



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

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN
UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES,
BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

Sergio Roberto López Gálvez

Asesorado por el Ing. Leon Omar Márquez Salazar

Guatemala, enero de 2012

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN
UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES,
BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

SERGIO ROBERTO LÓPEZ GÁLVEZ

ASESORADO POR EL ING. LEON OMAR MÁRQUEZ SALAZAR

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO INDUSTRIAL

GUATEMALA, ENERO DE 2012

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 | Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón |
| VOCAL IV | Br. Juan Carlos Molina Jiménez |
| VOCAL V | Br. Mario Maldonado Murallez |
| SECRETARIO | Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez |

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

| | |
|-------------|--|
| DECANO | Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos |
| EXAMINADOR | Ing. José Luís Antonio Valdeavellano Ardón |
| EXAMINADOR | Ing. Pablo Fernando Hernández |
| EXAMINADORA | Inga. Rossana Margarita Castillo Rodríguez |
| SECRETARIA | Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas |

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES, BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 18 de octubre de 2010.



Sergio Roberto López Gálvez

Guatemala, 13 de junio del 2011

Señor
Director
Escuela Mecánica Industrial
Ingeniero Cesar Ernesto Urquizú Rodas

Por este medio me dirijo a usted para informarle que yo, Ingeniero Mecánico Industrial León Omar Márquez Salazar, **HABIENDO TENIDO A LA VISTA EL TRABAJO DE GRADUACIÓN** como asesor del estudiante, del programa de Ingeniería Industrial **SERGIO ROBERTO LÓPEZ GÁLVEZ**, con el número de carné 2002-12314, en el tema **“PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES, BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA”**.

DOY POR APROBADO DICHO TRABAJO DE GRADUACIÓN, esperando que sea de utilidad para la empresa en la que realizó su trabajo, sin otro particular me suscribo,

Atentamente,



Ingeniero León Omar Márquez Salazar
Colegiado No. 6233
Omar Márquez
ING. MECANICO INDUSTRIAL
COL. No. 6233



REF.REV.EMI.183.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES, BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Roberto López Gálvez**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Rinaldo Gálvez Alvarado
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, octubre de 2011

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES, BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Roberto López Gálvez**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas
DIRECTOR

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, enero de 2012.

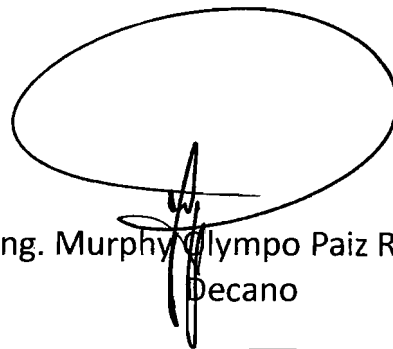
/mgp



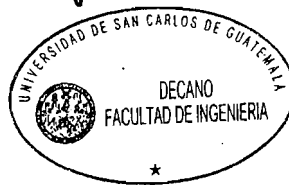
DTG. 024.2012.

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES, BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA**, presentado por el estudiante universitario **Sergio Roberto López Gálvez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE:



Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
Decano



Guatemala, 20 de enero de 2012.

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

Dios y la Virgen María

Por ser mi fuente de inspiración, sabiduría y bendición en cada momento; por darme una familia tan maravillosa y llenarnos de bendiciones, por permitirme lograr esta meta tan ansiada.

Mis padres

Por su apoyo incondicional, por ser guías a lo largo de mi vida, por brindarme educación, valores y moral, por su amor y consejos; que me han permitido ser quien soy y gracias a ellos he llegado a lograr esta meta.

Mis hermanos

Por estar siempre unidos, apoyarnos entre nosotros y ayudarnos en los momentos difíciles a pesar de todas las cosas.

Paola Velásquez

Por ser la persona que siempre está a mi lado, me aconseja, me apoya y me motiva a seguir adelante y a superarme día a día, sin importar los problemas que se tengan; gracias por ser tan especial.

AGRADECIMIENTOS A:

- Ing. Omar Márquez** Por brindarme su apoyo, tiempo y asesoría, en la realización de este trabajo de graduación.
- Ing. Manuel Raya** Por compartir sus conocimientos y tiempo, para la realización de este trabajo de graduación.
- Mis amigos** Por siempre estar unidos y compartir nuestras actividades, por su apoyo y amistad.

ÍNDICE GENERAL

| | |
|---|------|
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES | V |
| LISTA DE SÍMBOLOS | VII |
| GLOSARIO | IX |
| RESUMEN | XIII |
| OBJETIVOS..... | XVII |
| INTRODUCCIÓN | XIX |
| | |
| 1. ANTECEDENTES GENERALES..... | 1 |
| 1.1. La industria metalmecánica | 1 |
| 1.1.1. Historia | 1 |
| 1.1.2. Ubicación geográfica..... | 3 |
| 1.1.3. Misión..... | 4 |
| 1.1.4. Visión | 4 |
| 1.1.5. Distribución organizacional | 5 |
| 1.1.6. Política de la empresa..... | 5 |
| 1.2. Equipos de refrigeración comercial..... | 6 |
| 1.2.1. Congeladores..... | 6 |
| 1.2.2. Enfriadores..... | 7 |
| 1.2.3. Frosters | 7 |
| 1.3. Conceptos básicos..... | 8 |
| 1.3.1. <i>Lean manufacturing</i> | 8 |
| 1.3.2. Objetivos de <i>lean manufacturing</i> | 9 |
| 1.3.3. Principios de <i>lean manufacturing</i> | 9 |
| 1.3.4. Importancia de <i>lean manufacturing</i> en la industria en general | 10 |

| | | |
|----------|--|----|
| 2. | DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL..... | 13 |
| 2.1. | Línea de producción | 13 |
| 2.1.1. | Ensamble 1A | 14 |
| 2.1.2. | Área de espuma A | 16 |
| 2.1.3. | Ensamble 2A | 18 |
| 2.1.4. | Ensamble 3A | 20 |
| 2.2. | <i>Layout</i> de la línea de ensamblajes y subensamblajes | 23 |
| 2.3. | Diagnóstico de las instalaciones | 25 |
| 2.4. | Distribución física del proceso..... | 26 |
| 2.5. | Distribución de los insumos a utilizar | 27 |
| 2.6. | Procedimientos..... | 27 |
| 2.6.1. | Descripción del procedimiento de producción | 28 |
| 2.7. | Distribución organizacional..... | 29 |
| 2.7.1. | Funciones | 30 |
| 2.8. | Estudio de tiempos..... | 30 |
| 3. | PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES, BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA..... | 35 |
| 3.1. | Herramientas de <i>lean manufacturing</i> | 35 |
| 3.1.1. | 5 Eses..... | 35 |
| 3.1.1.1. | <i>Seiri</i> (seleccionar) | 36 |
| 3.1.1.2. | <i>Seiton</i> (ordenar). | 37 |
| 3.1.1.3. | <i>Seiso</i> (limpiar) | 38 |
| 3.1.1.4. | <i>Seiketso</i> (estandarizar) | 39 |
| 3.1.1.5. | <i>Sitsuke</i> (mantener) | 40 |
| 3.1.2. | Justo a tiempo | 41 |
| 3.1.2.1. | El proceso debe ser continuo..... | 42 |

| | | |
|----------|---|----|
| 3.1.2.2. | La sobreproducción es ineficiencia. | 42 |
| 3.1.3. | Mantenimiento productivo total (TPM)..... | 42 |
| 3.1.4. | Mejora continua (<i>kaizen</i>) | 43 |
| 3.1.5. | Cambio rápido de modelo | 44 |
| 3.1.6. | <i>Kanban</i> | 44 |
| 3.2. | Diagramas del proceso de ensamblaje | 45 |
| 3.2.1. | Diagrama de operaciones (DOP) | 45 |
| 3.2.2. | Diagrama de flujo de operaciones (DFOP) | 49 |
| 3.2.3. | Diagrama de recorrido | 53 |
| 3.3. | Balance de línea | 56 |
| 3.4. | Producción más limpia | 66 |
| 3.4.1. | Definición..... | 66 |
| 3.4.2. | Estrategia ambiental en el proceso | 67 |
| 3.4.3. | Reducción de riesgos humanos | 67 |
| 4. | IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA..... | 69 |
| 4.1. | Aplicación de las herramientas de <i>lean manufacturing</i> | 69 |
| 4.1.1. | 5 Eses | 70 |
| 4.1.2. | Justo a tiempo | 71 |
| 4.1.3. | Sistema de halar..... | 71 |
| 4.1.4. | Mantenimiento productivo total (TPM) | 72 |
| 4.1.5. | Mejora continua (<i>kaizen</i>) | 72 |
| 4.1.6. | Cambio rápido de modelo | 73 |
| 4.1.7. | <i>Kanban</i> | 73 |
| 4.2. | Nuevo <i>layout</i> de ensambles | 74 |
| 4.3. | Productividad de la línea de ensambles A..... | 76 |
| 4.4. | Calidad en el producto | 78 |
| 4.5. | Implementación de producción más limpia..... | 78 |

| | | |
|--------|--|-----|
| 5. | MEJORA CONTINUA | 81 |
| 5.1. | Plan de seguimiento | 81 |
| 5.2. | Capacitación al personal operativo..... | 82 |
| 5.3. | Crear una cultura de eficiencia | 85 |
| 5.4. | Evaluación de las herramientas de <i>lean manufacturing</i> | 85 |
| 6. | IMPACTO AMBIENTAL..... | 87 |
| 6.1. | Manejo de los desperdicios y basura | 87 |
| 6.2. | Manejo del refrigerante R134-A, ciclopentano, poliol e isocianato. | 91 |
| 6.2.1. | Refrigerante R134-A..... | 91 |
| 6.2.2. | Ciclopentano..... | 95 |
| 6.2.3. | Poliol..... | 97 |
| 6.2.4. | Isocianato | 99 |
| 6.3. | Medidas a tomar en caso de fugas..... | 101 |
| 6.3.1. | Refrigerante R134-A..... | 101 |
| 6.3.2. | Ciclopentano..... | 101 |
| 6.3.3. | Poliol..... | 102 |
| 6.3.4. | Isocianato | 102 |
| 6.4. | Manejo de solventes | 103 |
| | CONCLUSIONES..... | 113 |
| | RECOMENDACIONES..... | 115 |
| | BIBLIOGRAFÍA..... | 117 |

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

| | |
|---|----|
| 1. Mapa de localización de fogel de centroamérica s.a. | 3 |
| 2. Distribución organizacional..... | 5 |
| 3. Congeladores | 6 |
| 4. Enfriadores | 7 |
| 5. Frosters | 8 |
| 6. <i>Deck-10</i> | 13 |
| 7. Sobreproducción ensamble 1A | 15 |
| 8. Ensamble de gabinete..... | 15 |
| 9. Sobreproducción ensamble de tinas | 16 |
| 10. Desorden en el área de materiales..... | 16 |
| 11. Cuarto de espera..... | 17 |
| 12. Enmoldado / desmoldado de equipos | 18 |
| 13. Sobreproducción ensamble 2A | 19 |
| 14. Equipo con accesorios instalados | 19 |
| 15. Equipo con unidad <i>Deck</i> instalada | 21 |
| 16. Subensamble de unidades | 21 |
| 17. Equipo con todos sus componentes instalados..... | 22 |
| 18. Subensamble de bafles y unidades..... | 22 |
| 19. Área de ensamble 1A..... | 23 |
| 20. Área de espuma A..... | 24 |
| 21. Área de ensamble 2A, ensamble 3A y subensambles | 24 |
| 22. Área de refrigeración A..... | 25 |
| 23. Distribución organizacional línea de ensamblés A | 29 |

| | | |
|-----|--|-----|
| 24. | 5 Eses | 36 |
| 25. | Diagrama de operaciones de proceso | 46 |
| 26. | Diagrama de flujo de operaciones..... | 50 |
| 27. | Diagrama de recorrido ensamble 1A y espuma A..... | 53 |
| 28. | Diagrama de recorrido ensamble 2A y evaporadores A..... | 54 |
| 29. | Diagrama de recorrido ensamble 3A, unidades A y puertas A..... | 55 |
| 30. | Diagrama de recorrido refrigeración A | 56 |
| 31. | Nuevo <i>layout</i> de subensambles | 75 |
| 32. | Detalle rombo NFPA | 107 |
| 33. | Materiales peligrosos | 108 |

TABLAS

| | | |
|-------|---|-----|
| I. | Operarios actuales línea A..... | 14 |
| II. | Tabla de suplementos..... | 32 |
| III. | Resumen estudio de tiempos actuales | 32 |
| IV. | Número de operarios | 57 |
| V. | Operarios ensamble 1A | 58 |
| VI. | Operarios espuma A..... | 59 |
| VII. | Operarios ensamble 2A | 60 |
| VIII. | Operarios ensamble 3A | 61 |
| IX. | Operarios refrigeración A..... | 61 |
| X. | Operarios evaporadores A..... | 62 |
| XI. | Operarios unidades A, 1ra. fase | 63 |
| XII. | Operarios unidades A, 2a. fase..... | 64 |
| XIII. | Operarios puertas A..... | 65 |
| XIV. | Consolidado operarios | 65 |
| XV. | Estudio de tiempos validado | 76 |
| XVI. | Solventes y componentes químicos..... | 109 |

LISTA DE SÍMBOLOS

| Símbolo | Significado |
|----------------|--------------------|
| ALK | Base |
| BIO | Biodegradable |
| CORR | Corrosivo |
| CRYO | Criogénico |
| OXY, OX | Oxidante |
| % | Porcentaje |

GLOSARIO

| | |
|-----------------------|---|
| <i>Baffle</i> | Parte del equipo de refrigeración comercial en el cual se monta el evaporador y ventilador, como parte del sistema de refrigeración de la cámara. |
| Calidad | Es cumplimiento de todos los requisitos solicitados, ya sea de un producto y servicio en vías de satisfacer una necesidad tangible o no. |
| Capacitación | Adquisición de conocimientos y técnicas necesarios, para ejercer una profesión o actividad determinada. |
| Ciclopentano | Es un hidrocarburo que sirve como agente de expansión para la espuma. |
| <i>Deck-10</i> | Equipo de refrigeración comercial, que se encuentra en el grupo de enfriadores. |
| Demanda | Volumen total que sería comprado por un grupo determinado de consumidores, en un área geográfica, definida en un período de tiempo, en un entorno de <i>marketing</i> . |
| DFOP | Diagrama de flujo de operaciones de proceso. |

| | |
|----------------------|--|
| DOP | Diagrama de operaciones de proceso. |
| Eficiencia | Utilización eficaz de los recursos disponibles con la que se consigue la máxima producción posible. |
| Estrategia | Planteamiento conjunto de una serie de pautas a seguir en cada una de las fases de un proceso, para el logro de una meta o fin propuesto. |
| Instructivo | Son disposiciones de carácter general emitidas para regular el uso de servicios e instalaciones y su funcionamiento interno y operativo. |
| Insumo | Es un bien consumible utilizado en el proceso productivo de otro bien. Este término, equivalente en ocasiones al de materia prima, es utilizado mayormente en el campo de la producción agrícola. Los insumos usualmente son denominados factores de la producción o recursos productivos. |
| Isocianato | Es el precursor de los poliuretanos, un tipo de polímeros sintéticos conocidos como plásticos esponjosos, y que son utilizados también como espumas rígidas, lacas, elastómeros e insecticidas. |
| <i>Kaizen</i> | También llamado "mejora continua" o "mejoramiento continuo", significa un perfeccionamiento progresivo en el que participan todos, desde los jefes que ocupan los puestos más altos hasta los trabajadores. |

| | |
|----------------------------------|---|
| <i>Layout</i> | Término en inglés, que significa un plano con la distribución física de un proceso. |
| <i>Lean Manufacturing</i> | Grupo de herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. |
| Misión | Función o tarea básica de una empresa o dependencia, o de alguno de sus departamentos. |
| NFPA | Asociación nacional de protección contra fuego. |
| Poliol | Es un carbohidrato que contiene más grupos hidroxilo que el azúcar al cual está asociado. |
| Procedimiento | Conjunto de acciones ordenadas, dirigidas a la consecución de una meta o fin. |
| Proceso | Consiste en transformar entradas (insumos) en salidas, (bienes y/o servicios) por medio del uso de recursos físicos, tecnológicos o humanos. |
| Productividad | Es la razón entre la producción obtenida y los recursos utilizados para obtener dicha producción. |
| R134-A | Refrigerante utilizado en la mayoría de equipos de refrigeración comercial, producidos en Fogel. |

| | |
|-------------------------|---|
| Riesgo | Posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño derivado del trabajo. |
| <i>SABMiller</i> | Industria multinacional de bebidas, ubicada en Sudáfrica. |
| Sobreproducción | Situación en la que se produce más de la capacidad que permite un proceso productivo. |
| <i>Tack Time</i> | Tiempo establecido por operación, con el fin de lograr la demanda establecida. |
| TPM | Mantenimiento productivo total. |
| Visión | Consiste en la idea o conjunto de ideas que se tienen de la organización. |
| <i>WIMA</i> | Maquinaria encargada de ejercer presión sobre los equipos de refrigeración comercial para que al inyectar la espuma, estos no sufran deformaciones. |

RESUMEN

Fogel de Centroamérica, S.A., es una organización que ha crecido con el transcurrir de los años, y debido al incremento en sus pedidos, las líneas de ensambles deben de tener tiempos predeterminados y el personal necesario para poder fabricar los diferentes modelos que se fabrican.

El objeto de estudio para mejora, en este trabajo de graduación, es la línea de ensambles A, la cual es una de las tres líneas rápidas en Fogel; esta produce alrededor de 50 modelos diferentes de equipos de refrigeración comercial; uno de los más fabricados en esta línea de ensamble, es el *Deck-10*.

La gerencia de la organización giró una nueva orden en la cual se deben de fabricar ciento treinta *Deck-10* diarios, por lo cual se propone un balance de línea con el cual se logrará satisfacer la demanda de este modelo; se realizó un análisis de cargas por estación de trabajo en cada área del proceso de ensamblaje de los *Deck-10*; para tal estudio se tomó como base el tiempo *Tack*, que establece el tiempo por operación.

Se definió el número de operarios, necesarios por área, para poder satisfacer la demanda establecida por la gerencia, y con base en un estudio realizado con el nuevo número de operarios; se determinó que sí cumplen con la demanda establecida.

También se proponen las herramientas de *lean manufacturing* para optimizar la línea de ensambles A, pero para poder implementar estas herramientas de mejora, es necesario tener la línea balanceada lo cual se realiza y verifica en el capítulo 4; las herramientas propuestas para la optimización de la línea se detallan en el capítulo 3 y 4.

Al realizar esta propuesta de optimización se logrará que la línea trabaje más eficientemente, ya que cada una de las herramientas propuestas son técnicas para la mejora de los procesos.

Se propone una nueva distribución *layout* de los subensambles de baffles, unidades y puertas, para liberar el espacio que ocupan a la par de la línea de ensambles A; con esto se logrará una mejora visual y esta área será aprovechada para la colocación de los componentes para el ensamble de los equipos, y que la línea sea continua, ya que los operarios de los ensambles solamente deberán tomar los componentes como puertas, baffles, evaporadores y unidad condensadora, para instalarlos en cada equipo y se cumpla el tiempo *tack* establecido.

Respecto del tema de seguridad industrial y medio ambiente, se propone y establece el método de identificación de materiales peligrosos y la técnica del rombo NFPA, con el cual se logra que los operarios que manipulan los diferentes solventes y componentes químicos, sepan el riesgo de tener contacto directo con cada uno de estos; también se detallan las medidas de seguridad para el manejo y almacenaje de los componentes como el refrigerante R134A, el poliol, el ciclopentano y el isocianato.

