego es de origen eléctrico no intentar apagarlo con agua.
 - Cerrar puertas y ventanas para evitar que el fuego se extienda, a menos que estas sean sus únicas vías de escape.
 - Si la puerta es la única salida, verificar que la chapa no esté caliente antes de abrirla; sí lo está, lo más probable es que haya fuego al otro lado de ella, no la abrirla.
 - En caso de que el fuego obstruya las salidas, no desesperarse y colocarse en el sitio más seguro. Espere a ser rescatado o utilice otra ruta de escape.
 - Si hay humo colocarse lo más cerca posible del piso y desplazarse "a gatas".
 - Taparse la nariz y la boca con un trapo, de ser posible húmedo.

- Si se incendia su ropa, no correr: tirarse al piso y rodar lentamente. De ser posible cubrirse con una manta para apagar el fuego.
 - No perder el tiempo buscando objetos personales.
 - En el momento del desalojo seguir las instrucciones del personal especializado.
 - Ayudar a salir a otros.
- Después:
 - Retirarse del área incendiada porque el fuego puede reavivarse.
 - No interferir con las actividades de los bomberos y rescatistas.

Recordar que:

- Las tragedias ocurren cuando falla la prevención.

4. FASE DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE

4.1. Diagnóstico de fase de enseñanza y aprendizaje

Uno de los problemas encontrados dentro de la empresa como se mencionó en el diagnóstico obtenido en el capítulo 2, es que tanto para el personal nuevo como el que posee tiempo dentro de la empresa, necesitan conocer nuevos métodos y/o técnicas para realizar su trabajo, debido a la costumbre de muchos años de realizar en una misma forma sus actividades, la desmotivación, no tener clara la misión y visión de la empresa, y no sentirse en pertenencia con la misma, afecta la productividad de los trabajadores y por ende de la empresa. Por tanto la capacitación en temas de producción y seguridad, orden y limpieza dentro de su ambiente de trabajo es lo más acordes para iniciar con una cultura de mejora continua.

Debido a que el objetivo principal del presente trabajo es la optimización del sistema de producción con la aplicación de técnicas de manufactura esbelta, es necesario que cada integrante de la empresa conozca, comprenda y aplique dentro de su trabajo los conocimientos de este nuevo concepto de producción, para tener la certeza de que las mejoras que sean propuestas logren los resultados esperados.

4.2. Planificación de las capacitaciones de manufactura esbelta

Para poder implementar esta nueva filosofía de producción, es necesario involucrar y capacitar a todo el personal de la empresa, con el objetivo de crear

conciencia en cada uno de ellos, ya que siempre hay una mejor forma de realizar su trabajo.

Con base al diagnóstico, a necesidades propias de la empresa y temas básicos y esenciales de la manufactura esbelta se definieron los temas y por consiguiente se elaboró una presentación, desarrollando los contenidos, procurando una fácil y divertida comprensión de lo que se desea transmitir. Esto con ayuda del software Microsoft Power Point.

A continuación se presenta una descripción de cómo se impartió cada uno de los temas escogidos.

- Introducción motivacional: la presentación inicia con una figura de un semáforo en el cual se muestran 3 colores (rojo, amarillo y verde); se describieron los comportamientos de las personas que se pueden encontrar en cualquier empresa. Comparando el color rojo con las personas a quienes se aplica la teoría X y el color verde, se refiere a las personas que se aplican en la teoría Y.
- Trabajo en equipo: en esta parte inicia con la comprensión de qué es un equipo de trabajo, además se muestran las ventajas y beneficios que este posee.
- Calidad: en esta parte se habla un poco de historia de la calidad desde los comienzos del hombre primitivo en mejorar sus armas o herramientas de supervivencia hasta hoy en día la importancia que esta tiene.

- Diferencia ente error y defecto: en esta parte se continúa ligando el concepto de calidad en relación con los errores que los operarios pueden tener en su trabajo diario y los defectos que se obtendrían si ellos no se dieran cuenta de ello.
- ¿Qué es la manufactura esbelta y el pensamiento esbelto?: en esta parte se introduce el concepto de lo que es la manufactura esbelta, sus objetivos y ventajas, además mostramos sus comienzos en la producción de los automóviles, también dándoles a entender las ventajas que se logran al producir únicamente lo que se necesita cuando y donde se requieran (pensamiento esbelto).
- Valor agregado y 8 desperdicios: en esta parte inicia con la comprensión de lo que es el valor agregado y luego se muestran gráficamente los 8 desperdicios que tienen mayor relevancia dentro de la producción de cualquier empresa; además, se conversa con ellos y se da el espacio para que opinen y compartan, si ellos han notado algunos de estos desperdicios dentro de la planta de producción.
- Metodología 9 ´S: en esta parte se describen las 9 ´s japonesas que permiten mantener un ambiente agradable y seguro de trabajo, y los beneficios al ser implementarlas en la vida cotidiana.
- Trabajo estándar: en esta parte se les platica y da a entender a cada persona el objetivo del estudio de tiempos que se ha llevado a cabo y cuál es su finalidad.

