



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

**ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO
DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO
FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.**

José Armando Navarro Navarro

Asesorado por el M A Jaime Humberto Batten Esquivel

Guatemala, septiembre de 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO
DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO
FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

JOSÉ ARMANDO NAVARRO NAVARRO
ASESORADO POR EL M A JAIME HUMBERTO BATTEN ESQUIVEL

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, SEPTIEMBRE DE 2013

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo 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. Walter Rafael Véliz Muñoz
VOCAL V	Br. Sergio Alejandro Donis Soto
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

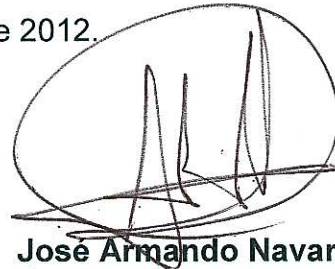
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga. María Martha Wolford Estrada
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	M A Jaime Humberto Batten Esquivel
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

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:

ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 05 de mayo de 2012.

A handwritten signature in black ink, consisting of several vertical and diagonal strokes, enclosed within a hand-drawn oval. The signature is positioned above the printed name.

José Armando Navarro Navarro



Guatemala, 09 de agosto de 2013.
REF.EPS.DOC.851.08.2013.

Ingeniero
Juan Merck Cos
Director Unidad de EPS
Facultad de Ingeniería
Presente

Estimado Ing. Merck Cos.


Por este medio atentamente le informo que como Asesor-Supervisor de la Práctica del Ejercicio Profesional Supervisado, (E.P.S) del estudiante universitario de la Carrera de Ingeniería Industrial, **José Armando Navarro Navarro**, Carné No. **200715313** procedí a revisar el informe final, cuyo título es **ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.**

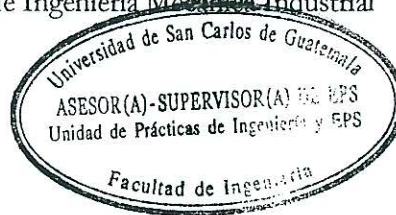
En tal virtud, **LO DOY POR APROBADO**, solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

"Id y Enseñad a Todos"


Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
Asesor-Supervisor de EPS
Área de Ingeniería Mecánica Industrial



JHBE/ra



Guatemala, 09 de agosto de 2013.

REF.EPS.D.546.08.2013

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 **“ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.”** que fue desarrollado por el estudiante universitario, **José Armando Navarro Navarro** quien fue debidamente asesorado y supervisado por el Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel.

Por lo que habiendo cumplido con los objetivos y requisitos de ley del referido trabajo y existiendo la aprobación del mismo por parte del Asesor-Supervisor de EPS, en mi calidad de Director, apruebo su contenido solicitándole darle el trámite respectivo.

Sin otro particular, me es grato suscribirme.

Atentamente,

“Id y Enseñad a Todos”

Ing. Juan Marcel Cos
Director Unidad de EPS
Universidad de San Carlos de Guatemala
DIRECCIÓN
Unidad de Prácticas de Ingeniería y EPS
Facultad de Ingeniería

JMC/ra



REF.REV.EMI.141.013

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **José Armando Navarro Navarro**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



Guatemala, agosto de 2013.

/mgp



REF.DIR.EMI.234.013

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 **ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario **José Armando Navarro Navarro**, 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, septiembre de 2013.

/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: **ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA, S.A.**, presentado por el estudiante universitario: **José Armando Navarro Navarro**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.


Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, septiembre de 2013

/cc

ACTO QUE DEDICO A:

Dios

Por brindarme la sabiduría, inteligencia y paciencia en el transcurso de mi carrera.

Mis padres

Por el apoyo incondicional, por ser guías a lo largo de mi vida, brindarme educación, valores, moral y por su amor y consejos.

Mis hermanos

Por el apoyo y comprensión que siempre me han brindado en momentos difíciles.

Mi familia

Por el apoyo y consejos que me han brindado.

AGRADECIMIENTOS A:

**Universidad de San Carlos
de Guatemala**

Por todo el conocimiento que me fue transmitido y que aplicaré para dar un cambio positivo a mi entorno.

Fogel de Centroamérica, S.A.

Por abrirme las puertas de sus instalaciones y permitirme aplicar los conocimientos de ingeniería.

Ing. Manuel Raya

Por la oportunidad que me brindó de realizar el EPS en Fogel de Centroamérica S.A. y la confianza que depositó en mi persona.

Depto. Manufactura Esbelta

Por la asesoría y apoyo profesional en la realización del trabajo de graduación.

Ing. Jaime Batten Esquivel

Por la asesoría y constante ayuda en la realización del trabajo de graduación.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	XI
GLOSARIO.....	XIII
RESUMEN.....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA.....	1
1.1. Historia de Fogel de Centroamérica, S.A.....	1
1.2. Visión.....	3
1.3. Misión.....	3
1.4. Ubicación.....	4
1.5. Política de calidad.....	5
1.6. Perfil institucional.....	5
1.7. Productos.....	5
1.7.1. <i>Frosters</i>	6
1.7.2. Congeladores.....	7
1.7.3. Enfriadores.....	7
1.8. Organigrama.....	8
2. ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.....	11
2.1. Situación actual.....	11
2.1.1. Descripción del problema.....	11

2.1.2.	Análisis de la situación actual	12
2.1.2.1.	Operaciones realizadas en el área de acabado final	15
2.1.2.2.	<i>Layout</i> del área de acabado final	17
2.1.2.3.	Operaciones realizadas en el área de empaque.....	18
2.1.2.4.	<i>Layout</i> del área de empaque	19
2.1.3.	Medición del trabajo	20
2.1.3.1.	Calificación del desempeño	20
2.1.3.1.1.	Sistema de Westinghouse.....	20
2.1.3.2.	Suplementos.....	23
2.1.3.3.	Tiempo normal.....	25
2.1.3.4.	Tiempo estándar.....	25
2.1.3.5.	Estudio de tiempos	25
2.1.3.5.1.	Formato para el estudio de tiempos.....	26
2.1.3.5.2.	Acabado final	27
2.1.3.5.3.	Empaque	38
2.1.4.	Análisis de operaciones innecesarias	47
2.2.	Propuesta de mejora	51
2.2.1.	Mejoras propuestas	52
2.2.2.	Resistencia al cambio.....	54
2.2.3.	Pruebas en líneas de producción	54
2.2.3.1.	Estudio de tiempos con mejoras aplicadas	55
2.2.4.	Resultados de la propuestas	65
2.2.5.	Balanceo de líneas	66
2.2.5.1.	Jornada de trabajo.....	67

2.2.6.	Costos de mano de obra.....	73
2.2.7.	Resultados.....	75
3.	PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MANUFACTURA EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.	77
3.1.	Producción más Limpia	77
3.2.	Consumo actual de energía eléctrica en el Departamento de Ingeniería de Manufactura	79
3.2.1.	Iluminación.....	80
3.2.2.	Aparatos eléctricos	81
3.3.	Programa de ahorro de energía.....	85
3.3.1.	Propuestas de ahorro de energía.....	87
3.3.1.1.	Beneficio económico de la propuesta...89	
4.	CAPACITACIÓN A EMPLEADOS DE FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A. EN PRINCIPIOS DE MANUFACTURA ESBELTA.....	91
4.1.	Plan de capacitación.....	91
4.1.1.	Justificación	91
4.1.2.	Alcance	91
4.1.3.	Fines del plan de capacitación	92
4.1.4.	Objetivos del plan de capacitación.....	92
4.1.5.	Metas.....	93
4.1.6.	Estrategias.....	93
4.1.7.	Tipo, modalidad y nivel de capacitación.....	93
4.1.8.	Temas a desarrollar	94
4.1.9.	Recursos.....	94
4.1.9.1.	Humanos.....	94

4.1.9.2.	Materiales	95
4.1.10.	Financiamiento	96
4.1.11.	Presupuesto	96
4.1.12.	Programación	96
4.1.13.	Capacitación.....	97
4.2.	Metodología	98
4.2.1.	Temas a desarrollarse en la capacitación.....	99
4.2.1.1.	Fases de la producción.....	99
4.2.1.2.	5's.....	99
4.2.1.3.	Elementos del trabajo estándar	99
4.2.1.4.	Sistemas de producción.....	100
4.2.1.5.	Eliminar los 7 desperdicios	101
4.2.2.	Talleres prácticos	103
4.3.	Evaluación	110
4.4.	Resultados	113
4.5.	Capacitación Kaizen.....	116
4.6.	Procedimiento para llevar a cabo un Kaizen	117
CONCLUSIONES		121
RECOMENDACIONES		123
BIBLIOGRAFÍA		125

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1.	Ubicación de la empresa.....	4
2.	Equipos de refrigeración <i>frosters</i>	6
3.	Congeladores horizontales y verticales	7
4.	Equipos enfriadores	8
5.	Organigrama general de Fogel.....	9
6.	Situación actual de la planta	12
7.	Diagrama Causa-Efecto	13
8.	Herramientas inadecuadas en la realización de operaciones.	14
9.	Operarios ociosos por colapso de área de pintura.	15
10.	Área de acabado final	17
11.	Área de empaque.....	19
12.	Formato de la hoja de toma de tiempos	26
13.	Tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de acabado final.....	30
14.	Tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de acabado final.....	32
15.	Tiempos para equipos de dos puertas de vidrio en el área de acabado final.....	34
16.	Tiempos para equipos de tres puertas de vidrio en el área de acabado final.....	36
17.	Tiempos para equipos horizontales de puerta de vidrios en el área de acabado final.....	38

18.	Tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de empaque	40
19.	Tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de empaque ...	42
20.	Tiempos para equipos de dos y tres puertas de vidrios en el área de empaque.....	44
21.	Tiempos para equipos horizontales de puertas de vidrio en el área de empaque.....	46
22.	Hallazgos detectados para ensamble 1	48
23.	Hallazgos detectados para ensamble 1	48
24.	Hallazgos detectados en ensamble 2	49
25.	Hallazgos detectados en ensamble 3.	50
26.	Fotografía de hallazgos detectados en el área de prueba	51
27.	Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de una puerta de vidrio.....	57
28.	Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de una puerta sólida.....	59
29.	Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de dos puertas de vidrio	61
30.	Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de tres puertas de vidrio	63
31.	Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos horizontales de puerta de vidrio.....	65
32.	Propuesta de organización de líneas en el área de acabado final y empaque	68
33.	Diagrama prevención ambiental integrada.....	78
34.	Programa de ahorro de energía, interruptor 1	86
35.	Programa de ahorro de energía, interruptor 2.....	87
36.	Programa de la capacitación	97
37.	Diapositivas de la presentación de la capacitación	102

38.	Material para el desarrollo de las prácticas en la capacitación de manufactura esbelta.....	104
39.	Material de apoyo para la práctica 1, 2 y 3.....	105
40.	Material de trabajo para la práctica 4	106
41.	Prototipo de avión armado en las prácticas.....	107
42.	Capacitación manufactura esbelta 1	107
43.	Capacitación manufactura esbelta 2	108
44.	Desarrollo de prácticas en capacitación 1	108
45.	Desarrollo de práctica en capacitación 2.....	109
46.	Tarjetas de resumen	110
47.	Formato de evaluación página 1	111
48.	Formato de evaluación página 2	112
49.	Gráfica de resultados de la evaluación del capacitador.....	113
50.	Gráfica de resultados de la evaluación del contenido de la capacitación	114
51.	Gráfica de resultados de la evaluación al personal capacitado	115

TABLAS

I.	Operaciones que se realizan en el área de acabado final	15
II.	Operaciones que se realizan en el área de empaque	18
III.	Sistema de calificación de habilidad de Westinghouse.	20
IV.	Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse.	21
V.	Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse.	22
VI.	Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse.	22
VII.	Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos normales.....	24
VIII.	Estudio de tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de acabado final.....	29

IX.	Estudio de tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de acabado final	31
X.	Estudio de tiempos para equipos de dos puertas de vidrio en el área de acabado final	33
XI.	Estudio de tiempos para equipos de tres puertas de vidrio en el área de acabado final	35
XII.	Estudio de tiempos para equipos horizontales con puerta de vidrio en el área de acabado final.....	37
XIII.	Estudio de tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de empaque.....	39
XIV.	Estudio de tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de empaque	41
XV.	Estudio de tiempos para equipos de dos y tres puertas de vidrio en el área de empaque.....	43
XVI.	Estudio de tiempos para equipos horizontales con puertas de vidrio en el área de empaque.....	45
XVII.	Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de una puerta de vidrio en el área de acabado final	55
XVIII.	Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de una puerta sólida en el área de acabado final	58
XIX.	Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de dos puertas de vidrio en el área de acabado final.....	60
XX.	Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de tres puertas de vidrio en el área de acabado final.....	62
XXI.	Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos horizontales de puerta de vidrio en el área de acabado final	64
XXII.	Número de operarios para acabado final	69
XXIII.	Número de operarios para el área de empaque.....	70
XXIV.	Acabado final equipos de 1 puerta de vidrio, sólida y horizontales.	71

XXV.	Operarios acabado final para equipos de dos y tres puertas de vidrio.....	71
XXVI.	Operarios empaque para todos los equipos.....	72
XXVII.	Costo aproximado de mano de obra mensual para el Departamento de Acabado Final y Empaque.	73
XXVIII.	Costo aproximado de horas extras mensuales en el Departamento de Acabado Final y Empaque	73
XXIX.	Costo total mensual aproximado de mano de obra para el Departamento de Acabado Final y Empaque	74
XXX.	Costo aproximado de mano de obra mensual para el Departamento de Acabado Final y Empaque con balance aplicado	74
XXXI.	Variación de precio de energía eléctrica 2012 (tarifa no social).....	79
XXXII.	Luminarias utilizadas en el área de Ingeniería de Manufactura	80
XXXIII.	Consumo de energía eléctrica anual por iluminación en el Departamento de Ingeniería de Manufactura. Fogel de Centroamérica, S.A.....	81
XXXIV.	Aparatos eléctricos utilizados en el Departamento de Ingeniería de Manufactura.....	82
XXXV.	Consumo fantasma de energía eléctrica en el área de Ingeniería de Manufactura.....	83
XXXVI.	Costo anual de energía eléctrica por aparatos eléctricos en el Departamento de Ingeniería de Manufactura en Fogel de Centroamérica S.A.....	84
XXXVII.	Costo anual de energía eléctrica fantasma en el Departamento de Ingeniería de Manufactura en Fogel de Centroamérica, S.A.	85
XXXVIII.	Cálculo de la inversión para la propuesta.....	89
XXXIX.	Recursos humanos necesario para la capacitación.....	95
XL.	Recursos materiales necesarios para la capacitación	95
XLI.	Presupuesto estimado para la capacitación	96

XLII.	Resultados de la evaluación del capacitador	113
XLIII.	Resultados evaluación del contenido de la capacitación	114
XLIV.	Resultados evaluación de los empleados capacitados	115
XLV.	Formato para llevar a cabo un Kaizen	118

LISTA DE SÍMBOLOS

Símbolo	Significado
°C	Grados Centígrados
KW/h	Kilo-Watt por hora
#	Número
%	Porcentaje
Q	Quetzales
Σ	Sumatoria

GLOSARIO

Acabado final	Área de trabajo en la cual se llevan a cabo una serie de operaciones que tienen como fin darle al producto la apariencia adecuada a los requerimientos.
<i>Breaker</i>	Parte del equipo que sirve de enlace entre tina y gabinete de equipo.
Capacitación	Proceso continuo de enseñanza-aprendizaje que garantiza el correcto cumplimiento de tareas y actividades.
<i>Caps</i>	Pieza horizontal metálica que sirve de unión de los marcos verticales del frente del equipo de refrigeración vertical.
Charola	Protector de cartón utilizado para empaque del equipo.
Congelador	Dispositivo de refrigeración que comprende un aislamiento térmico su comportamiento es a una temperatura bajo 0°C normalmente -30°C a -4°C.
<i>Conveyor</i>	Banda transportadora a base de rodillos.

Empaque	Área en la cual se llevan a cabo una serie de operaciones que constituyen la protección del producto.
Empaques	Sello magnético que lleva la puerta y que sirve para que no existan fugas de temperatura entre la puerta y el equipo.
Espalda exterior	Parte trasera exterior de los equipos.
Fundente Bs-10	Sustancia química que agrega un proceso tecnológico que sirve para hacer despistes o emparejamientos en áreas de pintadas.
Lateral exterior	Parte exterior lateral de los equipos.
<i>Layout</i>	Esquema de distribución lógico y ordenado de un sistema. Usado como herramienta para optimizar procesos o sistemas.
Líquido mineral	Solvente destilado del petróleo usado para limpiar y desengrasar partes de equipo y/o herramientas.
Manufactura esbelta	Herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no agregan valor al producto, servicio y a los proceso; aumentando el valor de cada actividad realizada y elimina lo que no se requiere.

Máquina Teresa	Máquina con base giratoria que sirve para colocar <i>stretch film</i> en el equipo para el empaque.
NP's	Etiquetas con información técnica, de funcionamiento, cuidado o advertencias del equipo.
Parrilla	Anaqueles interiores que consiste en un conjunto de rejillas.
<i>Permagum</i>	Componente de sellado hecho a base de polímeros sintéticos con relleno de minerales inertes.
<i>Pilaster</i>	Pieza ensamblada en el interior del equipo que sirve para sostener parrillas.
Placa inembargable	Placa con datos de cliente donde se especifica que el equipo no puede ser objeto de embargo.
Producción más Limpia	Iniciativa preventiva que intenta minimizar residuos y residuos y emisiones nocivas al medio ambiente.
Refrigeración	Acción de hacer fría una habitación, sala u otra cosa a través de medios artificiales.
Refrigerador	Aparato o instalación destinada a mantener baja temperatura.

<i>Stretch film</i>	Película estirable de alta transparencia de baja densidad, resistencia mecánica y bajo espesor utilizado para empacar los equipos.
<i>Takt time</i>	Es el paso al cual el consumidor adquiere un artículo o servicio en particular, se calcula dividiendo el tiempo disponibles entre la demanda en ese mismo periodo.
Termostato	Componente que sirve para mantener una temperatura en un área aceptable para el funcionamiento.
Tina	Parte interior del equipo de refrigeración.
<i>Top</i>	Parte superior exterior de los equipos de refrigeración verticales.
Unidad	Componente del refrigerador que tiene la función de compresión y descompresión de gas refrigerante que lo hacen pasar de un estado gaseoso a líquido y viceversa.

RESUMEN

En la actualidad Fogel de Centroamérica, S.A. cuenta con una gama de más de 400 modelos diferentes de equipos de refrigeración comercial, la cual sigue aumentando debido a que su principal objetivo es satisfacer todas y cada una de las necesidades y gustos de los clientes, por lo que se vuelve necesario los estudios de tiempo balanceados para cada área de trabajo y para cada modelo.

La planta cuenta con 4 líneas de ensamble que producen diferentes modelos a distintos ritmos; las 4 líneas de ensamble coinciden en el área de prueba, donde los equipos son probados un tiempo determinado dependiendo del modelo. Al terminar el proceso de prueba, los equipos salen en orden aleatorio al área de acabado final donde existen dos líneas con igual capacidad; terminado del proceso de acabado final pasan al área de pintura si es necesario, si no fuera necesaria la pintura pasa al área de empaque directamente y luego son almacenados.

Actualmente las 4 líneas de ensamble cuentan con estudios de tiempo para los procesos de ensamble y subensambles de componentes para cada uno de los diferentes modelos para acabado final y empaque no se cuenta con estudios de tiempos, por lo que surgió la necesidad de un análisis de operaciones del área de acabado final y empaque.

Para realizar el análisis del área de acabado final y empaque se tomó como punto de partida estudio de tiempos, ya que el mismo permite medir el trabajo realizado por los colaboradores de la empresa. Se realiza con el

principal objetivo de perfeccionar el método de trabajo y de balancear o redistribuir la fuerza laboral para que las cargas de trabajo por cada colaborador tienda a mantenerse lo más uniforme posible, de esta manera se establecen las actividades a realizar por cada operario, se mejora el procedimiento, se optimiza el desempeño y se minimizan los desperdicios.

Para el área de acabado final se propuso un balance de las cargas de trabajo y se determinó un mismo *takt time* para equipos horizontales y equipos de una puerta sólida o de vidrio; y un *takt time* para equipos de dos y tres puertas. Para el área de empaque se propuso un balance de las cargas de trabajo con un solo *takt time* para todos los equipos.

También se presenta un plan de ahorro de energía eléctrica, donde se demuestra mediante cálculos el costo actual y de meses anteriores del consumo de energía eléctrica en la oficina de Ingeniería de Manufactura, se proponen medidas para el ahorro de energía eléctrica que será de beneficio para la empresa y el medio ambiente.

Además, se realizaron capacitaciones para el personal de nuevo ingreso sobre principios de manufactura esbelta y como se pueden aplicar al trabajo que realizan, esperando con ello que los trabajadores se sientan más comprometidos con su trabajo y con la empresa.

OBJETIVOS

General

Realizar un análisis de operaciones para el mejoramiento del proceso en el Departamento de Acabado Final y Empaque; aplicando estudios de tiempo con la finalidad de eliminar operaciones que no agregan valor al producto final.

Específicos

1. Analizar la situación actual del Departamento de Acabado Final y Empaque.
2. Identificar puntos de oportunidad de mejora en el Departamento de Acabado Final y Empaque.
3. Balancear las cargas de trabajo en el Departamento de Acabado Final y Empaque.
4. Diseñar un programa de ahorro de energía eléctrica para el Departamento de Ingeniería de Manufactura.
5. Diseñar un plan de capacitación para empleados nuevos acerca de principios de manufactura esbelta.

INTRODUCCIÓN

Fogel de Centroamérica, S.A. cuenta con más de 30 años de experiencia en la fabricación de equipos de refrigeración comercial, siendo una de las empresas líderes en el mercado nacional e internacional. Por lo que se vuelve indispensable la eficiencia en sus procesos que garantice el flujo de las líneas de producción, a través de estudios de tiempo y el balanceo de las cargas de trabajo en todas las áreas de la empresa.

Es importante los estudios de tiempo, pues contempla el ciclo de mejora continua o enfoque *Deming* (verificar, actuar, planear y hacer) dentro de la empresa, con el que se pudo primero verificar la situación actual del Departamento de Acabado Final y Empaque, actuar en relación con esa situación, planear mejoras para ponerlas en acción, evaluar y verificar estas acciones para conocer los resultados obtenidos y darle seguimiento.

Se documentaron las tareas que se realizan en el Departamento de Acabado Final y Empaque para tener un panorama de la situación actual y la forma en que son desarrolladas las tareas, identificando oportunidades de mejora que hagan más eficiente el proceso de estas áreas.

El objetivo del Ejercicio Profesional Supervisado fue el de mejorar el proceso de acabado final y empaque, para garantizar el flujo del área y cumplir con la meta de equipos al día sin realizar horas extras. Por lo que se propusieron mejoras dentro del proceso de ensamble y prueba, que pudieran reducir el tiempo de limpieza en el área de acabado final, logrando con ello balancear las cargas de trabajo en el área de acabado final.

Se propuso especializar cada línea de acabado final con equipos que tienen tiempos similares en las operaciones, con un *takt time* distinto para cada una de las dos líneas de acabado final y un solo *takt time* para la línea de empaque. Con esto se espera mejorar la eficiencia del Departamento de Acabado Final y Empaque y reducir el costo de horas extras.

La conservación del medio ambiente también es importante, por lo que se realizó un diagnóstico del consumo actual de energía eléctrica en el Departamento de Ingeniería de Manufactura, identificando consumo de energía eléctrica fantasma y proponiendo un plan de ahorro de energía eléctrica para dicho departamento.

También cabe hacer mención que se capacitó a los empleados nuevos dentro de la empresa en principios de manufactura esbelta, con el fin de que los trabajadores comprendan y apliquen la política de calidad de la empresa; identificando y reduciendo los desperdicios y mejorando las operaciones basándose siempre en el respeto al trabajador.

1. GENERALIDADES DE LA EMPRESA

1.1. Historia de Fogel de Centroamérica, S.A.

“Refrigeración Fogel, nació en Filadelfia, USA en 1899 cuando el padre del señor William Fogel empezó a fabricar cajones de madera aislados para preservar alimentos, con un sistema de enfriamiento que funcionaba por medio de hielo colocada en la sección trasera del cajón.

Estos artefactos de refrigeración, tenían la gran ventaja de ser muy económicos en su precio, pero tenían la gran desventaja que enfriaban muy poco, eran de madera y además su aislamiento estaba hecho de papel o de aserrín o de corcho.

Posteriormente con el desarrollo tecnológico de los compresores, los gases refrigerantes y los modernos sistemas de aislamiento Fogel, que desde sus inicios fue una empresa familiar, en la que trabajaban siete hermanos que directamente se involucraban en la fabricación y ventas, se convirtió rápidamente en uno de los líderes de la refrigeración comercial en los Estados Unidos de Norteamérica, con innovaciones que en día son estándares en toda la industria de refrigeración.

Con la gran visión de Mr. William Fogel y su capacidad para establecer alianzas con empresarios de otros países, rápidamente estableció alianzas estratégicas en muchos países con mayor energía y énfasis en Centroamérica y el Caribe.

Hoy en día está en boga la Globalización y el concepto de alianzas estratégicas, sin embargo con su visión futurista, estas estrategias fueron aplicadas por Mr. Fogel desde 40 años antes y hasta la fecha de su deceso en 1998, el señor Fogel se mantuvo abriendo brechas.

Fogel de Centroamérica dio sus primeros pasos en 1967, bajo el liderazgo de don Jacobo Tefel Pasos al fundar Fogel de Nicaragua en sociedad con el señor William Fogel, con el propósito de aprovechar la instauración del Mercado Común Centroamericano y atender la incipiente, pero prometedora demanda de refrigeración comercial en el área.

En 1981 los problemas políticos en Nicaragua forzaron a la familia Tefel a emigrar a Guatemala, donde fundaron la nueva fábrica, Refrigeradores de Guatemala, S.A. la que gracias a su liderazgo en el mercado y a la preferencia de las principales firmas de bebidas gaseosas, cervezas, jugos y refrescos naturales, lácteos, avícolas, empacadoras de embutidos, hielo, helados y otros productos alimenticios, ha logrado impresionantes tasas de crecimiento.

La empresa atiende en la actualidad a los países de Guatemala, Belice, El Salvador, Honduras, Nicaragua, Costa Rica, Panamá, Estados Unidos, Canadá, México, Puerto Rico, República Dominicana, Cuba, Bahamas, Curacao, Jamaica, Martinico, Saint Marteen Surinam, Trinidad y Tobago, Ecuador, Venezuela, Perú, Chile y Sudáfrica, siendo sus principales clientes las industrias cerveceras, embotelladoras de bebidas carbonatadas, industrias de bebidas no carbonatadas, embotelladoras de agua purificada, industrias lácteas y fabricantes de helados.

Actualmente se producen más de 120 modelos diferentes de equipos de refrigeración, con una variedad de más de 250 versiones de estos modelos para atender a los mercados y a los clientes mencionados en el párrafo anterior.