Con estas sugerencias se logra disminuir el riesgo de derrames, contaminación, fugas y se reduce el índice de accidentes.

El seguimiento y control en cuanto a las propuestas de las herramientas de *lean manufacturing* para la optimización de la línea de ensambles A, son fundamentales para lograr el objetivo deseado. Así como seguir estrictamente las indicaciones en cuanto al manejo de los diferentes componentes químicos, solventes y gas refrigerante, asegurarán contribuir a la protección del medio ambiente y a la seguridad ocupacional de los operarios.

OBJETIVOS

General

Proponer un proceso ordenado y eficiente en la línea de producción de ensamblajes y subensambles de enfriadores comerciales en la empresa Fogel de Centroamérica, utilizando diversas herramientas de optimización, garantizando una producción más limpia.

Específicos

1. Identificar y determinar el flujo del proceso de ensamblaje actual, mediante la realización de diagramas de proceso.
2. Determinar el tiempo estándar de operación del proceso de producción de la línea de ensamble.
3. Proponer las herramientas de *lean manufacturing* en la línea de producción para erradicar sus debilidades.
4. Establecer un proceso de producción más limpio utilizando las herramientas de *lean manufacturing*.
5. Disminuir la sobreproducción, tiempos de espera, transporte, mala calidad, movimientos innecesarios, manejo de desperdicios, y de materia prima.

6. Diseñar un nuevo *layout* de la línea de producción en donde sólo se tengan los procesos necesarios para el ensamblaje de los equipos de refrigeración comercial.
7. Diseñar un plan de acción planteado para el supervisor de producción de la línea, para saber cómo actuar en el caso de que se esté incumpliendo cualquiera de las herramientas de *lean manufacturing*.
8. Proponer la implantación de capacitación del personal, en relación con las herramientas de *lean manufacturing* necesarias para la optimización de la línea de ensamble.

INTRODUCCIÓN

Toda organización en general tiene, a través de sus productos, una incidencia directa con sus clientes, a partir de la preocupación de que el producto terminado llegue en buenas condiciones, en un tiempo prudente y previamente establecido. Es por eso que la optimización de sus líneas de producción le ayudará a la empresa para cumplir con esta premisa.

Para proponer mejoras en las actividades de la línea de producción, primero se debe de conocer los aspectos generales de una industria, la historia de la misma y cuál es la metodología bajo la que trabaja; con esto se dará un panorama actual y será más fácil la identificación del problema a atacar.

Con un estudio detallado de la conformación actual de la línea de producción y la forma en que son desarrollados actualmente los procesos, identificando sus actividades y personal que lleva a cabo dichas actividades, se tomará como punto de inicio para detallar un estudio para la formación de una propuesta de mejora.

Se detallará el porqué es necesario la optimización de la línea de producción, describiendo cada una de las operaciones implicadas y determinando un tiempo estándar, el cual es el tiempo normal que le llevará al personal operativo la realización de sus tareas, la forma y el trato en que son distribuidos los insumos e identificar variables en el proceso que puedan corregirse.

Con lo recopilado de la situación actual del estado de la línea de producción, se tratará de proponer un estudio aplicando varias herramientas que ayuden dicho proceso, para hacerlo más eficiente y optimizando sus operaciones.

1. ANTECEDENTES GENERALES

1.1. La industria metalmecánica

La industria metalmecánica, es el sector que comprende la manufactura de metales, siendo su insumo básico el metal y las aleaciones de hierro.

1.1.1. Historia

Refrigeración Fogel, nació en Filadelfia, USA en el año de 1899 cuando el padre del Sr. William Fogel empezó a fabricar cajones de madera aislados para preservar alimentos, con un sistema de enfriamiento que funcionaba por medio de hielo colocado 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, 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 de los Estados Unidos de Norteamérica, con innovaciones que hoy en día son estándares en toda la industria de refrigeración.

Con la gran visión del Sr. William Fogel y su capacidad para establecer alianzas con empresarios de otros países, Fogel, rápidamente estableció alianzas estratégicas en muchos países, algunos tan distantes como Israel, Francia e Italia, pero con mayor energía y énfasis en Centro América y el Caribe.

En 1967 bajo el liderazgo de don Jacobo Tefel Pasos, se fundó Fogel de Nicaragua en sociedad con Sr. William Fogel. En 1981 los problemas políticos forzaron a la familia Tefel a emigrar a Guatemala en donde fundaron Refrigeradores de Guatemala, S. A.

En el año 2007 la empresa decidió instalar su planta de producción en la zona franca del pacífico. La ubicación en Colombia le permitió a esta empresa reducir sus costos de ventas a este mercado y a otros países como Ecuador, Venezuela y Perú. Allí opera bajo la razón social de Fogel Andina y como primer gran cliente cuenta con pedidos de la multinacional de bebidas *SABMiller*.

Atiende en la actualidad a los países de Norte América, Centro América, el Caribe, Ecuador Venezuela y Perú, siendo sus principales clientes las industrias cerveceras, embotelladoras de bebidas carbonatadas, embotelladoras de agua purificada, industrias lácteas y fabricantes de helados.

Fogel de Centroamérica S.A. se encarga de la fabricación, aseguramiento de la calidad y venta de equipos de refrigeración comercial. Cada vez que se necesite fabricar un nuevo modelo o un cambio de los ya existentes, la empresa Transcold Ingeniería Guatemala, S.A. realiza el nuevo diseño y proporciona planos, programas para troqueladoras y especificaciones

de cada uno de los modelos, de acuerdo con los requisitos solicitados por el cliente.

1.1.2. Ubicación geográfica

La organización tiene sus instalaciones en el municipio de Mixco, en el departamento de Guatemala, entre las calzadas San Juan y Roosevelt. La dirección donde se localiza es: 3ra Av. 8-92 Zona 3, lotificación El Rosario, Mixco, Guatemala.

Figura 1. **Mapa de localización de Fogel de Centroamérica S. A.**



Fuente: www.maps.google.es. 20 de marzo de 2011.

1.1.3. Misión

Ser 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.

Utilizar tecnología de punta y materiales de calidad mundial y capacitar al recurso humano para desempeñarse profesional y éticamente con permanente sentido de urgencia.

Brindar a los clientes entregas a tiempo, asistencia y capacitación técnica mediante un servicio personalizado. Buscar siempre la satisfacción de los clientes, la rentabilidad de los accionistas y el bienestar de los colaboradores y de la comunidad.

1.1.4. Visión

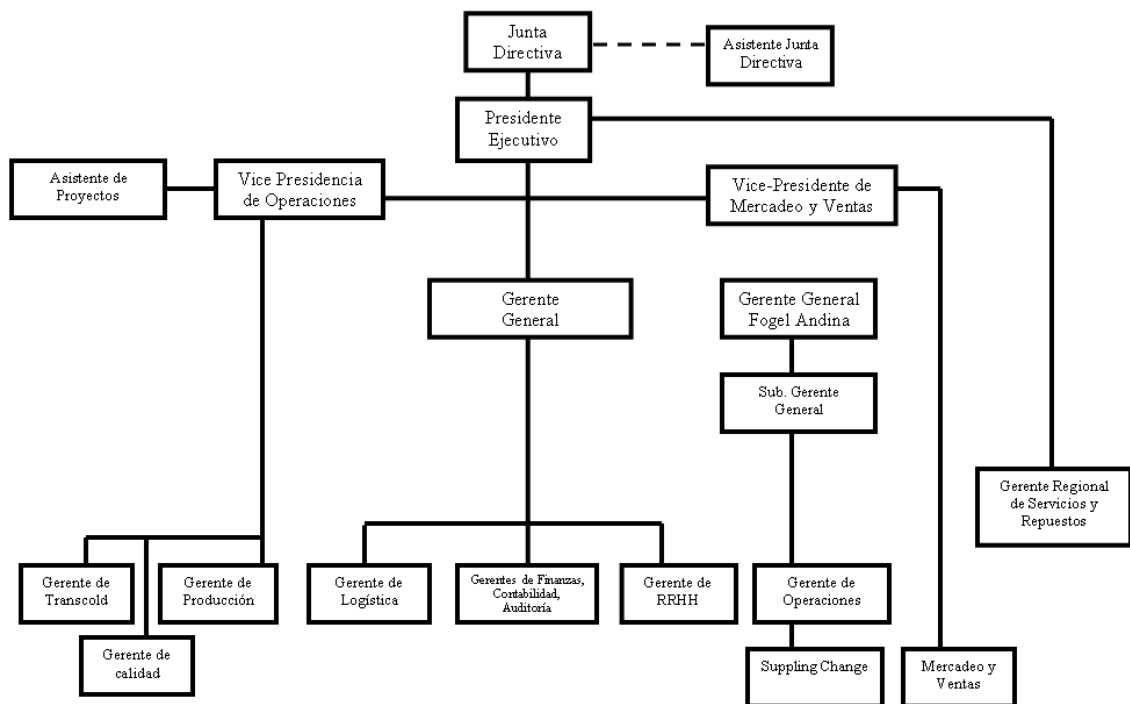
Ser el mejor proveedor de equipos de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, para puntos de venta al detalle de productos fríos en América Latina.

Lograr los objetivos propuestos por medio de innovación permanente, calidad, bajo consumo energético de los productos, servicio personalizado, soporte técnico y precios competitivos.

1.1.5. Distribución organizacional

A continuación se puede observar la distribución organizacional de Fogel de Centroamérica.

Figura 2. Distribución organizacional



Fuente: Departamento de recursos humanos de Fogel de Centroamérica, S.A.

1.1.6. Política de la empresa

Se fabrica y comercializa equipos innovadores de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, utilizando tecnología moderna, materiales de calidad mundial y personal competente.

Se mantiene un proceso permanente de mejora continua. Nos comprometemos a lograr:

- La satisfacción del cliente
- El bienestar de los colaboradores
- La rentabilidad de la organización
- La protección al medio ambiente en todos los procesos que se ejecutan

1.2. Equipos de refrigeración comercial

1.2.1. Congeladores

Los congeladores son equipos de refrigeración que trabajan a una temperatura aproximadamente entre -15 y -20 grados celcius. Existe variedad de congeladores como cámaras horizontales y verticales, estas se utilizan para productos congelados o mantenedores de hielo.

Figura 3. Congeladores



Fuente: <http://www.fogel-group.com/es/category/cat-logo-de-productos/>. 20 de marzo de 2011.

1.2.2. Enfriadores

Los enfriadores son equipos de refrigeración que trabajan a una temperatura aproximadamente entre 5 y 0 grados celcius; estos equipos de refrigeración se utilizan principalmente para medicinas, bebidas y alimentos, o sea todo producto perecedero que necesita mantenerse a una temperatura fría.

Figura 4. Enfriadores



Fuente: <http://www.fogel-group.com/es/category/cat-logo-de-productos/>. 20 de marzo de 2011.

1.2.3. Frosters

Los frosters son equipos de refrigeración que trabajan a una temperatura de entre -2 y -8 grados celcius; estos se utilizan especialmente para cervezas, de las cuales se han hecho estudios y estas son las temperaturas que las mantienen listas para su consumo.

Figura 5. **Frosters**



Fuente: <http://www.fogel-group.com/es/category/cat-logo-de-productos/>. 20 de marzo de 2011.

1.3. **Conceptos básicos**

A continuación se definirán los diferentes conceptos básicos de vital importancia en relación con la industria metalmeccánica.

1.3.1. ***Lean manufacturing***

Lean manufacturing son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere. Se reducen desperdicios y mejoran las operaciones, basándose siempre en el respeto al trabajador. Nació en Japón y fue concebida por los

grandes pioneros del Sistema de Producción Toyota: William Edward Deming, Taiichi Ohno, Shigeo Shingo, Eijy Toyota entre algunos.

El sistema de *lean manufacturing* ha sido definido como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio
- El respeto por el trabajador: *kaizen*
- La mejora consistente de productividad y calidad

1.3.2. Objetivos de *lean manufacturing*

Los principales objetivos de *lean manufacturing* son implantar una filosofía de mejora continua que le permita a las compañías reducir sus costos, mejorar los procesos y eliminar los desperdicios, para aumentar la satisfacción de los clientes y mantener el margen de utilidad.

Lean manufacturing 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. Específicamente, reduce la cadena de desperdicios dramáticamente, el inventario y espacio en el piso de producción, crea sistemas de producción más robustos, y de entrega de materiales apropiados, y mejora las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

1.3.3. Principios de *lean manufacturing*

Los principios fundamentales de *lean manufacturing* son los siguientes:

- Definir el valor desde el punto de vista del cliente: la mayoría de los clientes quiere comprar una solución, no un producto o servicio.
- Identificar la corriente de valor: eliminar desperdicios encontrando pasos que no agregan valor, algunos son inevitables y otros son eliminados inmediatamente.
- Crear flujo: hacer que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
- Producir el “hale” del cliente: una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes, en vez de producir basados en pronósticos de ventas a largo plazo.
- Perseguir la perfección: cuando una empresa consigue los primeros cuatro pasos, se vuelve claro para aquellos que están involucrados, que añadir eficiencia siempre es posible.

1.3.4. Importancia de *lean manufacturing* en la industria en general

La implementación de la *lean manufacturing* implica la adopción de una filosofía de mejoramiento continuo que lleve a las empresas a incrementar, de forma general, todos sus estándares, con el objetivo de aumentar la satisfacción del cliente y el margen de utilidad obtenido, producto de esta satisfacción. En sí, *lean manufacturing* tiene como objetivos:

- Reducir costos, mejorar procesos y eliminar desperdicios.
- Reducir el inventario y el espacio en el área de producción.
- Crear sistemas de producción más sólidos.
- Crear sistemas de entrega de materiales apropiados.
- Mejorar la distribución de las áreas para aumentar la flexibilidad.
- Reducir los tiempos de producción y eliminar los tiempos de espera.
- Mejorar la calidad de los productos o servicios brindados, entre otros.

Asimismo, es necesario tener presente que no siempre la implementación de un nuevo sistema de manufactura en una empresa es bien aceptado por el personal de la misma, pues siempre existe un recelo o miedo a lo desconocido, miedo que muchas veces lleva a cometer acciones no deseadas.

En este sentido, es necesario concientizar al personal acerca de los beneficios personales que *lean manufacturing* trae consigo. En ella, se desecha toda aquella administración vertical y se introduce el liderazgo como un tipo de administración que toma en cuenta la opinión, inteligencia y creatividad del personal.

Este tipo de pensamiento está siendo adoptado por la mayoría de empresas competitivas, en los mercados más complicados y exigentes del mundo, pues las mejores ideas surgen de un grupo, producto de la sinergia entre sus miembros. En la actualidad, son cinco los principios bajo los cuales se guía este tipo de pensamiento:

- El cliente no busca un producto o un servicio, busca una solución.
- Toda actividad que no agregue valor al bien, es considerada un desperdicio.

- Todo proceso debe fluir suave de un paso que agregue valor a otro.
- Producir bajo órdenes de los clientes y ya no sobre pronósticos.
- Cumplidos los cuatro primeros principios, utilizar la eficiencia para mejorarlos.

2. DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

Se procedió a realizar un recorrido por las instalaciones de la línea de ensamble, y se determinó la situación actual de los procesos y operaciones para la fabricación de enfriadores comerciales. Asimismo se detectaron las deficiencias de la línea. Fogel de Centroamérica cuenta actualmente con cinco líneas de ensamble de equipos de refrigeración comercial. Para este trabajo de graduación se tomará el modelo *Deck-10*, que se trabaja en la línea “A”.

2.1. Línea de producción

La línea de ensamble “A” es una de las principales dentro de Fogel de Centroamérica, por lo cual es necesario estudiar uno de los modelos más producidos, para hacerla más eficiente y productiva, siendo este el *Deck-10*.

Figura 6. *Deck-10*



Fuente: <http://www.fogel-group.com/sites/default/files/deck-10.pdf> p. 2. 20 de marzo de 2011.

La línea de ensamble tiene actualmente 60 operarios distribuidos de la siguiente manera:

Tabla I. **Operarios actuales línea A**

| | Operarios |
|---------------------|-----------|
| Ensamble 1 | 15 |
| Espuma | 5 |
| Ensamble 2 | 7 |
| Ensamble 3 | 3 |
| Refrigeración | 3 |
| Evaporadores | 4 |
| Unidades (1a. Fase) | 6 |
| Unidades (2a. Fase) | 12 |
| Puertas | 5 |
| Total | 60 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del recuento de operarios en línea.

2.1.1. Ensamble 1A

Esta es el área donde el equipo se arma desde cero, cuenta con 13 estaciones debidamente distribuidas para la realización de la operaciones necesarias para el armado del equipo de refrigeración; en esta área se puede observar que el flujo de materiales es bastante alto por lo cual se observa un poco de desorden en la misma, los materiales provenientes del área de metales son enviados en cantidades parciales dependiendo del total de equipos totales del pedido. También se puede observar que el volumen de producción es bastante alto, dando una imagen de sobreproducción, esto puede traer como consecuencia atrasos en el ensamblaje de los equipos y provocar errores o defectos en el proceso.

Figura 7. **Sobreproducción ensamble 1A**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 8. **Ensamble de gabinete**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 9. **Sobreproducción ensamble de tinas**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 10. **Desorden en el área de materiales**



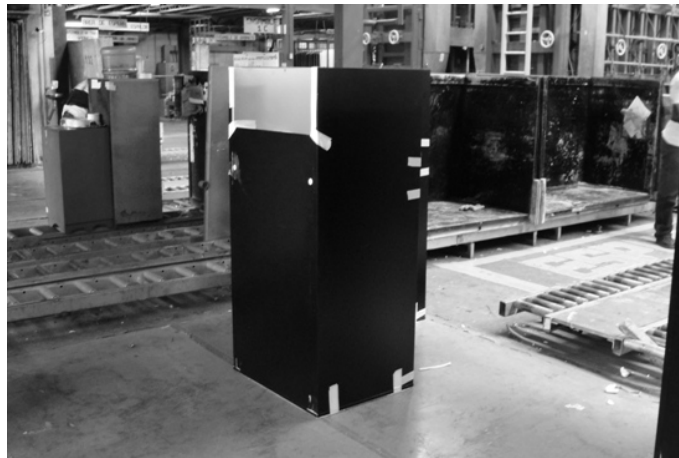
Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

2.1.2. Área de espuma A

Continuando con el proceso de ensamble de los equipos *Deck-10*, estos llegan al cuarto de espera; esta área es donde los equipos vacíos esperan a ser espumados dentro de la *wima*; cuenta con dos estaciones de trabajo, y se observa que los moldes que se utilizan para espumarlos, crean un poco de desorden debido a que se colocan en un carretón; en el enmoldado o desmoldado pueden ocurrir golpes en los equipos debido a que estos son de madera y la lámina fácilmente se daña.

Al terminar el proceso de enmoldado de los equipos, estos se introducen en la *wima*, la cual es la encargada de ejercer presión sobre ellos para que al inyectar la espuma en cada equipo, estos no se deformen; al terminar el espumado de los equipos, estos se proceden a desmoldar para luego eliminar residuos de cintas adhesivas utilizadas para sellar las piezas en ensamble 1, fugas de espuma y suciedad e impurezas, y así trasladarlos a ensamble 2.

Figura 11. Cuarto de espera



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 12. **Enmoldado / desmoldado de equipos**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

2.1.3. Ensamble 2A

Esta área de proceso de ensamble de los *Deck-10*, cuenta con ocho estaciones de trabajo, cada una con operaciones indispensables para el armado de los equipos, como por ejemplo; se coloca el *baffle* falso, los ductos de tina, la base del equipo con su tarima respectiva, y la lámpara de tina.