- Sistema de producción empujar y jalar: en esta parte se muestran los sistemas de producción jalar y empujar, mostrándoles cuáles son sus ventajas y desventajas respectivamente, e incentivándoles a que logran trabajar lo más flexible posible. En los apéndices se muestran las presentaciones mencionadas para la capacitación realizada.

4.2.1. Recursos necesarios para impartir las capacitaciones de manufactura esbelta

Los recursos necesarios para poder impartir satisfactoriamente las capacitaciones se presentan en la tabla LXIII.

Tabla LXII. Recursos utilizados en capacitación de manufactura esbelta

Recursos a utilizar	
Cantidad	Descripción
12	Sillas plásticas
1	Cañonera
1	Pantalla para proyecciones
1	Computadora portátil
1	Extensión eléctrica 10 mts.

Fuente: elaboración propia.

Debido a que la empresa cuenta con todo esto recursos mencionados no se vio la necesidad de realizar algún costo por compra o alquiler para hacer uso de ellos.

4.2.2. Costos de inversión

El costo efectuado corresponde a una hora extra para el personal del nivel administrativo, ver tabla LXIII.

Tabla LXIII. Costo de inversión para capacitaciones

Cantidad de personal	Costo por hora extra	Horas	Total invertido
9	Q 12.75	2	Q 229.5

Fuente: informe proporcionado en el departamento de recursos humanos de la empresa NIVI.

El costo por hora extra se obtiene mediante la tabla XXIX, con base en el salario mínimo establecido en el acuerdo gubernativo No. 520-2011.

4.3. Programación de las capacitaciones

Luego de definidos los temas, estimar recursos necesarios y costos. Se procede a establecer el lugar, días y horario en que se impartirán las capacitaciones.

Para dichas capacitaciones se solicitó la colaboración del gerente general y de recursos humanos para que aprueben y den el visto bueno al cronograma y los temas a desarrollar.

El gerente de recursos humanos acepto la responsabilidad de continuar con los objetivos de esta fase; debido a que las condiciones en la empresa no lo permitieron en esos momentos, se realizó únicamente una capacitación para el personal administrativo.

Para el personal administrativo, la sala de juntas se realizó la capacitación respectiva, y en el área de estufas se propone realizar las capacitaciones del personal administrativo.

Tabla LXIV. **Cronograma de capacitación de manufactura esbelta**

Cronograma capacitación de manufactura esbelta			
Fecha	Grupo	Horario	Horas
01/09/2011	Grupo 1, personal administrativo	4:00 pm a 6:00 pm	2
02/09/2011	Grupo 2, personal operativo	4:00 pm a 6:00 pm	2
05/09/2011	Grupo 2, personal operativo	4:00 pm a 6:00 pm	2
06/09/2011	Grupo 2, personal operativo	4:00 pm a 6:00 pm	2

Fuente: elaboración propia y recursos humanos NIVI

Figura 58. **Capacitación de personal**



Fuente: capacitación en las instalaciones de NIVI.

CONCLUSIONES

1. Optimizar el sistema de producción de cilindros para GLP, aplicando la manufactura esbelta, aumenta la productividad y mejora la calidad, reduce el tiempo de entrega y el producto es terminado a tiempo; se mejoran las condiciones de trabajo y se desarrolla de manera más segura, el personal es más productivo, motivado y capacitado, hace que la empresa sea más competitiva en este mundo globalizado y aumenta la confianza del cliente.
2. La falta de estandarización del trabajo provocaba que la planificación de la producción no se realizara como lo establecido, manteniendo problemas ocultos y una baja productividad de la mano de obra, por ello se realizó el estudio de tiempo para todas las áreas y líneas de producción, obteniendo estándares justos, los cuales serán bases sólidas para tomar cualquier tipo de decisión y aplicarlos en circunstancia que los ameriten.
3. La falta de balanceo de las cargas de trabajo y a la forma tradicional de trabajo por lotes, manteniendo el sistema empujar, provocaba la existencia de los ocho desperdicios; se realizaron los balanceos respectivos para cada línea y área de producción, equilibrando todas las cargas de trabajo al tiempo Takt (ritmo de producción) planificado para esta capacidad de cilindros teniendo como resultado un flujo más suave y constante, con una clara disminución de los ocho desperdicios.

4. La mano de obra en el área de producción inicialmente contaba con 33 operarios, a pesar del esfuerzo que ellos realizaban no lograban completar la meta diaria de producción; mediante el balanceo propuesto, se obtiene que el personal óptimo necesario es de 37, permitiendo cumplir con las metas propuestas.
5. Al analizar la situación actual del área de producción se estableció que no existía algún dato o documento que permitiera conocer la capacidad disponible de la planta de producción ni mucho menos para la capacidad de cilindros en estudio; por lo cual se procedió a determinarla para cada línea y área del sistema de producción, permitiendo con esto identificar y establecer las áreas con oportunidad a mejorar.
6. Al no existir alguna información de la capacidad disponible de las diferentes áreas y líneas de la planta de producción, por ende no conocen las restricciones del sistema (cuellos de botella), ni mucho menos se tiene un control de los mismos. Gracias a los datos obtenidos en las tablas de capacidad de la planta, en antes y después de las propuestas, en los gráficos se muestra información sorprendente y reveladora de la ubicación de él o los cuellos de botella, permitiendo con esto tomar decisiones rápidas y proponer mejoras para optimizar la continuidad y estabilidad del sistema.
7. Con base en los estudios de tiempo y la determinación de la capacidad disponible de cada área y línea de la planta de producción, comparando un antes y un después de la propuesta, se establece un incremento aproximado del 109% de la productividad

parcial mano de obra tota del sistema, permitiendo un mejor aprovechamiento del recurso utilizado para la fabricación de cilindros.