En el 2007, la razón social de Refrigeradores de Guatemala Sociedad Anónima, es sustituida por una nueva razón social de nombre Fogel de Centroamérica, S.A. alineando el nombre de la fábrica con el de la reconocida marca insignia Fogel.”¹

1.2. Visión

“Seremos el mejor proveedor de equipos de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, para puntos de ventas al detalle de productos fríos en América Latina.

Lograremos esto por medio de innovación permanente, calidad, bajo consumo energético de nuestros productos, servicio personalizado, soporte técnico y precio competitivo.”²

1.3. Misión

“Somos una empresa que provee equipos de refrigeración comercial, confiables, duraderos y adaptados a los requerimientos del cliente; para la exhibición, almacenamiento y venta de productos fríos en el continente americano.

¹ <http://www.fogel-group.com/es/content/historia>. Consulta: julio 2012.

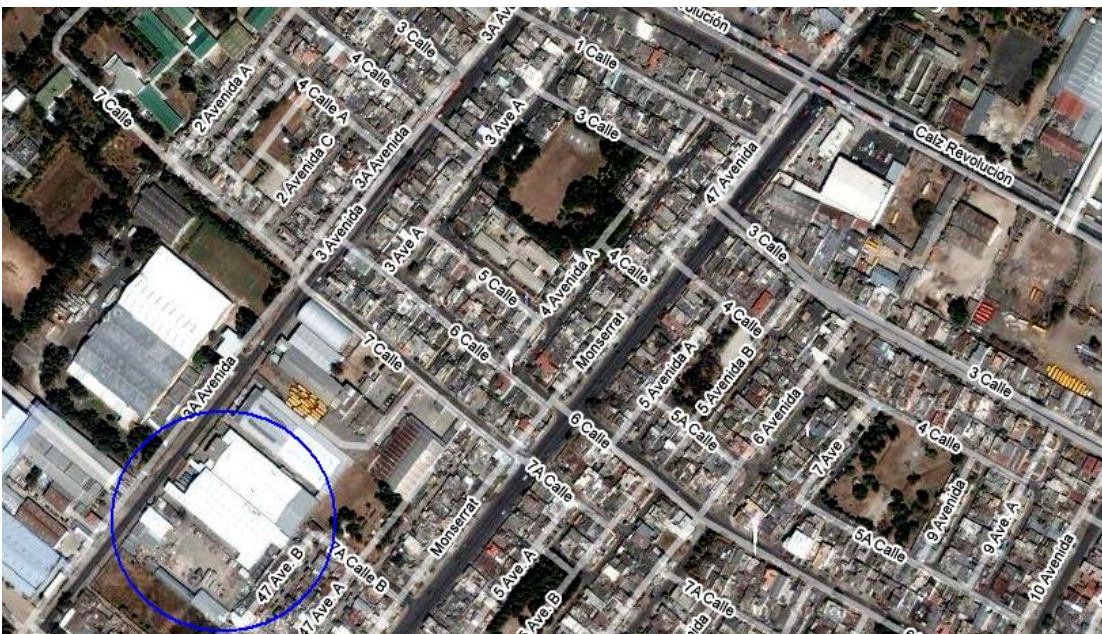
² <http://www.fogel-group.com/es/content/mision-vision>. Consulta: julio 2012.

Brindamos a nuestros clientes entregas a tiempo, asistencia y capacitación técnica mediante un servicio personalizado. Siempre buscamos la satisfacción de nuestros clientes, la rentabilidad de los accionistas y el bienestar de nuestros colaboradores y la comunidad. Ser un grupo de empresas eficientes en el ámbito mundial y aprovechar dichas eficiencias para lograr posiciones importantes en los mercados o nichos de mercado en que definamos participar.”³

1.4. Ubicación

Fogel de Centroamérica, S.A. actualmente se encuentra ubicada en 3 Ave. 8-92 zona 3 de Mixco Lot. El Rosario (ver figura 1).

Figura 1. Ubicación de la empresa



Fuente: www.maps.google.com.gt/maps?hl=es-419&tab=ll. Consulta: agosto de 2012.

³ <http://www.fogel-group.com/es/content/mision-vision>. Consulta: julio 2012.

1.5. Política de calidad

“Fabricamos y comercializamos equipos innovadores de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, utilizando tecnología moderna, materiales de calidad mundial y personal competente.

Mantenemos un proceso permanente de mejora continua. Nos comprometemos a obtener:

- La satisfacción del cliente.
- El bienestar de nuestros colaboradores.
- Rentabilidad de la organización.
- La protección del medio ambiente, en todos los procesos que ejecuta la empresa.”⁴

1.6. Perfil Institucional

- “Capacidad Instalada: 100 000 unidades / año
- Área: 20 000 metros cuadrados
- Empleados: 650
- Porcentaje de producción que se exporta: 90%
- Mercados: Norte, Centro, Sur América, el Caribe y África. 30 países”⁵

1.7. Productos

Fogel de Centroamérica produce y diseña refrigeradores y congeladores de uso comercial para la exhibición y almacenamiento de productos fríos en

⁴ <http://www.fogel-group.com/es/content/politicas-de-calidad>. Consulta: julio 2012.

⁵ <http://www.fogel-group.com/es/content/perfil-institucional>. Consulta: julio 2012.

diversos modelos, tanto verticales como horizontales, con estructuras sólidas y robustas, fabricados con materiales resistentes a la oxidación.

1.7.1. *Frosters*

Los equipos de refrigeración *frosters* trabajan a una temperatura de entre -8 y -2 grados Celsius. Utilizados especialmente para cervezas (ver figura 2).

Figura 2. **Equipos de refrigeración *frosters***



Fuente: www.fogel-group.com/es/category/cat-logo-de-productos/cat-logo/l-nea-froster.

Consulta: agosto de 2012.

1.7.2. Congeladores

Los congeladores son equipos de refrigeración que trabajan a una temperatura de entre -20 y -15 grados Celsius. Son utilizados principalmente para productos congelados, mantenedores de hielo (ver figura 3).

Figura 3. Congeladores horizontales y verticales



Fuente: www.fogel-group.com/es/category/cat-logo-de-productos/cat-logo/congeladores-verticales. Consulta: agosto de 2012.

1.7.3. Enfriadores

Los enfriadores son equipos de refrigeración basado en compresores que refrigeran y controlan la temperatura de un líquido, los enfriadores trabajan a una temperatura de entre 0 y 5 grados Celsius. Estos equipos de refrigeración

se utilizan principalmente para almacenamiento de bebidas, alimentos y medicina (ver figura 4).

Figura 4. **Equipos enfriadores**

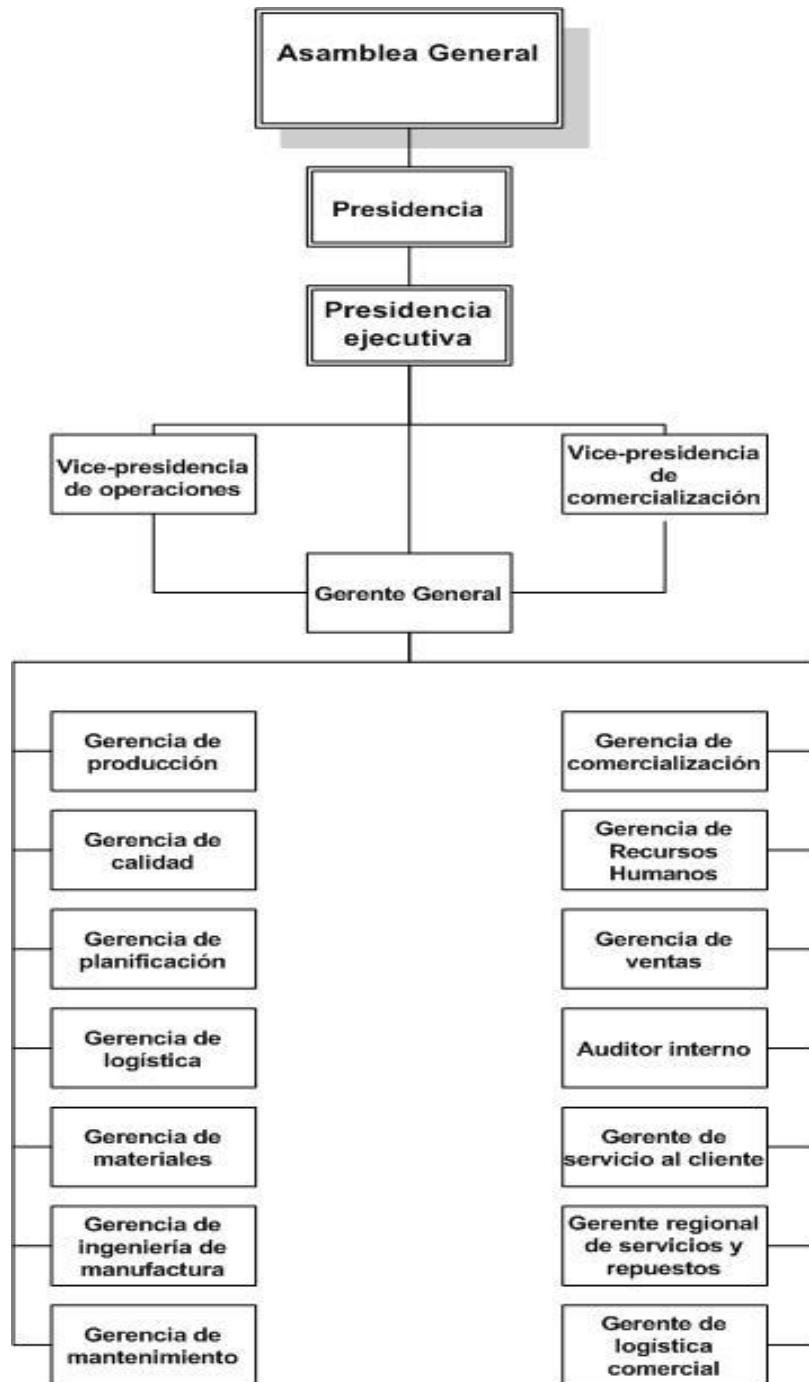


Fuente: www.fogel-group.com/es/category/cat-logo-de-productos/cat-logo/vitrinas-refrigeradoras. Consulta: agosto de 2012.

1.8. **Organigrama**

En la figura 5, se presenta el organigrama actual de Fogel de Centroamérica, S. A. donde se observa que el Departamento de Ingeniería de Manufactura pertenece al área de operaciones, la cual es supervisada por el gerente general y vicepresidente de operaciones.

Figura 5. Organigrama general de Fogel



Fuente: Departamento de Recursos Humanos, Fogel de Centroamérica, S.A.

2. ANÁLISIS DE OPERACIONES PARA EL MEJORAMIENTO DEL PROCESO EN EL DEPARTAMENTO DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.

2.1. Situación actual

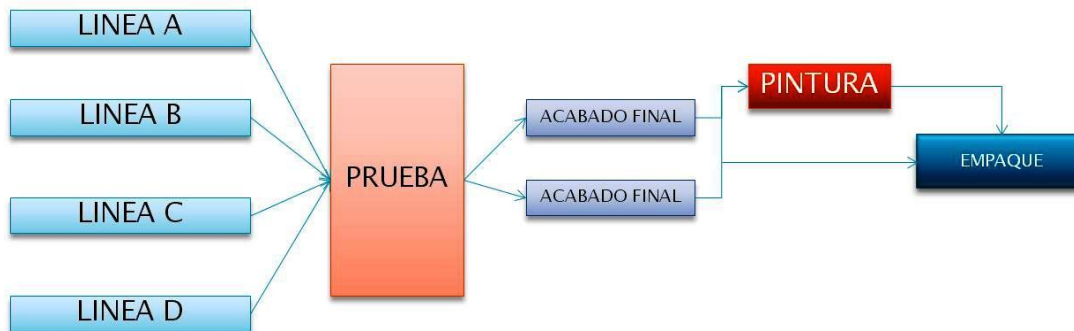
El diagnóstico de la situación actual se llevó a cabo con la finalidad documentar las operaciones que se realizan en el Departamento de Acabado Final y Empaque, cantidad de operarios disponibles, herramientas, condiciones y factores a tomar en cuenta para la realización de operaciones en dicho departamento; además de identificar posibles mejoras en el método de realizar las tareas a través de estudios de tiempo.

2.1.1. Descripción del problema

Actualmente en la planta se cuenta con 5 líneas de ensamble línea A, B, C, D y E (la línea E no se tomará en cuenta para este trabajo porque trabaja independiente a las otras cuatro líneas); las 4 líneas producen diferentes modelos de refrigeradores y congeladores de tipo comercial, por lo tanto las 4 líneas tienen diferentes capacidades y distintos ritmo de producción dependiendo del modelo. El problema empieza cuando las 4 líneas de ensamble llegan al área de prueba (área en común para todos los equipos); el área cuenta con 48 estaciones de prueba, de las cuales solo 44 funcionan, el tiempo de prueba es de 1 a 3 horas y media por equipo dependiendo del modelo; esto provoca un cuello de botella y que los equipos salgan de prueba en orden aleatorio, teniendo como consecuencia que actualmente no esté regulada la salida de prueba, lo cual afecta al Departamento de Acabado Final.

En el área de acabado final se cuenta con dos líneas (Línea 1 y Línea 2) distribuidas de igual forma y con la misma capacidad; ambas líneas están capacitadas para trabajar cualquier tipo de equipo, lo que en algunos momentos provoca cuellos de botella por estaciones de trabajo no sincronizadas y paros debido a que actualmente según datos de control de calidad el 80% de los equipos pasan a pintura y estanca el flujo de los equipos. Finalizado el proceso de acabado final, pasan al área de pintura los equipos que necesitan retoques mayores y los que no necesitan retoques pasan a empaque. En la figura 6 se presenta un esquema de la situación actual de Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 6. **Situación actual de la planta**

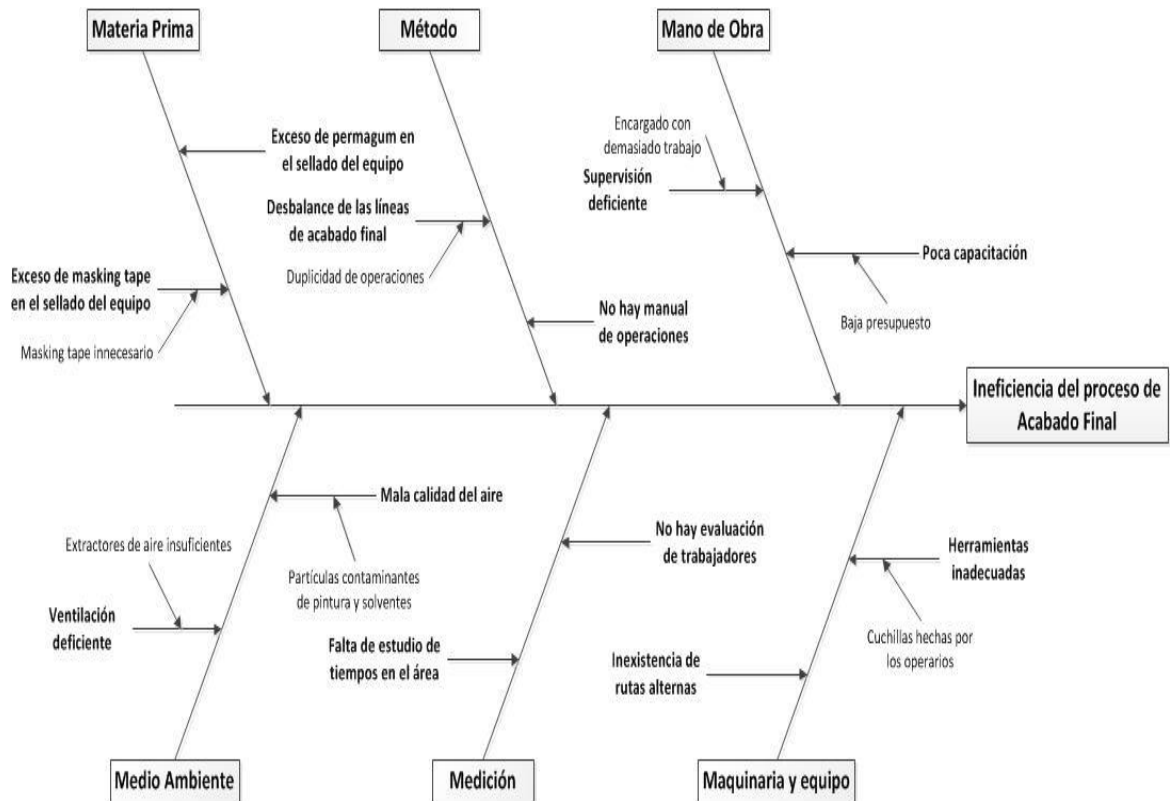


Fuente: elaboración propia.

2.1.2. Análisis de la situación actual

A través de observación directa y reuniones con el encargado de acabado final, encargado de empaque, supervisor de acabado final y empaque, se logró identificar los siguientes problemas que son presentados en el diagrama Causa-Efecto de la figura 7.

Figura 7. Diagrama Causa-Efecto



Fuente: elaboración propia.

Problemas identificados:

- Equipos rayados desde áreas de ensamble y subensamble.
- Equipos con exceso de *permagum* y *masking tape* lo que incrementa los tiempos de limpieza en el área de acabado final.
- Metas de producción muy altas, lo que genera que se descuide la calidad de los equipos.
- Herramientas inadecuadas para la realización de operaciones en el área de acabado final (ver figura 8).

- Ambigüedad de operaciones en acabado final.
- Estaciones de trabajo desbalanceadas.
- Paros en las líneas de acabado final al colapsar el área de pintura.
- Operarios ociosos en el área de acabado final y empaque por colapsos de área de pintura (ver figura 9).
- Operarios realizan sus operaciones fuera de la estación de trabajo.
- Desabastecimiento ocasional de parte del área de pruebas hacia acabado final.
- Inexistencia de ruta alterna para equipos que no necesiten pasar al área de pintura en momentos de colapso de pintura.

Figura 8. **Herramientas inadecuadas en la realización de operaciones**



Fuente: área de acabado final, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 9. Operarios ociosos por colapso de área de pintura



Fuente: área de acabado final y empaque, Fogel de Centroamérica S.A.

2.1.2.1. Operaciones realizadas en el área de acabado final

En la tabla I se detallan las operaciones que se realizan en el área de Acabado final.

Tabla I. Operaciones que se realizan en el área de acabado final

Operación	Personal	
	Línea 1	Línea 2
Estación 1: (quitar <i>masking tape</i>)		
Quitar <i>masking tape</i> , <i>tape</i> y cinta café de laterales exteriores, tina, área de motor y marcos verticales. Limpieza de espada exterior parte inferior.	1	1

Continuación de la tabla I.

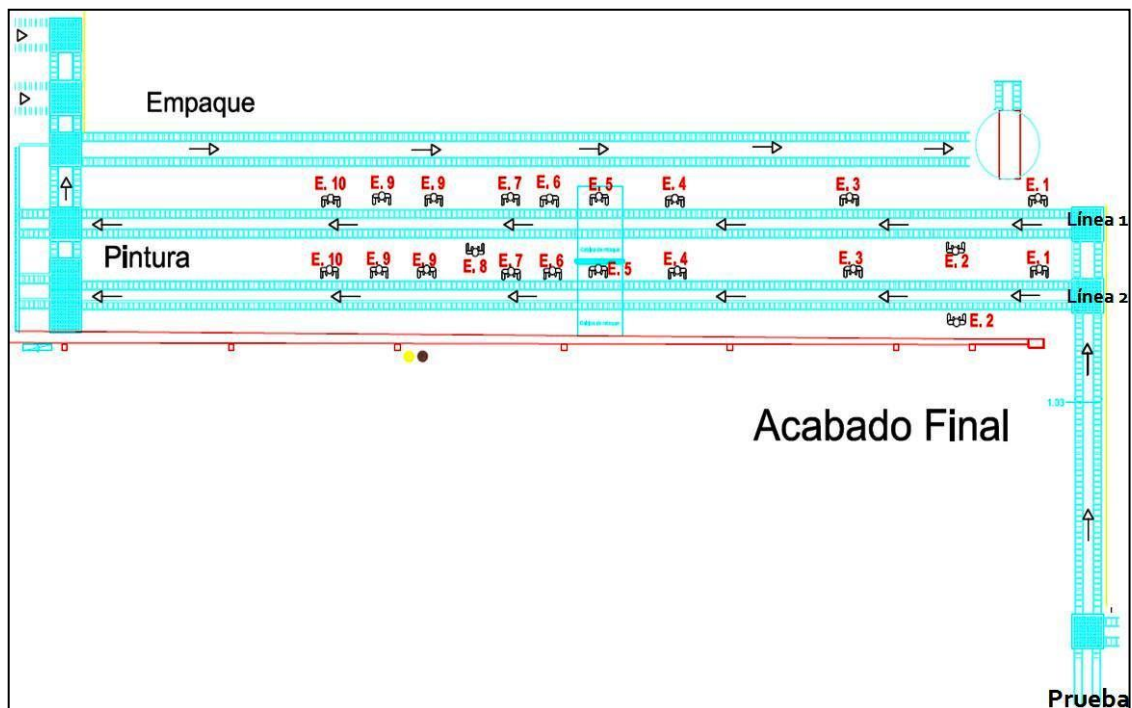
Estación 2: (limpieza de espalda exterior parte superior y top exterior)		
Limpiar espalda exterior parte superior y limpiar mitad del top exterior.	1	1
Estación 3: (limpieza de laterales)		
Limpiar laterales y mitad de top exterior. Quitar espuma de breakers y fondo de tina.	1	1
Estación 4: (limpieza de tina)		
Limpiar tina con líquido mineral.	1	1
Estación 5: (retoque en cabina de pintura)		
Colocar trozos de espuma en puertas, limpiar marcos verticales y caps. Pintar marcos verticales, caps y laterales (cuando van rayados)	1	1
Estación 6: (limpieza de vidrios de puerta)		
Limpiar marco, empaque y vidrio de puerta	1	1
Estación 7: (aplicación de silastic)		
Aplicar silastic en refuerzos de espalda exterior, breakers y fondo de tina.	1	1
Estación 8: (colocación de etiquetas de seguridad)		
Colocar etiqueta de seguridad a la unidad y No. de serie en tina.	1	
Estación 9: (retoque menor de pintura a tina)		
Limpiar tina, retocar tina con pincel, retocar tina con pistola y aplicar bs-10.	2	2
Estación 10: (retoque de rayones menores a partes negras)		
Retocar frente y rótulo con pistola.	1	1
Total operarios por cada línea	10	10
Operarios compartidos para las dos líneas	1	
TOTAL DE OPERARIOS EN ACABADO FINAL	21	

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.2. Layout del área de acabado final

En la figura 10 se detalla la distribución de estaciones de trabajo en el área de acabado final, en la que se puede observar que las dos líneas tienen la misma capacidad de trabajo al contar con la misma cantidad de operarios, sin embargo, no existe un camino alternativo para que fluyan las líneas de acabado final para equipos que no necesiten pasar por el área de pintura en momentos de colapso del área de pintura, lo que genera atrasos no solo para el área de acabado, final sino también para empaque cuando el área de pintura colapsa.

Figura 10. Área de acabado final



Fuente: elaboración propia.

2.1.2.3. Operaciones realizadas en el área de empaque

En la tabla II se detallan las operaciones que se realizan en el área de empaque.

Tabla II. Operaciones que se realizan en el área de empaque

Operaciones	Personal
Estación 1: (colocar parrillas)	1
Colocar cartón para proteger fondo, parrillas y clips. Asegurar parrillas a <i>pilaster</i> y agregar manual y certificado de calidad.	
Estación 2: (pegar NP's)	2
Colocar NP's en puerta, tina, espalda y rótulo.	
Estación 3: (pegar calcomanías)	5
Limpiar lateral, aplicar agua con jabón y colocar calcomanías.	
Estación 4: (limpieza general)	1
Limpieza de puerta y tina.	
Estación 5: (colocar y escanear etiqueta de dirección)	1
Colocar etiqueta de dirección de cliente y escanear No. de serie y etiqueta de dirección.	
Estación 6: (colocar placa inembargable)	1
Colocar placa inembargable en tina y colocar cubremotor.	
Estación 7: (prueba 2)	1
Conectar equipo aproximadamente 5 min. Colocar etiqueta a cordón eléctrico, verificar funcionamiento de lámpara, ventilador, unidad y termostato.	
Estación 8: (colocar bolsa y charola)	2
Armar charola de cartón para <i>top</i> exterior, colocar bolsa y charola.	
Estación 9: (colocar esquineros y protectores de duroport)	2
Colocar esquineros y protectores de equipo.	
Estación 10: (colocar <i>stretch film</i> en máquina "Teresa")	1
Colocar <i>stretch film</i> en máquina "teresa", Bajar equipos de <i>conveyor</i> .	

Continuación de la tabla II.

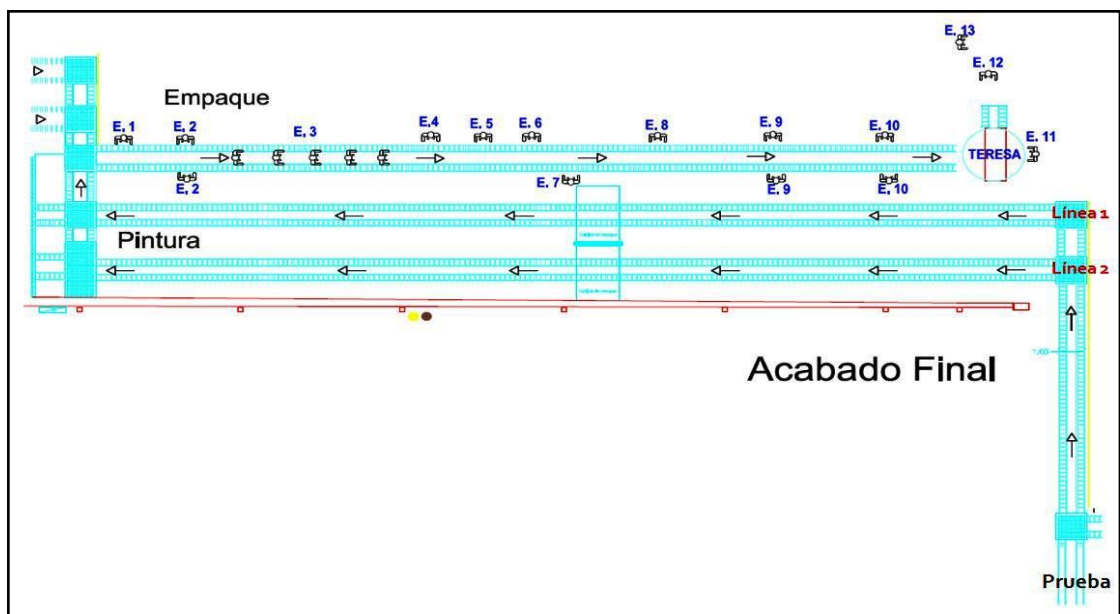
Estación 11: (colocar <i>stretch film</i> en <i>top</i> de equipo)	1
Poner <i>stretch film</i> en <i>top</i> de equipo.	
Estación 12: (ubicar equipo en bodega)	1
Ubicar equipo en bodega.	
TOTAL DE OPERARIOS EN EL ÁREA DE EMPAQUE	19

Fuente: elaboración propia.