Debido a que en esta área se colocan partes fundamentales del equipo, el área de materiales se ve desordenada por la gran cantidad de piezas que se deben de instalar, asimismo, la sobreproducción se hace presente en la línea; esto puede provocar golpes en los equipos ya que se encuentran muy pegados entre sí. Asimismo, se encuentra el subensamble de cobre y baffles al lado del ensamble 2, haciendo que el espacio asignado a estas áreas quede pequeño, ya que el subensamble de evaporadores y baffles posee su propia área de materiales, para la elaboración del sistema de refrigeración.

Por lo cual será necesario evaluar una nueva área para estos dos subensambles, para liberar el área del ensamble 2.

Figura 13. **Sobreproducción en ensamble 2A**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 14. **Equipo con accesorios instalados**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

2.1.4. Ensamble 3A

Luego de que los equipos ya han sido trabajados en el ensamble 2, estos ingresan al ensamble 3; el cual cuenta con cinco estaciones debidamente distribuidas para la instalación de la unidad *Deck* y las puertas.

Asimismo, en esta área se encuentra el subensamble de unidades, la cual es la encargada de terminar de elaborar todo el sistema de refrigeración en la unidad *Deck*; las unidades *Deck* se fabrican en dos fases, siendo la primera la elaboración del gabinete de la unidad *Deck*, luego esta es enviada al subensamble, para colocar los evaporadores ya terminados por el subensamble de evaporadores y además agregar todos los componentes de refrigeración restantes, para el funcionamiento correcto del equipo.

Esto hace tener demasiados componentes en el área, y provoca desorden en lo que es el área de materiales, también provoca movimientos innecesarios debido a la sobreproducción.

Además, las puertas elaboradas por el subensamble de puertas, son colocadas en el área del ensamble 3, para su debida instalación.

Figura 15. **Equipo con unidad *Deck* instalada**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 16. **Subensamble de unidades**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 17. **Equipo con todos sus componentes instalados**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

Figura 18. **Subensamble de baffles y unidades**



Fuente: fotografía tomada en planta de la empresa Fogel de Centroamérica.

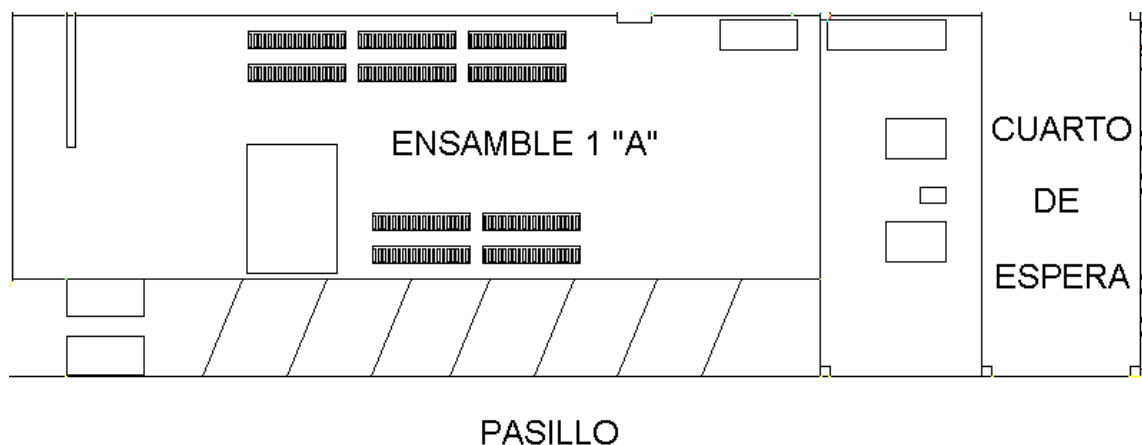
Luego de que los equipos son terminados en el ensamble 3, estos pasan al área de refrigeración, donde se les inyecta el gas refrigerante; una vez el equipo es cargado, pasa al área de prueba donde se valida su funcionamiento.

2.2. Layout de la línea de ensambles y subensambles

Actualmente la línea de ensamble A, se encuentra distribuida de tal manera que los subensambles se encuentran al lado de los ensambles principales, provocando que se produzca exceso de materiales, de personal operativo y de componentes en el área.

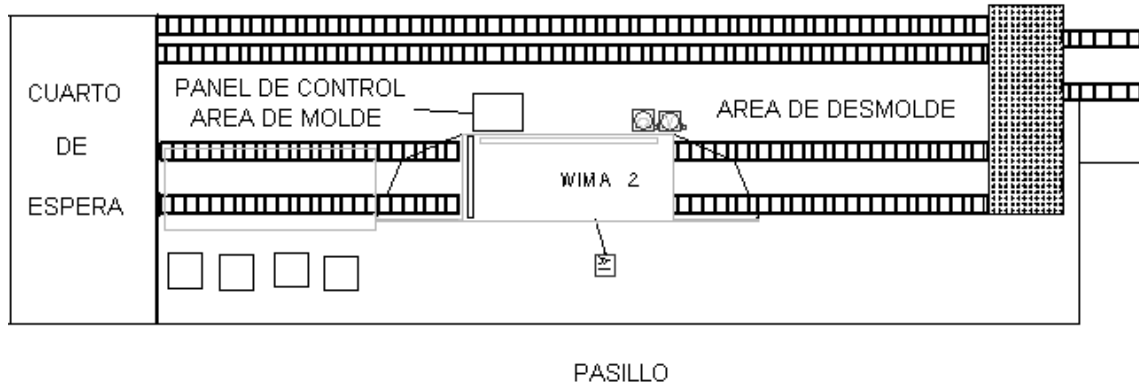
A continuación se muestra el layout correspondiente a cada ensamble de la línea "A".

Figura 19. Área de ensamble 1A



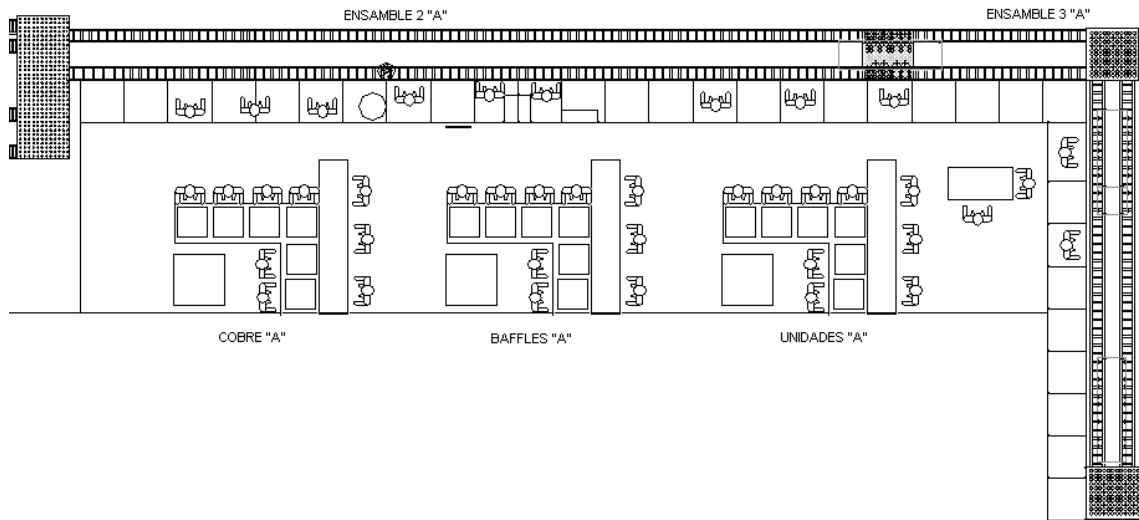
Fuente: elaboración propia.

Figura 20. Área de espuma A



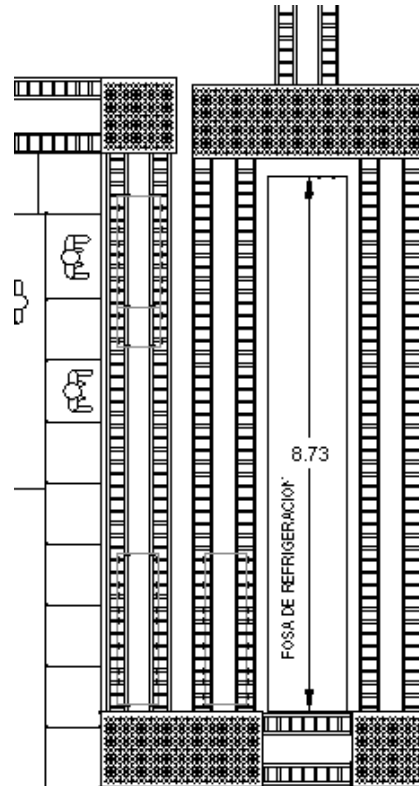
Fuente: elaboración propia.

Figura 21. Ensamble 2A, ensamble 3A, y subensambles



Fuente: elaboración propia.

Figura 22. Área de refrigeración A



Fuente: elaboración propia.

2.3. Diagnóstico de las instalaciones

Las instalaciones del proceso de ensamblaje de equipos de refrigeración comercial se encuentran dentro de una bodega seccionada en dos, en la primera están las líneas de ensambles A, B, C y D, así como el área de prueba; en la segunda sección, se encuentra el área de empaque y la bodega de producto terminado.

Con lo anteriormente descrito, se puede observar que al estar las cuatro líneas de ensambles dentro de una misma bodega, esto crea amontonamiento entre ellas, ya que cada línea tiene sus propias áreas asignadas al material y a las estaciones de trabajo, lo cual hace que se vea desordenado.

Actualmente, la capacidad de la planta instalada no da para un reordenamiento, ya que no se cuenta con más área para la ampliación.

2.4. Distribución física del proceso

La distribución física del proceso de ensamble de equipos de refrigeración comercial es bastante compleja en la línea de ensamble "A".

Todo inicia en el ensamble uno, donde los operarios están distribuidos por estaciones debidamente ubicadas en el área; se cuenta con rollers, los cuales sirven para el ensamble del gabinete y de la tina; más adelante existe otra estación para el ensamble de tina y gabinete y en la parte posterior, otra más para el ensamble de espalda exterior en el equipo.

Continuando en el ensamble dos, se cuenta con un "carro" que es donde se colocan cuatro equipos, listos para espumar; también se cuenta con un carretón en el cual se depositan los moldes de madera que se utilizan para espumar los equipos dentro de la wima, por último se dispone de la wima, que es la maquinaria encargada de ejercer la presión a los equipos para que al inyectar la espuma, estos no se deformen, quiebren o hundan.

En el ensamble 2 se cuenta con dos subensambles, en cada uno se pueden encontrar mesas de trabajo para la fabricación de los diversos

componentes de refrigeración necesarios para el funcionamiento, también se dispone de una tina especial para verificar fugas en las soldaduras de la tubería de cobre.

Se utiliza una plataforma para que los operarios coloquen la base y la tarima en cada equipo. Continuando el proceso en ensamble 3, solamente se cuenta con el *conveyor* en el cual se instalan los componentes en tina, las puertas, los remaches de espalda y la instalación de las unidades *Deck* en cada equipo.

Para finalizar el análisis, en el área de refrigeración se cuenta con seis bombas, las cuales se utilizan para inyectar el gas refrigerante en cada equipo, y además, con una máquina que es la que almacena el gas refrigerante, llamada Galileo.

2.5. Distribución de los insumos a utilizar

Actualmente, la distribución física de los insumos que se utilizan en las diferentes áreas del proceso de ensamble, se encuentran debidamente ubicadas en cada ensamble y subensamble; el problema es que se tiene demasiado material para trabajar y esto provoca que el área se vea desordenada, por lo cual es necesario evaluar la cantidad de insumos que se deben tener en el área asignada a cada uno.

2.6. Procedimientos

Actualmente, debido a la gran cantidad de modelos que se trabajan por línea, no se tiene un procedimiento establecido para la fabricación de los equipos de refrigeración comercial, nada más existen instructivos generalizados

por cada subensamble de la línea; estos instructivos se citan en el sistema de gestión ISO 9001:2008.

2.6.1. Descripción del procedimiento de producción

Como se mencionó anteriormente, el proceso cuenta solo con instructivos generalizados para trabajar los diferentes modelos, estos se definen por cada ensamble y subensamble, en los mismos se especifican los pasos que deben seguirse para el proceso de ensamble de los equipos de refrigeración.

A continuación se muestra un listado de instructivos que se utilizan para el ensamble de equipos y de componentes que conforman cada uno, estos se encuentran citados en el sistema de gestión ISO 9001:2008 y son los siguientes:

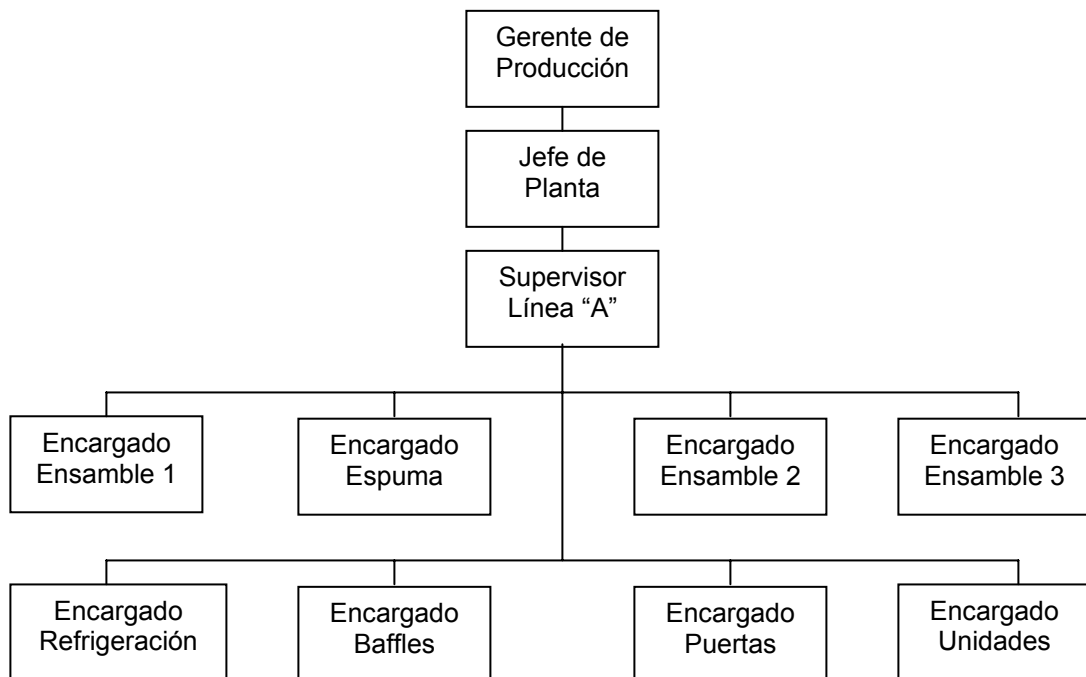
- I-DP-10-04: instructivo de ensamble uno para línea de vitrinas refrigeradoras
- I-DP-11-01: instructivo para espumar equipos
- I-DP-11-02: instructivo para enmoldar equipos
- I-DP-12-04: instructivo de ensamble dos para línea de vitrinas refrigeradoras
- I-DP-12-08: instructivo para ensamble de cubre motores
- I-DP-12-12: instructivo para ensamble de baffles, lámparas y termostatos
- I-DP-13-02: instructivo de ensamble tres, para línea de vitrinas refrigeradoras
- I-DP-14-01: instructivo para ensamble de evaporadores
- I-DP-14-02: instructivo para proceso de refrigeración
- I-DP-14-03: instructivo para hacer la prueba de hi-pot

Por políticas de la empresa solo es permitido nombrar los instructivos utilizados en el proceso de ensamble de equipos de refrigeración comercial y no mostrar su contenido.

2.7. Distribución organizacional

La línea de ensamble A, se encuentra distribuida de la siguiente manera:

Figura 23. **Distribución organizacional línea de ensambles A**



Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis del departamento de producción / línea A.

2.7.1. Funciones

Las funciones para los diferentes cargos del departamento de producción dentro de la empresa son:

Gerente de producción: planifica el correcto programa de producción de acuerdo con las metas de la organización. Evalúa eficiencias y establece indicadores de metas operativas diarias, así como también estrategias.

Jefe de planta: se encuentra en la planta, velando por que todo el proceso se encuentre en orden, ayuda a planificar el programa de producción de acuerdo con las eficiencias de línea y personal disponible.

Supervisor de línea: se encuentra directamente en la línea de ensambles, velando porque los operarios y encargados cumplan con sus responsabilidades, supervisa el programa de actividades diarias y las operaciones en el área.

Encargados: tienen la responsabilidad de programar las actividades de los operarios a su cargo, para mantener abastecida la línea de ensambles y provocar paros o retrasos, velan por el bienestar de los operarios a su cargo, proporcionándoles las herramientas necesarias para realizar sus tareas, equipo de protección personal.

Su obligación es notificar al supervisor de línea, en caso de presentarse algún problema con insumos, alguna tarea, o problemas con los operarios.

2.8. Estudio de tiempos

Como se mencionó anteriormente, la línea de ensamble "A", cuenta con 60 operarios distribuidos entre los ensambles y subensambles (ver tabla I).

Actualmente la línea produce 80 *Deck-10* al día, pero por la alta demanda de este modelo, la alta dirección ha solicitado aumentar la capacidad de la línea a 130 equipos diarios, por lo cual en el siguiente capítulo se hará un balance de línea, para establecer la cantidad de operarios necesarios para cubrir esta demanda.

A continuación se presenta una tabla resumen del estudio de tiempos, tomando como base el *Tack Time*.

Para el cálculo del *Tack Time*, se necesita conocer el tiempo disponible de operación y la demanda.

$$\textit{Tack Time} = \text{Tiempo disponible} / \text{Demanda}$$

Para el caso de la línea A se tienen los siguientes datos:

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

Demanda = 80 equipos

Tack Time = 500 minutos / 80 equipos

Tack Time = 6.25 minutos / equipo

Para el análisis del tiempo estándar se toman los siguientes datos:

- Tiempo cronometrado,
- Calificación % = 85%
- Suplementos % = 18%

Para el cálculo de los suplementos se sigue la siguiente tabla:

Tabla II. **Tabla de suplementos**

| Suplementos constantes | Hombres | Total suplementos (%) | | |
|--|---------|-----------------------|----|----|
| | | | | |
| a. Necesidades personales | 5 | 16 | 18 | 20 |
| b. Básico por fatiga | 4 | | | |
| Trabajo aburrido | 2 | | | |
| e. Calidad de aire (mala, sin emanaciones tóxicas) | 5 | | | |
| a. Por trabajar de pie | 2 | | | |
| b. Por postura anormal (Inclinado) | 2 | | | |

Fuente: elaboración propia. Con información del departamento de *lean manufacturing*.

Donde el tiempo estándar se calcula de la siguiente manera:

$$Te = (\text{Promedio Tcronometrado}) * (\text{Calif}) * (\text{Supl} + 1)$$

A continuación se muestra una tabla resumen de estudio actual de tiempos, con 60 operarios.