8. Mediante la técnica de observación y con los estudios de tiempos, se determinó que dentro de la planta de producción existen claramente los ocho desperdicios (sobreproducción, transporte, espera, exceso de inventario, procesos inapropiados, defectos, movimientos y talento humano), provocando una baja productividad de todo el sistema de producción; por ello, al efectuar las mejoras desarrolladas en el presente trabajo se redujo considerablemente la mayor parte de estos desperdicios, obteniendo una reducción del inventario, flujo de lotes más pequeños, mejor comunicación entre estaciones, identificación pronta de los defectos y flujo más continuo y balanceado, mejorando la seguridad del recurso humano y creando un ambiente más flexible y cómodo de trabajo.
9. Como se sabe, la empresa ha logrado sobrevivir a varios desastres naturales, como lo fue la tormenta Agatha; esta causó destrucción dentro de la empresa y lugares aledaños. debido a que no estaba preparada para estos siniestros; por ello, se creó una propuesta para un plan de contingencia ante desastres, conformando un comité y brigadas de emergencias, y guías sobre qué hacer en caso de una inundación, terremoto, incendio y accidentes eléctricos, permitiendo con esto dar respuesta inmediata ante cualquier eventualidad.
10. Adicionando al plan de contingencia ante desastres se elabora un plano general de la empresa donde se indican y señalan las rutas de evacuación y puntos de reunión; esto permitirá ante cualquier

siniestro que el recurso humano se movilice de manera ordenada hasta un lugar seguro.

11. Debido a que el objetivo principal del presente trabajo es la optimización del sistema de producción con la aplicación de técnicas de manufactura esbelta, es necesario que cada integrante de la empresa conozca, comprenda y aplique dentro de su trabajo los conocimientos de este nuevo concepto de producción, para tener la certeza de que las mejoras que sean propuestas logren los resultados esperados.

RECOMENDACIONES

1. El gerente de Producción, deberá ejecutar las propuestas contenida en este trabajo de graduación, para lograr que las operaciones de las diferentes líneas y áreas de producción sean más eficientes, con costos mínimos y cero desperdicios, brindando así un enfoque que la oriente al uso inteligente de todos los recursos, y por sobre todo, de los conocimientos y habilidades de su personal.
2. Se propone al gerente de Recursos Humanos capacitar contantemente a todo el personal de la empresa, reforzando las técnicas y/o herramientas utilizadas en el periodo de EPS e Introducir otras herramientas y/o técnicas de manufactura esbelta, tales como: *kanban*, mantenimiento preventivo total, *poka yoke*, SMED y células de manufactura, ajustándolas siempre según las condiciones de la empresa, para la mejora continua de los procesos.
3. El gerente general deberá expandir la filosofía de manufactura esbelta a todas las áreas de la empresa, con la finalidad de generar beneficios tales como: reducción dramática de los plazos para diseñar y fabricar los productos, mejoramiento de la calidad y eficiencia del trabajo, mayor flexibilidad para responder al mercado y reducción de inventarios.
4. La empresa deberá hacer constantes estudios de tiempos y los balanceos, ya que poco a poco se van agregando maquinaria o

herramientas nuevas, la cuales agilizan el trabajo; por tal razón, es necesario hacer un nuevo ajuste para que exista el flujo o la carga de trabajo óptima para eliminar cualquier tiempo de desperdicio y tiempo de ocio.

BIBLIOGRAFÍA

1. ALEMÁN LARRAÑAGA, Douglas Manuel. *Implementación de procedimientos de trabajo para la Empresa industria metal mecánica NIVI*, S.A. Universidad Galileo, Facultad de Ciencias, Tecnología e Industria, 2009. 150 p.
2. CONRED. *Desastres, Guía de prevención* [en línea] <http://cidbimena.desastres.hn/filemgmt/files/guia.pdf> [Consulta: junio de 2011].
3. _____ . *Organización del comité escolar de gestión para la reducción del riesgo.* [en línea] <http://conred.gob.gt/index.php?option=com_zoo&task=item&item_id=2&Itemid=116> [Consulta: julio de 2011].
4. _____ . *Norma de reducción de desastres número dos -NRD2-, acuerdo 04-2011.* [en línea] <[http://www.conred.gob.gt/documentos/secretaria-ejecutiva/ACUERDO-GUBERNATIVONRD2 -Consejo.pdf](http://www.conred.gob.gt/documentos/secretaria-ejecutiva/ACUERDO-GUBERNATIVONRD2-Consejo.pdf)> [Consulta: 2 de agosto de 2011].
5. DÍAZ DEL CASTILLO RODRÍGUEZ, Felipe. *Lecturas de manufactura seis, manufactura esbelta.* [en línea] México: Cuautitlán Izcalli, 2009. 36p. <<http://profefelipe.mex.tl/imagesnew/4/6/9/5/1/ MANUFACTURA%20ESBELTA.pdf>> [Consulta: abril de 2011].

6. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del Trabajo: ingeniería de métodos y mediación del trabajo*. 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
7. ITSON, THE UNIVERSITY OF ARIZONA, REDICODER. *Balanceo de líneas utilizando herramientas de manufactura esbelta*. [en línea] Revista El Buzón de Pacioli, número especial 74, 2011. 22 p. <[http:// www.itson.mx/pacioli](http://www.itson.mx/pacioli)> [Consulta: junio de 2011].
8. LÓPEZ RODRÍGUEZ, Evelyn Mariela. *Propuesta para la implementación de manufactura esbelta en una línea de ensamble, de una empresa dedicada a la Industria metal mecánica*. Trabajo de graduación de Ing. Mecánica Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería. 2006. 163 p.
9. MONOGRAFÍAS. Manufactura esbelta [en línea] <<http://www.monografias.com/trabajos14/manufacturaesbeta.stml>> [Consulta: 11 de julio de 2011].
10. NIEBEL, Benjamin; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería Industrial, métodos, estándares y diseño del trabajo*. 11a ed. México: Alfaomega, 2004. 745 p.
11. PYME. *Brigada de emergencias*. [en línea] <http://www.sitiomipyme.com.ar/Pdfs-nsejosUtiles/Brigada_Emergencia.pdf> [Consulta: 5 de mayo de 2011].

12. REYES AGUILAR, Primitivo, *Manufactura delgada (lean) y seis sigma, en empresas mexicanas y reflexiones, revista y contaduría y administración.* [en línea] No. 225, 2002. <<http://www.ejournal.unam.mx/rca/205/RCA20505>> [Consulta: mayo de 2011].
13. SHARE de Guatemala. *Programa de seguridad alimentaria mejorada (SAM), introducción a la gestión de riesgos, manual 1.* Estados Unidos: USAID, 2008. 32 p.
14. YAX, Eddy Rolando. *Guía de un plan local de respuesta.* Municipalidad de Tecpán Guatemala: Oficina de Gestión para la Reducción de Riesgos ante Desastres (GRRD), 2011. 9 p.

APÉNDICES

Apéndice 1. Capacitación de manufactura esbelta

	<p>Personalidad</p> <p>Los Rojos</p> <p>Los Amarillos</p> <p>Los Verdes</p>	<p>¿Trabajo en equipo?</p> 
<p>TRABAJO EN EQUIPO ES:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Encaminarse en la misma dirección. • Estar dispuesto a sacrificar intereses personales por el bien común. • Confiar en los compañeros. • Tener y creer en un objetivo común. • Compartir información y recursos. • Sentir como suyos los problemas de los otros miembros. 	<p>TRABAJO EN EQUIPO</p>  <p>Para ser un excelente equipo, sus miembros dejan su "yo" y lo reemplazan por un "nosotros".</p>	
<p>VENTAJAS DEL TRABAJO EN EQUIPO</p> <ul style="list-style-type: none"> • Se trabaja con menos tensión. • Se mejora la comunicación entre los miembros. • Se comparte la responsabilidad. • Se cumplen las metas de la empresa. • Se experimenta la sensación de un trabajo bien hecho. • Se comparten los premios y reconocimientos. 	<p>El trabajo en equipo siempre da buenos frutos</p> 	

Continuación del apéndice 1.

<p style="text-align: center;">EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD</p> <p>La historia de la humanidad está directamente ligada con la calidad desde tiempos remotos, el hombre primitivo al construir sus armas, observó las características del producto y enseguida procuró mejorarlo.</p> <p>Durante la Edad Media surgen mercados con base en el prestigio de la calidad de los productos, se popularizó la costumbre de ponerles marca y con esta práctica se desarrolló el interés de mantener una buena reputación.</p>	<p style="text-align: center;">EVOLUCIÓN DE LA CALIDAD</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 10px; text-align: center;"> <p>¿Qué es calidad?</p> <p>Es la habilidad que tiene un producto de satisfacer o exceder las necesidades o expectativas del cliente.</p> </div>
<p style="text-align: center;">ERROR VRS DEFECTO</p> <p style="text-align: center;">¿Cuál es la diferencia entre Error y Defecto? ¿Hay alguna?</p> <p><input type="checkbox"/> Causa → Resultado <input type="checkbox"/> Error → Defecto</p> <p><input type="checkbox"/> Equivocaciones → El producto está incorrecto, Dañado e incompleto.</p> <p>Un Error: acto mediante el cual, debido a la falta de conocimiento, deficiencia o accidente, nos desviamos o fracasamos en alcanzar lo que se debería de hacer.</p> <div style="border: 1px solid black; background-color: #f4a460; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 10px;"> <p>Los errores son las causas de los resultados Defectos son resultados</p> </div>	<p style="text-align: center;">Tipos de errores causados por el factor humano en las operaciones</p> <ul style="list-style-type: none"> • Olvido y/o descuido de la persona. • Mal entendimiento. Un entendimiento incorrecto/inadecuado. • Principiante. Por falta de experiencia de la persona. • Errores a propósito por ignorar reglas ó políticas. • Falta de estándares. Falta de documentación en procedimientos o estándares de operación(es) o sistema. • Sorpresas. Por falta de análisis de todas las posibles situaciones que pueden suceder y se de la sorpresa. 
<p style="text-align: center;">Industrias NIVI </p> <p style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Manufactura Esbelta</p> <p style="font-size: 0.8em; margin-top: 20px;">Elaborado por :Edgar Rudy Sánchez Román</p>	<p style="text-align: center;">¿QUÉ ES LA MANUFACTURA ESBELTA?</p> <ul style="list-style-type: none"> • Manufactura esbelta (lean), es un sistema y filosofía de mejoramiento de procesos de manufactura, basado en la eliminación de desperdicios y actividades que no agregan valor al proceso y/o producto. • Permitiendo alcanzar resultados inmediatos en la productividad, competitividad y rentabilidad de la empresa. 