2.1.2.4. *Layout* del área de empaque

En la figura 11 se detalla la distribución de estaciones de trabajo del área de empaque, donde solo existe una línea de empaque para todos los equipos, lo que en ocasiones puede generar confusión en la colocación de calcomanías.

Figura 11. Área de empaque



Fuente: elaboración propia.

2.1.3. Medición del trabajo

Medición del trabajo fue la técnica que se utilizó para este estudio, la cual ayudó a determinar con la mayor exactitud posible el tiempo para llevar a cabo una tarea determinada en el Departamento de Acabado Final y Empaque; partiendo de un número de observaciones y tomando en cuenta factores de suplementos y calificación del desempeño.

2.1.3.1. Calificación del desempeño

La calificación del desempeño fue un paso importante en la medición del trabajo, ya que se basó mucho en el juicio del analista; para este estudio se utilizó el sistema de Westinghouse.

2.1.3.1.1. Sistema de Westinghouse:

Para la evaluación del desempeño se utilizó el método de Westinghouse, que considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.

La tabla III ilustra las características de los distintos grados de habilidad, que se define como la eficiencia para seguir un método dado no sujeto a variación por voluntad del operario, va de +15% para habilidad superior a -22 para la pésima.

Tabla III. **Sistema de calificación de habilidad de Westinghouse**

+0.15	A1	Superior
+0.13	A2	Superior
+0.11	B1	Excelente

Continuación de la tabla III.

+0.08	B2	Excelente
+0.06	C1	Bueno
+0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.05	E1	Aceptable
-0.10	E2	Aceptable
-0.16	F1	Malo
-0.22	F2	Malo

Fuente: NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial, métodos estándares y diseño del trabajo. p. 415.

La tabla IV proporciona los valores numéricos para los distintos grados de esfuerzo, la cual toma en cuenta la voluntad de trabajar, controlable por el operario dentro de los límites impuestos por la habilidad.

Tabla IV. **Sistema de calificación de esfuerzo de Westinghouse**

+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Fuente: NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial, métodos estándares y diseño del trabajo. p. 416.

La tabla V proporciona los valores respectivos para las condiciones (luz, ventilación, calor, etc) que afectan únicamente al operario y no la operación.

Tabla V. **Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse**

+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
+0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Fuente: NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial, métodos estándares y diseño del trabajo. p. 416.

La tabla VI presenta los valores de consistencia, que toma en cuenta los valores de tiempo que realiza el operador que se repite en forma constante o inconstante, calificando la consistencia perfecta con + 0,04% y la mala con - 0,04.

Tabla VI. **Sistema de calificación de consistencia de Westinghouse**

+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
+0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Fuente: NIEBEL, Benjamín. Ingeniería industrial, métodos estándares y diseño del trabajo. p. 417.

La calificación del desempeño fue un paso importante en la medición del trabajo, ya que se basó mucho en el juicio del analista; para este estudio se utilizó el sistema de Westinghouse.

2.1.3.2. Suplementos

Se utilizó la tabla de suplementos (ver tabla VII) para tomar en cuenta las interrupciones, demoras y disminuciones en el paso causadas por fatiga, necesidades personales o básicas, descansos y/o retrasos especiales en toda tarea asignada en el estudio de tiempos de acabado final y empaque. Lo que se traduce a realizar algunos ajustes para compensar esas pérdidas.

Para llegar a un estándar justo para un operario normal que labore con un esfuerzo de tipo medio, debe incorporarse cierto margen o tolerancia al tiempo medido, ya que el estudio de tiempos se lleva a cabo en un periodo relativamente corto y hay que eliminar los elementos extraños al determinar el tiempo normal.

Sería imposible que un operario mantuviese el mismo ritmo en cada minuto de trabajo del día. Hay tres clases de interrupciones que se presentan ocasionalmente, que hay que compensar con tiempo adicional:

- La primera clase son las interrupciones personales, como idas al servicio sanitario o a tomar agua.
- La segunda es la fatiga, que como se sabe, afecta al trabajador más fuerte, aún cuando efectúe el trabajo de tipo más ligero.
- Hay algunos retrasos inevitables como rupturas de las herramientas, interrupciones por el supervisor y ligeros tropiezos con los útiles de trabajo.

En la tabla VII se muestran los valores correspondientes a los suplementos constantes y variables utilizados en el estudio de tiempos de este proyecto.

Tabla VII. Sistema de suplementos por descanso en porcentaje de los tiempos normales

	Hombre	Mujer		Hombre	Mujer
1. Suplementos constantes			E. Condiciones atmosféricas (calor y humedad)		
Suplementos por necesidades personales	5	7	Índice de enfriamiento en el termómetro húmedo de suplemento Kata (milicalorías/cm ² /segundo)		
Suplementos base por fatiga	4	4		16	0
2. Suplementos variables				14	0
A. Trabajo de pie	2	4		12	0
B. Postura anormal				10	3
Ligeramente incómoda	0	1		8	10
Incomoda (inclinado)	2	3		6	21
Muy incómoda (echado, estirado)	7	7		5	31
C. Uso de la fuerza o energía muscular (levantar, tirar o empujar)				4	45
Peso levantado por kilogramo				3	64
2.5	0	1		2	100
5	1	2	F. Concentración intensa		
7.5	2	3	Trabajos de cierta precisión	0	0
10	3	4	Trabajos de precisión o fatigosos	2	2
12.5	4	6	Trabajos de gran precisión o muy fatigosos	5	5
15	5	8	G. Ruido		
17.5	7	10	Continuo	0	0
20	9	13	Intermitente y fuerte	2	2
22.5	11	18	Intermitente y muy fuerte	5	5
25	13	20 Max	Estridente y fuerte	--	--
30	17	----	H. Tensión mental		
33.5	22	----	Proceso bastante complejo	1	1
D. Mala iluminación			Proceso complejo o atención dividida entre muchos objetos	4	4
Ligeramente por debajo de la potencia calculada	0	0	Muy complejo	8	8
Bastante por debajo	2	2	I. Monotonía		
Absolutamente insuficiente	5	5	Trabajo algo monótono	0	0
			Trabajo bastante monótono	1	1
			Trabajo muy monótono	4	4
			J. Tedio		
			Trabajo algo aburrido	0	0
			Trabajo aburrido	2	1
			Trabajo muy aburrido	5	2

Fuente: GARCÍA CRIOLLO, Roberto. Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo. p. 228.

2.1.3.3. Tiempo normal

Es el tiempo requerido por el operario normal o estándar para realizar la operación cuando trabaja con velocidad estándar, sin ninguna demora por razones personales o circunstancias inevitables.

El tiempo normal se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{\Sigma \text{Tiempo observados}}{\text{No. de observaciones}}$$

$$\text{Tiempo normal} = (\text{Tiempo promedio}) \times (\text{Factor de calificación})$$

2.1.3.4. Tiempo estándar

Es el tiempo que se concede para efectuar una tarea. En él están incluidos los tiempos de los elementos cíclicos (repetitivos, constantes y variables) así como los elementos casuales o contingentes que fueron observados durante el estudio de tiempos.

El tiempo estándar podrá obtenerse a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo estandar} = \text{Tiempo normal} * [1 + \text{suplementos}]$$

2.1.3.5. Estudio de tiempos

Se realizó el estudio de tiempos en el área de acabado final y empaque, con el objetivo de obtener y registrar toda la información concerniente a las operaciones realizadas en dichas áreas; el presente estudio se realizó a la vista

y conocimiento de todos, sin discutir o intimidar a los trabajadores, ni criticando su trabajo, sino pidiendo su colaboración.

2.1.3.5.1. Formato para el estudio de tiempos

El formato para la toma de tiempos se denomina R-IM-00-04 y actualmente se encuentra estandarizado por el Departamento de Ingeniería de Manufactura de Fogel, el formato se puede observar en la figura 12.

Figura 12. Formato de la hoja de toma de tiempos

El formato de la hoja de toma de tiempos (R-IM-00-04) se estructura de la siguiente manera:

- Encabezado:** Incluye el logo de FOGEL, el título "FOGEL DE CENTROAMERICA ESTUDIO DE TIEMPOS" y el número de la hoja "HOJA DE TOMA DE TIEMPOS R-IM-00-04".
- Información de elaboración:** Campos para "Elaboró: DEPTO. LEAN", "Supervisó: ING. Manuel Raya" y "Departamento: ING. DE MANUFACTURA".
- Información de método y fecha:** Campos para "METODO: ACTUAL", "HOJA: 1/1" y "FECHA: Octubre 2012".
- Modelo:** Sección titulada "MODELO" que contiene el tipo de acabado "ACABADO FINAL".
- Tabla de Operación:** Una tabla con 12 columnas: "Operación", "Tiempo 1", "Tiempo 2", "Tiempo 3", "Tiempo 4", "Tiempo 5", "Tiempo 6", "Tiempo promedio", "Calific. %", "Suple. %", y "Tiempo Estándar".
- Resumen:** Una fila final titulada "TIEMPO DEL PROCESO" que muestra un valor de "0.00".

Las anotaciones de letras a-k indican las partes específicas del formato:

- a:** Información de elaboración.
- b:** Encabezado principal.
- c:** Modelo.
- d:** Información de método y fecha.
- e:** Descripción de las operaciones.
- f:** Columnas de tiempo individual.
- g:** Columna de tiempo promedio.
- h:** Columnas de calificación y suplemento.
- i:** Columna de tiempo estándar.
- j:** Valor de tiempo estándar en la primera fila.
- k:** Valor de tiempo del proceso en la fila final.

Operación	(Tiempo en minutos)						(%)		(Tiempo en minutos)	
	Tiempo 1	Tiempo 2	Tiempo 3	Tiempo 4	Tiempo 5	Tiempo 6	Tiempo promedio	Calific. %	Suple. %	Tiempo Estándar
ESTACION 1 (Descripción de la operación)	1.12	1.19	1.30	1.25	1.48	1.15	1.25	85%	22%	1.30
ESTACION 2 (Descripción de la operación)										
ESTACION 3 (Descripción de la operación)										
ESTACION 4 (Descripción de la operación)										
ESTACION 5 (Descripción de la operación)										
ESTACION 6 (Descripción de la operación)										
ESTACION 7 (Descripción de la operación)										
TIEMPO DEL PROCESO										0.00

Fuente: Departamento de Ingeniería de Manufactura, Fogel de Centroamérica, S.A.

Los elementos que constituyen el formato se describe a continuación.

- a) Datos del departamento encargado del estudio de tiempos
- b) Tipo de equipo
- c) Área donde se realiza el estudio
- d) Datos del estudio (No. de hoja, método, fecha)
- e) Descripción general de la estación de trabajo
- f) Tiempos cronometrados en las operaciones
- g) Tiempo promedio de los tiempos cronometrados
- h) Calificación aplicada al operario (Según sistema de Westinghouse)
- i) Suplementos para el operario (según tabla VII)
- j) Tiempo estándar para cada operación de la estación de trabajo
- k) Sumatoria de todos los tiempos estándares (tiempo del proceso)

2.1.3.5.2. Acabado final

En las tablas VIII a la XII se presentan los estudios de tiempos realizados en el área de acabado final para equipos de una, dos y tres puertas de vidrio, una puerta sólida y equipos horizontales.

El cálculo de tiempo estándar para la estación 1 se detalla a continuación:

Primero se calcula el tiempo promedio:

$$\text{Tiempo promedio} = \frac{(4,88 + 4,85 + 4,81 + 4,92 + 4,81 + 4,52)}{6} = 4,81 \text{ minutos}$$

Luego se procede a calificar según las tablas de Westinghouse (ver tablas III, IV, V, VI).

Habilidad aceptable:	- 0,05
Esfuerzo bueno:	+ 0,02
Condiciones malas:	- 0,07
Consistencia promedio:	<u>0,00</u>
TOTAL:	- 0,10

La cantidad antes obtenida de la calificación se suma o se resta a 100% dependiendo del signo que se tenga (para este ejemplo se restará en virtud de que salió negativo).

Aplicar la fórmula de tiempo normal y se calcula:

$$\text{Tiempo normal} = (\text{Tiempo promedio}) \times (\text{Factor de calificación})$$

$$\text{Tiempo normal} = (4,81 \text{ minutos}) \times (0,90) = 4,33 \text{ minutos}$$

A continuación se procede a calcular los suplementos que se conceden para esta operación, utilizando la tabla de suplementos (ver tabla VII):


Hombre:	9%
Trabajo aburrido:	2%
Calidad del aire mala:	5%
Trabajar de pie:	<u>2%</u>
Total:	18%

Aplicando la fórmula de tiempo estándar:

$$\text{Tiempo estandar} = \text{Tiempo normal} * [1 + \text{suplementos}]$$

$$\text{Tiempo estandar} = 4,33 \text{ minutos} * [1,18] = 5,11 \text{ minutos}$$

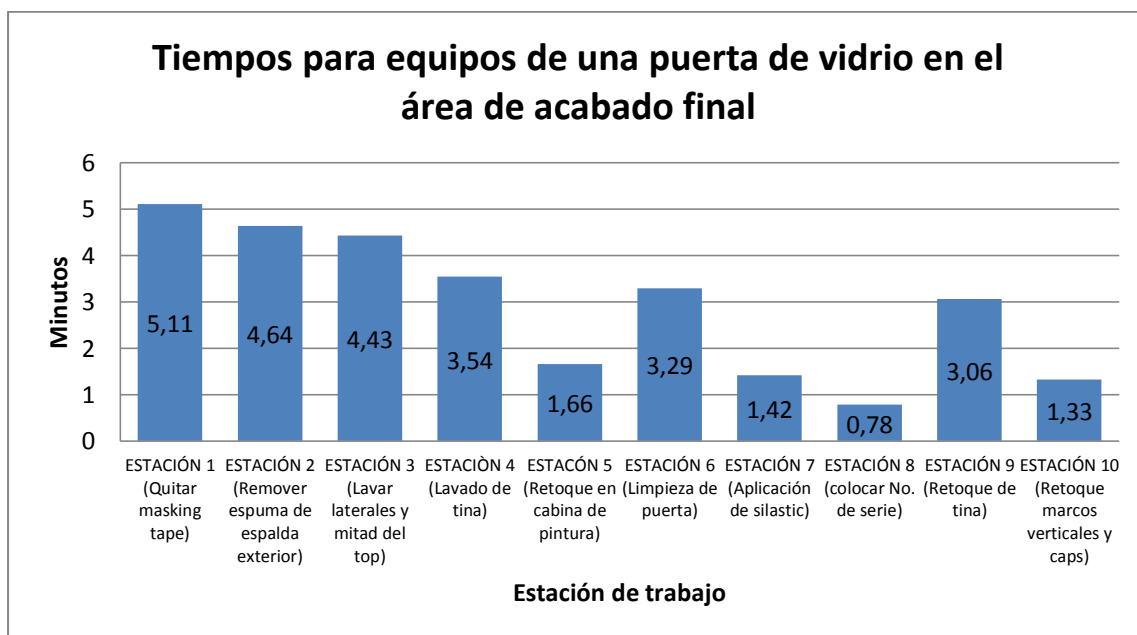
Tabla VIII. **Estudio de tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de acabado final**

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA							HOJA DE TOMA DE TIEMPOS			
ESTUDIO DE TIEMPOS							R-IM-00-04			
Elaboró: José Armando Navarro							Método: actual			
Supervisó: Ing. Manuel Raya							Hoja: 1 de 1			
Departamento: Ingeniería de Manufactura							Fecha: julio de 2012			
EQUIPOS DE UNA PUERTA DE VIDRIO										
ACABADO FINAL										
Operación	(Tiempo en minutos)						T. Prom.	Calific. %	Suple. %	(Tiempo en minutos) Tiempo estándar
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6				
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , tape y cinta café de laterales exteriores, tina, área de motor y marcos verticales. Limpieza de espada exterior parte inferior.	4,88	4,85	4,81	4,92	4,81	4,52	4,81	90%	18%	5,11
Estación 2: limpiar espalda exterior parte superior y mitad del <i>top</i> exterior.	4,37	4,22	4,40	4,45	4,37	4,40	4,37	90%	18%	4,64
Estación 3: limpiar laterales y mitad de <i>top</i> exterior. Quitar espuma de <i>breakers</i> y tina.	4,17	3,82	4,25	4,32	4,17	4,30	4,17	90%	18%	4,43
Estación 4: limpiar tina con líquido mineral.	3,33	3,33	3,42	3,33	3,33	3,25	3,33	90%	20%	3,54
Estación 5: colocar trozos de espuma en puertas, limpiar marcos verticales y <i>caps</i> . Pintar marcos verticales, <i>caps</i> y laterales (solo cuando van rayados).	1,46	1,57	1,83	1,57	1,57	1,40	1,57	90%	18%	1,66
Estación 6: limpiar marco, empaque y vidrio de puerta.	3,22	3,10	3,30	2,95	3,10	2,92	3,10	90%	18%	3,29
Estación 7: aplicar silastic en refuerzos de espalda exterior, <i>breakers</i> y fondo de tina.	1,33	1,33	1,38	1,33	1,33	1,28	1,33	90%	18%	1,42
Estación 8: colocar etiqueta de seguridad a la unidad y No. de serie en tina.	0,67	0,74	0,68	0,78	0,80	0,75	0,74	90%	18%	0,78
Estación 9: limpiar tina, retocar tina con pincel, retocar tina con pistola y aplicar bs-10.	5,72	5,72	6,02	5,76	5,76	5,76	5,76	90%	20%	6,12
Estación 10: retocar rótulo con pistola.	1,25	1,25	1,30	1,25	1,25	1,20	1,25	90%	18%	1,33
TIEMPO DEL PROCESO										32,32

Fuente: elaboración propia.

El tiempo total del proceso para equipos de una puerta de vidrio es de 32,32 minutos, donde la estación 9 representa el 18% y la estación 8 el 2,42% del tiempo total, lo que demuestra un claro desbalance de tiempos.


Figura 13. **Tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de acabado final**



Fuente: elaboración propia.

Según la figura 13 se puede observar que existe un desbalance de las estaciones de trabajo, habiendo una diferencia de tiempo de 4 minutos entre la estación más lenta y la más rápida; lo que significa un desbalance de cargas de trabajo y la necesidad de redistribución de tareas.

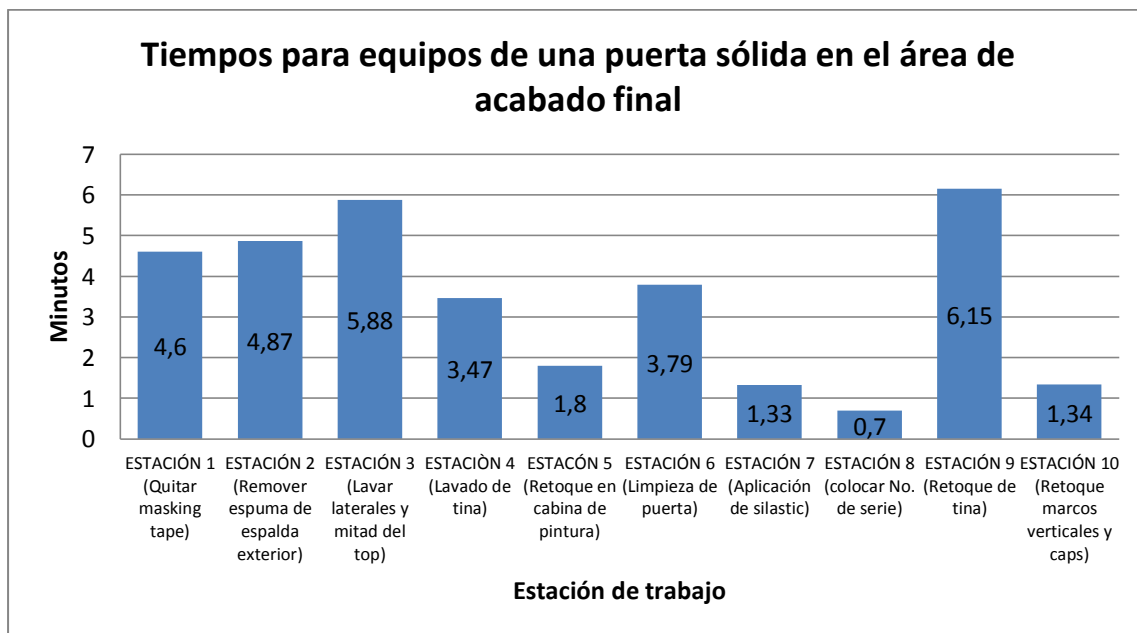
Tabla IX. Estudio de tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de acabado final

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: julio de 2012		
EQUIPOS DE UNA PUERTA SÓLIDA										
ACABADO FINAL										
Operación	(Tiempo en minutos)							Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.			
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , <i>tape</i> y cinta café de laterales exteriores, tina, área de motor y marcos verticales. Limpieza de espada exterior parte inferior.	4,36	4,19	4,28	4,25	4,25	4,18	4,25	90%	20%	4,60
Estación 2: limpiar espalda exterior parte superior y mitad del <i>top</i> exterior.	5,13	5,16	5,04	5,16	5,26	5,25	5,15	80%	18%	4,87
Estación 3: limpiar laterales y mitad de <i>top</i> exterior. Quitar espuma de <i>breakers</i> y tina.	5,87	6,62	6,93	5,33	6,23	6,41	6,23	80%	18%	5,88
Estación 4: limpiar tina con líquido mineral.	3,58	3,68	3,70	3,68	3,68	3,75	3,68	80%	18%	3,47
Estación 5: colocar trozos de espuma en puertas, limpiar marcos verticales y <i>caps</i> . Pintar marcos verticales, <i>caps</i> y laterales (solo cuando van rayados).	1,62	1,90	2,28	1,73	2,06	1,83	1,90	80%	18%	1,80
Estación 6: limpiar marco, empaque y vidrio de puerta.	4,01	4,11	4,05	4,01	4,01	3,88	4,01	80%	18%	3,79
Estación 7: aplicar silastic en refuerzos de espalda exterior, <i>breakers</i> y fondo de tina.	1,35	1,41	1,45	1,41	1,41	1,43	1,41	80%	18%	1,33
Estación 8: colocar etiqueta de seguridad a la unidad y No. de serie en tina.	0,67	0,74	0,68	0,78	0,80	0,75	0,74	80%	18%	0,70
Estación 9: limpiar tina, retocar tina con pincel, retocar tina con pistola y aplicar bs-10.	11,28	12,16	11,12	12,16	12,16	14,08	12,16	80%	18%	12,30
Estación 10: retocar rótulo con pistola.	1,15	1,26	1,34	1,25	1,33	1,22	1,26	90%	18%	1,34
TIEMPO DEL PROCESO										40,08

Fuente: elaboración propia.

El tiempo total del proceso para equipos de una puerta sólida es de 40,08 minutos, donde la estación 9 representa el 30% del tiempo total, lo que hace necesario realizar un balance de operaciones en el área de acabado final.


Figura 14. **Tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de acabado final**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 14 existe un desbalance de las estaciones de trabajo, evidenciando una diferencia de tiempo de 5,45 minutos entre la estación más lenta y la más rápida, lo que significa un desbalance de cargas de trabajo y la necesidad de redistribución de tareas.

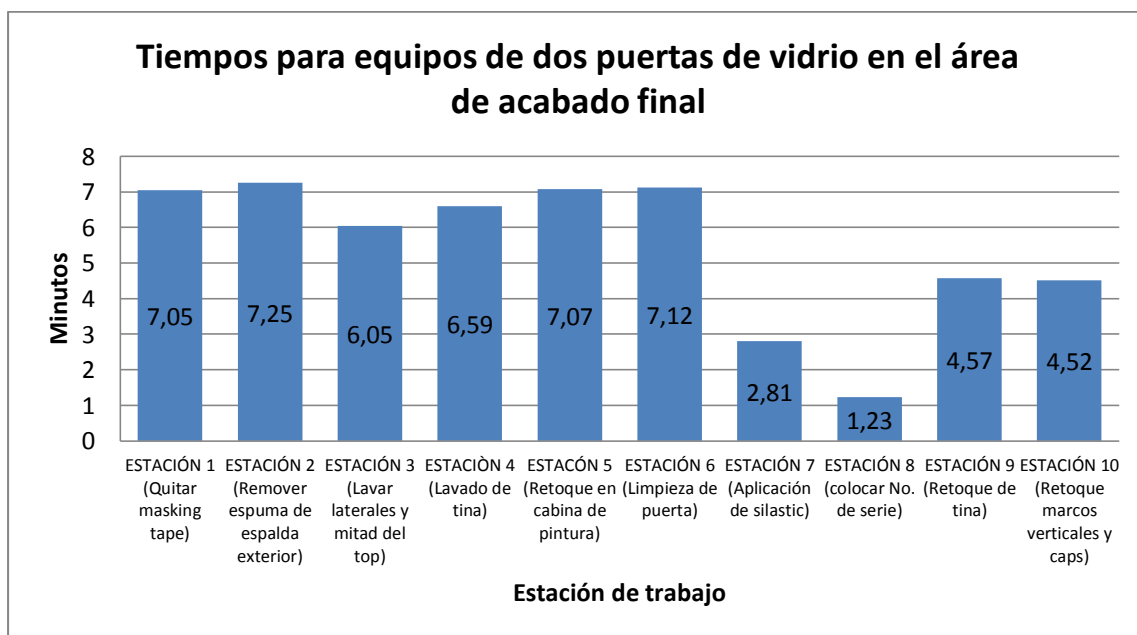
Tabla X. **Estudio de tiempos para equipos de dos puertas de vidrio en el área de acabado final**

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS			
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04			
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual			
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1			
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: agosto de 2012			
EQUIPOS DE DOS PUERTA DE VIDRIO											
ACABADO FINAL											
Operación	(Tiempo en minutos)							Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar	
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.				
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , <i>tape</i> y cinta café de laterales exteriores, tina, área de motor y marcos verticales. Limpieza de espada exterior parte inferior.	6,75	6,64	6,98	6,39	6,37	6,37	6,64	90%	18%	7,05	
Estación 2: limpiar espalda exterior parte superior y mitad del <i>top</i> exterior.	7,07	6,90	6,65	7,00	6,90	6,90	6,90	90%	18%	7,25	
Estación 3: limpiar laterales y mitad de <i>top</i> exterior. Quitar espuma de <i>breakers</i> y tina.	6,09	5,70	5,51	6,25	4,94	5,69	5,69	90%	18%	6,05	
Estación 4: limpiar tina con líquido mineral.	5,92	6,50	6,17	6,21	6,21	6,25	6,21	90%	18%	6,59	
Estación 5: colocar trozos de espuma en puertas, limpiar marcos verticales y <i>caps</i> . Pintar marcos verticales, <i>caps</i> y laterales (solo cuando van rayados).	7,75	6,66	6,38	6,15	6,67	6,67	6,66	90%	18%	7,07	
Estación 6: limpiar marco, empaque y vidrio de puerta.	7,25	6,71	6,53	6,71	6,71	6,33	6,33	90%	18%	7,12	
Estación 7: aplicar silastic en refuerzos de espalda exterior, <i>breakers</i> y fondo de tina.	2,97	2,64	2,55	2,64	2,64	2,42	2,64	90%	18%	2,81	
Estación 8: colocar etiqueta de seguridad a la unidad y No. de serie en tina.	1,30	1,08	1,25	1,11	1,16	1,05	1,16	90%	16%	1,23	
Estación 9: limpiar tina, retocar tina con pincel, retocar tina con pistola y aplicar bs-10.	8,02	8,62	7,98	9,82	8,42	8,62	8,62	90%	16%	9,04	
Estación 10: retocar rótulo con pistola.	4,03	4,26	4,58	4,26	4,26	4,17	4,26	90%	18%	4,52	
TIEMPO DE PROCESO										58,73	

Fuente: elaboración propia.