Tabla III. **Resumen estudio de tiempos actuales**

| Ensamble 1 | Tiempo estándar | Refrigeración | Tiempo estándar |
|------------|-----------------|---------------|-----------------|
| Estación 1 | 4.37 | Estación 1 | 2.36 |
| Estación 2 | 4.99 | Estación 2 | 3.59 |
| Estación 3 | 4.45 | Estación 3 | 1.79 |
| Estación 4 | 5.88 | Tiempo ciclo | 7.74 |
| Estación 5 | 4.33 | | |
| Estación 6 | 3.93 | Evaporadores | Tiempo estándar |
| Estación 7 | 3.73 | Estación 1 | 6.63 |
| Estación 8 | 3.55 | Estación 2 | 6.57 |

Continuación tabla III.

| | |
|--------------|-------|
| Estación 9 | 3.22 |
| Estación 10 | 4.22 |
| Estación 11 | 4.22 |
| Estación 12 | 4.22 |
| Estación 13 | 5.03 |
| Tiempo ciclo | 56.14 |

| Espuma | Tiempo estándar |
|---------------|-----------------|
| Estación 1 | 3.93 |
| Estación 2 | 3.00 |
| Tiempo ciclo | 6.92 |

| Ensamble 2 | Tiempo estándar |
|-------------------|-----------------|
| Estación 1 | 6.69 |
| Estación 2 | 6.04 |
| Estación 3 | 4.67 |
| Estación 4 | 3.35 |
| Estación 5 | 5.03 |
| Estación 6 | 6.24 |
| Tiempo ciclo | 32.03 |

| Ensamble 3 | Tiempo estándar |
|-------------------|-----------------|
| Estación 1 | 5.71 |
| Estación 2 | 5.19 |
| Estación 3 | 6.00 |
| Tiempo ciclo | 16.90 |

| Puertas | Tiempo estándar |
|----------------|-----------------|
| Estación 1 | 2.33 |
| Estación 2 | 3.11 |
| Estación 3 | 2.95 |
| Tiempo ciclo | 8.39 |

| | |
|--------------|-------|
| Estación 3 | 6.20 |
| Estación 4 | 5.55 |
| Tiempo ciclo | 24.95 |

| Unidades (1a. Fase) | Tiempo estándar |
|----------------------------|-----------------|
| Estación 1 | 6.14 |
| Estación 2 | 5.82 |
| Estación 3 | 5.05 |
| Estación 4 | 4.97 |
| Estación 5 | 4.20 |
| Estación 6 | 6.01 |
| Tiempo ciclo | 32.19 |

| Unidades (2a. Fase) | Tiempo estándar |
|----------------------------|-----------------|
| Estación 1 | 4.59 |
| Estación 2 | 3.87 |
| Estación 3 | 3.98 |
| Estación 4 | 3.03 |
| Estación 5 | 3.77 |
| Estación 6 | 4.31 |
| Estación 7 | 3.41 |
| Estación 8 | 4.98 |
| Estación 9 | 7.64 |
| Estación 10 | 6.34 |
| Estación 11 | 5.56 |
| Estación 12 | 2.61 |
| Tiempo ciclo | 54.08 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del estudio de tiempos realizado en la línea.

Para poder cumplir con la nueva meta diaria de 130 equipos, será necesario reorganizar las estaciones de trabajo y distribuir las de tal manera que a cada operario no se le recargue demasiado trabajo y por consecuencia no rinda en sus labores y no logre la demanda establecida.

3. PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN DE UNA LÍNEA DE PRODUCCIÓN EN UNA EMPRESA DE ENSAMBLE DE ENFRIADORES COMERCIALES, BUSCANDO OBTENER UNA PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA

3.1. Herramientas de *lean manufacturing*

Para poder obtener una producción más limpia en la línea de ensamble “A” es necesario aplicar las herramientas de *lean manufacturing*, ya que estas garantizan la eliminación de tareas innecesarias, sobreproducción, desperdicios y mala calidad.

3.1.1. 5 Eses

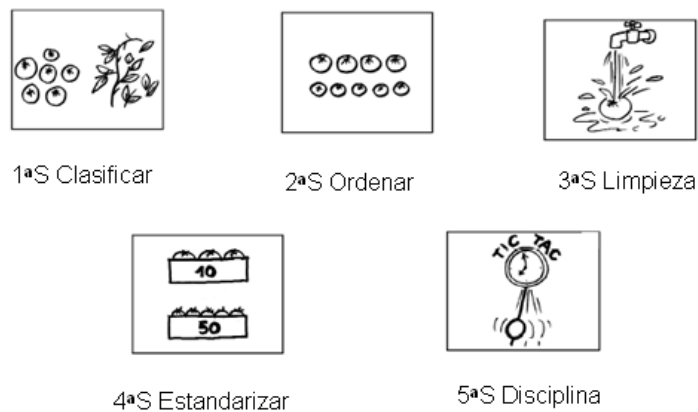
El objetivo central de las 5 eses es lograr el funcionamiento más eficiente y uniforme de las personas en los centros de trabajo. Puesto que cuando el entorno de trabajo está desorganizado y sin limpieza se perderá la eficiencia y se reducirá la moral en el trabajo.

Cada “s” representa una palabra en japonés:

- *Seiri*: seleccionar, eliminar lo que no se necesite.
- *Seiton*: todo en su lugar, asignar un lugar fijo, lógico y conveniente a cada herramienta o material necesario.
- *Seiso*: súper limpieza, hacer una limpieza excepcional.

- *Seiketsu*: estandarización, establecer las nuevas condiciones como normales.
- *Sitsuke*: sostenimiento, sostener el esfuerzo para no perder lo avanzado.

Figura 24. **5 Eses**



Fuente: elaboración propia.

3.1.1.1. **Seiri (seleccionar)**

Por regla general, se suelen acumular "cosas": máquinas, materiales, productos, dispositivos, documentos, registros, etc., por si pueden servir en otro momento, pero que habitualmente no se utilizan.

El resultado es que vivimos rodeados de elementos innecesarios que originan despilfarro y problemas de todo tipo como:

- Incremento de las manipulaciones y transportes
- Accidentes personales

- Falta de sitio para ubicar lo útil
- Obsoletos, no conformes, etc.
- Pérdida de tiempo en localización de material y herramientas

La secuencia de actividades para eliminar lo innecesario debe de realizarse de la siguiente manera:

- Fijar criterios para definir lo innecesario (aquello que no se utiliza o no va a utilizarse en un período de tiempo preestablecido)
- Identificar lo que es útil y hacer una lista
- Identificar lo innecesario y, si es posible, sacarlo del área
- Decidir sobre lo innecesario si:
 - Se prevé un uso posterior, definir área almacenamiento
 - Puede dársele otra utilidad, decidir lugar almacenamiento
 - Es inútil, convertirlo en chatarra
- Hacer un seguimiento del cumplimiento de las decisiones

3.1.1.2. *Seiton* (ordenar)

Una vez eliminado todo lo innecesario, se debe asignar a los "elementos" que quedan la ubicación más adecuada (que facilite su uso y reposición) e identificarlos (para que cualquiera pueda localizarlos).

Para ello se debe:

- Definir los criterios de ordenación, considerando la seguridad, calidad y la eficiencia;
- Asignar un sitio para cada elemento e identificarlo;
- Decidir los niveles de existencias de cada elemento;

- Delimitar zonas: de paso, de colocación de cada elemento, de trabajo.

Para hacer más visible el orden, pueden utilizarse señales indicadoras sobre la cantidad, naturaleza y ubicación de los elementos necesarios. Para ello, previamente se debe:

- Determinar la ubicación de cada elemento: según la frecuencia de uso.
- Adecuar los medios de manipulación y almacenamiento a las características del elemento.

Una vez colocado cada elemento en su sitio, se debe proceder a:

- Señalar el área o la ubicación de cada uno.
- Identificar cada elemento para conocer de qué se trata; por ejemplo: código material, herramienta, etc.
- Poner señales de cantidad (marcas de máx. y mín. y número de unidades)

Cualquier persona podrá acceder y conocer fácilmente todo lo relevante de los elementos que hay en el área.

3.1.1.3. Seiso (limpiar)

Cuando solo quedan los elementos necesarios y están correctamente identificados y ubicados, se deben tomar las acciones necesarias para dejarlos en las condiciones óptimas de uso (limpio, seguro, fiable).

Si esto no ocurre, algunas repercusiones pueden ser:

- Mala imagen del área, de las personas implicadas y sus mandos

- Elementos difíciles o peligrosos de limpiar y manipular
- Averías de herramientas, útiles y equipos de medida
- Soluciones provisionales que se convierten en permanentes
- Desmotivación del personal hacia los "detalles"
- Malos índices de eficiencia, calidad y seguridad

Poner los elementos en condiciones óptimas supone:

- Eliminar la suciedad (barrer, cepillar, aspirar) además de los focos de suciedad (los lugares de difícil acceso).
- Reponer los elementos que faltan (tapas de máquina, herramientas, documento) o adecuarlos para su uso más eficiente (reubicaciones).
- Recuperar los elementos que no funcionan o que están reparados provisionalmente.

Es decir, dejar las cosas como estaban el "primer día".

Cuando se adquirieron los elementos y se diseñaron las tareas, muchas personas con diferentes conocimientos estuvieron pensando cuál era la forma de llevarlas a cabo, tanto desde el punto de vista de la productividad como de la calidad y seguridad.

3.1.1.4. Seiketsu (estandarizar)

Alcanzado el nivel de orden y limpieza deseado, se debe estandarizar las operaciones para asegurar que la situación actual no se degrade. Los pasos que deben seguirse son los siguientes:

- Sensibilizar al personal sobre la mejor forma de hacer las tareas;

- Dar formación/ adiestramiento necesarios;
- Definir las instrucciones sobre cómo llevar a cabo las tareas;
- Asignar los medios/ recursos necesarios para poder realizar las tareas;
- Establecer los controles que eviten y/o detecten el origen de los problemas (focos de suciedad, desorden, exceso de material, riesgo para las personas).

Para poner rápidamente en evidencia cualquiera de los problemas anteriormente enunciados, se debe establecer sistemas o mecanismos que permitan su control visual, como por ejemplo:

- Flechas de dirección
- Rótulos de ubicación
- Luces, alarmas para detectar fallas
- Paneles con siluetas de herramientas o esquemas de proceso
- Marcas de nivel máximo / mínimo de existencias
- Tarjetas rojas para señalar lo innecesario
- Carteles o fotografías del antes y después para sensibilizar

3.1.1.5. Sitsuke (mantener)

El supervisor y encargados deben fomentar la disciplina (en el sentido de autoexigencia) para que se respeten las directrices establecidas. Algunas de las claves para conseguirlo son:

- Analizar las desviaciones respecto de los niveles establecidos para detectar las causas últimas;
- Decidir con los implicados, las acciones que se deben tomar para erradicarlas;

- Compromiso firme de la gerencia a la hora de establecer los objetivos y asignar los recursos, dedicando tiempo al seguimiento de los resultados, reconociendo a los participantes;
- Capacitar a las personas mediante formación sistemática para que puedan contribuir a la mejora de sus tareas.

Para evaluar el grado de cumplimiento de las directrices establecidas, la gerencia dispone de una herramienta que es la auditoría.

Consiste en una comprobación sistemática (utilizando un cuestionario de referencia) por parte de un auditor (persona calificada que no pertenece al área auditada) del nivel de cumplimiento de los requisitos establecidos.

En el caso de la auditoría "5S" el resultado es una relación de desviaciones detectadas que, si se valora, puede dar un índice representativo del nivel del orden y limpieza del área auditada en un momento dado. Puede ser complementada con fotos que reflejen situaciones diferentes a las establecidas y que sirvan de referencia para su posterior mejora.

El informe de auditoría se entrega al responsable del área para definir las acciones de mejora con los implicados. Estas auditorías pueden estar integradas en otras más amplias como las de proceso.

3.1.2. Justo a tiempo

Esta herramienta busca producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea utilizado por la siguiente estación de trabajo en el proceso de manufactura; para lo cual se debe de lograr que dicho proceso sea continuo pero evitando la sobreproducción.

3.1.2.1. El proceso debe ser continuo

Con la herramienta de justo a tiempo se garantiza que el proceso sea continuo ya que al terminar de trabajar en un estación, la siguiente debe de estar lista para continuar con el proceso, provocando así que las diferentes estaciones en cada área trabajen de forma continua y eficaz.

3.1.2.2. La sobreproducción es ineficiencia

Al mencionar que el proceso debe ser continuo, se está propenso a crear sobreproducción, la cual se vive en la actualidad en la línea de ensambles, ya que al no tener un tiempo estándar de trabajo por área, esto conlleva realizar el estudio de tiempos, para poder determinarlo y así evitar la sobreproducción.

3.1.3. Mantenimiento productivo total (TPM)

El TPM se orienta a crear un sistema que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, previendo las pérdidas en todas las operaciones de la empresa. Esto incluye “cero accidentes, cero defectos y cero fallos” en todo el ciclo de vida del sistema productivo. Se aplica en todos los sectores de la organización.

Se apoya en la participación de todos los integrantes de la organización distribuidos en pequeños equipos, desde la alta dirección hasta los niveles operativos. Los pilares o procesos fundamentales del TPM son:

- Mejoras enfocadas
- Mantenimiento autónomo
- Mantenimiento progresivo o planificado

- Educación y formación
- Mantenimiento temprano
- Mantenimiento de calidad
- Mantenimiento en áreas administrativas
- Gestión de seguridad, salud y medio ambiente

Será necesario capacitar al personal operativo, así como a supervisores y jefes, para poder crear la cultura necesaria y el equipo competente para aplicar el TPM.

3.1.4. Mejora continua (*kaizen*)

La mejora continua o *kaizen* se apoya sobre los equipos de trabajo y la ingeniería industrial para mejorar los procesos productivos.

En sí, *kaizen* se enfoca a la gente y a la estandarización de los procesos. Su práctica requiere de un equipo integrado por personal de la línea producción y demás empleados que el equipo considere necesarios.

Su objetivo es incrementar la productividad controlando los procesos de manufactura mediante la reducción de tiempos de ciclo, la estandarización de criterios de calidad y de los métodos de trabajo por operación.

También pueden implementarse *Mini-kaizen*, que irán enfocados a áreas específicas que necesiten mejorar; esto generará una mejora progresiva en el área de trabajo.

El equipo de trabajo para poder aplicar la mejora continua, debe de crearse por subensamble, dirigido por el encargado e integrado por los operarios, los cuales deberán de analizar y detectar puntos de mejora en su respectivo subensamble, luego comunicarlo al supervisor de la línea y si es factible, implementarlo.

3.1.5. Cambio rápido de modelo

El cambio rápido de modelo, es un grupo de técnicas para realizar las operaciones de cambio de modelo en menos de 10 minutos. Desde la última hasta la primera pieza buena, en menos de 10 minutos. El sistema es una base para lograr la producción justo a tiempo.

Este sistema fue desarrollado para acortar los tiempos de la preparación de estaciones de trabajo, posibilitando hacer lotes más pequeños de tamaño. Se necesita capacitar al personal de ensamble 1A, para lograr este cambio rápido de un modelo a otro.

De ser efectivo el cambio rápido de modelo, se estará garantizando que el proceso en su parte inicial llevará el tiempo justo y por consecuencia se obtendrá el proceso continuo.

3.1.6. *Kanban*

Kanban es el uso de etiquetas que contienen información que sirve como orden de trabajo, esta es su función principal; en otras palabras, es un dispositivo de dirección automático que brinda información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios y cómo transportarlo.

Dentro de las principales funciones desarrolladas por la etiqueta *kanban*, están:

- Control de la producción: integración de los diferentes procesos y el desarrollo de un sistema justo a tiempo, en el cual, los materiales llegarán en el tiempo y cantidad requerida a las diferentes áreas de la línea de ensamble.
- Mejora de los procesos: facilita la mejora en las diferentes actividades de la empresa mediante el uso de *kanban*.

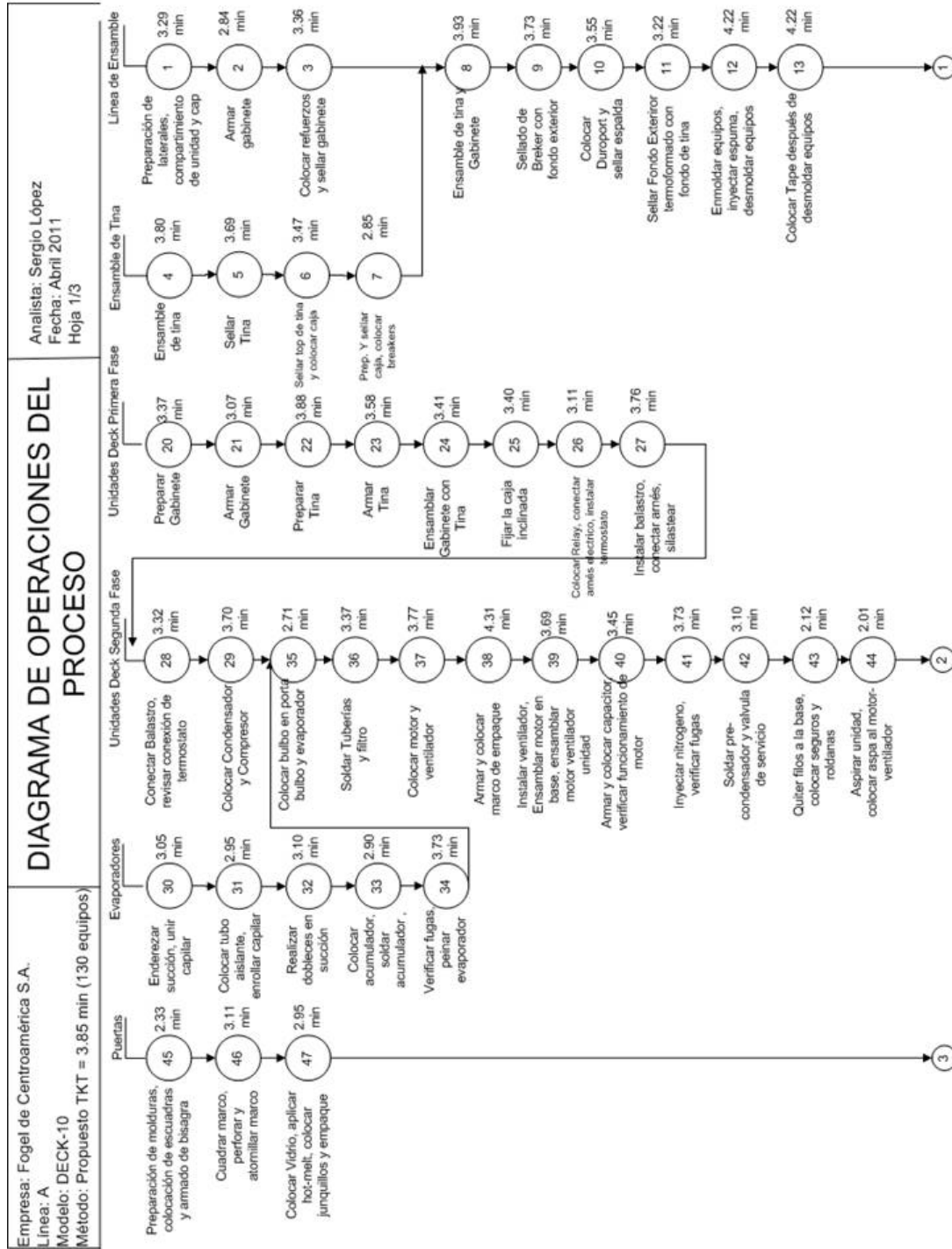
3.2. Diagramas del proceso de ensamble

Se detallará a continuación por medio de una representación gráfica la manera en que se lleva a cabo el proceso de fabricación de los equipos de refrigeración comercial, *Deck-10*. En el análisis de métodos se usan generalmente tres tipos de diagramas, cada uno con aplicaciones específicas: diagramas de operaciones, de flujo y de recorrido de proceso.