Continuación del apéndice 1.

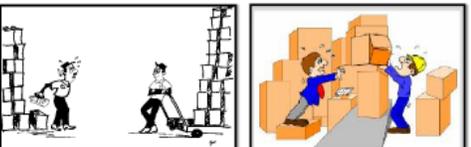
<ul style="list-style-type: none"> • La manufactura esbelta nació en Japón y fue concebida por los grandes gurús del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos. • La filosofía de la manufactura esbelta se basada en: <ul style="list-style-type: none"> ◦ La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio ◦ Mejora continua: Kaizen ◦ La mejora consistente de productividad y calidad 	<p style="text-align: center;">BENEFICIOS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Reducción de 50% en costos de producción • Reducción de inventarios • Reducción del tiempo de entrega (lead time) • Mejor calidad • Menos mano de obra • Mayor eficiencia de equipo • Disminución de los desperdicios 
<p style="text-align: center;">ALGO DE HISTORIA</p> <ul style="list-style-type: none"> • El punto de partida de la producción ajustada es la producción en masa. Durante la primera mitad del siglo XX se contagió a todos los sectores la producción en masa, inventada y desarrollada en el sector del automóvil. 	<p style="text-align: center;">FORDISMO</p>  <p style="text-align: right;"><i>LO LLAMABAN EL AUTO DEL HOMBRE COMÚN</i></p> <p style="text-align: center;"><i>EL MISMO HENRY FORD LO LLAMABA EL AUTO DE LAS GRANDES MASAS</i></p>
<p style="text-align: center;">CUANDO FORD CREO EL MODELO T, EL MONTAJE LLEVABA 13 HRS.</p>  <p style="text-align: center;">CINCO AÑOS DESPUES PRODUCIA UN VEHICULO CADA 90 SEGUNDOS.</p>	<p style="text-align: center;">PERO EL VERDADERO INVENTO NO ERA EL AUTO...</p>  <div style="border: 1px solid red; padding: 5px; text-align: center; color: red;"> <p>ERA LA FORMA DE PRODUCIRLO. LA LÍNEA DE PRODUCCIÓN. LA PRODUCCIÓN EN LÍNEA, EN MASA.</p> </div>

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 2. Valor agregado y los siete desperdicios

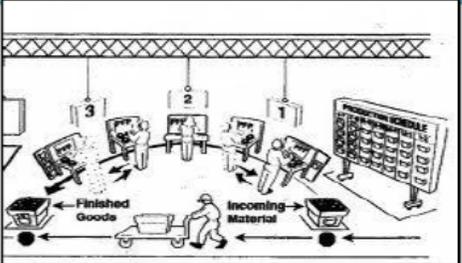
<p style="text-align: right;">Industrias NIVI</p> <h1 style="text-align: center;">VALOR AGREGADO Y LOS 7 DESPERDICIOS</h1> <p style="text-align: left; font-size: small;">Edgar Rudy Sánchez Román</p>	<h3 style="text-align: center;">¿Qué es el Valor Agregado?</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Son todos los procesos, operaciones o actividades productivas que cambian la forma, ajustan y/o dan función al producto para cumplir con las especificaciones y/o expectativas del Cliente. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; background-color: #e0f0e0;"> <p>Es todo aquello que el cliente está dispuesto a pagar.</p> </div>		
<h3 style="text-align: center;">Valor agregado Vs. Valor no agregado</h3> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades que dan valor al producto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cortar ○ Embutir ○ Doblar ○ Prensar ○ Estampar ○ Soldar ○ Granallar ○ Templar ○ Pintar ○ Etc. </td> <td style="width: 50%; padding: 5px;"> <ul style="list-style-type: none"> • Actividades que no dan valor al producto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Transportar piezas ○ Acomodar piezas ○ Ajustar partes ○ Inspeccionar piezas ○ Esperar piezas ○ Caminar hacia las herramientas ○ Buscar herramientas ○ Etc. </td> </tr> </table>	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades que dan valor al producto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cortar ○ Embutir ○ Doblar ○ Prensar ○ Estampar ○ Soldar ○ Granallar ○ Templar ○ Pintar ○ Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades que no dan valor al producto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Transportar piezas ○ Acomodar piezas ○ Ajustar partes ○ Inspeccionar piezas ○ Esperar piezas ○ Caminar hacia las herramientas ○ Buscar herramientas ○ Etc. 	<h3 style="text-align: center;">Desperdicio</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Es todo aquel elemento que NO AGREGA VALOR al producto, adicionando únicamente costos y/o tiempo. • Es todo aquello que el cliente NO ESTÁ DISPUESTO A PAGAR.
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades que dan valor al producto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Cortar ○ Embutir ○ Doblar ○ Prensar ○ Estampar ○ Soldar ○ Granallar ○ Templar ○ Pintar ○ Etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • Actividades que no dan valor al producto: <ul style="list-style-type: none"> ○ Transportar piezas ○ Acomodar piezas ○ Ajustar partes ○ Inspeccionar piezas ○ Esperar piezas ○ Caminar hacia las herramientas ○ Buscar herramientas ○ Etc. 		
<h3 style="text-align: center;">7 Desperdicios</h3> <ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Sobreproducción</i> 2. <i>Transporte</i> 3. <i>Tiempo de espera</i> 4. <i>Sobre-procesamiento o procesos inapropiados</i> 5. <i>Exceso de inventario</i> 6. <i>Defectos</i> 7. <i>Movimientos innecesarios</i> 	<h3 style="text-align: center;">1. Sobreproducción</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Procesar artículos más temprano o en mayor cantidad que la requerida por el cliente. Se considera como el principal y la causa de la mayoría de los otros desperdicios. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; background-color: #e0f0e0; margin-bottom: 10px;"> <p>Ejemplos: • Producir en mayores cantidades para evitar preparaciones.</p> </div> 		