El tiempo total del proceso para equipos de dos puertas de vidrio es de 58,73 minutos, donde la estación 8 representa el 2,05% del tiempo total, evidenciando el desbalance existente en el área de acabado final.


Figura 15. **Tiempos para equipos de dos puertas de vidrio en el área de acabado final**



Fuente: elaboración propia.

Como se puede observar en la figura 15, existe una diferencia de 4,31 minutos entre la estación 6 y 7, el balance de líneas se vuelve necesario para mejorar el flujo del proceso y que las estaciones de trabajo sea lo más uniforme posible.

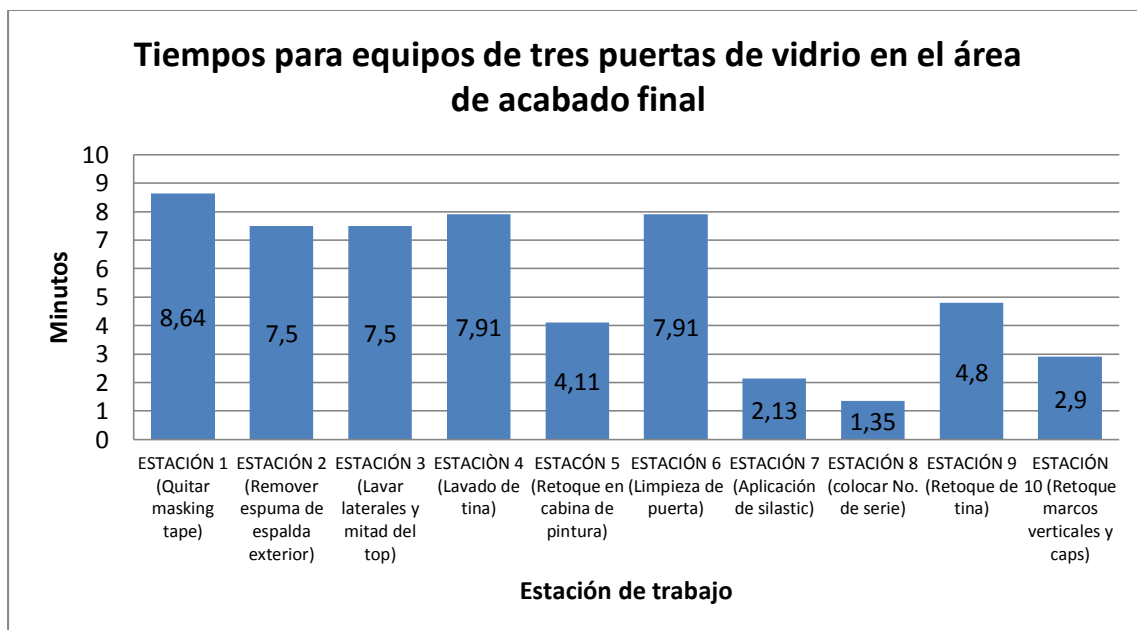
Tabla XI. Estudio de tiempos para equipos de tres puertas de vidrio en el área de acabado final

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS			
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04			
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual			
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1			
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: agosto de 2012			
EQUIPOS DE TRES PUERTAS DE VIDRIO											
ACABADO FINAL											
Operación	(Tiempo en minutos)							(%)		(Tiempo en minutos)	
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar	
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , <i>tape</i> y cinta café de laterales exteriores, tina, área de motor y marcos verticales. Limpieza de espada exterior parte inferior.	8,05	8,14	8,20	8,14	8,13	8,16	8,14	90%	18%	8,64	
Estación 2: limpiar espalda exterior parte superior y mitad del <i>top</i> exterior.	6,73	7,06	7,28	7,10	7,04	7,14	7,06	90%	18%	7,50	
Estación 3: limpiar laterales y mitad de <i>top</i> exterior. Quitar espuma de <i>breakers</i> y tina.	5,46	5,87	6,14	5,94	5,85	5,97	5,87	90%	18%	7,50	
Estación 4: limpiar tina con líquido mineral.	6,80	7,43	7,98	7,45	7,61	7,41	7,45	90%	18%	7,91	
Estación 5: colocar trozos de espuma en puertas, limpiar marcos verticales y <i>caps</i> . Pintar marcos verticales, <i>caps</i> y laterales (solo cuando van rayados).	3,78	3,87	4,02	3,78	3,86	3,89	3,87	90%	18%	4,11	
Estación 6: limpiar marco, empaque y vidrio de puerta.	7,48	7,45	7,68	7,45	7,44	7,18	7,45	90%	18%	7,91	
Estación 7: aplicar silastic en refuerzos de espalda exterior, <i>breakers</i> y fondo de tina.	1,91	1,88	2,20	2,00	2,03	2,00	2,00	90%	18%	2,13	
Estación 8: colocar etiqueta de seguridad a la unidad y No. de serie en tina.	1,35	1,22	1,12	1,28	1,27	1,39	1,27	90%	18%	1,35	
Estación 9: limpiar tina, retocar tina con pincel y pistola. Aplicar bs-10.	8,44	9,04	9,02	9,30	9,02	9,12	9,04	90%	16%	9,60	
Estación 10: retocar rótulo con pistola.	2,44	2,73	2,90	2,73	2,73	2,85	2,73	90%	18%	2,90	
TIEMPO DEL PROCESO										59,55	

Fuente: elaboración propia.

El tiempo total del proceso para equipos de tres puertas de vidrio es de 59,55 minutos, similar al tiempo de equipos de dos puertas y al igual que en equipos de una y dos puertas la estación 9 donde se realizan retoques por rayones es la que representa el mayor tiempo de operación.


Figura 16. **Tiempos para equipos de tres puertas de vidrio en el área de acabado final**



Fuente: elaboración propia.

Según la figura 16, las primeras 4 estaciones, que son las de limpieza toman demasiado tiempo, debido a que los equipos llegan demasiado sucios, mientras que de la estación 7 a la 10 están más holgadas, habiendo en este proceso oportunidad de mejora en cuanto al balanceo de cargas de trabajo.

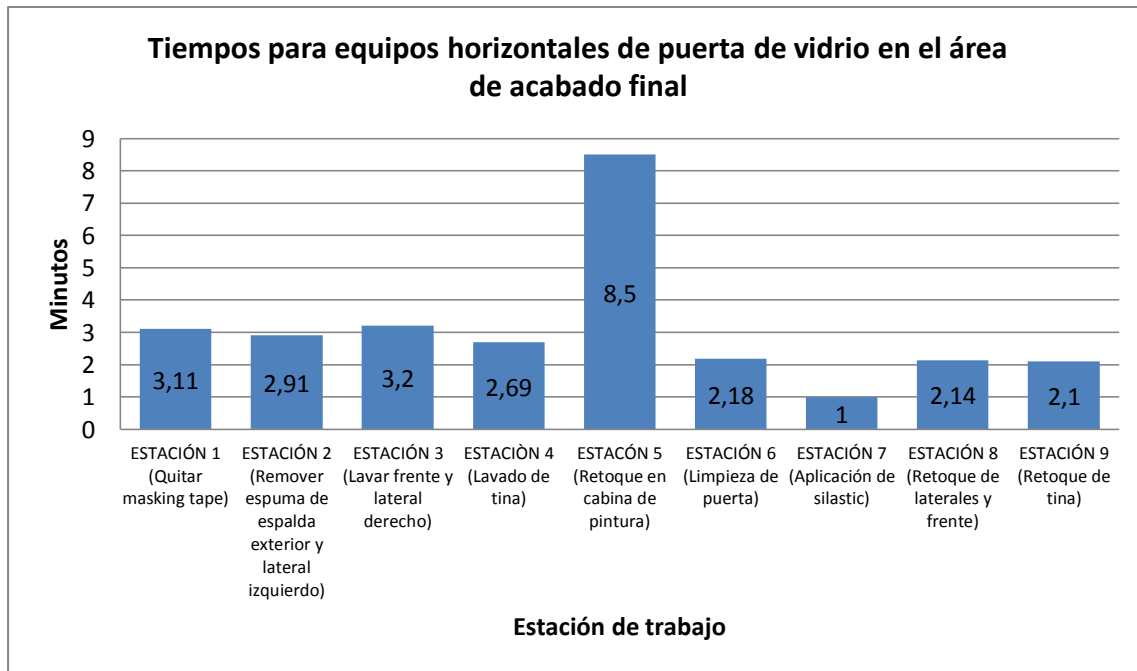
Tabla XII. **Estudio de tiempos para equipos horizontales con puerta de vidrio en el área de acabado final**

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: agosto de 2012		
EQUIPOS HORIZONTALES CON PUERTA DE VIDRIO										
ACABADO FINAL										
Actividad	(Tiempo en minutos)							(%)		(Tiempo en minutos)
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , <i>tape</i> y cinta café del equipo.	2,67	2,93	3,10	2,91	2,99	2,97	2,93	90%	18%	3,11
Estación 2: lavar espalda exterior y lateral izquierdo.	2,78	2,75	2,56	2,90	2,73	2,73	2,74	90%	18%	2,91
Estación 3: lavar frente y lateral derecho.	2,88	3,01	3,15	3,00	3,05	2,9	3,01	90%	18%	3,20
Estación 4: lavado de tina.	2,50	2,55	2,53	2,53	2,54	2,55	2,53	90%	18%	2,69
Estación 5: empapelado y retocar equipo.	7,95	8,01	8,05	7,98	8,01	8,03	8,01	90%	18%	8,50
Estación 6 limpieza de puertas.	1,98	2,05	2,12	1,90	2,05	2,20	2,05	90%	18%	2,18
Estación 7: aplicar silastic a fondo de tina.	0,93	0,94	0,92	1,05	0,94	0,85	0,94	90%	18%	1,00
Estación 8: retoque de laterales y frente.	2,22	2,02	1,95	2,10	2,02	1,80	2,02	90%	18%	2,14
Estación 9: retoque de tina con pincel y pistola, aplicar fundente.	3,88	3,96	4,08	4,06	3,98	3,82	3,96	90%	16%	4,20
TIEMPO DEL PROCESO										29,93

Fuente: elaboración propia.

El tiempo total del proceso para equipos horizontales con puerta de vidrio en el área de acabado final es de 29,93 minutos, para este equipo el mayor tiempo lo representa la estación 5 con el 28,40% del tiempo total, en esta estación el equipo es empapelado y retocado del exterior.

Figura 17. **Tiempos para equipos horizontales de puerta de vidrios en el área de acabado final**




Fuente: elaboración propia.

Para los equipos horizontales la estación 5, es la que está totalmente fuera de los límites y necesariamente debe ser mejorado el proceso o redistribuida las tareas de esta estación.

2.1.3.5.3. Empaque

En las tablas XIII, XIV, XV y XVI se presenta el estudio de tiempos realizado en el área de empaque para equipos de una, dos y tres puerta de vidrio, una puerta sólida y equipos horizontales.

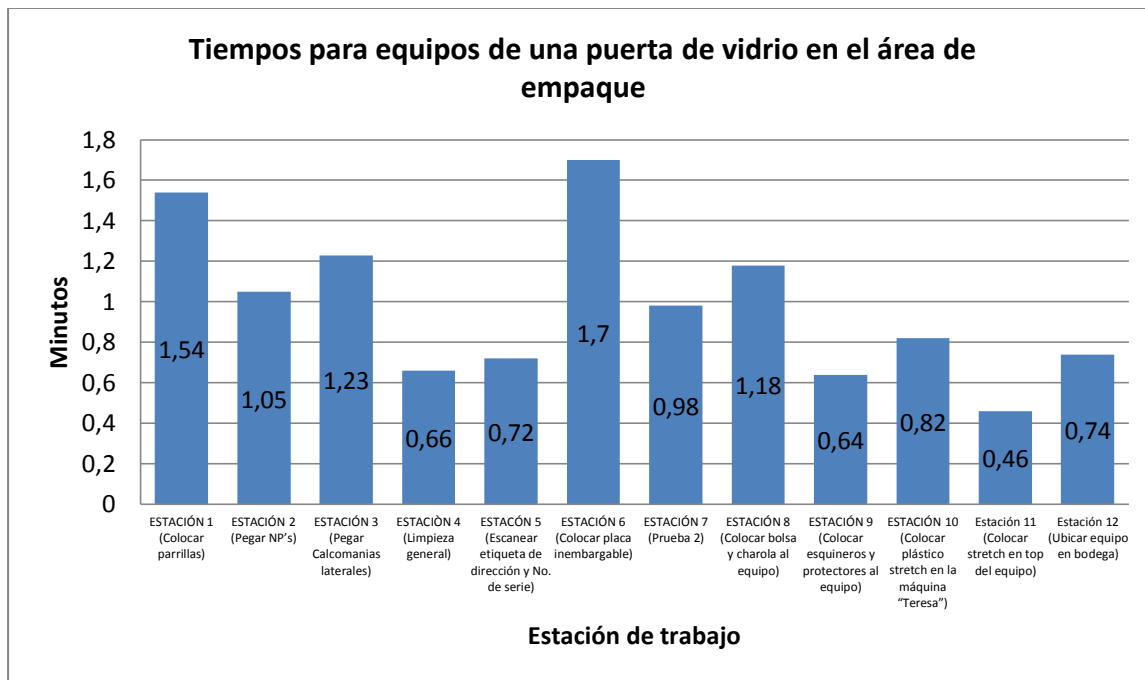
Tabla XIII. **Estudio de tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de empaque**

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: septiembre de 2012		
EQUIPOS DE UNA PUERTA DE VIDRIO										
EMPAQUE										
Operación	(Tiempo en minutos)							(%)		(Tiempo en minutos)
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar
Estación 1: colocar parrillas y clips. Asegurar parrillas a <i>pilaster</i> , agregar manual y certificado de calidad.	1,59	1,50	1,44	1,41	1,40	1,33	1,45	90%	18%	1,54
Estación 2: colocar NP's en puerta, tina, espalda y rótulo.	2,1	1,9	1,98	2,06	1,96	3,9	1,98	90%	18%	2,10
Estación 3: pegar calcomanías.	4,46	4,60	4,65	4,58	4,57	4,85	4,61	90%	18%	6,15
Estación 4: limpieza de puerta y tina.	0,58	0,62	0,65	0,70	0,68	0,50	0,62	90%	18%	0,66
Estación 5: colocar etiqueta de dirección de cliente y escanear No. de serie.	0,67	0,58	0,65	0,68	0,67	0,78	0,67	90%	18%	0,72
Estación 6: colocar placa inembargable en tina. Colocar cubremotor.	1,43	1,58	1,57	1,62	1,78	2,60	1,76	90%	18%	1,70
Estación 7: conectar equipo y verificar funcionamiento de lámpara, ventilador, unidad y termostato.	1,10	0,93	0,88	0,83	0,97	0,85	0,93	90%	18%	0,98
Estación 8: armar y poner charola y bolsa.	1,96	2,10	2,20	2,46	2,20	2,36	2,22	90%	18%	2,36
Estación 9: colocar esquineros y protectores de equipo.	1,1	1,16	1,24	1,16	1,20	1,34	1,20	90%	18%	1,28
Estación 10: colocar <i>stretch film</i> en máquina teresa, Bajar equipos de <i>conveyor</i> .	0,75	0,73	0,85	0,73	0,77	0,78	0,77	90%	18%	0,82
Estación 11: poner <i>stretch film</i> en <i>top de equipo</i> .	0,38	0,45	0,42	0,50	0,42	0,45	0,44	90%	18%	0,46
Estación 12: ubicar equipo en bodega.	0,58	0,70	0,65	0,70	0,82	0,73	0,70	90%	18%	0,74
TIEMPO DEL PROCESO										19,51

Fuente: elaboración propia.

La tabla XIII se puede observar que la estación 3, donde se pegan las calcomanías a los laterales exteriores del equipo, es la estación que lleva más tiempo por lo que en esta estación hay 4 personas realizando la misma operación.


Figura 18. **Tiempos para equipos de una puerta de vidrio en el área de empaque**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 18 se observa que en el área de empaque para equipos de una puerta, las estaciones de trabajo están distribuidas de mejor manera, por lo que solo se harán análisis para determinar si la cantidad de operarios actuales es lo ideal o si se puede reducir la cantidad de operarios, sin afectar las demás estaciones de trabajo

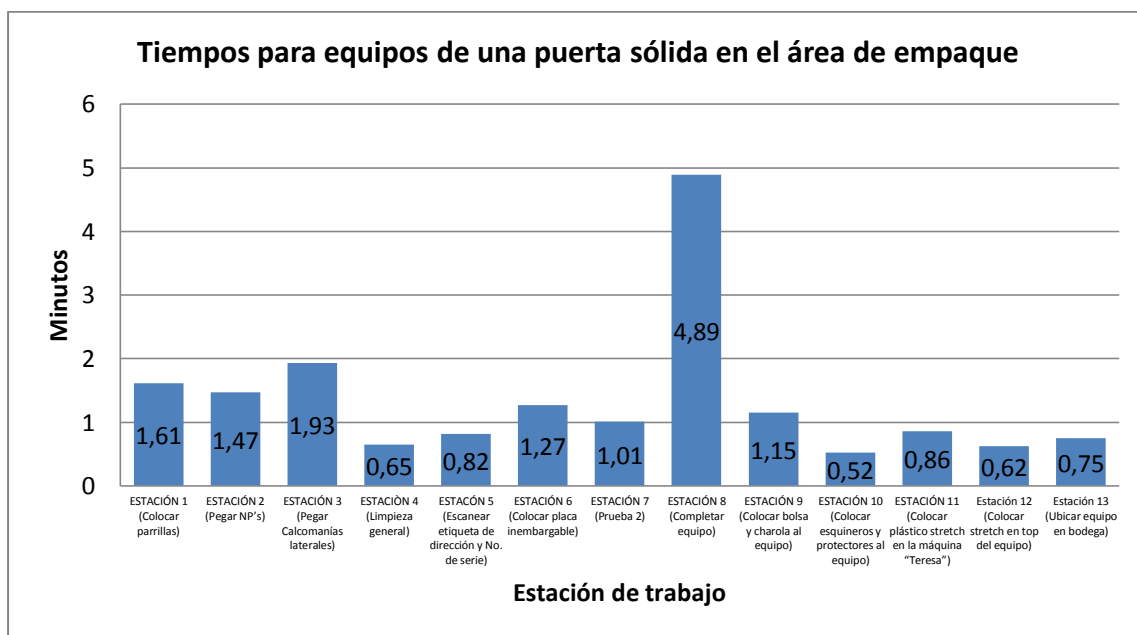
Tabla XIV. Estudio de tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de empaque

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: septiembre de 2012		
EQUIPOS DE UNA PUERTA SÓLIDA										
EMPAQUE										
Actividad	(Tiempo en minutos)							(%)		(Tiempo en minutos)
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar
Estación 1: colocar parrillas y clips. Asegurar parrillas a <i>pilaster</i> , agregar manual y certificado de calidad.	1,62	1,54	1,51	1,38	1,52	1,51	1,51	90%	18%	1,61
Estación 2: colocar NP's en puerta, tina, espalda y rótulo.	2,74	2,78	2,94	2,76	2,78	2,64	2,78	90%	18%	2,94
Estación 3: pegar calcomanías.	9,37	9,11	9,15	9,14	8,99	8,86	9,10	90%	18%	9,65
Estación 4: limpieza de puerta y tina.	0,55	0,75	0,61	0,61	0,62	0,52	0,61	90%	18%	0,65
Estación 5: colocar etiqueta de dirección de cliente y escanear No. de serie.	0,68	0,77	0,77	0,77	0,79	0,85	0,77	90%	18%	0,82
Estación 6: colocar placa inembargable en tina. Colocar cubremotor.	1,03	1,16	1,22	1,22	1,19	1,34	1,19	90%	18%	1,27
Estación 7: conectar equipo y verificar funcionamiento de lámpara, ventilador, unidad y termostato.	1,05	0,92	0,95	0,88	0,95	0,96	0,95	90%	18%	1,01
Estación 8: colocar parrilla en ventana.	4,53	4,61	4,83	4,60	4,64	4,43	4,61	90%	18%	4,89
Estación 9: armar y poner charola y bolsa.	2,22	2,11	2,12	2,26	2,22	2,16	2,18	90%	18%	2,30
Estación 10: colocar esquineros y protectores de equipo.	0,92	0,98	0,90	0,98	0,98	1,14	0,98	90%	18%	1,04
Estación 11: colocar <i>stretch film</i> en máquina teresa, Bajar equipos de <i>conveyor</i> .	0,78	0,81	0,80	0,82	0,81	0,83	0,81	90%	18%	0,86
Estación 12: poner <i>stretch film</i> en <i>top</i> de equipo.	0,64	0,59	0,47	0,59	0,57	0,67	0,59	90%	18%	0,62
Estación 13: ubicar equipo en bodega.	0,65	0,71	0,75	0,71	0,72	0,72	0,71	90%	18%	0,75
TIEMPO DEL PROCESO										27,66

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XIV se observa que el tiempo de ciclo para equipos de una puerta sólida, en el área de empaque es de 27,66 minutos y los tiempos de operación de las estaciones son similares a los equipos de una puerta de vidrio.


Figura 19. **Tiempos para equipos de una puerta sólida en el área de empaque**



Fuente: elaboración propia.

Para los equipos de una puerta sólida, se demuestra que la estación que está fuera de los límites es donde se completa el equipo, tarea que no debería darse, debido a que el área de empaque solo se debe empaquetar el equipo y no de ensamblar.

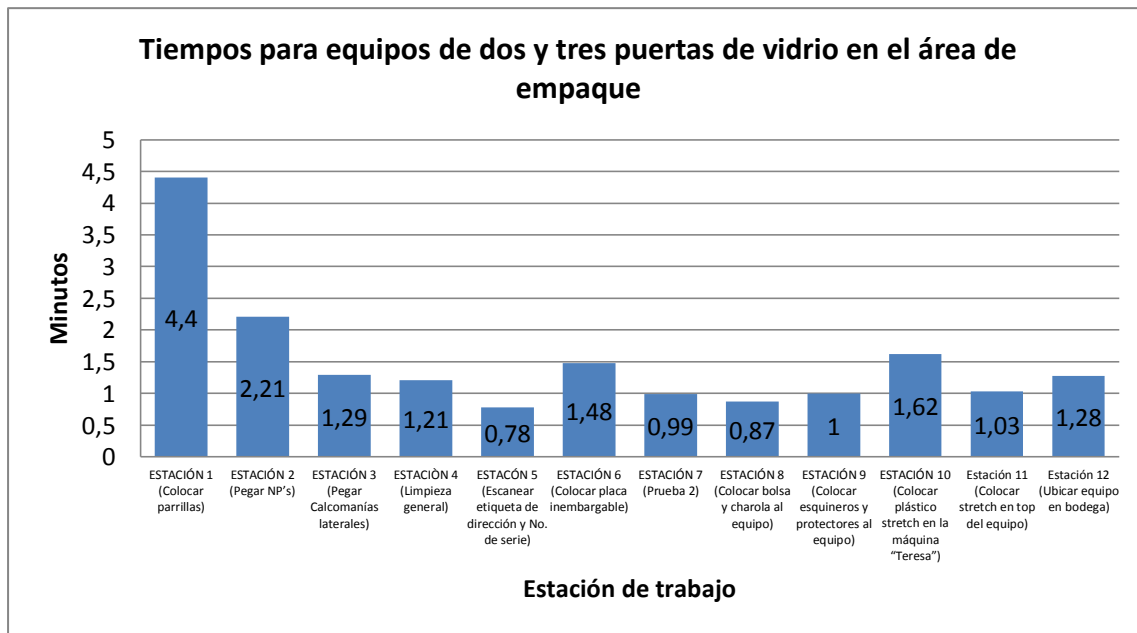
Tabla XV. **Estudio de tiempos para equipos de dos y tres puertas de vidrio en el área de empaque**

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS			
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04			
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual			
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1			
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: septiembre de 2012			
EQUIPOS DE DOS Y TRES PUERTAS DE VIDRIO											
EMPAQUE											
Operación	(Tiempo en minutos)							(%)		(Tiempo en minutos)	
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar	
Estación 1: colocar parrillas y clips. Asegurar parrillas a <i>pilaster</i> , agregar manual y certificado de calidad.	4,18	4,14	4,09	4,17	4,15	4,13	4,14	90%	18%	4,40	
Estación 2: colocar NP's en puerta, tina, espalda y rótulo.	4,2	4,16	3,96	4,16	4,14	4,3	4,16	90%	18%	4,42	
Estación 3: pegar calcomanías.	6,03	6,08	6,69	5,71	5,91	6,04	6,08	90%	18%	6,45	
Estación 4: limpieza de puerta y tina.	0,98	1,32	1,10	1,13	1,14	1,18	1,14	90%	18%	1,21	
Estación 5: colocar etiqueta de dirección de cliente y escanear No. de serie.	0,63	0,53	1,02	0,73	0,73	0,76	0,73	90%	18%	0,78	
Estación 6: colocar placa inembargable en tina. Colocar cubremotor.	1,32	1,45	1,40	1,39	1,41	1,39	1,39	90%	18%	1,48	
Estación 7: conectar equipo y verificar funcionamiento de lámpara, ventilador, unidad y termostato.	0,89	0,92	0,96	0,97	0,94	0,94	0,94	90%	18%	0,99	
Estación 8: armar y poner charola y bolsa.	1,50	1,64	1,76	1,52	1,74	1,66	1,64	90%	18%	1,74	
Estación 9: colocar esquineros y protectores de equipo.	1,74	1,88	1,92	1,88	1,92	1,96	1,88	90%	18%	2,00	
Estación 10: colocar <i>stretch film</i> en máquina teresa, Bajar equipos de <i>conveyor</i> .	1,51	1,53	1,55	1,52	1,53	1,53	1,53	90%	18%	1,62	
Estación 11: poner <i>stretch film</i> en <i>top</i> de equipo.	1,03	0,97	0,91	0,99	0,96	0,96	0,97	90%	18%	1,03	
Estación 12: ubicar equipo en bodega.	1,21	1,17	1,23	1,21	1,20	1,22	1,21	90%	18%	1,28	
TIEMPO DE CICLO										27,40	

Fuente: elaboración propia.

En la tabla XV se observa que el tiempo de ciclo para equipos de dos y tres puertas de vidrio para el área de empaque es de 27,40 minutos, tiempo similar para equipos de una puerta de vidrio y sólida, con lo que se puede realizar un análisis de las operaciones para estandarizar las operaciones para equipos de una, dos y tres puertas en el área de empaque.