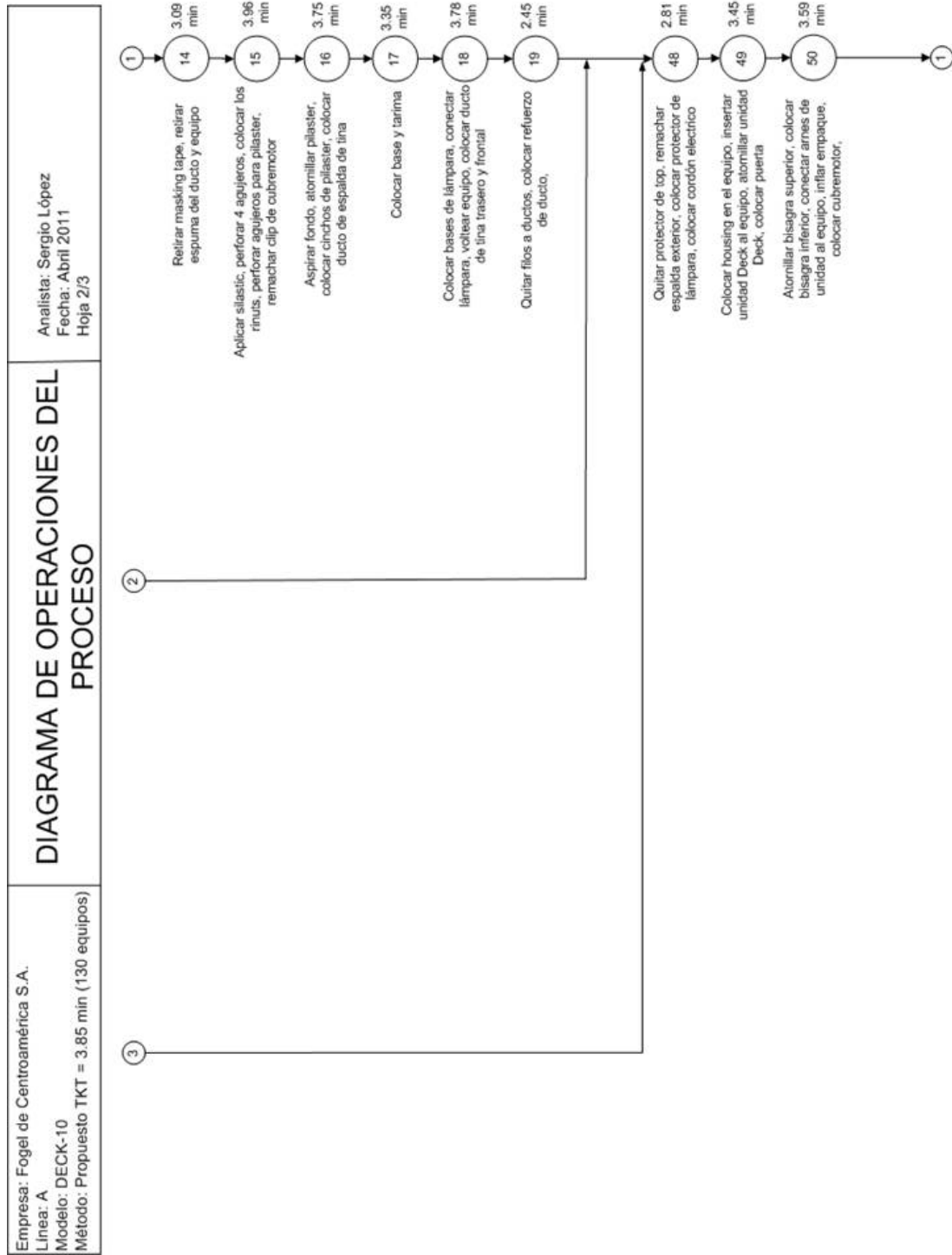
3.2.1. Diagrama de operaciones (DOP)

Muestra una secuencia cronológica de todas las operaciones y márgenes de tiempo que se van a utilizar en un proceso dado, desde ensamble 1A hasta el área de refrigeración.

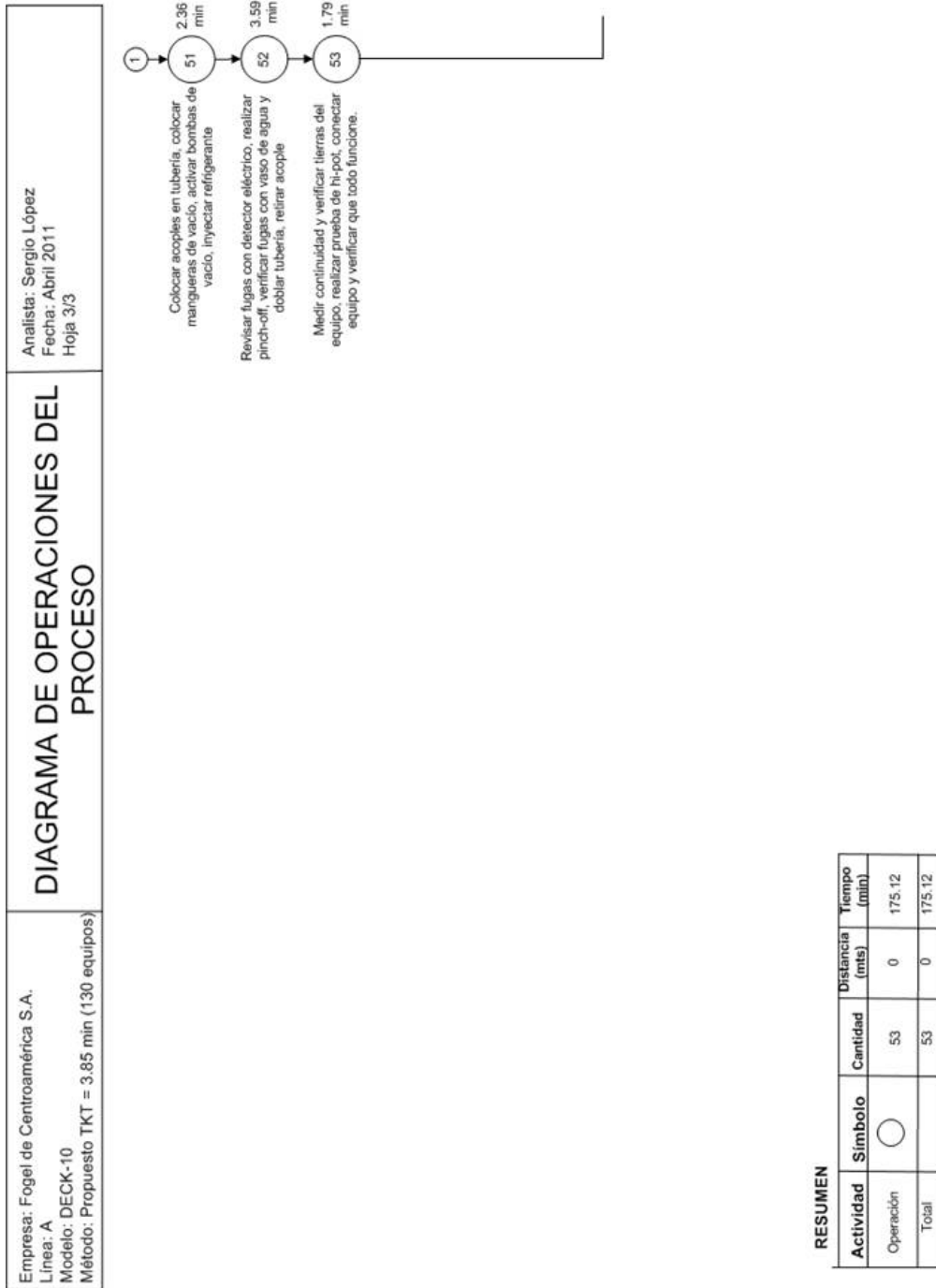
A continuación se detallará el DOP del proceso de ensamble de los *Deck-10*:



Continuación figura 25.



Continuación figura 25.



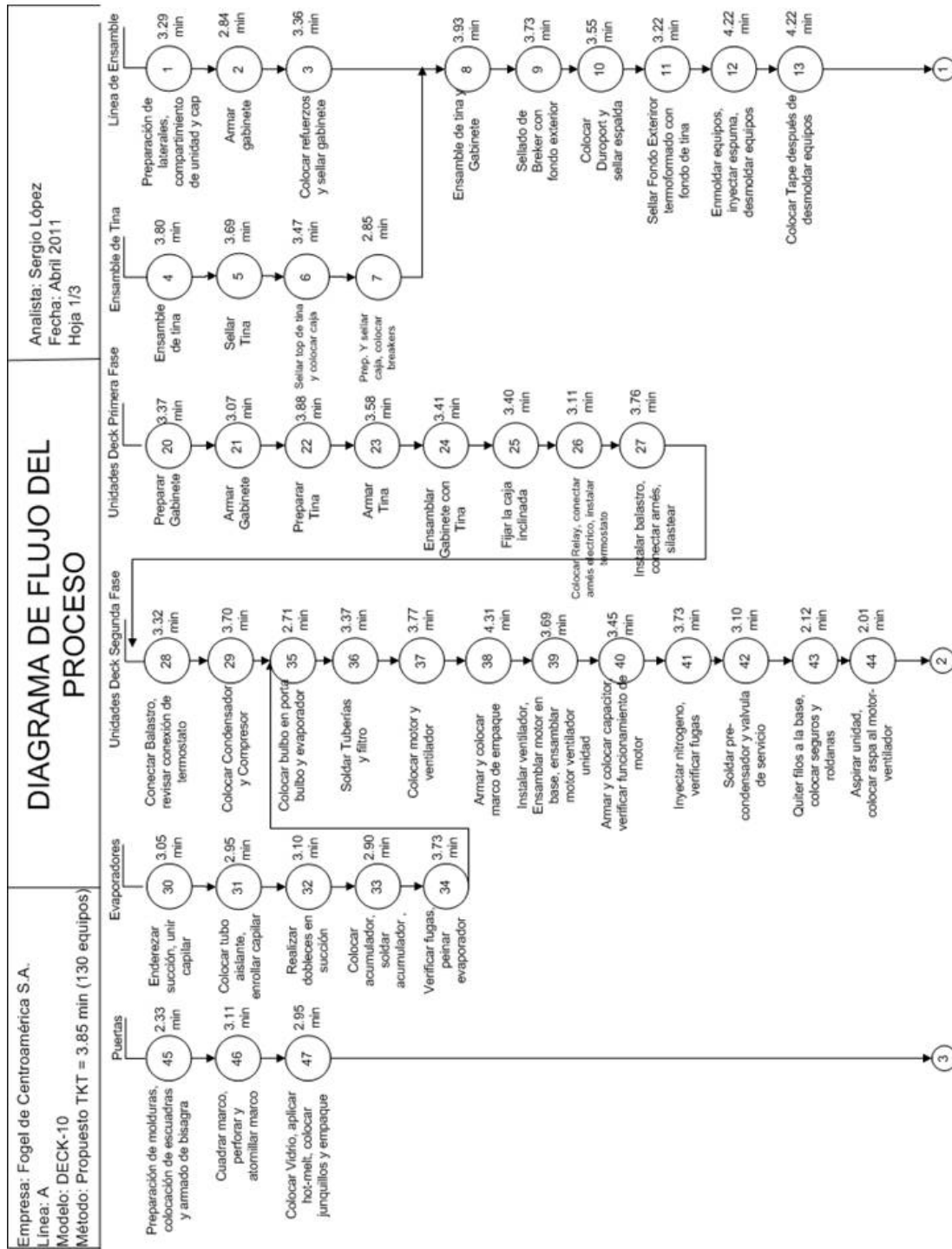
Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Diagrama de flujo de operaciones (DFOP)

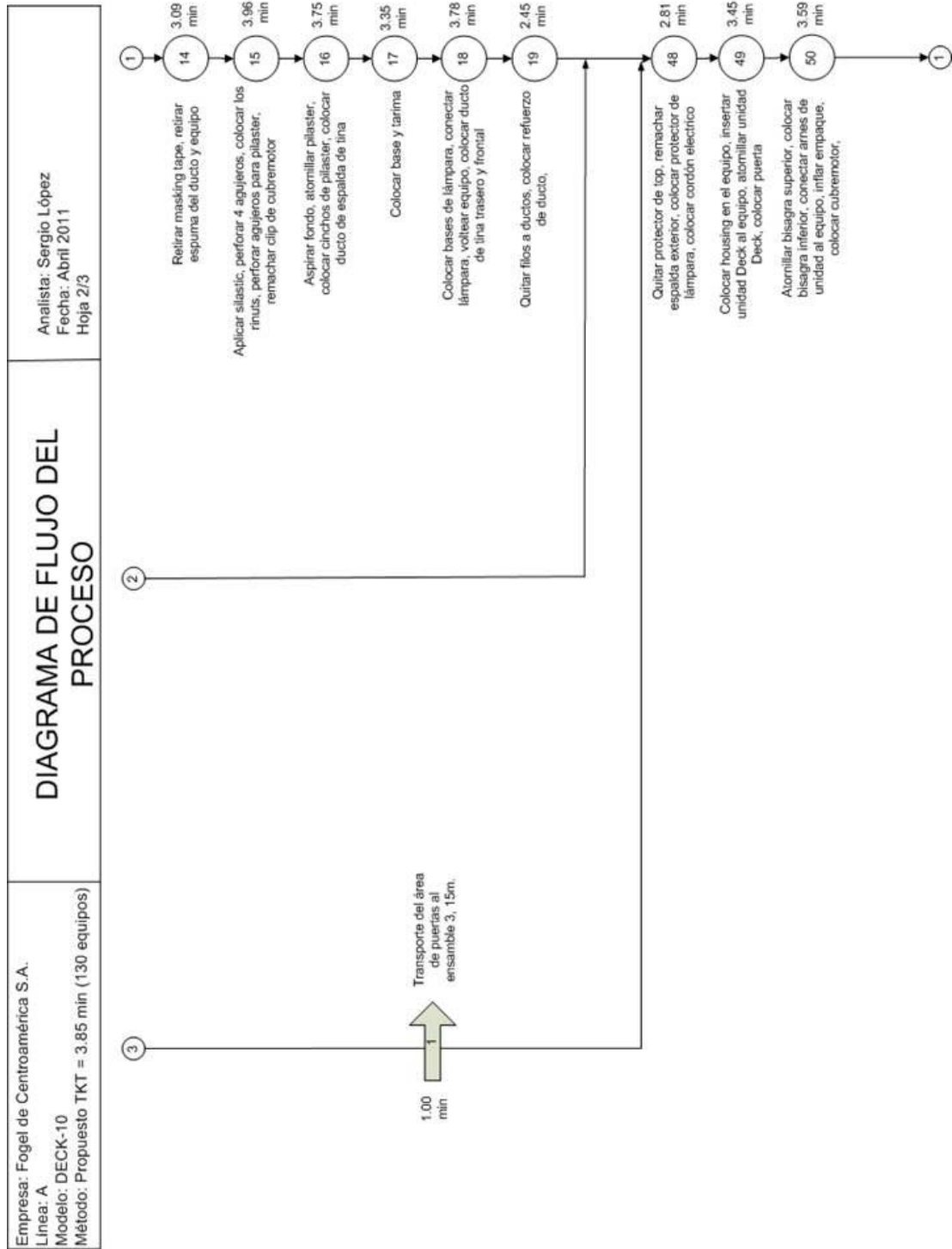
Este tipo de diagrama contiene más detalles que el de operaciones, por lo tanto, muestra distancias recorridas, retrasos, almacenamientos temporales y transportes. Muestra la transformación de un servicio conforme este va pasando por las diversas etapas de ejecución.

A continuación se detallarán el DFOP del proceso de ensamble de los *Deck-10*:

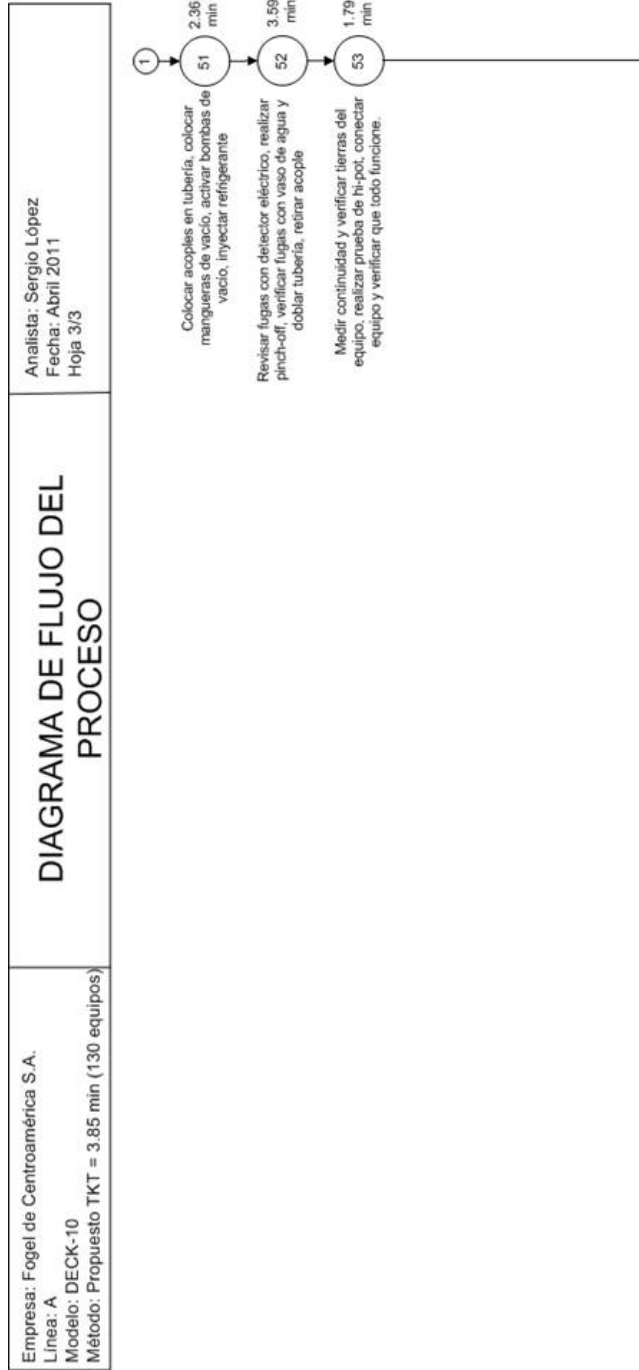
Figura 26. Diagrama de flujo de operaciones



Continuación figura 26.



Continuación figura 26.