Continuación del apéndice 2.

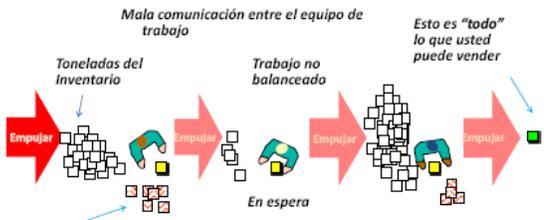
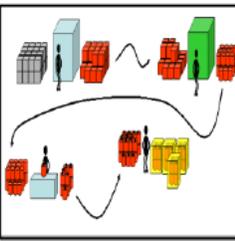
<p style="text-align: center;">2. Transporte</p> <ul style="list-style-type: none">• Mover trabajo en proceso (<i>WIP</i>) de un lado a otro, incluso cuando se recorren distancias cortas. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"><p>También incluye el movimiento de materiales, partes o producto terminado hacia y desde el almacenamiento.</p></div> 	<p style="text-align: center;">3. Tiempo de espera</p> <ul style="list-style-type: none">• Cualquier demora entre el final de un proceso y el inicio de la siguiente actividad. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"><p>Ejemplos:</p><ul style="list-style-type: none">○ Operarios esperando por información o materiales para la producción.○ Esperas por averías de máquinas○ Espera por inspección</div> 
<p style="text-align: center;">4. Sobre-procesamiento o Procesos Inapropiados</p> <ul style="list-style-type: none">• Usar más energía o actividad de la necesaria para producir un producto o agregarle más valor que el que los clientes están dispuestos a pagar. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"><p>Ejemplos:</p><ul style="list-style-type: none">○ cubrir los tiempos de espera.○ Herramientas no adecuada o mal diseñada.</div> 	<p style="text-align: center;">5. Exceso de inventario</p> <ul style="list-style-type: none">• Excesivo almacenamiento de materia prima, producto en proceso y producto terminado. El principal problema con el exceso inventario radica en que oculta problemas que se presentan en la empresa. 
<p style="text-align: center;">6. Defectos</p> <ul style="list-style-type: none">• Repetición o corrección de procesos, también incluye re-trabajo en productos no conformes, faltantes o devueltos por el cliente. 	<p style="text-align: center;">7. Movimientos innecesarios</p> <ul style="list-style-type: none">• Cualquier movimiento que el operario realice aparte de agregarle valor al producto. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content;"><p>Ejemplos:</p><ul style="list-style-type: none">○ Consiguiendo insumos, buscando, escogiendo, agachándose, etc.○ Levantar cajas de partes.○ Alcanzar herramientas.○ Incluso caminar innecesariamente es un desperdicio.</div> 

Fuente: elaboración propia.

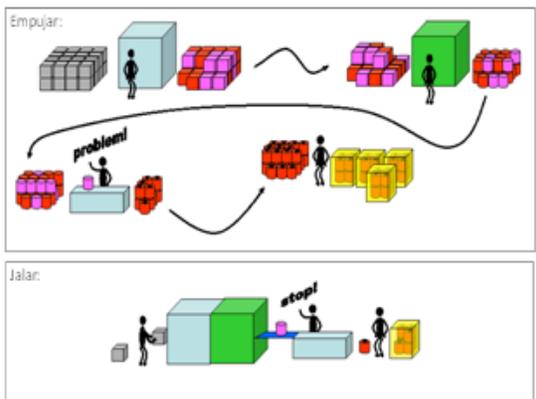
Apéndice 3. Elementos del trabajo estándar