Figura 20. **Tiempos para equipos de dos y tres puertas de vidrios en el área de empaque**



Fuente: elaboración propia.

Para equipos de dos y tres puertas el cuello de botella se encuentra en la primera estación, por la cantidad de parrillas que necesita el equipo y la complicación que lleva asegurarlas.

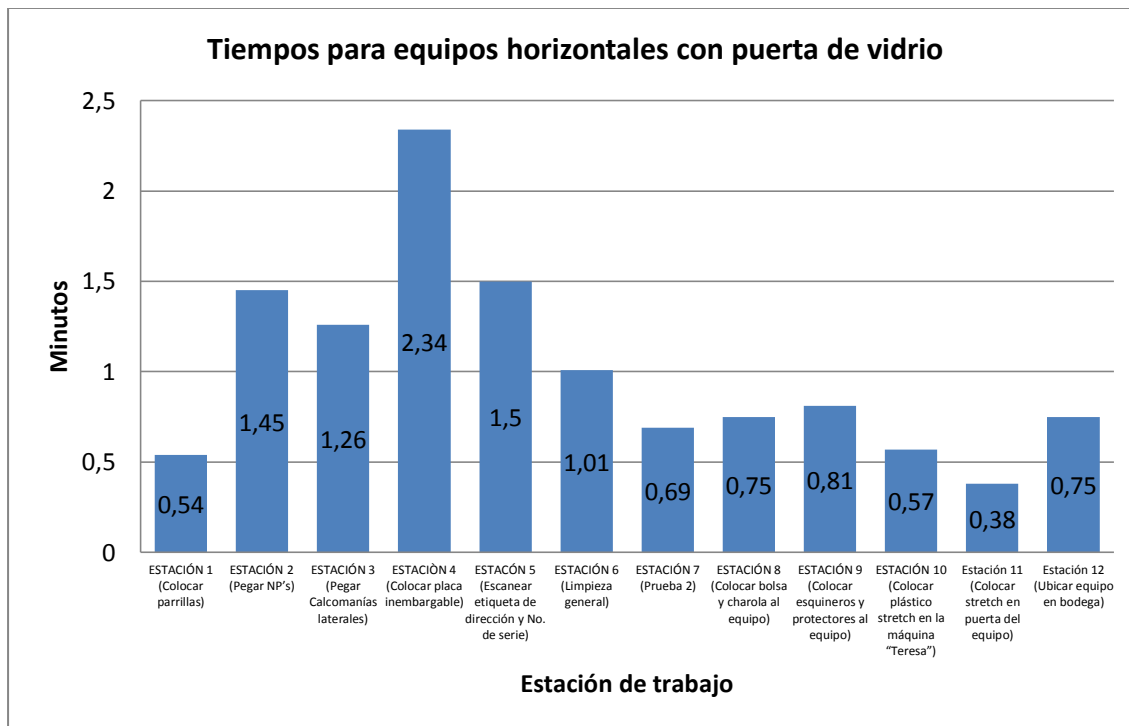
Tabla XVI. Estudio de tiempos para equipos horizontales con puertas de vidrio en el área de empaque

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: actual		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: septiembre de 2012		
EQUIPOS HORIZONTALES CON PUERTA DE VIDRIO										
EMPAQUE										
Operación	(Tiempo en minutos)							(%)		(Tiempo en minutos)
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar
Estación 1: colocar parrillas y clips. Asegurar parrillas a <i>pilaster</i> , agregar manual y certificado de calidad.	0,52	0,55	0,51	0,48	0,51	0,50	0,51	90%	18%	0,54
Estación 2: colocar NP's en puerta, tina, espalda y rótulo.	1,30	1,36	1,35	1,42	1,36	1,30	1,36	90%	18%	1,45
Estación 3: pegar calcomanías.	6,13	5,95	5,93	6,25	5,95	5,47	5,95	90%	18%	6,30
Estación 4: Colocar placa inembargable en tina. Colocar cubremotor.	2,30	2,30	2,20	2,25	2,20	1,97	2,2	90%	18%	2,34
Estación 5: colocar etiqueta de dirección de cliente y escanear No. de serie.	1,60	1,42	1,43	1,43	1,37	1,25	1,42	90%	18%	1,50
Estación 6: limpieza de puerta y tina.	0,83	0,95	1,05	0,95	0,95	0,98	0,95	90%	18%	1,01
Estación 7: conectar equipo y verificar funcionamiento de lámpara, ventilador, unidad y termostato.	0,43	0,64	0,65	0,68	0,73	0,73	0,64	90%	18%	0,69
Estación 8: armar y poner charola y bolsa.	0,77	0,71	0,69	0,71	0,71	0,68	0,71	90%	18%	0,75
Estación 9: colocar esquineros y protectores de equipo.	0,72	0,75	0,80	0,77	0,84	0,73	0,77	90%	18%	0,81
Estación 10: colocar <i>stretch film</i> en máquina teresa, Bajar equipos de <i>conveyor</i> .	0,48	0,54	0,55	0,52	0,62	0,52	0,54	90%	18%	0,57
Estación 11: poner <i>stretch film</i> en <i>top</i> de equipo.	0,40	0,35	0,32	0,38	0,30	0,37	0,35	90%	18%	0,38
Estación 12: ubicar equipo en bodega.	0,58	0,71	0,70	0,75	0,73	0,77	0,71	90%	18%	0,75
TIEMPO DE CICLO										17,09

Fuente: elaboración propia.

El tiempo de ciclo para equipos horizontales con puerta de vidrio en el área de empaque es de 17,09 minutos, ajustándose bastante bien al tiempo necesario para cumplir con la meta diaria de producción que es de 300 equipos empacados al día.

Figura 21. **Tiempos para equipos horizontales de puertas de vidrio en el área de empaque**



Fuente: elaboración propia.

Para equipos horizontales la estación 4 donde se coloca la placa inembargable, es la que toma más tiempo debido a que la placa inembargable para este equipo va remachada a diferencia de los equipos verticales que la placa va pegada y no toma tanto tiempo como en este equipo.

2.1.4. Análisis de operaciones innecesarias

Para poder reducir el tiempo de remover el *masking tape* del equipo en el área de acabado final, se realizó un análisis de operaciones para poder detectar operaciones que no agregan valor al producto y puedan ser eliminadas en el área de ensamble 1, ensamble 2, ensamble 3 y prueba. Seguidamente fueron presentadas al gerente de producción, gerente de planta, supervisor de la línea “A” y gerente de calidad para determinar si los hallazgos y propuestas son viables o no. A continuación se presentan las operaciones analizadas para las diferentes áreas:

Ensamble 1:

- Sellado de unión de *breakers* con exceso de *permagum*
- Exceso de *masking tape* para sujetar tina con gabinete (ver figura 22)
- Exceso de *masking tape* para sujetar protector de *top*
- Exceso de *permagum* para sellar salida de arnés eléctrico (ver figura 23)
- Exceso de *masking tape* en refuerzos de laterales exteriores
- Utilización de desenmoldante innecesariamente en espalda de equipo

Figura 22. **Hallazgos detectados para ensamble 1**



Fuente: área ensamble 1, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 23. **Hallazgos detectados para ensamble 1**



Fuente: área de ensamble 1, Fogel de Centroamérica, S.A.

Ensamble 2:

- Los operarios se paran dentro de la tina sin antes limpiar los restos de espuma y esquirlas de perforación (ver figura 24).

Figura 24. **Hallazgos detectados en ensamble 2**



Fuente: área de ensamble 2, Fogel de Centroamérica, S.A.

Ensamble 3:

- Los operarios instalan la unidad sin antes limpiar la salida del arnés (cabe mencionar que es más difícil limpiar la salida del arnés cuando ya está puesta la unidad), (ver figura 25).
- Cuando los equipos salen de ensamble 3 aun llevan esquirlas dentro de la tina.
- Se coloca más *masking tape* para sujetar la plantilla de puerta y puerta.
- Al momento de remachar la espalda, los operarios solo limpian el área donde remachan.

- El protector de *top* exterior no se retira, solamente se desprende la mitad.
- Se adhieren nuevos *masking tape*.

Figura 25. **Hallazgos detectados en ensamble 3**



Fuente: área de ensamble 3, Fogel de Centroamérica, S.A.

Prueba:

- Se adhiere *masking tape* en empaque de puerta para sellar puertas por fugas al momento de la prueba (ver figura 26).

Figura 26. **Hallazgos detectados en el área de prueba**



Fuente: área de prueba, Fogel de Centroamérica, S.A.

2.2. Propuesta de mejora

Identificados algunos hallazgos se proponen algunas alternativas de mejora para el proceso de ensamble. El propósito de la propuesta de mejora fue exponer si dichas propuestas son una alternativa de solución. Esto permitirá el mejoramiento continuo además de renovar los procesos operativos y permitirá ser más eficiente. A continuación se detallan los puntos de oportunidad de mejora en el proceso de acabado final y empaque.

2.2.1. Mejoras propuestas

A través del análisis de operaciones y estudios de tiempo se determinó que los tiempos de limpieza por exceso de *masking tape* y *permagum* hacen que desde el principio de la operación de acabado final empiece desbalanceado el proceso. Se busca reducir los tiempos de limpieza a través de propuestas de reducción de *masking tape* y *permagum* en el ensamble del equipo por medio de prueba y error para saber qué alternativas son viables, también se quiere lograr que los operarios limpien el equipo en su estación de trabajo, en lugar de ensuciarlo más, cambiarles la forma de pensar que alguien más realizará el trabajo de limpieza más adelante.

El objetivo es lograr que el equipo llegue lo más limpio posible al área de acabado final, lo que permitirá tener menores tiempos en la estación uno de acabado final, la cual anteriormente se pudo observar que es la operación que toma más tiempo. Se realizarán estudios de tiempo luego de las pruebas de reducción de *masking tape* y *permagum* para determinar si los tiempos son menores e implementar estas mejoras al 100% de los equipos, logrando reducir los tiempos de limpieza de la estación uno de acabado final se podrá balancear las cargas de trabajo y tener un mejor flujo en las líneas de trabajo de cavado final y empaque.

Ensamble 1:

- Verificar si es necesario colocar tantas capas de *masking tape* en unión tina-gabinete, refuerzos de laterales exteriores y *top* exterior.
- Verificar si es necesario aplicar desmoldante en espalda exterior, ya que no en todas las líneas se aplica y no presentan fugas de espuma.

Ensamble 2:

- El primer operario de ensamble 2 debe limpiar de *masking tape* de frente y laterales del equipo.
- Aspirar o limpiar esquirlas del equipo posterior a la perforación y/o instalación de tornillos dentro de la tina para evitar rayones.
- Limpiar el *mullion* de *masking tape* antes de instalarlo.

Ensamble 3:

- Quitar el *masking tape* la salida del arnés de unidad antes de colocar la unidad.
- Retirar protector de *top* exterior al momento de colocar la bisagra o lámpara de rótulo.
- Quitar el *masking tape* que sirvió para sujetar la puerta después de instalar la puerta.
- Quitar *masking tape* de espalda exterior al momento de remachar espalda exterior.
- Limpiar fondo de tina en última estación de ensamble 3.

Prueba:

- Retirar el *masking tape* que se coloca en prueba para sellar puerta al finalizar la prueba.

2.2.2. Resistencia al cambio

Existe resistencia al cambio por las siguientes razones:

- Por temor a perder el trabajo
- Por creer que se le asignará más trabajo
- Por temor a lo desconocido
- Por costumbre
- Para evitar controles administrativos

Para implementar las propuestas de mejora es indispensable informar a los involucrados haciéndoles saber las ventajas y beneficios en los cambios de los métodos y en el proceso de acabado final.

No solo a nivel operativo existe resistencia, a nivel de gerencia también puede darse y con mayor intensidad. Para este caso se realizaron reuniones con los supervisores y gerentes de las áreas involucradas exponiendo las ventajas productivas y económicas tanto para la empresa como para los trabajadores.

La resistencia al cambio se podrá vencer al hacer los cambios por vía de ensayos y demostración los beneficios que traerán, también teniendo comunicación en ambos sentidos con los operarios; además posiblemente a largo plazo, se pueda implementar un incentivo adicional por equipos empacados para el área de acabado final y empaque.

2.2.3. Pruebas en líneas de producción

Las pruebas en las líneas de producción son necesarias, ya que los cambios se deben probar e implementar gradualmente; para este caso los

cambios propuestos se probaron en lotes de producción empezando por la línea B en equipos de una puerta; luego de comprobar los resultados se probaron las mismas mejoras en la línea A en equipos de dos puertas. Teniendo buenos resultados y verificando que cambios si pueden implementarse y cuáles no.

A partir de estas pruebas los cambios quedan implementados al 100% de los equipos; teniendo en cuenta que desde la adaptación hasta la implementación total de los cambios debe ser supervisado por el encargado de cada ensamble y por el supervisor de línea.

2.2.3.1. Estudio de tiempos con mejoras aplicadas

En las tablas XVII, XVIII, XIX, XX y XXI se detallan los estudios de tiempos para equipos de una puerta de vidrio, equipos de una puerta sólida, equipos de dos y tres puertas de vidrio respectivamente.

Tabla XVII. **Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de una puerta de vidrio en el área de acabado final**

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS			
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04			
Elaboró: José Armando Navarro								Método: mejorado			
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1			
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: octubre de 2012			
EQUIPOS DE UNA PUERTA DE VIDRIO											
ACABADO FINAL											
Actividad	(Tiempo en minutos)							Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar	
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.				
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , tape y cinta café de laterales exteriores, tina y área de motor.	2,25	2,13	2,00	2,17	2,14	2,10	2,13	90%	18%	2,26	

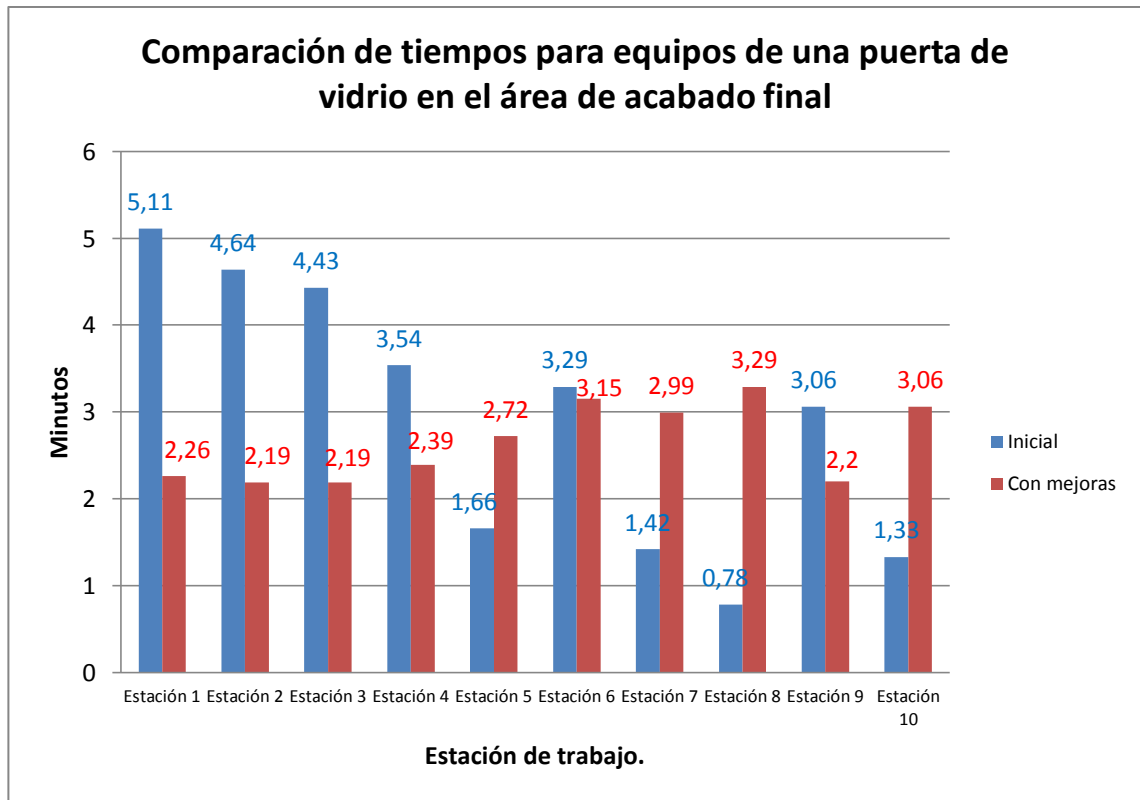
Continuación de la tabla XVII.

Estación 2: lavado de espalda exterior parte superior.	2,17	2,09	2,09	2,00	2,09	2,15	2,10	90%	16%	2,19
Estación 3: lavar espalda exterior parte inferior.	2,12	1,98	2,03	2,05	2,05	2,17	2,07	90%	18%	2,19
Estación 4: lavar <i>top</i> exterior.	2,06	2,15	2,34	2,38	2,26	2,33	2,25	90%	18%	2,39
Estación 5: lavar laterales exteriores y remover espuma de interior de tina.	2,57	2,21	2,68	2,79	2,56	2,55	2,56	90%	18%	2,72
Estación 6: lavar interior de tina.	3,25	3,33	3,42	3,33	3,33	3,35	3,34	80%	18%	3,15
Estación 7: retoque de espalda exterior, laterales y partes negras en cabina de pintura.	2,65	2,65	3,13	2,81	2,81	2,85	2,82	90%	18%	2,99
Estación 8: limpiar puerta de vidrio.	3,22	2,92	3,30	2,95	3,10	3,10	3,10	90%	18%	3,29
Estación 9: aplicar silastic y colocar No. de serie y etiqueta de seguridad a unidad.	2,00	2,03	2,07	2,12	2,13	2,10	2,08	90%	18%	2,20
Estación 10: retocar interior de tina con pincel, pistola y aplicar fundente.	5,57	5,72	6,02	5,77	5,77	5,69	5,57	90%	18%	5,91
TIEMPO DE PROCESO										29,50

Fuente: elaboración propia.

Se logró reducir un 8,73% los tiempos para los equipos de una puerta de vidrio en el área de acabado final aplicando las mejoras de reducción de *masking tape* y *permagum*, lo cual será de gran utilidad para el balanceo de las cargas de trabajo.

Figura 27. **Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de una puerta de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

La figura 27 detalla las estaciones en las cuales se obtuvo reducción de tiempo y a cuales se les aumentó la carga de trabajo para balancear de un modo empírico las cargas de trabajo. Esto será de gran utilidad para el balanceo final de las cargas de trabajo en las estaciones de trabajo.

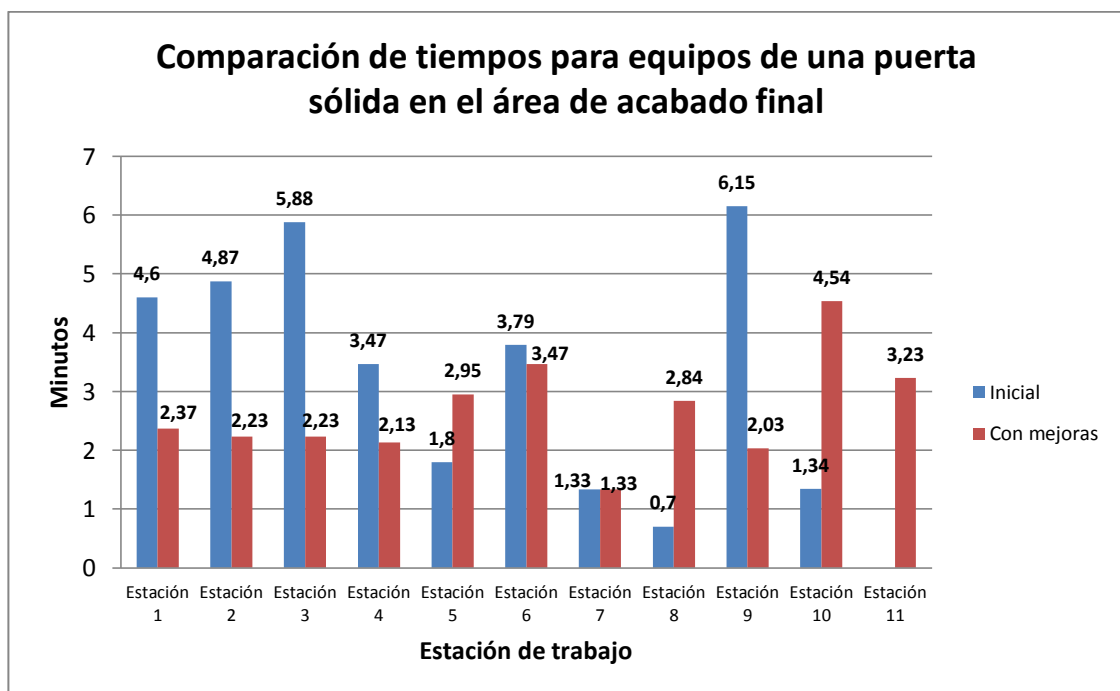
Tabla XVIII. Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de una puerta sólida en el área de acabado final

FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS			
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04			
Elaboró: José Armando Navarro								Método: mejorado			
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1			
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: octubre de 2012			
EQUIPOS DE UNA PUERTA SÓLIDA											
ACABADO FINAL											
Operación	(Tiempo en minutos)							%		(Tiempo en minutos)	
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar	
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , tape y cinta café de laterales exteriores, tina y área de motor.	2,20	2,13	2,25	2,19	2,19	2,22	2,20	90%	20%	2,37	
Estación 2: lavar de espalda exterior parte superior.	2,17	1,98	2,03	2,06	2,06	2,10	2,07	90%	20%	2,23	
Estación 3: lavar espalda exterior parte inferior.	2,17	1,98	2,03	2,06	2,10	2,06	2,07	90%	20%	2,23	
Estación 4: lavar de <i>top</i> exterior.	2,06	2,20	2,34	2,42	2,26	2,24	2,25	80%	18%	2,13	
Estación 5: lavar laterales exteriores y remover espuma de interior de tina.	2,70	3,13	3,80	2,68	3,29	3,15	3,13	80%	18%	2,95	
Estación 6: lavar interior de tina.	3,58	3,75	3,70	3,68	3,68	3,66	3,67	80%	18%	3,47	
Estación 7: retoque de espalda exterior, laterales y partes negras en cabina de pintura.	1,15	1,22	1,34	1,25	1,33	1,25	1,26	90%	18%	1,33	
Estación 8: limpiar puerta de vidrio.	3,88	4,11	4,05	4,01	4,01	3,99	4,01	60%	18%	2,84	
Estación 9: aplicar silastic y colocar No. de serie y etiqueta de seguridad a unidad.	2,02	2,18	2,13	2,19	2,21	2,19	2,15	80%	18%	2,03	
Estación 10: retoque interior de tina con pincel.	8,68	10,51	9,65	9,61	9,61	9,67	9,62	80%	18%	9,08	
Estación 11: retoque de interior de tina con pistola y aplicación de fundente.	4,14	3,00	3,12	3,42	3,42	3,44	3,42	80%	18%	3,23	
TIEMPO DE PROCESO										33,89	

Fuente: elaboración propia.

Se logró reducir en 15,44% los tiempos de acabado final para equipos de una puerta sólida aplicando las mejoras propuestas, lo que contribuirá al balance de cargas de trabajo en el área de acabado final.


Figura 28. **Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de una puerta sólida**



Fuente: elaboración propia.

La figura 28 demuestra las mejoras de tiempos para las estaciones de trabajo 1, 2, 3, 4, y 5. Permitiendo esto una mejor distribución de las cargas de trabajo para equipos de una puerta sólida.

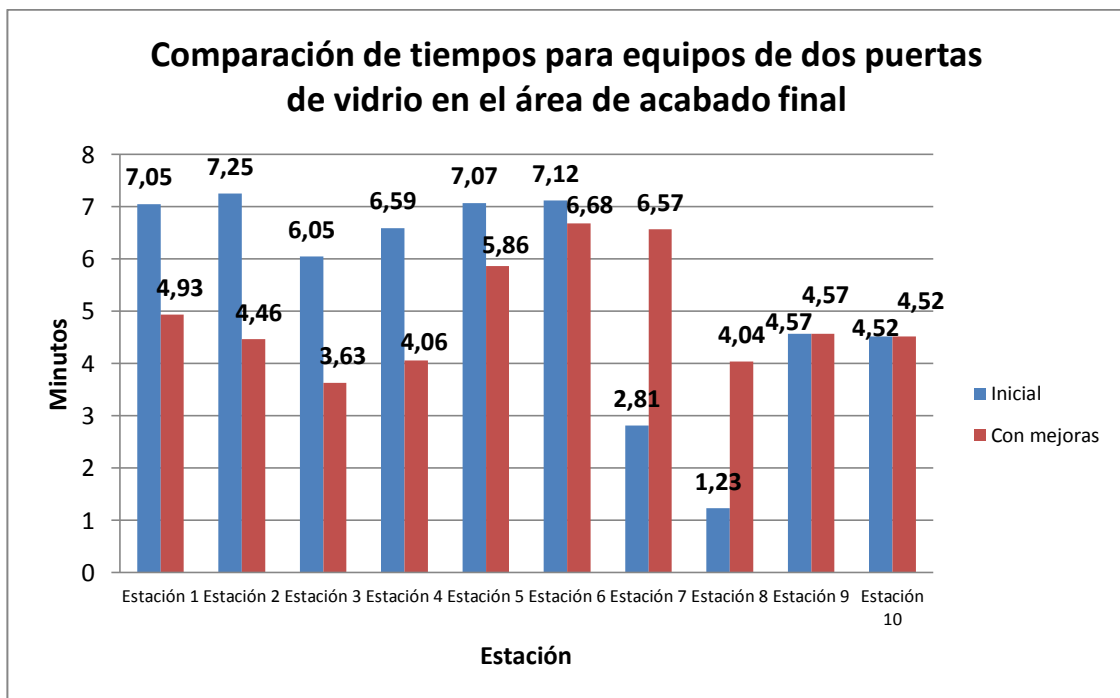
Tabla XIX. Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de dos puertas de vidrio en el área de acabado final

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: mejorado		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: octubre de 2012		
EQUIPOS DE DOS PUERTAS DE VIDRIO										
ACABADO FINAL										
	(Tiempo en minutos)							%		(Tiempo en minutos)
Operación	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar
Estación 1: quitarmasking tape, tape y cinta café de laterales exteriores, tina y área de motor.	5,04	5,07	4,71	4,75	5,00	4,95	4,92	85%	18%	4,93
Estación 2: lavar de espalda exterior.	4,17	4,64	4,07	3,93	4,20	4,22	4,20	90%	18%	4,46
Estación 3: lavar top exterior.	3,55	2,69	3,47	3,24	3,24	3,22	3,23	95%	18%	3,63
Estación 4: lavar laterales y remover espuma de interior de tina.	4,34	3,68	4,20	3,07	3,82	3,83	3,82	90%	18%	4,06
Estación 5: lavar interior de tina.	5,92	6,50	6,17	6,25	6,21	6,23	6,21	80%	18%	5,86
Estación 6: retoque de espalda exterior, laterales y partes negras en cabina de pintura.	7,45	6,39	6,15	6,66	6,66	6,67	6,66	85%	18%	6,68
Estación 7: limpiar puerta de vidrio.	6,78	6,33	6,53	6,55	6,52	6,60	6,55	85%	18%	6,57
Estación 8: aplicar silastic y colocar No. de serie y etiqueta de seguridad a unidad.	4,27	3,50	3,80	3,75	3,69	3,82	3,81	90%	18%	4,04
Estación 9: retocar interior de tina con pincel, pistola y aplicar fundente.	8,20	7,98	9,82	8,42	8,65	8,55	8,60	90%	18%	9,14
Estación 10: retocar laterales exteriores y rótulo.	4,03	4,17	4,58	4,26	4,15	4,33	4,25	90%	18%	4,52
TIEMPO DE PROCESO										53,89

Fuente: elaboración propia.