RESUMEN

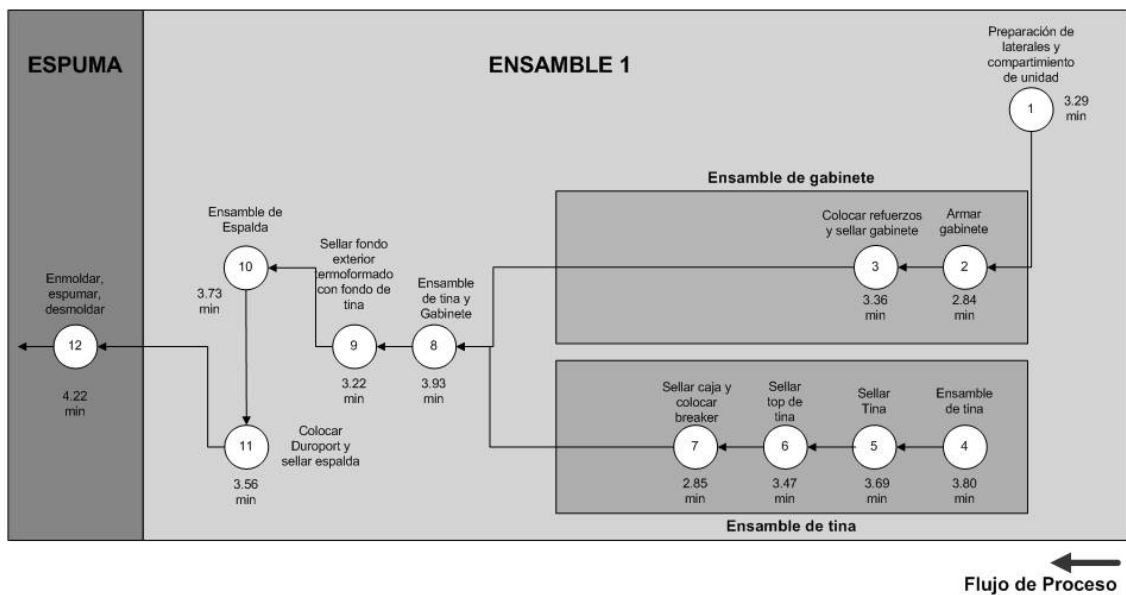
| Actividad | Símbolo | Cantidad | Distancia (mts) | Tiempo (min) |
|------------|---------|----------|-----------------|--------------|
| Operación | ○ | 53 | 0 | 175.12 |
| Transporte | ↑ | 1 | 15m. | 1.00 |
| Total | | 54 | 15m. | 176.12 |

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Diagrama de recorrido

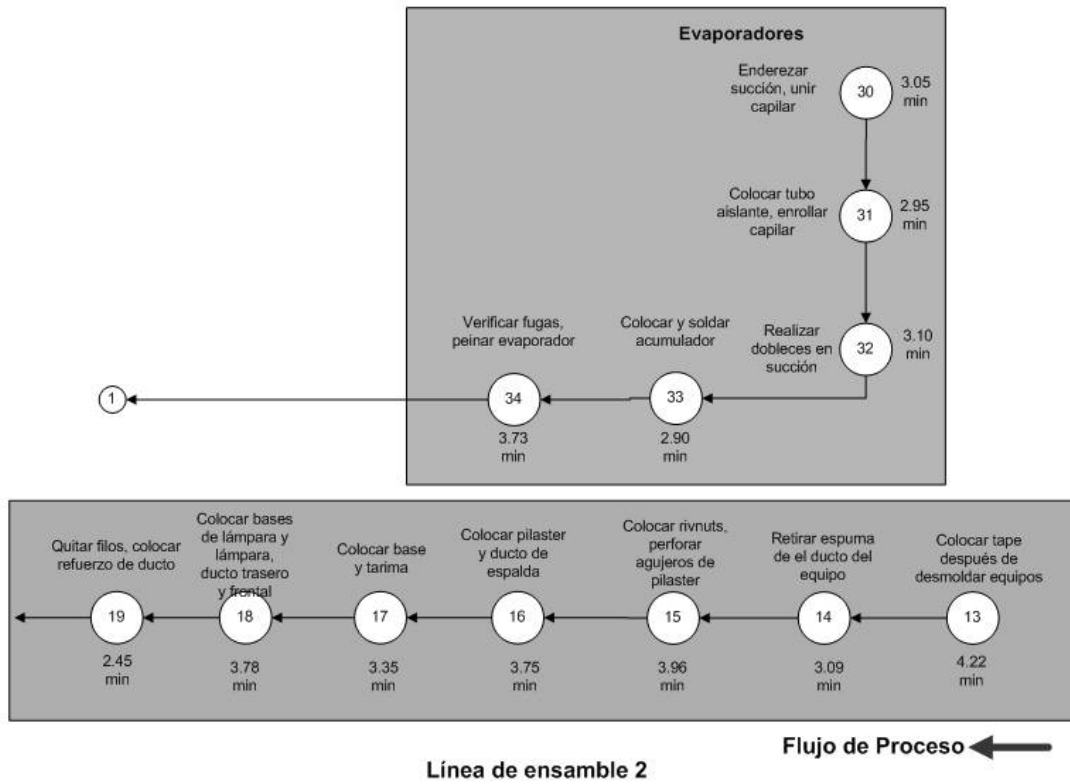
Es el diagrama realizado en un plano del lugar de trabajo en el que se colocan líneas de flujo que indiquen el movimiento del material en el proceso. Permite encontrar aquellas áreas de posibles congestionamientos de tránsito y facilita así el poder lograr una mejor distribución de actividades.

Figura 27. Diagrama de recorrido ensamble 1A y espuma A



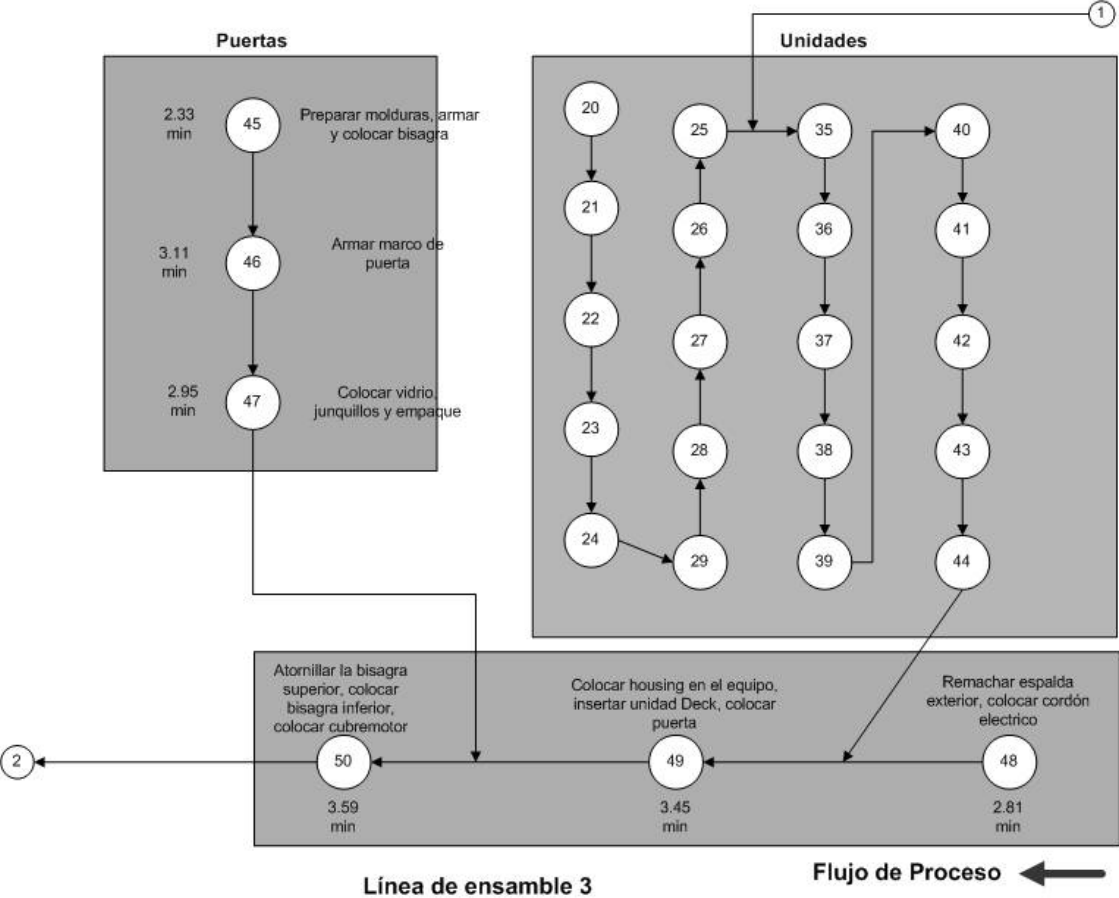
Fuente: elaboración propia.

Figura 28. Diagrama de recorrido ensamble 2A y evaporadores A



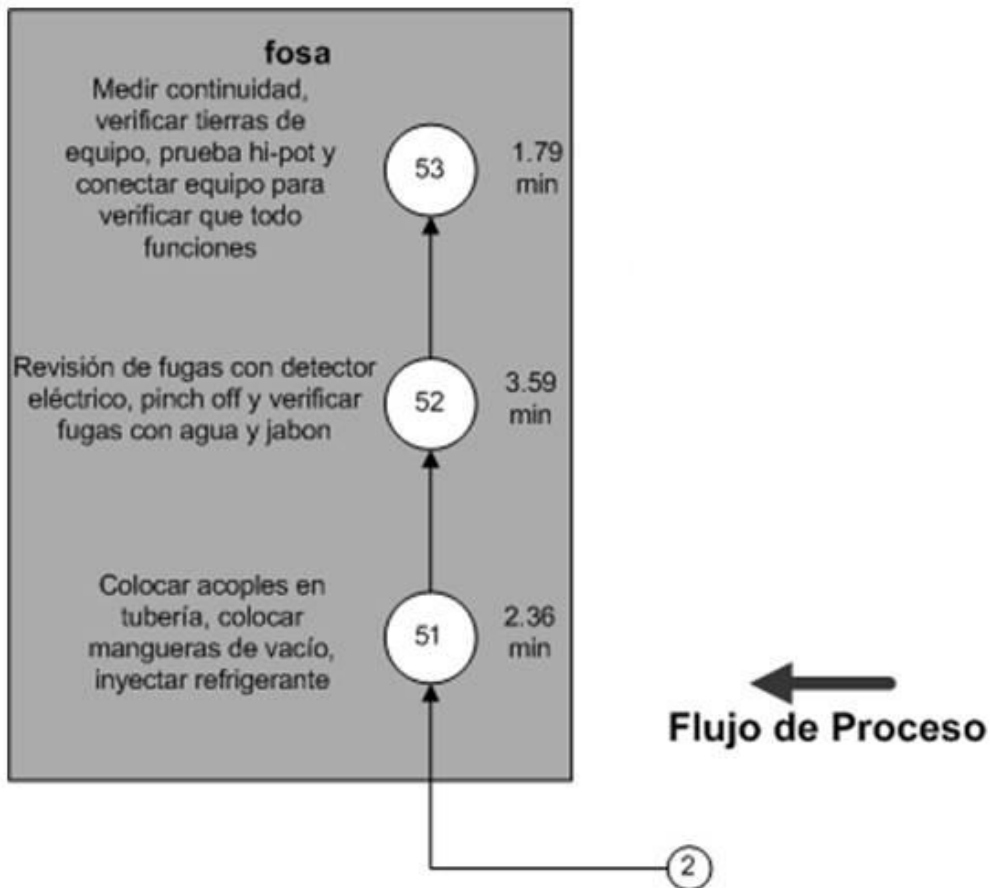
Fuente: elaboración propia.

Figura 29. Diagrama de recorrido ensamble 3A, unidades A y puertas A



Fuente: elaboración propia.

Figura 30. Diagrama de recorrido refrigeración A



Fuente: elaboración propia.

3.3. Balance de línea

Para realizar el balance de línea será necesario establecer el *tack time* de la nueva demanda de la línea: 130 equipos diarios.

$$Tack\ time = \text{Tiempo disponible} / \text{Demanda}$$

Para el requerimiento solicitado por la dirección se tienen los siguientes datos:

Tiempo disponible = 540 min – 30 min (almuerzo) – 10 min (refacción)

Demanda = 130 equipos

Tack Time = 500 minutos / 130 equipos

Tack Time = 3.85 minutos / equipo

El cálculo del número de operarios se hace 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 IV. **Número de operarios**

| Área | Tiempo de ciclo | Tack time | No. operarios |
|---------------------|-----------------|-----------|---------------|
| Ensamble 1 | 56,14 | 3,85 | 15 |
| Espuma | 6,92 | 3,85 | 2 |
| Ensamble 2 | 32,03 | 3,85 | 9 |
| Ensamble 3 | 16,9 | 3,85 | 5 |
| Refrigeración | 7,74 | 3,85 | 3 |
| Evaporadores | 24,95 | 3,85 | 7 |
| Unidades (1a. fase) | 32,19 | 3,85 | 9 |
| Unidades (2a. fase) | 51,02 | 3,85 | 14 |
| Puertas | 8,39 | 3,85 | 3 |
| | 236,28 | | 67 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del cálculo de número de operarios.

Tomando como base el total de operarios para cubrir la nueva demanda de la línea de ensamble “A”, se procede con un análisis de operaciones y ver si realmente se necesita la cantidad de operarios establecida en la tabla IV.

Para el área de ensamble 1A se tiene:

Actualmente existen 15 operarios distribuidos en 13 estaciones de trabajo; al analizar la carga de trabajo por operario se llegó a la conclusión de que los 15 operarios sugeridos por el balance de línea, corresponden a la cantidad adecuada para producir la demanda deseada. Ya que únicamente en las estaciones 8 y 10 se necesitan dos personas para elaborar la operación.

Tabla V. **Operarios ensamble 1A**

| Ensamble 1 | 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 |
| Estación 7 | 1 | 1 |
| Estación 8 | 2 | 2 |
| Estación 9 | 1 | 1 |
| Estación 10 | 2 | 2 |
| Estación 11 | 1 | 1 |
| Estación 12 | 1 | 1 |
| Estación 13 | 1 | 1 |
| | 15 | 15 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de espuma A se tiene:

Actualmente existen 5 operarios distribuidos en 2 estaciones de trabajo; al analizar la carga de trabajo, se concluye que se necesitan los 5 operarios para cumplir con la demanda deseada, así que el dato proporcionado por el balance de la línea, debe de modificarse, así:

Tabla VI. **Operarios espuma A**

| Espuma | Operarios | |
|---------------|-----------|-----------|
| | Actuales | Sugeridos |
| Estación 1 | 4 | 4 |
| Estación 2 | 1 | 1 |
| | 5 | 5 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de ensamble 2A se tiene:

Actualmente, existen 7 operarios distribuidos en 6 estaciones de trabajo; el balance de línea sugiere tener 9 operarios y analizando la carga de trabajo se tiene que, debido al incremento de la demanda, la primera estación debe de duplicarse, teniendo la necesidad de colocar a otro operario; en esta operación se limpia la espuma en el ducto termoformado, así como su silasteado y la colocación de *rivnuts*. Si no se implementa esta estación, se tendría un cuello de botella al salir del área de espuma, ya que un operario no sería capaz de trabajar dos equipos en el tiempo *tack*.

La otra estación que sufre cambio sería la 6, ya que son demasiadas operaciones asignadas a un operario, por lo cual se debe de dividir en dos

operaciones; esto hace que se tenga que colocar a otro operario para poder cumplir con la demanda.

Al realizar estos cambios se tendría lo siguiente:

Tabla VII. **Operarios ensamble 2A**

| Ensamble 2 | Operarios | |
|-------------------|-----------|-----------|
| | Actuales | Sugeridos |
| Estación 1 | 1 | 1 |
| Estación 2 | 0 | 1 |
| Estación 3 | 1 | 1 |
| Estación 4 | 1 | 2 |
| Estación 5 | 2 | 1 |
| Estación 6 | 1 | 1 |
| Estación 7 | 1 | 1 |
| Estación 8 | 0 | 1 |
| | 7 | 9 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de ensamble 3A se tiene:

Actualmente, existen 3 operarios distribuidos en tres estaciones de trabajo; el balance de línea sugiere colocar a 5 operarios para cumplir con la demanda; al analizar las cargas de trabajo en cada estación, se encuentra que la estación 1 debe de dividirse en dos, por lo cual se necesita otro operario; de no hacerlo así; el operario de la primera estación no se dará abasto para cumplir el *tack time*.

Asimismo, la estación 2 debe dividirse en dos estaciones por la misma razón de la estación 1; por lo consiguiente, se necesita otro operario para cumplir con la demanda.

Entonces se sugiere establecer cinco estaciones con un operario; cada una para poder cumplir con la nueva demanda, quedando así:

Tabla VIII. **Operarios ensamble 3A**

| Ensamble 3 | Operarios | |
|-------------------|-----------|-----------|
| | Actuales | Sugeridos |
| Estación 1 | 1 | 1 |
| Estación 2 | 0 | 1 |
| Estación 3 | 1 | 1 |
| Estación 4 | 0 | 1 |
| Estación 5 | 1 | 1 |
| | 3 | 5 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de refrigeración se tiene:

Actualmente, se cuenta con 3 operarios distribuidos en tres estaciones; el balance de línea sugiere tres operarios y al analizar las operaciones en las estaciones se concluye que no se necesitan más, quedando de la siguiente manera:

Tabla IX. **Operarios refrigeración A**

| Refrigeración | Operarios | |
|----------------------|-----------|-----------|
| | Actuales | Sugeridos |
| Estación 1 | 1 | 1 |
| Estación 2 | 1 | 1 |
| Estación 3 | 1 | 1 |
| | 3 | 3 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de evaporadores A se tiene:

Actualmente, existen 4 operarios distribuidos en cuatro estaciones; el balance de línea sugiere 7 operarios, al analizar las cargas de trabajo por operación, se tiene que la primera estación debe de dividirse en dos, ya que contiene varias operaciones y un solo operario, por tanto, no siendo capaz de cumplir con la demanda, se necesita otro.

El resto de estaciones no necesitan cambios, ya que las operaciones asignadas a cada una, sí se pueden cumplir con un solo operario en cada una.

Por lo tanto se tiene dos operarios menos de los que sugiere el balance de línea.

Tabla X. **Operarios evaporadores A**

| Evaporadores | Operarios | |
|--------------|-----------|-----------|
| | Actuales | Sugeridos |
| Estación 1 | 1 | 1 |
| Estación 2 | 0 | 1 |
| Estación 3 | 1 | 1 |
| Estación 4 | 1 | 1 |
| Estación 5 | 1 | 1 |
| | 4 | 5 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de unidades A se tiene:

Actualmente, las unidades se trabajan en dos fases, la primera es el armado del gabinete de la unidad *Deck*, y el segundo es el ensamble del sistema de refrigeración, en la unidad *Deck*.

Actualmente, en la primera fase de las unidades se tiene 6 operarios distribuidos en seis estaciones, el balance de línea sugiere tener 9, al analizar las operaciones de cada estación se tiene que la primera estación, debe de dividirse en dos, ya que la cantidad de operaciones sobrepasa la capacidad del operario, por lo tanto se necesita otro.

La segunda estación también debe dividirse en dos estaciones, ya que las operaciones también sobrepasan la capacidad del operario, por lo tanto, se necesita colocar a otro operario. El resto de estaciones no necesita dividirse, ya que el operario actual es capaz de realizar las tareas para cumplir la demanda.

Por lo tanto, se sugieren 8 operarios para la primera fase de unidades y no los 9 que sugiere el balance de línea, quedando de la siguiente manera:

Tabla XI. **Operarios unidades A, 1ra. fase**

| Unidades (1a. fase) | Operarios | |
|----------------------------|-----------|-----------|
| | Actuales | Sugeridos |
| Estación 1 | 1 | 1 |
| Estación 2 | 0 | 1 |
| Estación 3 | 1 | 1 |
| Estación 4 | 0 | 1 |
| Estación 5 | 1 | 1 |
| Estación 6 | 1 | 1 |
| Estación 7 | 1 | 1 |
| Estación 8 | 1 | 1 |
| | 6 | 8 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Continuando con el subensamble de unidades, se tiene que la segunda fase de unidades, cuenta con 12 operarios distribuidos en doce estaciones de trabajo, el balance de línea sugiere 14 operarios; al analizar las operaciones

que realiza cada operario en su respectiva estación, se determina que no es necesario modificar las estaciones de trabajo restantes.

Por lo tanto los 14 operarios sugeridos por el balance de línea no se toman completamente, ya que los 12 operarios actuales, pueden realizar las operaciones para cumplir con la demanda, quedando de la siguiente manera:

Tabla XII. Operarios unidades A, 2da. fase

| Unidades (2a. fase) | 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 |
| Estación 7 | 1 | 1 |
| Estación 8 | 1 | 1 |
| Estación 9 | 1 | 1 |
| Estación 10 | 1 | 1 |
| Estación 11 | 1 | 1 |
| Estación 12 | 1 | 1 |
| | 12 | 12 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Para el área de puertas A se tiene:

Actualmente, se cuenta con 5 operarios distribuidos en tres estaciones de trabajo; el balance de línea sugiere 5 operarios, y efectivamente, estos 5 son capaces de cumplir con la demanda establecida.