<p style="text-align: right;">Industrias NIVIO</p> <h2 style="text-align: center;">ELEMENTOS DEL TRABAJO ESTANDAR</h2> <p style="text-align: left; font-size: small;">Edgar Rudy Sánchez Román</p>	<h3 style="text-align: center;">TRABAJO ESTANDAR</h3> <p>Una descripción precisa de cada actividad de trabajo, incluyendo tiempo de ciclo y tiempo Tack, la secuencia de cada actividad y la cantidad mínima de inventario de piezas a la mano para realizar la operación.</p> 
<h3 style="text-align: center;">TRABAJO ESTANDAR</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Es garantizar que en las operaciones siempre se elaboren los productos de la misma manera. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>El trabajo estándar se compone de tres elementos, los cuales son:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempo Takt (ritmo de producción) • Secuencia de trabajo estándar • Trabajo o Inventario en Proceso Estándar (SWIP) </div>	<p style="text-align: right;">TRABAJO ESTANDAR</p> <h3 style="text-align: center;">TIEMPO TAKT</h3> <ul style="list-style-type: none"> • Es igual al “ ritmo”, en segundos por pieza que la planta debe mantener para cumplir la demanda del cliente. <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <p>Es decir que tan seguido se debe producir un producto o parte, basado en las ventas para cumplir los requerimientos del cliente.</p> </div> 
<p style="text-align: right;">TRABAJO ESTANDAR</p> <h3 style="text-align: center;">TIEMPO TAKT</h3> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> • Se calcula dividiendo el tiempo de producción disponible entre la cantidad total requerida (o la demanda del cliente por turno). </div> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0; text-align: center;"> $\text{Tiempo Takt} = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Demanda del Cliente}}$ </div>	<p style="text-align: right;">TRABAJO ESTANDAR</p> <h3 style="text-align: center;">SECUENCIA DEL TRABAJO ESTÁNDAR</h3> <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin: 10px 0;"> <ul style="list-style-type: none"> • Es el orden en que el trabajo es llevado a cabo. </div> 

Continuación del apéndice 3.

<p style="text-align: right;">TRABAJO ESTÁNDAR</p> <h3 style="text-align: center;">SECUENCIA DEL TRABAJO ESTÁNDAR</h3> <p>• El diseño de típico de una empresa suele verse como un mundo de espagueti.</p>  <p style="text-align: center;">Ensamble Componentes Partes de piezas Proceso</p>	<p style="text-align: right;">TRABAJO ESTÁNDAR</p> <h3 style="text-align: center;">SECUENCIA DEL TRABAJO ESTÁNDAR</h3> <p>Problemas comunes si la secuencia de trabajo no es definida:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tiempos de ciclo cambiantes o fluctuantes • Problemas de calidad • Se pueden brincar operaciones en el proceso • Uso inadecuado de maquinarias • Accidentes.
<p style="text-align: right;">TRABAJO ESTÁNDAR</p> <h3 style="text-align: center;">TRABAJO ESTANDAR EN PROCESO (SWIP)</h3> <p>• Es determinar la cantidad mínima de piezas, partes, componentes, etc., necesarias para mantener un flujo suavizado en el proceso.</p>	<p style="text-align: right;">TRABAJO ESTÁNDAR</p> <h3 style="text-align: center;">SISTEMAS DE PRODUCCIÓN</h3> <p>• Los sistemas de producción son de dos tipos:</p> <p style="text-align: center;">“Empujar” y “Jalar”</p>
<h3 style="text-align: center;">SISTEMAS DE PRODUCCIÓN “EMPUJAR”</h3>  <p style="text-align: center;"><i>Mala comunicación entre el equipo de trabajo</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Esto es "todo" lo que usted puede vender</i></p> <p style="text-align: center;"><i>Problemas que no se pueden arreglar</i></p> <p style="text-align: center;"><i>El sistema de "empujar" se ve bien porque todos se ven "ocupados" pero hay muchos "materiales" por todos lados y muchos problemas escondidos.</i></p>	<h3 style="text-align: center;">SISTEMAS DE PRODUCCIÓN “EMPUJAR”</h3> <p>DESVENTAJAS:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Falta de transparencia • Problemas ocultos por el inventario • Defectos descubiertos tarde (afectando a grandes volúmenes) • Esperas • Falta de comunicación entre puestos o estaciones de trabajo • Plazos de entrega largos 

Continuación del apéndice 3.

<h3 style="text-align: center;">SISTEMA DE PRODUCCIÓN "JALAR"</h3> <p>El sistema jalar consiste en que un producto en proceso no sea pasado a la operación siguiente hasta que está se libera, de esta manera solo se produce lo que se demanda, evitando cuellos de botella.</p>	<h3 style="text-align: center;">SISTEMA DE PRODUCCIÓN "JALAR"</h3> <p>En un sistema de producción de "jalar", el ritmo de las operaciones es dictado por la demanda del cliente y el trabajo es balanceado.</p> 
<h3 style="text-align: center;">EMPUJAR VRS. JALAR</h3> 	<ul style="list-style-type: none"> • Como vemos, la fabricación por lotes puede provocar haber fabricado muchas piezas defectuosas antes de darnos cuenta del error. • Por otra parte, en el flujo de una pieza no solo se detecta inmediatamente el error, sino que al haberse acoplado y mejorado la comunicación entre puestos, la solución se aplica de manera más rápida y eficiente.