Se logró mejorar en 8,24% el tiempo de ciclo para equipos de dos puertas de vidrio, en el área de acabado final aplicando las mejoras propuestas, lo cual contribuirá a realizar un mejor balance de cargas trabajo.


Figura 29. **Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de dos puertas de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 29 las estaciones que representan una mejora de tiempo notable son las estaciones 1, 2, 3, 4 y 5, mientras que las últimas estaciones permanecen sin mayores cambios.

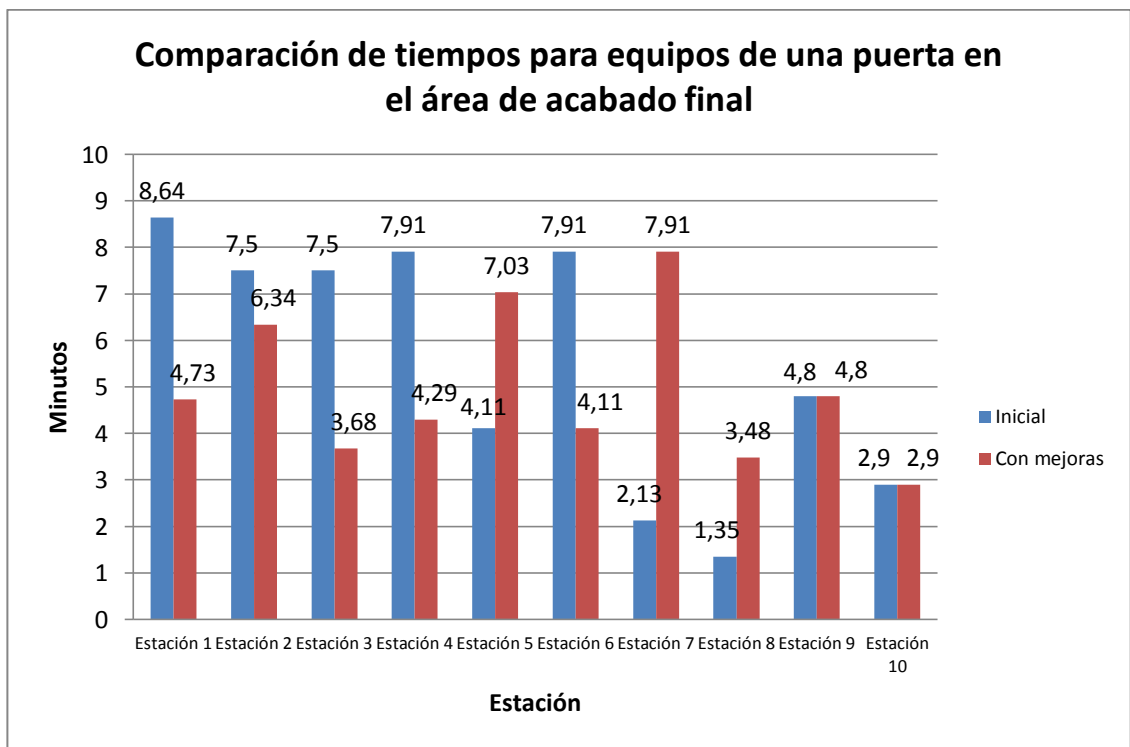
Tabla XX. Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos de tres puertas de vidrio en el área de acabado final

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: mejorado		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: octubre de 2012		
EQUIPOS DE TRES PUERTAS DE VIDRIO										
ACABADO FINAL										
	(Tiempo en minutos)							%		(Tiempo en minutos)
Operación	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.	Calific. %	Suple. %	Tiempo estándar
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , tape y cinta café de laterales exteriores, tina y área de motor.	4,72	5,25	5,02	4,96	5,08	5,05	5,01	80%	18%	4,73
Estación 2: lavar de espalda exterior.	6,73	6,68	6,72	6,71	6,71	6,75	6,72	80%	18%	6,34
Estación 3: lavar <i>top</i> exterior.	3,33	3,55	3,57	3,48	3,53	3,33	3,47	90%	18%	3,68
Estación 4: lavar laterales y remover espuma de interior de tina.	4,52	4,01	4,25	3,28	4,07	4,12	4,04	90%	18%	4,29
Estación 5: lavar interior de tina.	6,80	7,43	7,98	7,41	7,61	7,45	7,45	80%	18%	7,03
Estación 6: retoque de espalda exterior, laterales y partes negras en cabina de pintura.	3,78	4,02	3,78	3,86	3,84	3,95	3,87	90%	18%	4,11
Estación 7: limpiar puerta de vidrio.	7,48	7,18	7,68	7,45	7,40	7,49	7,45	90%	18%	7,91
Estación 8: aplicar silastic y colocar No. de serie y etiqueta de seguridad a unidad.	3,26	3,10	3,32	3,28	3,42	3,27	3,27	90%	18%	3,48
Estación 9: retocar interior de tina con pincel, pistola y aplicar fundente.	8,73	9,03	9,30	9,02	9,19	8,96	9,04	90%	18%	9,60
Estación 10: retocar laterales exteriores y rótulo.	2,44	2,85	2,90	2,73	2,69	2,80	2,74	90%	18%	2,90
TIEMPO DE PROCESO										54,07

Fuente: elaboración propia.

Se logró una mejora del 9,21% en el tiempo total de operación para equipos de tres puertas en el área de acabado final aplicando las mejoras sugeridas.


Figura 30. **Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos de tres puertas de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 30 se observa que para éste estudio las primeras 4 estaciones de trabajo, son las más beneficiadas en cuanto a la reducción de tiempo de limpieza en el área de acabado final, permitiendo esto balancear de mejor forma las cargas de trabajo en el área de acabado final.

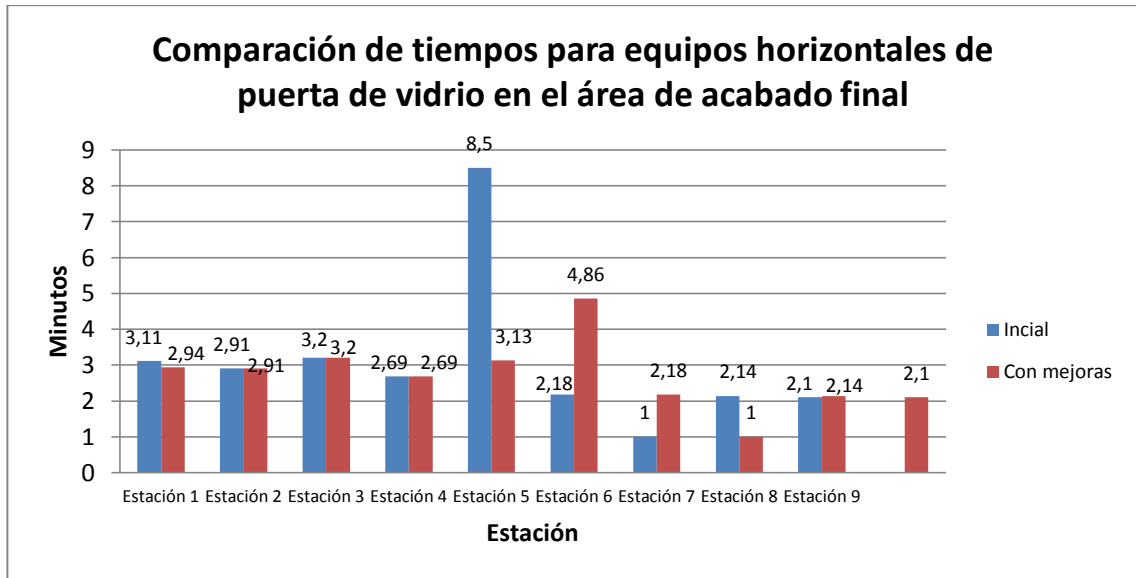
Tabla XXI. **Estudio de tiempos con mejoras aplicadas para equipos horizontales de puerta de vidrio en el área de acabado final**

 FOGEL DE CENTROAMÉRICA								HOJA DE TOMA DE TIEMPOS		
ESTUDIO DE TIEMPOS								R-IM-00-04		
Elaboró: José Armando Navarro								Método: mejorado		
Supervisó: Ing. Manuel Raya								Hoja: 1 de 1		
Departamento: Ingeniería de Manufactura								Fecha: octubre de 2012		
EQUIPOS HORIZONTALES DE PUERTA DE VIDRIO										
ACABADO FINAL										
Operación	(Tiempo en minutos)							Calific. %	Suple. %	(Tiempo en minutos) Tiempo estándar
	T.1	T.2	T.3	T.4	T.5	T.6	T. Prom.			
Estación 1: quitar <i>masking tape</i> , tape y cinta café del equipo.	2,67	2,97	3,10	2,91	3,06	2,88	2,93	85%	18%	2,94
Estación 2: lavar espalda exterior y lateral izquierdo.	2,78	2,73	2,56	2,85	2,73	2,80	2,74	90%	18%	2,91
Estación 3: lavar frente y lateral derecho.	2,88	2,98	3,22	3,01	3,05	2,95	3,01	90%	18%	3,20
Estación 4: lavar tina.	2,50	2,55	2,55	2,53	2,44	2,61	2,53	90%	18%	2,69
Estación 5: empapelar equipo (preparar para pintura).	2,82	2,93	2,98	3,07	2,89	3,02	2,95	90%	18%	3,13
Estación 6: retoque espalda exterior.	4,87	4,88	4,90	4,91	4,77	4,74	4,84	85%	18%	4,86
Estación 7: limpieza de marco y puerta.	1,98	2,20	2,12	1,90	2,10	2,01	2,05	90%	18%	2,18
Estación 8: aplicar silastic en fondo de tina.	0,93	0,85	0,92	1,05	0,94	0,99	0,95	90%	18%	1,00
Estación 9: retoque menor de laterales.	2,15	1,80	1,95	2,10	2,00	2,11	2,02	90%	18%	2,14
Estación 10: retoque menor de tina con pincel, pistola y aplicación de fundente.	3,88	3,80	4,08	4,05	3,97	3,94	3,95	90%	18%	4,20
TIEMPO DE PROCESO										29,25

Fuente: elaboración propia.

Para los equipos horizontales los tiempos de operaciones aplicando las mejoras fueron pocos e insignificantes, ya que para equipos horizontales la carga de trabajo estaba bastante bien distribuida y no necesito de grandes cambios.

Figura 31. **Comparación de tiempos en acabado final implementando las mejoras propuestas para equipos horizontales de puerta de vidrio**



Fuente: elaboración propia.

En la figura 31 se evidencia una reducción de 3,37 minutos para la estación 5, mientras que para la estación 6 se aumentó 2,68 minutos para tener una mejor distribución de cargas de trabajo y tiempos de operación para equipos horizontales con puerta de vidrio.

2.2.4. Resultados de la propuestas

Se eliminó *masking tape* de las siguientes operaciones:

- Unión tina-gabinete.
- Salida de arnés en cavidad de rótulo (dejando solo *permagum*).
- Salida de arnés en fondo exterior (solo *permagum*)

- Esquinas de *breakers* (solo *permagum*).
- Sellado de empaque en prueba (se utilizó empaque no conforme para sellar).

Se disminuyó el *masking tape* en las siguientes operaciones:

- Refuerzo de laterales exteriores
- Protector de *top* exterior
- En la estación 1 del ensamble 2, se limpia (residuos de *masking tape*), del frente y laterales del equipo.

Limpiezas:

- En la estación de remachado de espalda (ensamble 3), se limpiará (residuos de *masking tape*) de la espalda exterior y refuerzo de laterales.
- En la estación donde se trabaja sobre andamio (ensamble 3), se retirará el protector de *top*.

2.2.5. Balanceo de líneas

Se propone para acabado final especializar las líneas de la siguiente forma:

Línea 1 = equipos de 1 puerta de vidrio, sólida y equipos horizontales

Línea 2 = equipos de 2 y 3 puertas de vidrio

Debido a que los tiempos de operación en las estaciones de trabajo son similares se pueden utilizarse la misma cantidad de operarios.

Para el área de empaque donde solo existe una línea, establecer un tiempo de operación estándar para todas las estaciones de trabajo ya que las tareas y los tiempos para estas operaciones son similares para todos los equipos.

Para realizar el balance de línea será necesario establecer el *Tack Time* de la demanda del departamento de producción siendo ésta 300 equipos diarios.

Equipos de 1 puerta y horizontales	= 200 equipos al día.
Equipos de 2 y 3 puertas	= 100 equipos al día.

$$Tack\ Time = \text{Tiempo Disponible} / \text{Demanda}$$

Para el requerimiento solicitado por la dirección tenemos los siguientes datos:

2.2.5.1. Jornada de trabajo

Para el área de acabado final y empaque la jornada de trabajo es ordinaria diurna (≤ 48 horas a la semana según artículo 119 del código de trabajo de Guatemala), de lunes a jueves de 7:30 A.M. a 4:30 P.M. y viernes de 7:30 A.M. a 3:30 P.M. teniendo un descanso de 10 min. y 30 minutos de almuerzo cada día. Haciendo un total de 44 horas a la semana.

Tiempo Disponible = (9 h x 60 minutos) = 540 minutos

Tiempo Disponible = 540 minutos – 30 minutos (almuerzo) – 10 minutos (refacción)

Tiempo Disponible = 500 minutos al día

Acabado final

Demanda para equipos de 1 puerta y horizontales = 200 equipos

Tack Time = 500 minutos / 200 equipos

Tack Time = 2,5 minutos / equipo

Demanda para equipos de 2 y 3 puertas de vidrio = 100 equipos

Tack Time = 500 minutos / 100 equipos

Tack Time = 5,0 minutos / equipo

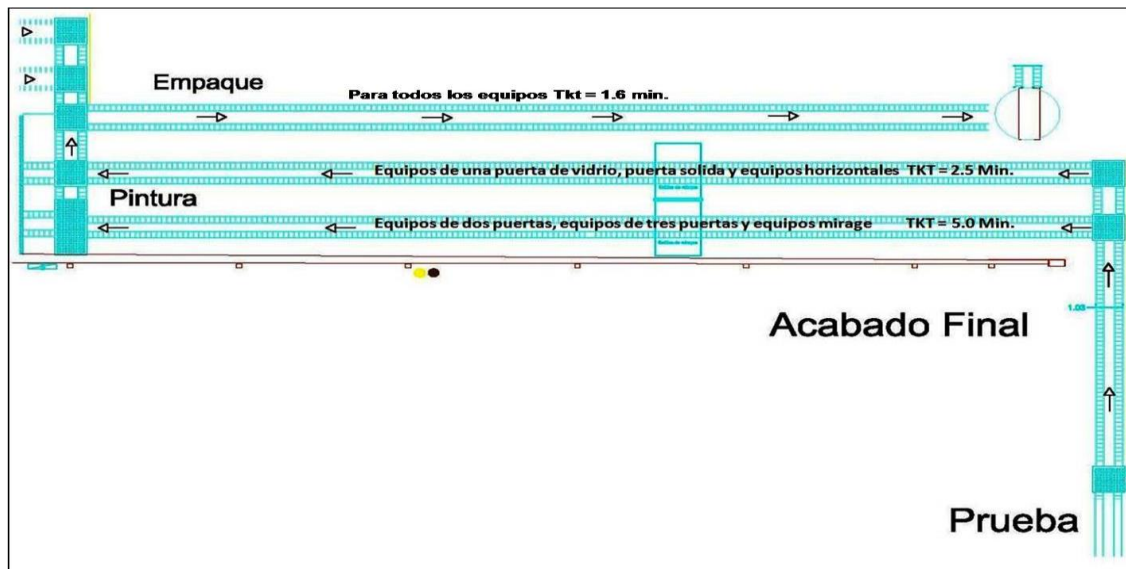
Empaque:

Demanda para todos los equipos = 300 equipos

Tack Time = 500 minutos / 300 equipos

Tack Time = 1,6 minutos / equipo

Figura 32. **Propuesta de organización de líneas en el área de acabado final y empaque**



Fuente: elaboración propia.

El cálculo del número de operarios se calcula por la siguiente fórmula:

$$\text{Número de operarios} = \text{Tiempo de Ciclo} / \text{Tack Time}$$

El resultado de esta relación debe siempre de aproximarse al número siguiente ya que si se tiene decimales, significa que se necesita un operario más para cumplir con la meta.

Al calcular el número de operarios con el nuevo *Tack Time* y nueva demanda se tiene:

Tabla XXII. **Número de operarios para acabado final**

	Tiempo de Ciclo (min)	<i>Tack Time</i> (min/equipo)	No. Operarios
Equipos de 1 puerta de vidrio	29,50	2,50	12
Equipos de 1 puerta sólida	33,89	2,50	13
Equipos horizontales	29,25	2,50	12
Equipos de 2 puertas	53,89	5,00	11
Equipos de 3 puertas	54,07	5,00	11

Fuente: elaboración propia.

Para equipos de 1 puertas de vidrio, sólidas y horizontales se propone un total de 12 operarios. Mientras que para equipos de dos y tres puertas de vidrio se propone un total de 11 operarios.

Tabla XXIII. **Número de operarios para el área de empaque**

	Tiempo de Ciclo (min/equipo)	<i>Tack Time</i> (min/equipo)	No. Operarios
Equipos de 1 puerta de vidrio	19,51	1,60	13
Equipos de 1 puerta sólida	27,66	1,60	18
Equipos horizontales	27,40	1,60	18
Equipos de 2 y 3 puertas de vidrio	17,09	1,60	11

Fuente: elaboración propia.

Para el área de empaque se sugiere un total de 18 operarios.

Acabado final.

Actualmente existen 20 operarios distribuidos en las dos líneas de acabado final, en 9 estaciones de trabajo y un operario compartido para las dos líneas, haciendo un total de 21 operarios. Al analizar la carga de trabajo por estación se llegó a la conclusión, que los 21 operarios sugeridos actuales en las dos líneas no son suficientes para cumplir con la demanda. Sugiriendo los siguientes cambios:

Para la línea 1 (equipos de 1 puerta de vidrio, sólida y equipos horizontales).

Agregar un operario más a la estación 6 y compartirle algunas tareas de la estación 5 para justificar este operario. Además agregar un operario fijo a la estación 8 que anteriormente era compartido para las dos líneas, compartiéndole tareas de la estación 9 para balancear la carga de trabajo.

Tabla XXIV. **Operarios acabado final equipos de 1 puerta de vidrio, sólida y horizontales**

Acabado final	Operarios	
	Actuales	Sugeridos
Estación 1	1	1
Estación 2	1	1
Estación 3	1	1
Estación 4	1	1
Estación 5	1	1
Estación 6	1	2
Estación 7	1	1
Estación 8	0	1
Estación 9	2	2
Estación 10	1	1
	10	12

Fuente: elaboración propia.

Para la línea 2 de acabado final (equipos de dos y tres puertas de vidrio)

Agregar un operario fijo para la estación 8 y compartirle algunas tareas de la estación 7 y 9; ya que en el sistema actual el operario de la estación 8, coloca número de seguridad a la unidad y número de serie al equipo para las dos líneas teniendo un tiempo relativamente bajo.

Tabla XXV. **Operarios acabado final para equipos de dos y tres puertas de vidrio**

Acabado final	Operarios	
	Actuales	Sugeridos
Estación 1	1	1
Estación 2	1	1
Estación 3	1	1
Estación 4	1	1
Estación 5	1	1
Estación 6	1	1

Continuación de la tabla XXV.

Estación 7	1	1
Estación 8	0	1
Estación 9	2	2
Estación 10	1	1
	10	11

Fuente: elaboración propia, análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de empaque:

Actualmente existen 19 operarios distribuidos en 12 estaciones de trabajo, el balance de línea sugiere tener 18 operarios; analizando la carga de trabajo se reduce un operario en la estación 3 donde se coloca la calcomanía en los laterales de los equipos, donde actualmente hay 5 operarios.

Tabla XXVI. **Operarios empaque para todos los equipos**

Acabado final	Operarios	
	Actuales	Sugeridos
Estación 1	1	1
Estación 2	2	2
Estación 3	5	4
Estación 4	1	1
Estación 5	1	1
Estación 6	1	1
Estación 7	1	1
Estación 8	2	2
Estación 9	2	2
Estación 10	1	1
Estación 11	1	1
Estación 12	1	1
	19	18

Fuente: elaboración propia.

2.2.6. Costos de mano de obra

Los costos aproximados de mano de obra para el área de acabado final y empaque se detallan en la tabla XXVII y XXVIII.

Tabla XXVII. **Costo aproximado de mano de obra mensual para el Departamento de Acabado Final y Empaque**

PUESTO	CANTIDAD DE PERSONAL	SALARIO MENSUAL	TOTAL
Operario acabado final	21	Q 2 500,00	Q 52 500,00
Encargado acabado final	1	Q 2 800,00	Q 2 800,00
Operarios empaque	19	Q 2 500,00	Q 47 500,00
Encargado empaque	1	Q 2 800,00	Q 2 800,00
TOTAL			Q 105 600,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVIII. **Costo aproximado de horas extras mensuales en el Departamento de Acabado Final y Empaque**

PUESTO	CANTIDAD DE PERSONAL	COSTO HORA EXTRA	HORAS EXTRAS APROXIMADAS MENSUAL	TOTAL
Operario acabado final	21	Q 12,50	44	Q 11 550,00
Encargado acabado final	1	Q 12,50	44	Q 550,00
Operarios en empaque	19	Q 12,50	44	Q 10 450,00
Encargado empaque	1	Q 12,50	44	Q 550,00
TOTAL				Q 23 100,00

Fuente: elaboración propia.

Los costos aproximados de mano de obra en el departamento de acabado final y empaque se pueden observar en la tabla XXIX.

Tabla XXIX. **Costo total mensual aproximado de mano de obra para el Departamento de Acabado Final y Empaque**

Departamento	Costo mensual	Costo de horas Extras	Total
Acabado final	Q 55 300,00	Q 12 100,00	Q 67 400,00
Empaque	Q 50 300,00	Q 11 000,00	Q 61 300,00
TOTAL	Q 105 600,00	Q 23 100,00	Q 128 700,00

Fuente: elaboración propia.

Con las mejoras y el balance propuesto se tendrían los siguientes costos:

Tabla XXX. **Costo aproximado de mano de obra mensual para el Departamento de Acabado Final y Empaque con balance aplicado**

PUESTO	CANTIDAD DE PERSONAL	SALARIO MENSUAL	TOTAL
Operario acabado final	23	Q 2 500,00	Q 57 500,00
Encargado acabado final	1	Q 2 800,00	Q 2 800,00
Operarios empaque	18	Q 2 500,00	Q 45 000,00
Encargado empaque	1	Q 2 800,00	Q 2 800,00
TOTAL			Q 108 100,00

Fuente: elaboración propia.

Actualmente el Departamento de Acabado Final y Empaque logran cumplir con la demanda diaria del departamento de producción (300 equipos/día) pero trabajando dos horas extras. Lo que en el mes genera un gasto de Q 23 100,00.

Para el balance propuesto no existirían horas extras para el Departamento de Acabado Final y empaque debido a que se está buscando la optimización de los recursos. Reduciendo un 16% el costo de mano de obra

para el Departamento de Acabado Final y Empaque. Lo que generará un ahorro de Q 20 600,00 mensuales, a un año el ahorro sería de Q 247 200,00.

2.2.7. Resultados

- Separando los equipos por línea y balanceando la carga de trabajo de acuerdo a las necesidades de cada línea, se logró una mejor fluidez del área de acabado final y empaque. Para la línea 1 se trabajarán equipos de 1 puerta de vidrio, equipos de 1 puerta sólida y equipos horizontales con 12 operarios, mientras que la línea 2 trabajará equipos de 2 y 3 puertas con 11 operarios. Y para el área de empaque se trabajarán con 18 operarios, uno menos de la cantidad actual.
- Eliminación de horas extras en las áreas de acabado final y empaque, lo que representará un ahorro del 16% del costo de mano de obra para el Departamento de Acabado Final y Empaque, generando un ahorro de Q 20 600,00 mensuales, anualmente el ahorro sería de Q 247 200,00.
- Aplicando las mejoras de reducción de *masking tape* para el sellado del equipo en el ensamble 1 se logró una reducción del 20% de *masking tape* para el área de ensamble 1 (dato según inventario de bodega).
- Balance de líneas para el área de acabado final y empaque, eliminando duplicidad de actividades, tiempos de ocio en las estaciones de trabajo.
- Reducción de tiempos para el área de acabado final desde un 8,73% hasta un 15,44% para los diferentes tipos de equipos.

- Reducir gradualmente hasta eliminar los paros en acabado final por estancamiento en el área de pintura.
- Puntos de control de calidad al final de cada ensamble, para detectar el área donde los equipos son rayados, lo cual permitirá reducir al mínimo la cantidad de equipos que pasan a pintura por golpes o rayones.
- Eliminar la práctica de bajar equipos del *conveyor* para evitar rayones durante la manipulación del equipo.

3. PROPUESTA DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA EN EL DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE MANUFACTURA EN FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A.

3.1. Producción más Limpia

Producción más Limpia es la aplicación continua de una estrategia integrada de prevención ambiental en los procesos, los productos y los servicios, con el objetivo de reducir los riesgos para los seres humanos y para el medio ambiente, incrementar la competitividad de la empresa y garantizar la viabilidad económica.

La Producción más Limpia permite:

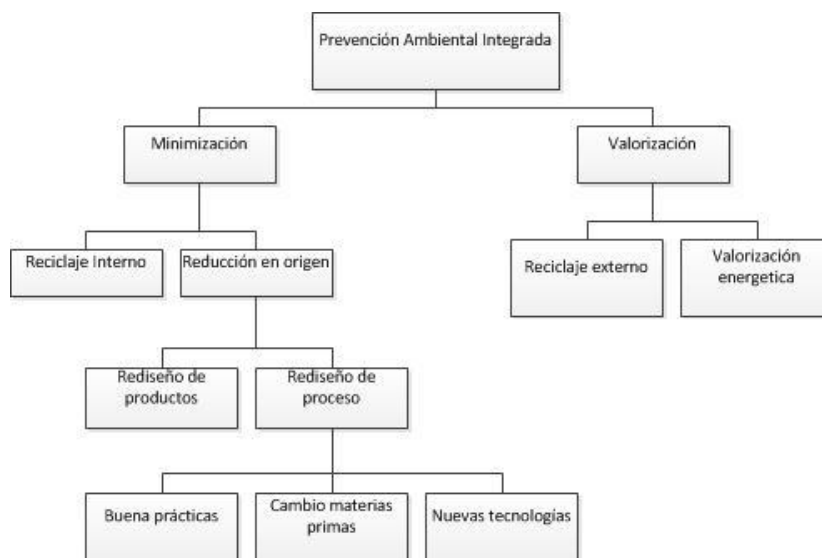
- El ahorro de materias primas, agua y energía.
- La eliminación, reducción y/o sustitución de materias peligrosas.
- La reducción de cantidad y peligrosidad de los residuos y las emisiones contaminantes.