Quedando de la siguiente manera:

Tabla XIII. **Operarios puertas A**

| Puertas | Operarios | |
|----------------|-----------|-----------|
| | Actuales | Sugeridos |
| Estación 1 | 1 | 1 |
| Estación 2 | 2 | 2 |
| Estación 3 | 2 | 2 |
| | 5 | 5 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

Una vez finalizada la sugerencia por medio del análisis de operaciones por estación de trabajo, no se tiene variación en el total de operarios sugeridos por el balance de línea, sino que solamente se varía la cantidad por ensamble o subensamble.

Para observar mejor el total de operarios por ensamble o subensamble; se muestra la siguiente tabla:

Tabla XIV. **Consolidado operarios**

| <i>Área</i> | <i>No. Operarios sugeridos</i> | | <i>Diferencia</i> |
|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|-------------------|
| | <i>Balance de línea</i> | <i>Análisis de operaciones</i> | |
| Ensamble 1 | 15 | 15 | 0 |
| Espuma | 2 | 5 | -3 |
| Ensamble 2 | 9 | 9 | 0 |
| Ensamble 3 | 5 | 5 | 0 |
| Refrigeración | 3 | 3 | 0 |
| Evaporadores | 7 | 5 | 2 |
| Unidades (1a. fase) | 9 | 8 | 1 |
| Unidades (2a. fase) | 14 | 12 | 2 |
| Puertas | 3 | 5 | -2 |
| Total | 67 | 67 | 0 |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de cargas de trabajo por estación.

3.4. Producción más limpia

En la actualidad, es de suma importancia la protección del medio ambiente, por lo cual los procesos de producción deben de ser lo menos dañinos para el mismo.

3.4.1. Definición

La producción más limpia se define como la aplicación continua de una estrategia ambiental preventiva integrada a los procesos, productos y servicios, para aumentar la eficiencia global y reducir los riesgos para los seres humanos y el medio ambiente. Se sintetiza su función, con base en los aspectos siguientes:

- En los procesos de producción, la producción más limpia aborda el ahorro de materias primas y energía, la eliminación de materias primas tóxicas y la reducción en cantidades y toxicidad de desechos y emisiones.
- En el desarrollo y diseño del producto, la producción más limpia aborda la reducción de impactos negativos a lo largo del ciclo de vida del producto: desde la extracción de la materia prima hasta la disposición final.
- En los servicios, la producción más limpia aborda la incorporación de consideraciones ambientales en el diseño y entrega de los servicios.

3.4.2. Estrategia ambiental en el proceso

Como se menciona en el inciso anterior, la producción más limpia en un proceso de producción, indica el ahorro de los insumos, la reducción de riesgos para los seres humanos y la reducción de desechos.

Para el presente caso en específico, se producen desechos de lámina (chatarra), directamente en el proceso de producción, no se tienen emisiones de refrigerante, nitrógeno, oxígeno o acetileno, ya que cada uno se almacena adecuadamente en tanques o cilindros debidamente sellados.

Por lo tanto, la estrategia que se va a tomar, será únicamente de mantener estos gases debidamente aislados y sellados, para no provocar riesgos humanos.

3.4.3. Reducción de riesgos humanos

Los riesgos humanos dentro de la línea de ensambles son casi nulos, debido a que en la actualidad los diversos gases utilizados para la refrigeración de los equipos, se encuentra en un nivel aceptable de almacenamiento y la manipulación que se les da, es la adecuada.

En el capítulo 6, se dará más información acerca de la manipulación almacenamiento y medidas de primeros auxilios a tomar, en caso de existir riesgo a contacto con los diferentes gases utilizados en el proceso de ensamblaje de los *Deck-10*.

4. IMPLEMENTACIÓN DE LA PROPUESTA

4.1. Aplicación de las herramientas de *lean manufacturing*

Para la aplicación de diferentes herramientas de *lean manufacturing*, será necesario capacitar a todo el personal operativo, para que al tener los conocimientos necesarios de cada herramienta y saber su importancia y beneficios, no se obtenga la resistencia al cambio muy frecuente, en los operarios de planta.

Se debe tener en consideración que para aplicar cada una de las herramientas de *lean manufacturing*, debe hacerse con la mayor eficiencia posible, ya que estas van ligadas unas a otras; esto quiere decir que se incumple con cualquiera de las herramientas, esto puede provocar o generar de nuevo el desorden que se tiene en la actualidad, y será responsabilidad tanto del gerente de producción, del jefe de planta y del supervisor de la línea de ensamble "A", motivar y capacitar a los encargados y operarios para que ellos, quienes son los que directamente interactúan con los *Deck-10*, puedan aplicar las herramientas con motivación, entusiasmo y compromiso.

Al lograr tener esta motivación, entusiasmo y compromiso, se logrará poco a poco, cambiar la cultura que se tiene actualmente, que es, producir sin importar la condición para lograr las demandas.

4.1.1. 5 Eses

Para la implementación de las 5 eses será necesario, introducir el concepto de que se refiere a la creación y mantenimiento de áreas de trabajo más limpias, más organizadas y más seguras, es decir, se trata de imprimirle mayor “calidad de vida” al trabajo. La implantación de una estrategia de 5'S es importante en diferentes áreas, pues, permite eliminar despilfarros y por otro lado mejorar las condiciones de seguridad industrial, beneficiando así a la empresa y sus empleados. Algunos de los beneficios que generan las estrategias de las 5 eses son:

- Mayores niveles de seguridad que redundan en una mayor motivación de los empleados
- Mayor calidad en tiempos de respuesta más cortos
- Aumento de vida útil de los equipos
- Se genera cultura organizacional
- Reducción en las pérdidas y mermas por producciones con defectos

Para lograr lo anteriormente descrito, se necesita crear un cronograma de actividades, en los cuales se detallen los días y las horas para aplicar cada una de las 5 eses; esta tarea estaría a cargo del gerente de producción y del jefe de planta, para que lo ponga en marcha el supervisor de la línea junto con su equipo de trabajo; se debe estar consiente que al principio costará que los operarios adopten estas nuevas técnicas para reorganizar el área de trabajo, para lo cual se necesitará motivarlos y alentarlos, respecto de aplicar las 5 eses en la realización de sus tareas diarias.

4.1.2. Justo a tiempo

La idea básica del justo a tiempo es producir un artículo en el momento que es requerido para que este sea vendido o utilizado por la siguiente estación de trabajo en un proceso de manufactura.

Dentro de la línea de producción se controlan en forma estricta no solo los niveles totales de inventario, sino también el nivel de inventario entre las estaciones de trabajo, con la reorganización de operaciones por estación en todo el proceso de ensamblaje de los *Deck-10*, que se mostrará en el inciso 4.3; lo que se tratará de lograr es eliminar los 7 desperdicios, como el movimiento innecesario, la espera, el transporte, el almacenamiento, los defectos, la sobreproducción y el procesamiento, ya que se tendrá en teoría un proceso continuo, y con esto se refiere que al terminar una operación en una estación de trabajo, la siguiente lo hará al mismo tiempo y esto creará un flujo sin interrupciones en el proceso.

4.1.3. Sistema de halar

Es un sistema de producción donde cada operación estira el material que necesita de la operación anterior. Consiste en producir solo lo necesario, tomando el material requerido de la operación anterior. Su meta óptima es: mover el material entre operaciones de uno por uno.

En la orientación "*pull*" o de halar, las referencias de producción provienen del precedente centro de trabajo. Entonces la precedente estación de trabajo dispone de la exacta cantidad para sacar las partes disponibles a ensamblar o agregar al producto.

Al igual que el justo a tiempo, el sistema de halar, viene como consecuencia de la reorganización de las operaciones en las estaciones de trabajo del inciso 4.3; dando así un flujo continuo.

4.1.4. Mantenimiento productivo total (TPM)

Tal y como se mencionó con anterioridad, el TPM se orienta a crear un sistema corporativo que maximiza la eficiencia de todo el sistema productivo, previendo las pérdidas en todas las operaciones de la empresa.

Por lo tanto, esta herramienta, como se aplica a todos los sectores de la organización y creación de equipos de trabajo para actuar sobre los siete pilares mencionados, será responsabilidad de toda la organización actuar para cumplir con ella.

4.1.5. Mejora continua (kaizen)

Como en toda organización, los procesos buscan la mejora continua como herramienta para optimizar sus procesos, y así obtener la satisfacción de los consumidores.

Para lograr la mejora continua en la línea de ensamble “A”, será necesario la utilización de los *kaizen*, que significan la identificación de un problema para luego darle solución; por lo tanto, los *kaizen* pueden ser sugeridos por los operarios de la línea de ensamble, ya que ellos mejor que nadie, conocen el proceso en sus estaciones de trabajo, o por algún otro miembro de la organización.

Los *kaizen* deberán de ser medibles y objetivos, ya que si se proponen ideas fuera de los límites del proceso, los mismos serán en vano; por lo tanto, el supervisor de la línea o el jefe de planta deberán evaluar si el *kaizen* conviene para poder ser aplicado.

4.1.6. Cambio rápido de modelo

Como consecuencia de obtener el justo a tiempo, se estará muy cerca de lograr el cambio rápido de modelo, ya que al terminar de trabajar un modelo en la línea de ensamble, será más fácil y rápido iniciar la siguiente orden de trabajo.

Aparte de obtener el justo a tiempo para implementar el cambio rápido de modelo, será necesaria la capacitación del personal operativo para que comprendan y puedan aplicar esta herramienta con la mayor eficacia posible.

4.1.7. *Kanban*

Como se mencionó en el inciso 3.1.6; el *kanban* consiste en etiquetas de identificación de las órdenes de trabajo; en otras palabras, es un dispositivo de dirección automático, que da información acerca de qué se va a producir, en qué cantidad, mediante qué medios, y cómo transportarlo.

Para implementar el *kanban* es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Determinar un sistema de calendarización de producción para ensambles finales, que permitan desarrollar un sistema de producción mixto y etiquetado.

- Se debe establecer una ruta de *kanban* que refleje el flujo de materiales, esto implica designar lugares para que no haya confusión en el manejo de materiales; se debe hacer obvio cuando el material está fuera de su lugar.
- El uso de *kanban* está ligado a sistemas de producción de lotes pequeños.
- Se debe tomar en cuenta que aquellos artículos de valor especial deberán ser tratados de manera diferente.
- Se debe tener buena comunicación desde el departamento de ventas al de producción, para aquellos artículos cíclicos de temporada que requieren mucha producción; de manera que se avise con bastante anticipación.

Como se puede observar, la implementación del *kanban* lleva un tiempo determinado, y no solamente depende del departamento de producción, sino que se ven involucradas más áreas de la organización.

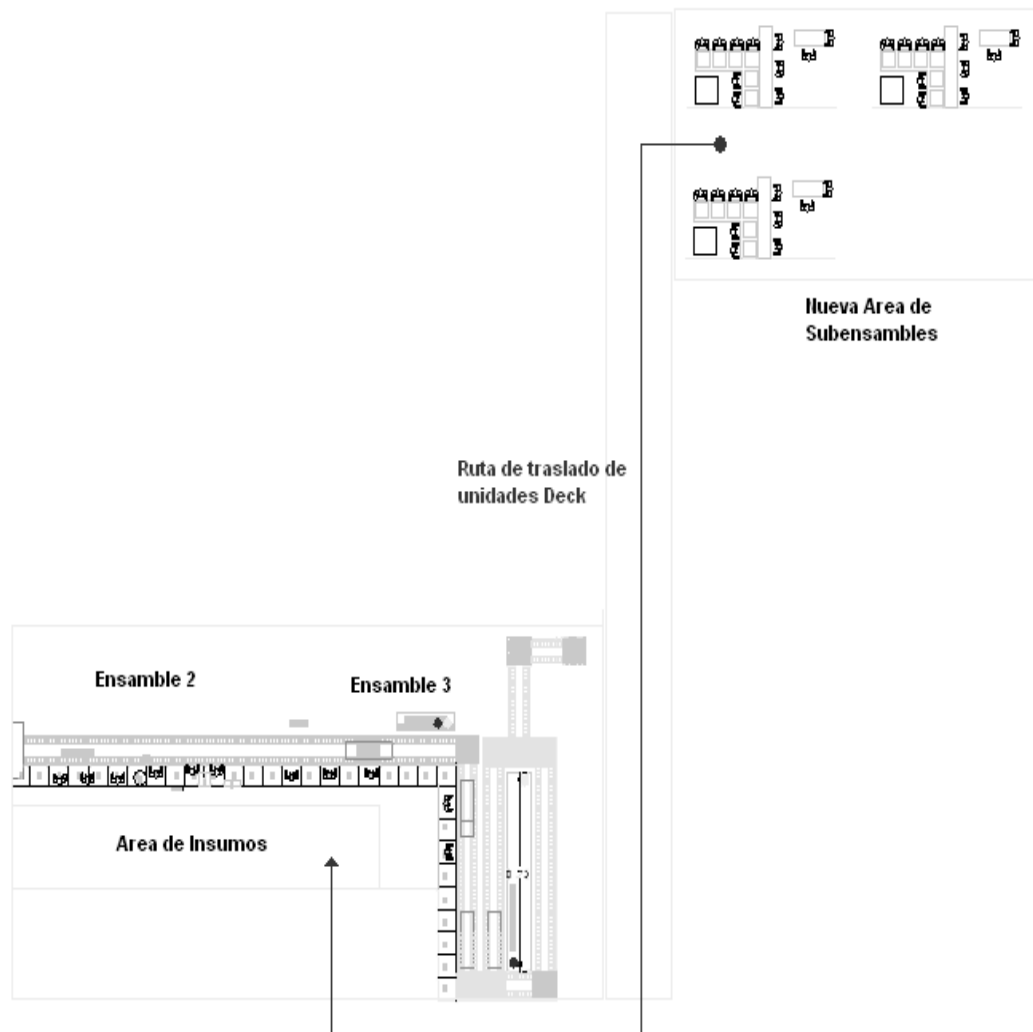
4.2. Nuevo *layout* de ensambles

Para lograr un aspecto visual ordenado en la línea de ensamble “A”, será necesario reubicar los subensambles de evaporadores y unidades, ya que estos se encuentran ubicados al lado de los ensambles 2 y 3 de la línea de producción.

Al realizar esta nueva distribución, el área en la cual se ubicaban los subensambles, quedará disponible para la colocación de las unidades *deck*, que se trabajan en conjunto por estos subensambles.

A continuación se muestra un área propuesta para la distribución física de los subensambles, para lograr dicho orden en la línea de producción.

Figura 31. **Nuevo *layout* de subensambles**



Fuente: elaboración propia.

4.3. Productividad de la línea de ensambles A

En el capítulo 3, quedó establecida la cantidad de operarios por medio del balance de línea, para poder cumplir con la demanda establecida por la alta dirección de la organización.

Teniendo los siguientes datos, se evaluará mediante el estudio de tiempo versus el *tack time*, si realmente se puede cumplir con la demanda.

Tiempo disponible = 500 minutos

Demanda = 130 equipos / día

Tack time = 500 min. / 130 equipo = 3.85 min. / equipo

Al realizar el estudio de tiempos con la cantidad de operarios sugeridos, donde se sugieren 67 operarios y realizando el análisis de cargas de trabajo por operación, se presenta la siguiente tabla resumen:

Tabla XV. Estudio de tiempos validado

| Ensamble 1 | T.Est | No. operarios |
|---------------------|--------------|---------------|
| Estación 1 | 3,80 | 1 |
| Estación 2 | 3,69 | 1 |
| Estación 3 | 3,47 | 1 |
| Estación 4 | 2,85 | 1 |
| Estación 5 | 3,29 | 1 |
| Estación 6 | 2,84 | 1 |
| Estación 7 | 3,36 | 1 |
| Estación 8 | 3,93 | 2 |
| Estación 9 | 3,73 | 1 |
| Estación 10 | 3,55 | 2 |
| Estación 11 | 3,22 | 1 |
| Estación 12 | 4,22 | 1 |
| Estación 13 | 4,22 | 1 |
| Tiempo ciclo | 46,17 | 15 |

| Refrigeración | T.Est | No. operarios |
|----------------------|-------------|---------------|
| Estación 1 | 2,36 | 1 |
| Estación 2 | 3,59 | 1 |
| Estación 3 | 1,79 | 1 |
| Tiempo ciclo | 7,74 | 3 |

| Evaporadores | T.Est. | No. operarios |
|---------------------|--------------|---------------|
| Estación 1 | 3,05 | 1 |
| Estación 2 | 2,95 | 1 |
| Estación 3 | 3,10 | 1 |
| Estación 4 | 2,90 | 1 |
| Estación 5 | 3,73 | 1 |
| Tiempo ciclo | 15,73 | 5 |

Continuación tabla XV.

| Espuma | T.Est | No. operarios |
|---------------------|-------------|---------------|
| Estación 1 | 3,93 | 4 |
| Estación 2 | 3,00 | 1 |
| Tiempo ciclo | 6,93 | 5 |

| Ensamble 2 | T.Est | No. operarios |
|---------------------|--------------|---------------|
| Estación 1 | 3,09 | 1 |
| Estación 2 | 3,09 | 1 |
| Estación 3 | 3,96 | 1 |
| Estación 4 | 3,75 | 1 |
| Estación 5 | 3,35 | 2 |
| Estación 6 | 3,78 | 1 |
| Estación 7 | 3,79 | 1 |
| Estación 8 | 2,45 | 1 |
| Tiempo ciclo | 27,25 | 9 |

| Ensamble 3 | T.Est | No. operarios |
|---------------------|--------------|---------------|
| Estación 1 | 2,81 | 1 |
| Estación 2 | 3,45 | 1 |
| Estación 3 | 2,78 | 1 |
| Estación 4 | 3,59 | 1 |
| Estación 5 | 3,59 | 1 |
| Tiempo ciclo | 16,21 | 5 |

| Puertas | T.Est | No. operarios |
|---------------------|-------------|---------------|
| Estación 1 | 2,33 | 1 |
| Estación 2 | 3,11 | 2 |
| Estación 3 | 2,95 | 2 |
| Tiempo ciclo | 8,39 | 5 |

| Unidades (1a. fase) | T.Est | No. operarios |
|----------------------------|--------------|---------------|
| Estación 1 | 3,37 | 1 |
| Estación 2 | 3,07 | 1 |
| Estación 3 | 3,88 | 1 |
| Estación 4 | 3,58 | 1 |
| Estación 5 | 3,41 | 1 |
| Estación 6 | 3,40 | 1 |
| Estación 7 | 3,11 | 1 |
| Estación 8 | 3,76 | 1 |
| Tiempo ciclo | 27,58 | 8 |

| Unidades (2a. fase) | T.Est | No. operarios |
|----------------------------|--------------|---------------|
| Estación 1 | 3,32 | 1 |
| Estación 2 | 3,70 | 1 |
| Estación 3 | 2,71 | 1 |
| Estación 4 | 3,37 | 1 |
| Estación 5 | 3,77 | 1 |
| Estación 6 | 4,31 | 1 |
| Estación 7 | 3,69 | 1 |
| Estación 8 | 3,45 | 1 |
| Estación 9 | 3,73 | 1 |
| Estación 10 | 3,10 | 1 |
| Estación 11 | 2,12 | 1 |
| Estación 12 | 2,01 | 1 |
| Tiempo ciclo | 39,28 | 12 |

Fuente: elaboración propia. Resultado de la implementación de la cantidad sugerida de operarios.

Al observar esta tabla resumen, se puede concluir que al incrementar la línea en 7 operarios más, sí se podrá cumplir con la demanda de 130 equipos diarios. Por lo que se puede decir que con 67 operarios, la línea cumple con la demanda estipulada.

Esta se concluye así debido a que al comparar los tiempos estándar de cada estación versus el *tack time*, sí se cumple en la mayoría de estaciones del proceso, y en estas estaciones en las cuales no se cumple con el *tack time*, no tiene incidencia en el proceso, ya que la siguiente estación se compensa con el tiempo de la estación y así el *tack time* sigue cumpliéndose.