Fuente: elaboración propia.

Apéndice 4. Metodología 9 S's



Metodología 9 S's

Edgar Rudy Sánchez Román

¿Qué es la Metodología 9 s's?

- La Metodología 9S's, consiste en actividades de orden y limpieza en el lugar de trabajo, que por su sencillez permiten la participación de pequeños grupos a lo largo y ancho de la compañía, los cuales con su aporte contribuyen a incrementar la productividad y mejorar el ambiente de trabajo.

¿CUALES SON LAS 9 S'S?

	ESPAÑOL	JAPONES	Comience en su sitio de trabajo
CON LAS COSAS	CLASIFICACIÓN ORGANIZACIÓN LIMPIEZA	SEIRI SEITON SEISO	1. Mantenga sólo lo necesario 2. Mantenga todo en orden 3. Mantenga todo limpio
CON USTED MISMO	BIENESTAR PERSONAL DISCIPLINA CONSTANCIA COMPROMISO	SEIKETSU SHITSUKE SHIKARI SHITSUKOKU	Y ahora...¿Cómo está usted? 4. Cuide su salud física y mental 5. Mantenga un comportamiento confiable 6. Persevere en los buenos hábitos 7. Vaya hasta el final en las tareas
CON LA EMPRESA	COORDINACIÓN ESTANDARIZACIÓN	SESHOO SEDO	Pero...no lo haga solo! 8. Actúe en equipo con sus compañeros 9. Unifique a través de normas

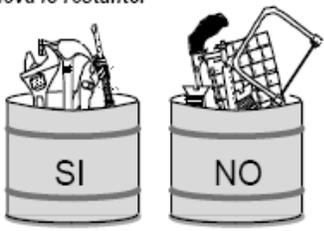
1. SEIRI- CLASIFICAR

- Clasificar es distinguir y separar en su lugar de trabajo todos los elementos que son necesarios, de los que no lo son, como herramientas, equipos, materiales, piezas, etc.

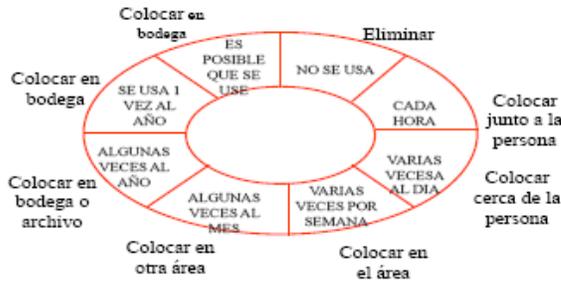


- ¿Cómo sé que eliminar?
- ¿Cuáles principios entran en juego?

Determine que es necesario para realizar el trabajo y remueva lo restante.



Una vez seleccionado lo necesario, se puede clasificar por frecuencia de uso:



Continuación del apéndice 4.

<p>2. SEITON- ORDENAR U ORGANIZAR</p> <ul style="list-style-type: none"> • Es mantener las cosas necesarias en forma ordenada, identificadas y de fácil acceso, con el objetivo de eliminar la búsqueda de las cosas. <p>Es decir: "Un lugar para cada cosa y cada cosa en su lugar"</p> 	<p>3. SEISO - LIMPIEZA</p> <ul style="list-style-type: none"> • Eliminar todo tipo de contaminación. Por ejemplo, suciedad, polvo, fluidos y otros escombros. • Identificar las anomalías y sus causas, y buscar los medios para eliminarlas. 
<p>4. SEIKETSU-BIENESTAR PERSONAL</p> <ul style="list-style-type: none"> • El bienestar personal es el estado en que la persona puede desarrollar de manera fácil y cómoda todas sus funciones. <p>Consiste en mantener la "Limpieza" mental y física de cada uno.</p> 	<p>5. SHITSUKE – DISCIPLINA</p> <ul style="list-style-type: none"> • La disciplina es el apego a un conjunto de leyes o reglamentos que rigen ya sea a una comunidad, a la empresa o a nuestra propia vida; • la disciplina es orden y control personal que se logra a través de un entrenamiento de las facultades mentales, físicas o morales. Su práctica sostenida desarrolla en la persona "disciplina" un comportamiento "confiable". 
<p>6. SHIKARI - CONSTANCIA</p> <p>• La constancia es la capacidad de permanecer en algo (resoluciones y propósitos), de manera firme e inquebrantable.</p> 	<p>7. SHITSUKOKU - COMPROMISO</p> <ul style="list-style-type: none"> • El compromiso es una obligación contraída; es una palabra dada o empeñada con una idea, con alguna tarea, con alguien o con algo.

Continuación del apéndice 4.

8. SEISHO - COORDINACIÓN

- La coordinación es la sincronización y unión de esfuerzos, encaminados hacia el logro de objetivos comunes de manera metódica y ordenada.



9. SEIDO - ESTANDARIZAR

- Estandarizar es regularizar, normalizar o fijar especificaciones sobre algo, a través de normas, procedimientos o reglamentos.



Fuente: elaboración propia.