La Producción más Limpia es una herramienta estratégica de política empresarial, que integra el medio ambiente en la gestión global de la empresa y que le permite mantener o mejorar la competitividad en un marco de sostenibilidad del medio. Su aplicación requiere una gestión medio ambiental responsable, un cambio de actitud y la evaluación y aplicación de los conocimientos y opciones tecnológicas.

Además, la Producción más Limpia es una opción de gestión medioambiental, que ha demostrado ser la etapa previa a las alternativas correctas de tratamiento o disposición con las que no es incompatible.

Este concepto de estrategia de prevención ambiental integrada recibe una serie de denominaciones de significado muy similar: minimización, reducción en origen, prevención en origen de la contaminación, Producción más Limpia, ecoeficiente, etc.

Figura 33. **Diagrama prevención ambiental integrada**



Fuente: www.cprac.org/es/sostenible/produccion/mas-limpia. Consulta: octubre de 2012.

Ventajas de la Producción más Limpia:

- Disminución del riesgo ambiental para la salud y de accidentes laborales.
- Ahorros económicos de materias primas, agua y energía.
- Ahorros en la gestión y el tratamiento de las corrientes residuales.

- Mejora de la imagen pública de la empresa.
- Aumentó de la calidad del producto.
- Reducción de productos fuera de especificaciones.
- Racionalización de la estructura de trabajo.
- Superación de hábitos rutinarios y replanteamiento de procesos y procedimientos.
- Optimización de los procesos y de los recursos.
- Facilita el cumplimiento de los requisitos ambientales de la empresa y permite su desarrollo sostenible.

3.2. Consumo actual de energía eléctrica en el Departamento de Ingeniería de Manufactura

La aplicación de principios de Producción más Limpia se iniciará realizando un estudio en la parte de consumo eléctrico, planteando una serie de pasos a seguir para poder aplicar los principios básicos de Producción más Limpia en cuanto a consumo eléctrico.

En la tabla XXXI se puede observar la variación del precio de kWh de energía eléctrica entre noviembre de 2011 y octubre de 2012.

Tabla XXXI. **Variación de precio de energía eléctrica 2012 (tarifa no social)**

	Nov.-Enero 2012 (Q/kWh)	Feb-Abril 2012 (Q/kWh)	Mayo-Julio 2012 (Q/kWh)	Ago.-Oct. 2012 (Q/kWh)
EEGSA	1,8489	1,8295	1,9606	2,0978

Fuente: www.cnee.gob.gt/xhtml/prensa/boletines.html. Consulta: octubre de 2012.

3.2.1. Iluminación

Para conocer la situación actual en cuanto a consumo de energía eléctrica por iluminación se siguieron los siguientes pasos:

- Conocer la cantidad total de luminarias en el área de Ingeniería de Manufactura.
- Conocer el tipo de luminarias del área en estudio.
- Conocer el consumo en watts que representa cada luminaria.
- Conocer la cantidad de horas aproximadas que estas permanecen encendidas al día.
- Determinar cuántos Kwh aproximados representan en la factura eléctrica, utilizando la fórmula de “Consumo eléctrico”.

Consumo eléctrico: (Watts X Horas-días X días)

Tabla XXXII. **Luminarias utilizadas en el área de Ingeniería de Manufactura**

Tipo de luminaria	Cantidad	Watts	Horas al día encendida
Tubo fluorescente	16	40	9
Ojo de buey	8	80	0

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de kWh/mes:

$$[(16 \text{ lámparas}) \times (40 \text{ Watts/lámpara}) \times (9 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})] / (1\ 000) = 126,72 \text{ kWh/mes}$$

Tabla XXXIII. **Consumo de energía eléctrica anual por iluminación en el Departamento de Ingeniería de Manufactura, Fogel de Centroamérica, S.A.**

Aparato eléctrico	Consumo trimestral (kWh/trim)	Primer trimestre (Q)	Segundo trimestre (Q)	Tercer trimestre (Q)	Cuarto trimestre (Q)	Total (Q)
Tubo fluorescente	380,16	702,88	695,50	735,44	797,50	2931,32

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Aparatos eléctricos

Para conocer la situación actual en cuanto a consumo de energía eléctrica por aparatos eléctricos se siguieron los siguientes pasos:

- Conocer con que aparatos eléctricos con que cuenta el área de Ingeniería de Manufactura.
- Conocer cuántos Watts consumen los aparatos eléctricos encontrados, cuando estos están en uso.
- Conocer la cantidad de horas que los aparatos eléctricos permanecen funcionando al día.
- Determinar cuántos Kwh aproximados representan en la factura eléctrica, utilizando la fórmula de “Consumo Eléctrico”

Consumo eléctrico: (Watts X Horas-días X días).

- Una vez determinado lo anterior calcular el consumo fantasma de los aparatos eléctricos mientras solo están conectados y no funcionan, para luego hacer la propuesta de desenchufarlos si no están utilizándose y durante las noches.

Tabla XXXIV. **Aparatos eléctricos utilizados en el Departamento de Ingeniería de Manufactura**

Aparato	Cantidad	Horas al día en uso	Consumo (wh)
Computadora de escritorio	5	9	350
Cargadores de radio	4	9	13
Horno eléctrico	1	0,40	1 200
Teléfono inalámbrico	2	9	1,8
Aire acondicionado	1	5	1 800

Fuente: elaboración propia.

Cálculo kWh/mes

$$[(5 \text{ computadoras}) \times (350 \text{ Watts/computadoras}) \times (9 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})] / (1\ 000) =$$

$$346,50 \text{ kWh/mes}$$

$$[(4 \text{ cargadores de radio}) \times (13 \text{ Watts/cargadores de radio}) \times (9 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})] / (1\ 000) =$$

$$10,30 \text{ kWh/mes}$$

$$[(1 \text{ horno eléctrico}) \times (1\ 200 \text{ Watts/horno eléctrico}) \times (0,4 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})] / (1\ 000) =$$

$$10,56 \text{ kWh/mes}$$

$[(2 \text{ Teléfono inalámbrico}) \times (1,8 \text{ Watts/Teléfono inalámbrico}) \times (9 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})] / (1\ 000) =$

0,71 kWh/mes

$[(1 \text{ Aire acondicionado}) \times (1\ 800 \text{ Watts/Aire acondicionado}) \times (5 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})] / (1\ 000) =$

198,00 kWh/mes

Tabla XXXV. **Consumo fantasma de energía eléctrica en el área de Ingeniería de Manufactura**

Aparato Eléctrico	Consumo en Watts	Horas apagadas	Cantidad de aparatos
Aire acondicionado	1 watt	19	1
Cargador de radio	0,26 watts	15	4
Horno eléctrico	3,08 watts	23,60	1
Computadora de Escritorio	3,64 watts	15	5

Fuente: www.ecologicbarna.com/consumo_fantasma.html. Consulta: octubre de 2012.

Cálculo kWh/mes

$[(5 \text{ computadoras}) \times (3,64 \text{ Watts/computadoras}) \times (15 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días}) + (5 \text{ computadoras}) \times (3,64 \text{ Watts/computadoras}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (8 \text{ días})] / (1\ 000) =$

9,50 kWh/mes

$[(4 \text{ cargadores de radio}) \times (0,26 \text{ Watts/cargadores de radio}) \times (15 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días}) + (4 \text{ cargadores de radio}) \times (0,26 \text{ Watts/cargadores de radio}) \times (15 \text{ horas/día}) \times (8 \text{ días})] / (1\ 000) =$

0,47 kWh/mes

$[((1 \text{ horno eléctrico}) \times (3,08 \text{ Watts/horno eléctrico}) \times (23,6 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})) + ((1 \text{ horno eléctrico}) \times (3,08 \text{ Watts/horno eléctrico}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (8 \text{ días}))] / (1\ 000) =$

2,19 kWh/mes

$[((1 \text{ Aire acondicionado}) \times (1 \text{ Watts/Aire acondicionado}) \times (19 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})) + ((1 \text{ Aire acondicionado}) \times (1 \text{ Watts/Aire acondicionado}) \times (24 \text{ horas/día}) \times (8 \text{ días}))] / (1\ 000) =$

0,61 kWh/mes

Tabla XXXVI. **Costo anual de energía eléctrica por aparatos eléctricos en el Departamento de Ingeniería Manufactura en Fogel de Centroamérica, S.A.**

Aparato eléctrico	Consumo trimestral (kWh/trim)	Primer trimestre (Q)	Segundo trimestre (Q)	Tercer trimestre (Q)	Cuarto trimestre (Q)	Total (Q)
Computadoras	1 039,53	1 922,92	1 901,82	2 038,10	2 180,73	8 043,57
Cargadores de radio	30,90	57,13	56,53	60,58	64,82	239,06
Horno eléctrico	31,68	58,60	57,96	62,11	66,46	245,13
Teléfono inalámbrico	2,14	3,96	3,91	4,19	4,49	16,55
Aire acondicionado	594,00	1 098,78	1 086,72	1 164,60	1 246,10	4 596,20
		3 141,39	3 106,94	3 329,58	3 562,60	13 140,51

Fuente: elaboración propia.

El costo anual de energía eléctrica por aparatos eléctricos en el Departamento de Ingeniería de Manufactura es de Q 13 140,51 se observa que las computadoras representan el 62% del consumo de energía eléctrica de los aparatos eléctricos.

Tabla XXXVII. **Costo anual de energía eléctrica fantasma en el Departamento de Ingeniería de Manufactura en Fogel de Centroamérica, S.A.**

Aparato eléctrico	Consumo trimestral (kWh/trim)	Primer trimestre (Q)	Segundo trimestre (Q)	Tercer trimestre (Q)	Cuarto trimestre (Q)	Total (Q)
Computadoras	28,50	52,69	52,14	55,88	59,78	220,49
Cargadores de radio	1,41	2,61	2,58	2,76	2,96	10,91
Horno eléctrico	6,57	12,15	12,02	12,88	13,78	50,83
Aire acondicionado	1,83	3,38	3,35	3,58	3,83	14,14
		70,83	70,09	75,10	80,35	296,37

Fuente: elaboración propia.

3.3. Programa de ahorro de energía

El objetivo de un plan de ahorro de energía es lograr un consumo eficiente y responsable de la energía eléctrica, mediante acciones y cambios de hábitos en el uso diario de los aparatos eléctricos e iluminación por parte del personal; contribuyendo así a reducir el consumo de energía eléctrica, reducir la emisión de gases de efecto invernadero, practicar la responsabilidad ambiental empresarial.

Se diseñó e implementó tarjetas del programa de ahorro de energía para concientizar a los empleados sobre la importancia de ahorrar energía eléctrica, para que no se use cuando no sea necesaria, teniendo esto un beneficio para la empresa y sobre todo se está colaborando con la naturaleza.

Las tarjetas del programa de ahorro de energía fueron colocadas cerca de los apagadores como se observa en la figura 34 y 35. Con el fin de que los empleados las vean cuando enciendan y apaguen la luz y la utilicen solo cuando sea necesario.

Figura 34. **Programa de ahorro de energía, interruptor 1**



Fuente: área de Ingeniería de Manufactura, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 35. **Programa de ahorro de energía, interruptor 2**



Fuente: área de Ingeniería de Manufactura, Fogel de Centroamérica, S.A.

3.3.1. Propuestas de ahorro de energía

El ahorro de energía eléctrica es un elemento fundamental para el aprovechamiento de los recursos energéticos; ahorrar equivale a disminuir el consumo de combustibles en la generación de electricidad, evitando también la emisión de gases contaminantes hacia la atmosfera.

A continuación se hacen unas propuestas para el ahorro de energía:

Empleados:

- Apagar la iluminación cuando no la necesiten; por ejemplo al salir a comer o al finalizar la jornada laboral.

- En los monitores de las computadoras configurar en el salvapantallas en modo “Black screen” pantalla en negro, esto proporciona un ahorro de 7,5 watts frente a cualquier otro salvapantallas con animación. Se aconseja un tiempo de 10 minutos para que entre en funcionamiento este modo de salvapantallas.
- Recuerda que la computadora no es una fuente de inspiración, enciéndela solo cuando le vayas a dar uso intensivo y no cuando vayas a realizar otras actividades.
- Si utiliza el aire acondicionado asegúrese de que las ventanas estén bien cerradas para evitar desperdicio de energía por las ventanas.

Equipo de oficina:

- Desconectar los equipos eléctricos cuando no se utilicen ya que mucho de ellos siguen consumiendo energía y cuando se encuentran apagados.

Equipo de cómputo:

- Asegurarse de que los equipos de oficina, tengan la función de modo de ahorro de energía.
- Seleccionamos los aparatos eléctricos en función de su necesidad, la capacidad de los equipos que se adquieran. Por ejemplo una pantalla grande de una computadora consume una mayor cantidad de energía, que una estándar de 14 pulgadas.

Mantenimiento:

- Limpiar con frecuencia los filtros del aire acondicionado.

- Utilizar colores claros en paredes, techos y pisos. Con el fin de obtener superficies mas reflejantes y mejorar el nivel luminoso.
- Limpiar periódicamente focos y lámparas ya que el polvo bloquea la iluminación que emiten y disminuye el nivel luminoso de la lámpara hasta un 20%.

Se propone cambiar las luminarias actuales (tubos) de 36w por tubos fluorescentes de 15w que generarían un ahorro del 58% del consumo actual.

Tabla XXXVIII. **Cálculo de la inversión para la propuesta**

Material	Costo unitario	Costo total
16 tubos fluorecente Sylvania 15W	Q 20,75	Q 332,00
Mano de obra		Disponible
Inversión total:		Q 332,00

Fuente: elaboración propia.

Cálculo de potencia con propuesta:

Cálculo de kWh/mes de propuesta:

$$[(16 \text{ lámparas}) \times (15 \text{ Watts/lámpara}) \times (8 \text{ horas/día}) \times (22 \text{ días})] / (1\ 000) = 42,24 \text{ kWh/mes}$$

3.3.1.1. **Beneficio económico de la propuesta:**

Costo mensual actual: 85,54 kWh x Q 1,85 = Q 158,25

Costo anual actual: (Q 158,25/mes) x (12 meses/año) = Q 1 898,99

Costo mensual con la propuesta: $35,64 \text{ kWh} \times \text{Q } 1,85 = \text{Q } 62,35$

Beneficio económico mensual: $(\text{Q } 158,25 - \text{Q } 62,35) = \text{Q } 95,90$

Beneficio económico anual: $(\text{Q } 95,90 \times 12 \text{ meses}) = \text{Q } 1\,150,80$

Periodo de retorno de la inversión:

$\text{P.R.I.} = (\text{Inversión/Ahorro mensual}) = (\text{Q } 249,00 / \text{Q } 95,90) = 3 \text{ meses}$

Con la propuesta de cambio de luminarias se tendrá un ahorro del 60% de energía eléctrica, lo representara un ahorro de Q 1 150,80 anual para la empresa.

4. CAPACITACIÓN A EMPLEADOS DE FOGEL DE CENTROAMÉRICA S.A. EN PRINCIPIOS DE MANUFACTURA ESBELTA

4.1. Plan de capacitación

Se desarrollo un plan de capacitación con el objetivo de atender las necesidades de formación y entrenamiento sobre principios de manufactura esbelta en Fogel de Centroamérica, S.A.

4.1.1. Justificación

Surge la necesidad de capacitación, debido a que la empresa trabaja bajo principios de manufactura esbelta, resultando esto desconocido para gran cantidad de empleados de recién incorporación a la empresa.

Debido a que la manufactura esbelta proporciona a las compañías herramientas para sobrevivir en un mercado global que exige calidad más alta, entrega más rápida a más bajo precio y en la cantidad requerida. Y esperando con ello, un personal motivado y trabajando en equipo, ya que éstos son los pilares fundamentales en los que las organizaciones exitosas sustentan sus logros.

4.1.2. Alcance

El presente plan de capacitación es de aplicación para todo el personal de nuevo ingreso a Fogel de Centroamérica, S.A.

4.1.3. Fines del plan de capacitación

El propósito de la capacitación es conocer la evolución de la manufactura a través de la historia y comprender los elementos del trabajo estándar. Esperando impulsar la eficacia organizacional, la capacitación se lleva a cabo para contribuir a:

- Elevar el nivel de rendimiento de los colaboradores y, con ello el incremento de la productividad y rendimiento de la empresa.
- Satisfacer más fácilmente requerimientos futuros de la empresa en materia de personal, sobre la base de la planeación de recursos humanos.
- Mantener al colaborador al día con los avances tecnológicos, lo que alienta la iniciativa, la creatividad y ayuda a prevenir la obsolescencia de la fuerza de trabajo.

4.1.4. Objetivos del plan de capacitación

Objetivos generales

- Brindar a los trabajadores los conocimientos necesarios sobre los principios de manufactura esbelta.
- Preparar al personal para la ejecución eficiente de sus responsabilidades que asuman en sus puestos.
- Brindar oportunidades de desarrollo personal en los cargos actuales y para otros puestos para los que el colaborador puede ser considerado.

Objetivos específicos

- Proveer conocimientos a los trabajadores sobre los elementos del trabajo estándar.
- Actualizar y ampliar los conocimientos sobre los sistemas de producción.
- Contribuir a elevar y mantener un buen nivel de eficiencia individual y rendimiento colectivo aplicando los principios de manufactura esbelta.

4.1.5. Metas

Capacitar al 100% de los trabajadores nuevos, para que apliquen desde el principio de su relación laboral, los conocimientos de manufactura esbelta aprendidos en la capacitación.

4.1.6. Estrategias

Las estrategias a emplear son:

- Exposición
- Ayuda audiovisual
- Casos prácticos
- Método de preguntas

4.1.7. Tipo, modalidad y nivel de capacitación

La capacitación será de tipo inductiva; dado que es aquella que se orienta a facilitar la integración del nuevo colaborador, en general como a su ambiente de trabajo, en particular.

La modalidad de la capacitación es formación, porque su propósito es impartir conocimientos básicos orientados a proporcionar una visión general y amplia con relación al contexto de desenvolvimiento.

El nivel será básico, ya que se orienta a personal que se inicia en el desempeño de su trabajo dentro de la empresa y tiene como objetivo proporcionar información, conocimientos y habilidades esenciales requeridos para el desempeño en la ocupación.

4.1.8. Temas a desarrollar

Temas a desarrollarse en la capacitación:

- Fases de la producción
- 5's
- Elementos del trabajo estándar
- Sistemas de producción
- Eliminar los 7 desperdicios

4.1.9. Recursos

Los recursos a utilizarse para la capacitación se presentan en la tabla XXXIX y XL.

4.1.9.1. Humanos

El personal designado para la capacitación fueron los de recién ingreso a la empresa (ver tabla XXXIX).

Tabla XXXIX. **Recursos humanos necesario para la capacitación**

Área	Puesto	Cantidad
Línea E	Operario ensamble 3	1
Unidades	Operario unidades Línea B	2
Línea B	Operario Ensamble 1	2
Línea B	Operario ensamble 3	1
Jefatura de planta y <i>utilities</i>	<i>Utilities</i> de apoyo	1
Departamento y subensamble	Operador de troquel	1
Departamento y subensamble	Operario producción temporal	2
Mantenimiento	Operario de mantenimiento.	1
Finanzas	Auxiliar de contabilidad	1
Calidad	Revisor de calidad	1
Planificación y proyecto	Controlador abastecimiento	1
Bodega de materiales	Auxiliar de bodega	2
Capacitador		1
TOTAL		17

Fuente: elaboración propia.

4.1.9.2. Materiales

Tabla XL. **Recursos materiales necesarios para la capacitación**

Cantidad	Recurso
1	Sala de conferencias
1	Computadora
1	Apuntador
2	Bocinas
4	Mesas
22	Sillas plásticas
1	Pizarra de fórmica
2	Marcadores de pizarra
4	Hoja de instrucciones para prácticas
500	Legos para la realización de prácticas
20	Hojas de evaluación
20	Lapiceros
20	Diplomas de participación

Fuente: elaboración propia.

4.1.10. Financiamiento

El monto de inversión de este plan de capacitación, será financiada con ingresos presupuestados por Fogel de Centroamérica, S.A.

4.1.11. Presupuesto

En la tabla XLI se presente el presupuesto estimado para la capacitación de manufactura esbelta.

Tabla XLI. **Presupuesto estimado para la capacitación**

Instructor	Q	0.00
Refacción	Q	200,00
Hojas de evaluación	Q	5,00
Lapiceros	Q	20,00
Diplomas de participación	Q	200,00
Legos	Q	1 200,00
TOTAL	Q	1 625,00

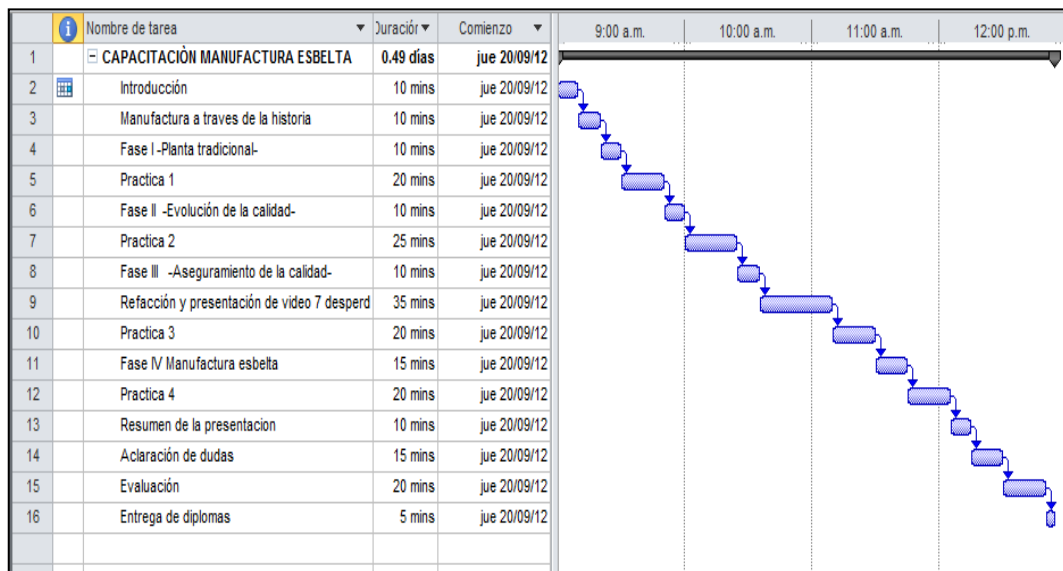
Fuente: elaboración propia.

La capacitación será dada por el personal de Ingeniería de Manufactura el cual tiene el conocimiento y la experiencia en el tema, por lo que no tendrá ningún costo adicional, solo los gastos de operación.

4.1.12. Programación

En la figura 36 se detalla las actividades programadas para la capacitación a desarrollarse en Fogel de Centroamérica, S. A.

Figura 36. Programa de la capacitación



Fuente: elaboración propia.

4.1.13. Capacitación

La empresa Fogel de Centroamérica, S. A. brinda una capacitación acerca de los principios de manufactura esbelta a los empleados de recién incorporación a la empresa.

La capacitación es programada por el Departamento de Recursos Humanos, cuando se llega a un mínimo de 10 empleados nuevos y se les informa con una semana de anticipación a los encargados de los empleados a capacitar, para que colaboren y apoyen a los empleados nuevos, enviándolos a dicha capacitación, puesto que la capacitación es de beneficio para el empleado, para la empresa y para el área en el que se desempeña la persona a capacitar.

La capacitación consiste en una presentación teórica-práctica sobre las diferentes etapas de la manufactura y su evolución en el mercado mundial, con el fin de que los empleados comprendan de mejor manera la importancia de la manufactura esbelta dentro de la empresa; ya que esto les dará un mayor sentido a la labor que realizan cada día dentro de la empresa. La capacitación tiene una duración de 4 horas.

En el mercado actual la capacitación tiene un costo de Q 3 000,00 pero ya que la empresa cuenta con un Departamento de Ingeniería de Manufactura, la capacitación es impartida por el personal altamente capacitado del Departamento de Ingeniería de Manufactura.

La capacitación es impartida a personal nuevo de las áreas de finanzas, ventas, mercadeo, despachos, producción, recursos humanos, logística, bodega, calidad, transcold, serviFogel, mantenimiento y seguridad industrial. En la tabla X se detalla el personal programado para la capacitación.

La capacitación se programó para el día jueves 20 de septiembre de 2012 en horario de 9:00 a.m. a 1:00 p.m., la programación de actividades se detallan en la figura 36.

4.2. Metodología

La metodología a emplearse para capacitar al personal de Fogel fue una exposición acerca de la evolución de la manufactura a través de la historia.

4.2.1. Temas a desarrollarse en la capacitación

Los temas a desarrollarse en la capacitación de manufactura esbelta son los descritos a continuación:

4.2.1.1. Fases de la producción

- Fase I: planta tradicional (fordismo)
- Fase II: evolución de la calidad
- Fase III: aseguramiento de la calidad
- Fase IV: lean

4.2.1.2. 5's

La disciplina 5'S son requisitos previos para cualquier programa de mejora y se enfoca en la organización eficaz del lugar de trabajo, simplifica el ambiente de trabajo, reduce el desperdicio, mientras que mejora la calidad y la seguridad.

- *Seiri* – Seleccionar
- *Seiton* – Ordenar
- *Seiso* – Limpieza
- *Seiketsu* – Estandarización
- *Shitsuke* – Mantener

4.2.1.3. Elementos del trabajo estándar

- *Takt time*: es el primer elemento de una Operación Estándar

$$Takt\ Time = \frac{\text{Tiempo disponible}}{\text{Demanda del cliente}}$$

- Tiempo Disponible: tiempo real planeado de una corrida de producción. 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.
- Secuencia de trabajo estándar: es una celda de producción en línea recta, el trabajador tiene que moverse al final de la línea cuando está trabajando y luego tiene que regresarse al principio al completar un ciclo o la línea requiere más trabajadores.
- *SWIP*: la cantidad mínima de inventario que no requiere dejar al final del turno, para que no exista ciclo perdido al inicio del siguiente turno.

4.2.1.4. Sistemas de producción

- Sistema de empujar: el trabajo no está balanceado, se ve bien porque todos están ocupados pero hay muchos materiales por todos lados.
- Sistema de jalar: en un sistema de producción de jalar, el ritmo de las operaciones es dictado por la demanda del cliente y el trabajo es balanceado; el sistema justo a tiempo son sistemas de producción jalar.

- Pensamiento esbelto: es un enfoque probado para mejorar la calidad, gastos de operación, entrega, flexibilidad y la satisfacción del empleado. Pensamiento esbelto significa solo la cantidad requerida, cuando y donde se necesite, se logra a través de una constante disciplina y enfoque en valor, flujo, sistema de jalar o *kanban*, mejora continua.

4.2.1.5. Eliminar los 7 desperdicios

En el concepto de manufactura esbelta tenemos que la eliminación total del desperdicio es la clave de dicha metodología. Sí queremos de alguna manera iniciar la aplicación de este sistema de producción, lo primero que se hace es entender cuáles son estos desperdicios, como identificarlos fácilmente y una vez identificados trabajar en ellos para reducirlos o eliminarlos de ser posible; los siete desperdicios son:

- Movimiento
- Espera
- Transporte
- Almacenamiento
- Defectos
- Sobreproducción
- Procesamiento

Las imágenes que se muestran en la figura 37, son parte de la presentación de Power Point que servirá de apoyo en la capacitación.

Figura 37. Diapositivas de la presentación de la capacitación

FASE I: PLANTA TRADICIONAL

FORDISMO

LO LLAMABAN EL AUTO DEL HOMBRE COMUN



EL MISMO HENRY FORD LO LLAMABA EL AUTO DE LAS GRANDES MASAS

FASE I: PLANTA TRADICIONAL

PERO EL VERDADERO INVENTO NO ERA EL AUTO...



ERA LA FORMA DE PRODUCIRLO. LA LINEA DE PRODUCCION. LA PRODUCCION EN LINEA, EN MASA.

FASE II: Evolucion de la calidad

¿Qué es calidad?

- El grado de excelencia de una cosa" (Diccionario Webster)
- Calidad de conformidad: Que tan bien están los productos manufacturados, de acuerdo al diseño del producto (establecido en la "Conformidad con los requerimientos")
- Ajuste al uso—Que tan bien el producto se compara a lo que el cliente espera de este
- Calidad de diseño—La habilidad de un producto de satisfacer o exceder las necesidades del cliente (como las características especiales)

La calidad es realmente lo que el cliente dice que es

FASE III: Aseguramiento de la calidad

El Trabajo Estandar

Takt Time

El Takt Time es el primer elemento de una Operación Estandar

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tiempo Disponible}}{\text{Demanda del Cliente}}$$

Tiempo Disponible—Tiempo real planeado de una corrida de producción. No incluye descansos, limpieza, mantenimiento preventivo, puntas de calidad

Demanda del cliente—Volumen requerido basado en las órdenes del cliente. Usualmente se usa un periodo mensual; sin embargo, se recomienda usar periodos más cortos.

FASE III: Aseguramiento de la calidad



- Suiki - Selección (Sort)
- Seiton - Orden (Set in Order)
- Seiso - Limpieza (Shina)
- Seiketsu - Estandarización (Standardize)
- Shitsuke - Mantener (Sustain)

Las disciplinas 5S son reglas básicas para cualquier programa de mejora y se enfocan en la organización eficaz del lugar de trabajo, simplifica el ambiente del trabajo, reduce el desperdicio, mientras que mejora la calidad y la seguridad.

FASE IV: Lean

Balaceo de Líneas

GRAFICA DE TAKT TIME / TIEMPO DE CICLO



Balacear el trabajo entre los operadores de tal manera que no exista WIP entre ellos

FASE III: Aseguramiento de la calidad

Flujo



Flujo tradicional por lotes

Flujo de una pieza

- Menos inventario
- Menos productos defectuosos por reparar
- Menor tiempo de respuesta
- Menos espacio requerido
- Mejor capacidad de balanceo de la línea
- Tiempo de entrega más corto

FASE IV: Lean

Fundamentos de Lean

El desperdicio no añade ningún valor (MUDA)

- Sobreproducción
- Inventario
- Espera (Tiempo)
- Movimiento (Mano de obra)
- Proceso (Complejidad, Espacio, Energía)
- Productos Defectuosos (Producción de Material)
- Transportación

!!!La gente somos un activo!!!

Fuente: elaboración propia.

4.2.2. Talleres prácticos

Los talleres prácticos se van desarrollando paralelamente con la explicación teórica, resolviendo dudas para entender con la práctica lo que se explico teóricamente.

Práctica 1:

Consiste en armar unos aviones de lego durante 6 minutos y demostrar cómo era que funcionaba la producción de una planta tradicional. Las características de la práctica es que se va a producir por lotes (lotes de 5), las estaciones están desordenadas.

Práctica 2:

Nuevamente armar aviones de lego durante 6 minutos y demostrar la forma de producción de la fase II (Evolución de la calidad). Esta práctica tiene como características que al igual que la producción es por lotes (lotes de 5), ordenando las estaciones de una manera secuencial, armando un prototipo para que en cada estación de trabajo sepan que es lo que tienen que hacer antes de empezar la producción.

Práctica 3:

En esta práctica se armarán los aviones de lego durante 6 minutos y se demostrará la forma de producción de la fase III (Aseguramiento de la calidad). Esta práctica tiene como características la producción en línea, trabajando una pieza a la vez y con las estaciones ordenadas de forma secuencial.

a. Práctica 4:

Esta práctica consiste armar los aviones de lego durante 6 minutos y demostrar cómo es que funciona una planta de la fase IV (Lean). Y tiene como características que la producción es en línea, trabajando una pieza a la vez, pero esta vez teniendo balanceada la carga de trabajo en todas las estaciones.

En las figuras 38 a la 45 se puede observar el material que se utilizó para la realización de las prácticas 1, 2, 3 y 4 de la capacitación de manufactura esbelta, además de fotografías tomadas durante el desarrollo de la capacitación.

Figura 38. **Material para el desarrollo de las prácticas en la capacitación de manufactura esbelta**



Fuente: sala de conferencias, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 39. Material de apoyo para la práctica 1, 2 y 3



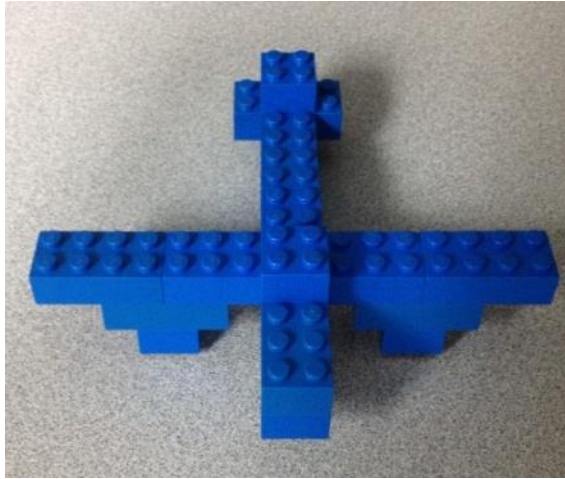
Fuente: sala de conferencias, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 40. Material de trabajo para la práctica 4



Fuente: sala de conferencias, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 41. **Prototipo de avión armado en las prácticas**



Fuente: sala de Ingeniería de Manufactura, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 42. **Capacitación manufactura esbelta 1**



Fuente: sala de conferencias, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 43. **Capacitación manufactura esbelta 2**



Fuente: sala de conferencias, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 44. **Desarrollo de prácticas en capacitación 1**



Fuente: sala de conferencias, Fogel de Centroamérica, S.A.

Figura 45. **Desarrollo de práctica en capacitación 2**



Fuente: sala de conferencias, Fogel de Centroamérica, S.A.

Al finalizar la presentación y las respectivas prácticas se procede a resolver dudas y a la entrega de una tarjeta a cada operario con las principales herramientas de manufactura esbelta dadas en la capacitación; luego se procede a resolver dudas, seguidamente se realiza la evaluación de la capacitación para medir el desempeño del capacitador, el contenido de la capacitación y a los empleados capacitados. En la figura 46 se puede observar la tarjeta que se les entrega a los operarios luego de la capacitación.

Figura 46. Tarjetas de resumen




Fuente: elaboración propia.

4.3. Evaluación

La evaluación es parte importante de la capacitación ya que sirve de retroalimentación para los capacitadores, la empresa y trabajadores; con la evaluación se determinó si se cumplió el objetivo de la capacitación y si se está utilizando la metodología adecuada, de modo que todos los empleados comprendan los principios de manufactura esbelta.

En las figuras 47 y 48 se presenta el formato que se utilizó para realizar la evaluación del contenido, instructor y al personal capacitado.

Figura 47. Formato de evaluación página 1


R_RH_02_22

EVALUACIÓN DE CAPACITACIÓN

NOMBRE: _____, CÓDIGO: _____

NOMBRE DE LA ACTIVIDAD (CURSO, SEMINARIO U OTRO) _____

FECHA DEL EVENTO: _____

ÁREA A LA QUE PERTENECE

FINANZAS

VENTAS

MERCADEO

DESPACHOS

PRODUCCIÓN

RECURSOS HUMANOS

LOGÍSTICA

BODEGA

CALIDAD

TRANSCOLD

SERVIFOGEL

MANTENIMIENTO

SEGURIDAD

INDUSTRIAL

INSTRUCCIONES

Marque con una X la respuesta cercana a tu opinión sobre la capacitación o seminario al que acabas de asistir.
 Excelente EX, Bueno B, Regular R, Malo M.

Nombre del instructor: _____

	EX	B	R	M
1. Mostró dominio del tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2. Mostró organización en el desarrollo de su tema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3. Promovió la participación del grupo	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4. Resolvió las dudas e inquietudes de los participantes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5. Se condujo de manera profesional	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6. Presentó y cumplió los objetivos de la Actividad	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Fuente: elaboración propia.

Figura 48. Formato de evaluación página 2

CONTENIDO					COMENTARIOS
EX	B	R	M		
Del 1 al 10 ¿qué calificación le daría al contenido del curso? _____					
APRENDIZAJE Y APOYO					
Escriba tres conceptos claves que haya aprendido: _____					
Escriba tres habilidades claves que haya adquirido: _____					
¿De qué manera aplicará lo aprendido en su trabajo? _____					
¿Tu Jefe/ Supervisor inmediato te apoyo para asistir a la actividad? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
¿ Por qué? _____					
¿Tus compañeros de trabajo apoyan tus esfuerzos para aplicar tus habilidades/conocimientos adquiridos en la actividad? SI <input type="checkbox"/> NO <input type="checkbox"/>					
¿ Por qué? _____					
¿Cuál o cuáles son los obstáculos que consideras podrias tener, para aplicar lo aprendido en la actividad?					

Fuente: elaboración propia.

4.4. Resultados

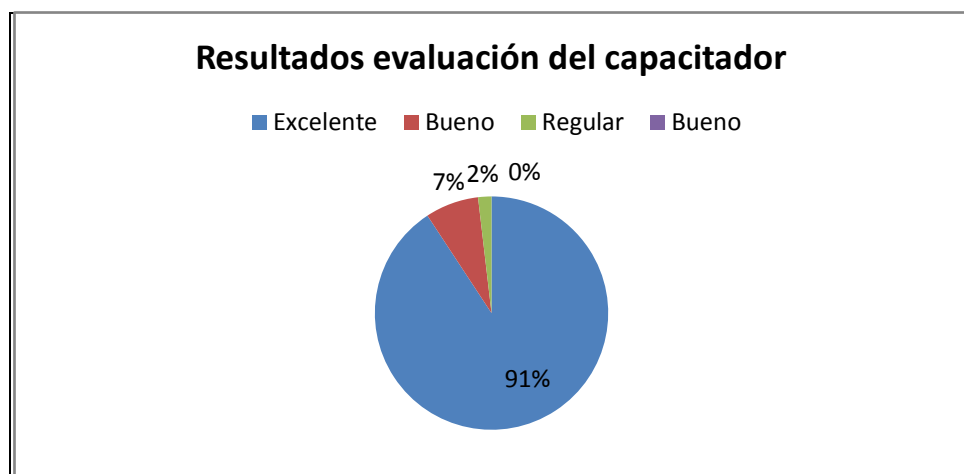
Los resultados de la evaluación sirven para interpretar si se lograron los objetivos de la capacitación y para retroalimentar a los capacitadores y saber en qué aspectos se puede mejorar. Si la capacitación fue efectiva se podrá observar un cambio de conducta en el personal y su mejoría en el desempeño después de la capacitación. En las tablas XLII, XLIII y XLIV y en las figuras 49, 50 y 51 se presenta los resultados y las gráficas de las evaluaciones.

Tabla XLII. **Resultados de la evaluación del capacitador**

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Pregunta 1	8	1	0	0
Pregunta 2	8	1	0	0
Pregunta 3	9	0	0	0
Pregunta 4	8	1	0	0
Pregunta 5	8	1	0	0
Pregunta 6	8	0	1	0
TOTAL	49	4	1	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 49. **Gráfica de resultados de la evaluación del capacitador**



Fuente: elaboración propia.

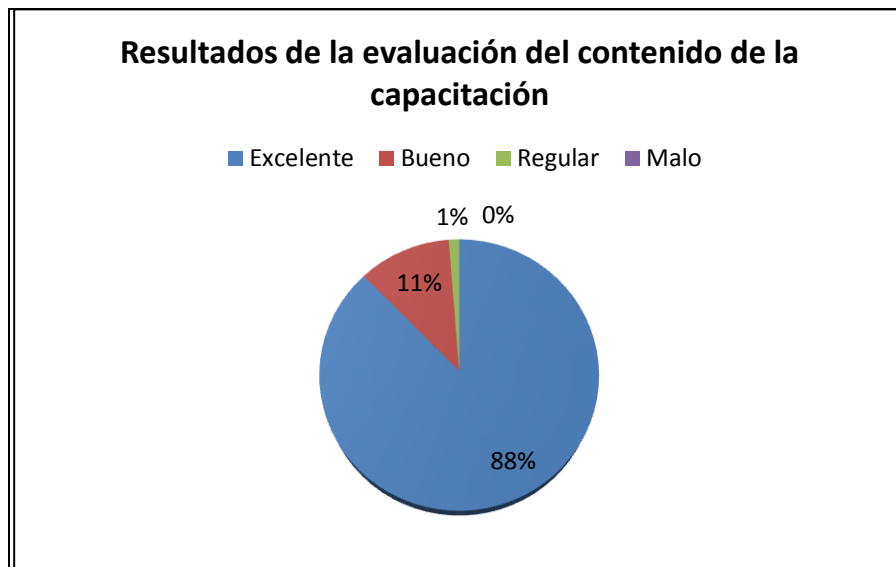
Según la figura 49 los resultados de la evaluación del capacitador son positivos, ya que el 91% coinciden en que el capacitador domina el tema y facilita el aprendizaje de los capacitados.

Tabla XLIII. **Resultados evaluación del contenido de la capacitación**

	Excelente	Bueno	Regular	Malo
Pregunta 1	8	1	0	0
Pregunta 2	8	1	0	0
Pregunta 3	9	0	0	0
Pregunta 4	8	1	0	0
Pregunta 5	9	0	0	0
Pregunta 6	7	2	0	0
Pregunta 7	8	1	0	0
Pregunta 8	8	1	0	0
Pregunta 9	6	2	1	0
TOTAL	71	9	1	0

Fuente: elaboración propia.

Figura 50. **Gráfica de resultados de la evaluación del contenido de la capacitación**



Fuente: elaboración propia.

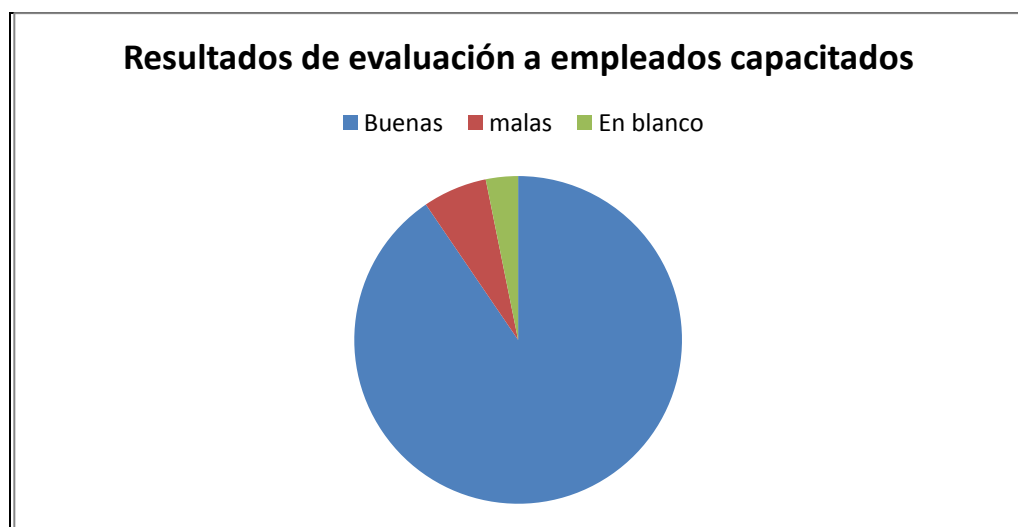
Según la figura 50, el contenido de la capacitación es de fácil comprensión y asimilación, lo cual puede ayudar a que se aplique en su área de trabajo.

Tabla XLIV. **Resultados evaluación de los empleados capacitados**

	Buena	Malas	En blanco
Pregunta 1	23	3	1
Pregunta 2	25	1	1
Pregunta 3	9	0	0
TOTAL	57	4	2

Fuente: elaboración propia.

Figura 51. **Gráfica de resultados de la evaluación al personal capacitado**



Fuente: elaboración propia

Según la figura 51, el 91% de los trabajadores comprendieron el contenido de la capacitación, lo que da la pauta a que la capacitación fue desarrollada exitosamente y se logró con el objetivo de que los empleados comprendieran los principios de manufactura esbelta.

4.5. Capacitación Kaizen

Un evento Kaizen es una cadena de acciones realizadas por equipos de trabajo cuyo objetivo es mejorar los resultados de los procesos existentes. Los Kaizen servirán para:

- Reducir los desperdicios
- Mejorar la calidad y reducir la variabilidad
- Mejorar las condiciones de trabajo

Por lo general la aplicación de eventos de mejora se lleva a cabo cuando:

- Existe un problema de calidad.
- Quiere mejorar la distribución de las áreas.
- Necesita disminuir el tiempo de preparación de las maquinas.
- Necesita disminuir el tiempo de entrega a los clientes (internos o externos).
- Desea reducir los gastos de operación.
- Necesita mejorar el orden y limpieza.
- Quiere reducir la variabilidad de una característica de calidad.
- Desea hacer más eficiente el uso de los equipos.

¿Qué se puede lograr con los eventos Kaizen?

- Mejoras rápidas en el desempeño de procesos específicos de producción o celdas de manufactura.
- Tiempos muy cortos de cambio de producto.
- Mejores distribuciones de planta.

- Mejor desempeño de la maquinaria.
- Mejora en el orden y limpieza.
- Mejor calidad de primera intención.
- Mejor comunicación entre los operadores.
- Mejor capacidad de producción.
- Condiciones de trabajo más seguras y ergonómicas.

El objetivo de un evento Kaizen es que al finalizar cada proyecto de mejora, la empresa vea cambios en los resultados de los procesos al ir eliminando sus fuentes de pérdida.

4.6. Procedimiento para llevar a cabo un Kaizen

Antes de llevar a cabo un Kaizen:

Establecimiento de líderes de equipo. Equipos por áreas.

Durante el evento Kaizen:

El primer día se realiza una agenda de las diferentes actividades a llevar a cabo durante el evento y se identifican las oportunidades y se documentan.

Desarrollo de los siguientes días:

Cada actividad a realizar tiene un objetivo en particular, pero el fin es siempre aportar ideas para mejorar y por su puesto aplicarlas.


Ultimo día del evento Kaizen:

Los miembros de los equipos presentan lo siguiente:

- La situación que encontraron
- Las acciones que llevaran a cabo
- Los resultados que obtuvieron

En la tabla XLV se propone el siguiente formato para llevar a cabo los Kaizen para las diferentes áreas de la empresa.

Tabla XLV. **Formato para llevar a cabo un Kaizen**

 Fogel de Centroamérica S.A.		Identificación de Kaizen		R-KZ-00-04
Área:	Proceso:		Encargado:	
Descripción de la sugerencia: _____ _____				
Situación inicial:		Situación mejorada:		
		Día de implementación del Kaizen __/__/__		
Aspecto a ser mejorado:				
Calidad	Higiene	Disminución de desperdicio	Procesos	Otros:
Comentario de supervisor:				

Fuente: elaboración propia.

Después del evento Kaizen:

Durante las 4 semanas siguientes se da seguimiento a las mejoras para que los dueños del proceso las lleven a cabo de manera cotidiana.

Conceptos aplicables para los eventos Kaizen:

- Sistema de sugerencias: este facilita la aportación de ideas del personal en general para mejorar continuamente.
- Guía para el sistema de sugerencias: el sistema de sugerencias permite llevar a cabo eventos Kaizen futuros, por lo que se debe integrar completamente el sistema de sugerencias al sistema gerencial. Se deben implementar las ideas, no solamente tenerlas, se mantendrán formatos simples para que los empleados los puedan llenar.

Reglas para un evento Kaizen:

- Mantener la mente abierta para realizar cambios.
- Mantenga una actitud positiva.
- Nunca se reserve para usted sus desacuerdos.
- No burlarse de las ideas de los demás.
- Ayude a crear un ambiente de cooperación.
- Procure que haya un respeto mutuo.
- Trate a los demás como le gustaría que lo traten.
- Todos los votos tienen la misma importancia, independientemente del nivel jerárquico.
- Si tiene duda, pregunte.

Un programa de mejora solo será exitoso cuando todos los empleados aporten sugerencias y estas sugerencias sean tomadas con seriedad por la dirección.

CONCLUSIONES

1. Desarrollo un análisis de la situación actual en el Departamento de Acabado Final y Empaque a través de reuniones con el supervisor de acabado final y empaque, estudio de tiempos; los cuales proporcionaron una base para conocer el proceso, identificar deficiencias y oportunidades de mejora.
2. En el capítulo 2 se identificaron oportunidades de mejora en las líneas de ensamble que sirvieron para reducir tiempos de limpieza en el área de acabado final; las cuales se desarrollaron y lograron con la colaboración del personal de Ingeniería de Manufactura, gerente de planta, supervisores de líneas de ensamble, supervisor del área de prueba, encargado de acabado final y supervisor del área de acabado final y empaque.
3. Balance de líneas para el área de acabado final y empaque, el cual sugiere incrementar de 21 a 23 la cantidad de operarios en el área de acabado final y para el área de empaque reducir de 19 a 18 operarios, ya que a través de los estudios de tiempos se determinó que para cumplir con la demanda de producción, esta cantidad de operarios es la adecuada; además de que se eliminarían las horas extras en estos departamentos reduciendo un 16% el costo de mano de obra. Lo que generará un ahorro de Q 20 600,00 mensuales, en un año el ahorro sería de Q 247 200,00.

4. Realización de una propuesta de cambio de luminarias para el Departamento de Ingeniería de Manufactura, además de un plan de ahorro de energía eléctrica con el fin de minimizar el consumo de energía eléctrica, beneficiando esto a la economía de la empresa y contribuyendo a la conservación del medio ambiente, esperando con ello un ahorro del 58% del consumo actual de iluminación en el Departamento de Ingeniería de Manufactura.

5. Capacitación a los empleados de nuevo ingreso en principios de manufactura esbelta: elementos del trabajo estándar, sistemas de producción, 5's, eliminar los 7 desperdicios. Brindándoles a los trabajadores las herramientas que le permita a la empresa reducir la cadena de desperdicios, creando sistemas de entrega de materiales más apropiados; proporcionando a la empresa recurso humano altamente calificado en términos de conocimiento, habilidades y actitudes para el eficiente desempeño del trabajador. Además, se lograron cambios en el comportamiento de los empleados capacitados, mejorándose las relaciones interpersonales entre todos los miembros de la empresa, logrando condiciones de trabajo más satisfactorias.

RECOMENDACIONES

1. Supervisor de Ingeniería de Manufactura debe darle seguimiento al área de acabado final y empaque con inspecciones constantes para verificar si se está cumpliendo con el *takt time* y asignación propuesta; además de brindarles las herramientas y condiciones adecuadas para la realización de las operaciones en las diferentes estaciones de trabajo.
2. Eliminar barreras entre departamentos, realizando reuniones periódicas entre el Departamento de Ingeniería de Manufactura, producción, prueba, acabado final y empaque; dándole seguimiento al proyecto y presentando los avances, beneficios obtenidos y dificultades que se han presentado en la realización del proyecto.
3. El área de prueba debe de abastecer de forma correcta a acabado final para que se cumpla la propuesta de especialización de las líneas en acabado final. Además de proporcionarle al área de acabado final y empaque todas las herramientas y facilitadores para que tengan las condiciones óptimas para la realización de las tareas y balanceo propuesto.
4. A corto plazo extender al área de recursos humanos, oficinas de control de calidad, oficinas de mantenimiento y seguridad industrial el plan de ahorro de energía aplicado en el Departamento de Ingeniería de Manufactura, con el fin de hacer conciencia al personal sobre el uso adecuado de la energía eléctrica y su importancia para el medio

ambiente. Ya que será de gran importancia en el proceso de acreditación de la Norma ISO 14000.

5. El Departamento de Ingeniería de Manufactura además, de capacitar a empleados nuevos, debe realizar evaluaciones cada 6 meses para detectar necesidad de capacitación dentro de los empleados; realizar nuevas capacitaciones profundizando cada uno de los temas brindados en la capacitación de manufactura esbelta logrando con ello la mejora continua.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARENAS REINA, José Manuel. *Control de tiempos y productividad: la ventaja competitiva*. España: Paraninfo, 2000. 120 p.
2. Fogel de Centroamérica. Catálogo de producto [en línea]: <<http://www.fogel-group.com/es/category/cat-logo-de-productos/cat-logo>> [Consulta: octubre de 2012].
3. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio de trabajo, ingeniería de métodos y medición del trabajo*. España: Alfaomega, 2008. 459 p.
4. LÓPEZ GÁLVEZ, Sergio Roberto. *Propuesta de optimización de una línea de producción en una empresa de ensamble de refrigeradores comerciales buscando obtener una producción más limpia*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2012. 118 p.
5. MEYERS, Fred. *Estudios de tiempos y movimientos*. 2a ed. México: Pearson Educación, 2000. 334 p.
6. MONROY, Néstor. *Producción más Limpia: paradigma de gestión ambiental*. España: Alfaomega, 2008. 115 p.
7. NIEBEL, Benjamín; FREIVALDS, Andris. *Ingeniería industrial*. 4a ed. México: Alfa Omega, 2007. 410 p.

8. PINEDA, José Adolfo. *Estudio de tiempos y movimientos en la línea de producción de piso de granito en la fábrica Casa Blanca S. A.* Trabajo de graduación de Ing. Industrial. Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Ingeniería, 2005. 151 p.

9. RAJADELL CARRERAS, Manuel; SÁNCHEZ GARCÍA, José Luis. *Lean manufacturing: la evidencia de una necesidad.* Madrid: Díaz de Santos, 2010. 272 p.

10. RIGOLA, Miquel. *Producción más Limpia.* España: Rubes, 2009. 155 p.