4.4. Calidad en el producto

La satisfacción del cliente es el principal objetivo de toda organización de productos o servicios, ya que si el cliente queda satisfecho, esto garantiza que seguirá consumiendo el producto.

Como consecuencia de implementar las herramientas de *lean manufacturing*, en la línea de ensamble “A”, deberá garantizarse la calidad en todas las operaciones del proceso de producción.

4.5. Implementación de producción más limpia

Para implementar la producción más limpia dentro de la organización, se deberá seguir el siguiente ciclo:

- Identificar oportunidades y formular recomendaciones: el primer paso consiste en una revisión técnica para identificar oportunidades y formular recomendaciones que permitan mejorar la productividad y la eficiencia en cada operación unitaria. Estas tareas serán realizadas por profesionales idóneos, quienes deben trabajar con el personal de la organización en general, desde operarios hasta ejecutivos.

- Implementar las recomendaciones: una vez las recomendaciones han sido formuladas, estas son ordenadas según las prioridades e intereses de la organización. Luego se forma un equipo de trabajo para implementar las recomendaciones seleccionadas, según el cronograma establecido y el presupuesto asignado.
- Medir el éxito: los resultados son medidos a través de indicadores como la reducción de desechos o de contaminación generada, la reducción en el consumo específico de materias primas, energía y agua, la reducción de costos de producción y el incremento de las utilidades. Una vez medido el éxito, se debe volver al paso 1 para iniciar un nuevo ciclo.

5. MEJORA CONTINUA

5.1. Plan de seguimiento

Para poder lograr la tan ansiada mejora continua, será necesario establecer un plan de seguimiento para que así se garantice la misma.

Para poder realizar un plan de seguimiento efectivo deben de tomarse en cuenta los siguientes aspectos:

- **Control operacional:** consiste en definir las inspecciones que se van a realizar del control operacional y la periodicidad de las mismas. La finalidad de este seguimiento es comprobar que se cumple con el control operacional definido.
- **Objetivos y metas:** se define el seguimiento de los objetivos y metas y su grado de cumplimiento.

Ya teniendo en cuenta estos dos aspectos fundamentales, deben de programarse auditorías en las diferentes áreas de la línea de ensambles, estas deberán de medirse mediante indicadores que deben de reflejar una mejora en la producción.

Se propone realizar estas auditorías una vez al mes, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Evaluación de las 5 eses: en esta auditoría se deberá evaluar el cumplimiento de cada una de ellas, para así garantizar un ambiente ordenado, limpio y eficiente en las áreas de la línea de ensambles.
- Mejora continua (*kaizen*): los kaizen propuestos deben de ser medibles y objetivos, por lo tanto se logrará ir poco a poco, mejorando las diferentes áreas del proceso.
- *Kanban*: se deberán de evaluar las diferentes etiquetas de identificación del proceso, implementadas para tener un mejor control en el proceso, para determinar si necesitan o no alguna modificación.
- Producción más limpia: se deberá de evaluar el nivel de desperdicios generados por la línea de ensambles, y ser comparados contra objetivos e indicadores debidamente creados por el equipo de trabajo.

Por lo tanto será responsabilidad del gerente, jefe de planta o supervisor de la línea, evaluar cada una de las diferentes auditorías del plan de acción para velar porque se cumplan los objetivos establecidos.

5.2. Capacitación al personal operativo

Para mantener el grado de compromiso y esfuerzo dentro de la organización, se tienen que propiciar climas laborales positivos que les faculte valorar adecuadamente la cooperación de sus miembros, estableciendo mecanismos que le permitan disponer de una fuerza de trabajo suficientemente eficiente y eficaz, que conduzca al logro de los objetivos y metas de la organización, y al mismo tiempo logre satisfacer las aspiraciones de sus integrantes.

El desarrollo efectivo en la organización implica planeamiento, estructuración, educación, y capacitación para brindar conocimiento, destrezas y compromiso de sus colaboradores, utilizándolos creativamente como herramientas para brindar poder.

Será necesario crear un programa de capacitaciones para los 67 operarios de la línea de ensambles A, ya que así se logrará el desarrollo humano, el cual consta de las siguientes características:

- **Productividad:** se refiere a la que genera el trabajo; la producción por cada colaborador, la producción por cada hora trabajada, o cualquier otro tipo de indicador de la producción en función del factor trabajo. Cuando se trata de medir el rendimiento del trabajo de un colaborador o grupo de colaboradores que integran una unidad administrativa, se relaciona la cantidad de unidades producidas con el tiempo total que llevó producirlas; a esta relación se le denomina productividad del trabajo; por lo tanto estará dada en unidades de un producto por hora-hombre empleada.
- **Equidad:** es necesario que los operarios tengan acceso a la igualdad de oportunidades. Es preciso eliminar todas las barreras que obstaculizan las oportunidades económicas y políticas, de modo que los operarios puedan disfrutar de dichas oportunidades y beneficiarse con ellas.
- **Sostenibilidad:** es imprescindible asegurar el acceso a las oportunidades no solo para las generaciones actuales, sino también para las futuras. Deben reponerse todas las formas de capital: físico, humano y medioambiente.

- Potenciación: el desarrollo debe ser efectuado por los operarios y no solo para ellos. Es preciso que participen plenamente en las decisiones y los procesos que conforman sus vidas.

La capacitación incluye el adiestramiento, pero su objetivo principal es proporcionar conocimientos, en los aspectos técnicos del trabajo, fomentando e incrementando los conocimientos y habilidades necesarias para desempeñar su labor, mediante un proceso de enseñanza-aprendizaje bien planificado.

Los temas que se proponen capacitaciones tendrán que ser los siguientes:

- Lean manufacturing
- 5 eses
- Justo a tiempo
- Mantenimiento productivo total
- Mejora continua
- Cambio rápido de modelo
- *Kanban*
- Producción más limpia

Una vez capacitados los operarios en relación con estos temas, se les creará la competencia necesaria para poder cumplir con cada uno de los incisos antes mencionados.

Las capacitaciones deberán realizarse no solo a la parte operativa del proceso de ensamble de equipos de refrigeración comercial, sino que también deberán entrar en este programa, el supervisor de la línea, el jefe de planta y el gerente de producción, para crear una cultura de eficiencia.

5.3. Crear una cultura de eficiencia

Dentro de la organización es imprescindible crear una cultura de eficiencia, que se preocupe por todos los aspectos que conlleva producir equipos de refrigeración comercial.

Esta cultura de eficiencia no se logrará de la noche a la mañana, sino que llevará un tiempo determinado en el cual, la organización deberá introducir nuevos conceptos en la mano operativa, para crearles una cultura de producir sin errores, sin atrasos, sin desperdicios.

Esto se logrará a través de diversas capacitaciones, charlas motivacionales, pero sobre todo el compromiso de los operarios para no presentar resistencia al cambio, y adoptar estas nuevas técnicas propuestas para eficientar la línea de ensambles "A".

5.4. Evaluación de las herramientas de lean manufacturing

Una vez establecidos los métodos y herramientas que se van a utilizar en la optimización de la línea de ensamble "A", es necesario evaluar los avances de cada una de dichas herramientas.

Como se mencionó anteriormente, es necesario crear auditorias en un tiempo estipulado, para evaluar el desempeño y cumplimiento de los objetivos, esto con el fin de determinar si es necesario o no, la repetición de la herramienta para eficientar la línea de ensamble "A".

La evaluación de las herramientas de *lean manufacturing* deberá de seguir el orden establecido a su implementación, ya que al cumplir con cada una de ellas, se abre la posibilidad de implementar la otra, por lo tanto se tienen que evaluar en el siguiente orden:

- 5 eses
- Justo a tiempo
- Mantenimiento productivo total
- Mejora continua
- Cambio rápido de modelo
- *Kanban*

Siguiendo esta estructura de evaluación se garantizará la optimización de la línea de ensamble "A".

6. IMPACTO AMBIENTAL

El impacto ambiental se refiere a las consecuencias provocadas por cualquier acción humana que modifique las condiciones de subsistencia o de supervivencia de los ecosistemas. Estas acciones humanas provocan efectos colaterales sobre el medio natural o social.

Actualmente, dentro de la organización, únicamente se tienen componentes químicos que pueden ser dañinos tanto para la salud como para el medio ambiente y estos son:

- Ciclopentano
- Polioli
- Isocianato
- Refrigerante R134-A

Para los cuales, en este capítulo, se analizarán y propondrán medidas de manejo y almacenamiento, para evitar afectar al medio ambiente y a la salud de los trabajadores.

6.1. Manejo de los desperdicios y basura

El manejo de los desperdicios y basura dentro de la organización se debe realizar de la siguiente manera: cada área de trabajo tiene recipientes en los cuales puede depositar los residuos sólidos producto de la operación propia. El personal de mantenimiento de instalaciones recoge los residuos en las

estaciones de trabajo y se dirige al centro de acopio, donde se clasifican de acuerdo con su disposición.

A continuación, el detalle por cada uno de los diferentes desperdicios que se presentan en la organización:

- Nylon: el plástico de desperdicio (nylon) se acomoda en costales grandes, donde se coloca una cantidad suficiente hasta llenar el saco. Los residuos de empaque y embalaje de las materias primas se clasifican y colocan en sacos de manera manual.
- Polietileno: el polietileno sobrante del uso de la cinta doble cara, se saca de los contenedores de residuos especiales. Los demás residuos que van en contenedores comunes se colocan en bolsas de plástico, donde se acumula hasta su despacho.
- Poliestireno y plexiglás: los residuos de poliestireno y plexiglás se colocan en cajones de madera. Estos son llenados directamente por el personal que prepara las piezas, siendo el personal de mantenimiento de instalaciones quien debe velar por la clasificación correcta del material y proveer los cajones de madera vacíos para recibir los residuos. El mismo personal de Instalaciones es quien acomoda los cajones llenos para su disposición final.
- PVC: los residuos de marcos de PVC se colocan en toneles metálicos cerca de las sierras de corte. Son los operadores de las sierras quienes verifican que el residuo esté colocado en los toneles. El personal de mantenimiento llega a recoger los residuos que se encuentran separados

por color. Estos toneles se llevan al área de reciclaje y se vacían en cajones de madera para su almacenaje y despacho posterior.

- Aluminio: la misma situación ocurre con el sobrante del perfil de aluminio. Este se coloca en toneles donde el personal de instalaciones lo transporta hacia el área de reciclaje y luego se coloca en un cajón metálico. Vale la pena destacar que el perfil de aluminio está colocado aparte del residuo de lámina de aluminio, en dos cajones separados.
- Thinner y aceite quemado: el thinner y aceite quemado sobrantes, se colocan en toneles metálicos cerrados. El personal de mantenimiento mecánico recoge el aceite quemado o de recambio y lo coloca en los toneles destinados para su acopio. El personal de pintura recoge el thinner usado de sus actividades y lo coloca en los toneles dispuestos para el acopio del material. Cuando un tonel se llena, se coloca uno nuevo y se almacena el tonel lleno. Este material es luego vendido a la Empresa Montecristo, quien lo utiliza como agregado en el combustible de calderas.
- Madera: la madera sobrante puede tener dos orígenes: de las tarimas o cajones en los que ingresan los materiales y el sobrante de las carpinterías.

Toda es recogida por el personal de mantenimiento de instalaciones en las estaciones de trabajo y transportada hacia el área de reciclaje. En el área existe una bodega destinada para el acopio de la madera.

El personal de instalaciones la estiba en el interior de la bodega, exceptuando los cajones de madera. Los cajones de madera son colocados en la parte exterior del área de reciclaje, donde también se utilizan para recibir materiales. En caso no tengan uso, estos se desarman para su disposición final.

La madera es el sobrante de las carpinterías se coloca en toneles, para que luego el personal de instalaciones la coloque en cajones de madera; estos se estiban para su adecuada disposición final.

- Materiales no ferrosos: los materiales no ferrosos como el cobre se recogen directamente en las estaciones de trabajo. Estos se colocan en toneles de cartón, almacenándolos en un área alejada del sol y de la lluvia, con fines de una mejor conservación. El cable de arnés sobrante se coloca en toneles de cartón, los cuales se almacenan junto al cobre.
- Vidrio: este proviene de los paneles dañados durante el proceso o que no aprueban el control de calidad. Los paneles son transportados por el personal de mantenimiento de instalaciones hacia el área de reciclaje, donde una persona encargada los quiebra y coloca en toneles. El vidrio se clasifica en templado y normal. Ambos tipos de vidrio se almacenan de manera separada hasta su envío para el reciclado.
- Cartón: el cartón proviene de los embalajes de las líneas de producción. Todas las cajas de cartón se desarman de manera manual y luego se compactan en una prensa hidráulica, donde se arman pacas amaradas con flejes. Todo el cartón se organiza de manera manual antes de ser compactado.

Las pacas se acomodan en el área de reciclaje, siendo transportadas luego con el montacargas para su envío a la empresa de reciclaje. En el caso de los tubos de cartón, estos se colocan aparte, pues tienen un uso posterior en otras actividades y no se compactan con la prensa hidráulica, sino se envían por aparte a la empresa recicladora.

- **Papel:** actualmente, se encuentra en proceso la instalación de contenedores para los residuos de papel de oficina. Estos se están colocando en puntos estratégicos cerca de las áreas de desecho del papel. Este papel se almacena en bolsas plásticas dentro de los contenedores.

Al llenarse el recipiente, se retira la bolsa y se sustituye por una vacía, siendo acomodada en el área de reciclaje para su recolección, por la empresa recicladora.

6.2. Manejo del refrigerante R134-A, ciclopentano, poliol e isocianato

Dentro de la organización es importante conocer los componentes con los que se trabaja a diario, por lo tanto se detallan a continuación las medidas de manejo y de primeros auxilios en casos de contacto con alguno.

6.2.1. Refrigerante R134-A

El R-134A (HFC-134A) ha sido desarrollado para convertirse en uno de los substitutos clave de los refrigerantes CFC y HCFC. El R-134A es un sustituto a largo plazo, seguro para el medio ambiente e inocuo para la capa de ozono.

Como refrigerante, tiene similares características de rendimiento energético y capacidad que el R-12, y su toxicidad es intrínsecamente baja. Se puede utilizar en refrigeración doméstica y comercial, así como en aire acondicionado comercial e industrial.

En el presente caso, el R134-A se utiliza para la mayoría de equipos de refrigeración comercial que se fabrican en la organización.

Las características del R134-A son las siguientes:

- Pertenece al grupo de los HFC, al no tener cloro no son miscibles con los aceites minerales, solo se emplea aceite base ester.
- Evapora a -26°C a presión atmosférica y es el sustituto definitivo para el R-12.
- Los HFC son muy higroscópicos y absorben gran cantidad de humedad.
- De los HFC el 134A es el único definitivo; los demás se emplean para mezclas (R-125, R-143A, R-152A).
- Se detectan las fugas mediante buscafugas electrónicos o con otros medios como colorantes o el jabón de "toda la vida".

Los riesgos del mal almacenaje del R134A son los siguientes:

- El R-134A es un líquido y gas bajo presión; el sobrecalentamiento o la sobrepresión pueden causar una liberación del gas ó un violento estallido del cilindro.

- Puede descomponerse al contacto con llamas o superficies metálicas extremadamente calientes, produciendo productos tóxicos y corrosivos.

Los riesgos para el ser humano al estar expuesto a este gas son:

- Inhalación: la inhalación de altas concentraciones de vapor es nociva y puede llegar a causar irregularidades cardíacas, inconsciencia e incluso la muerte. El uso inadecuado intencional y la inhalación deliberada de este gas pueden ocasionar una muerte sin previo aviso.

El vapor reduce la disponibilidad de oxígeno para respirar ya que es más pesado que el aire. El contacto con el líquido puede producir congelación instantánea.

La sobreexposición vía inhalación puede ocasionar una depresión temporal del sistema nervioso con efectos similares a los ocasionados por la anestesia; mareo, dolor de cabeza, confusión, falta de coordinación y pérdida del conocimiento.

- Contacto con la piel: el líquido puede causar congelamiento al contactar la piel.
- Contacto con los ojos: puede causar irritación severa y congelamiento en los ojos.
- Los individuos que padezcan de disturbios del sistema nervioso central preexistentes o del sistema cardiovascular, pueden tener un aumento en la susceptibilidad a la toxicidad originada por el exceso de vapores.

Las medidas de primeros auxilios a tomar en los casos anteriores se detallan a continuación:

- Inhalación: si altas concentraciones son inhaladas, inmediatamente se debe mover a la persona a un área donde encuentre aire fresco y mantenerla tranquila.

En caso de que no esté respirando, darle respiración artificial; si se dificulta la respiración, debe administrarle oxígeno y llamar a un médico.

- Contacto con la piel: en caso de contacto, lavar el área afectada con abundante agua tibia (no caliente), o usar otros métodos para calentar la piel lentamente. Si se presenta congelación por el líquido o irritación, debe llamarse a un médico.
- Contacto con los ojos: en caso de contacto, lavar los ojos inmediatamente con abundante agua; si presenta irritación, debe llamar a un médico.

Para el manejo y almacenamiento se deberá de seguir las siguientes instrucciones:

- Evitar inhalar los vapores y cuidar que el líquido no entre en contacto con los ojos, la piel o la ropa.

Usarlo únicamente con ventilación adecuada. No perforar o dejar caer los cilindros, ni exponerlos al fuego o al calor excesivo. Utilizar solamente cilindros autorizados y seguir las instrucciones de la etiqueta.

- No almacenar los cilindros directamente bajo el sol ni exponerlos a una temperatura mayor de 50°C (120°F). Mantenerlos lejos del calor, chispas o llamas. No reutilizarlos.

6.2.2. Ciclopentano

El ciclopentano es un hidrocarburo (compuesto químico formado únicamente por carbono e hidrógeno) del grupo de los hidrocarburos cíclicos, que pertenece a la categoría de los cicloalcanos (hidrocarburo saturado, o sea, que el tipo de enlace químico entre carbono y carbono es simple).

Su masa molecular es de 70 umas. Responde a la fórmula química C_5H_{10} . También se le puede expresar como un pentágono, en el que cada vértice representa un carbono y los 10 hidrógenos (dos en cada carbono).

Las características del ciclopentano son las siguientes:

- Estado físico: líquido incoloro
- Punto de ebullición: 49°C
- Punto de fusión: -94°C
- Densidad relativa (agua = 1): 0.8
- Solubilidad en agua: ninguna
- Presión de vapor, kPa a 20°C: 45
- Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.4
- Es altamente inflamable
- Las mezclas de vapor/aire son explosivas

Los riesgos por exposición son:

- Inhalación: produce vértigo, dolor de cabeza, náuseas, debilidad, pérdida del conocimiento.
- Contacto con la piel: se presenta enrojecimiento.
- Contacto con los ojos: se presenta enrojecimiento.
- Ingestión: produce dolor abdominal, diarrea, vértigo, náuseas y dolor de garganta.

Las medidas de prevención y primeros auxilios a tomar en caso de exposición son los siguientes:

- Inhalación: debe de haber buena ventilación y protección respiratoria, en caso de exposición debe de llevarse a la persona al aire libre, reposar y llamar al médico.
- Contacto con la piel: deben de utilizarse guantes protectores, en caso de contacto directo se debe de quitar la ropa contaminada y lavar la piel con agua y jabón.
- Contacto con los ojos: deben de utilizarse gafas ajustadas de seguridad; en caso de contacto, se deben de enjuagar los ojos con agua abundante durante varios minutos y llamar al médico.
- Ingestión: no se debe comer, beber ni fumar cerca del ciclopentano; en caso de ingestión, se debe enjuagar la boca, dar de beber una papilla de carbón activo y agua, no provocar el vómito y llamar al médico.

Las medidas de almacenaje para el ciclopentano son:

- Aislarlo de lugares con afluencia mayor.
- El compartimiento en donde se almacena debe de ser a prueba de incendio.

6.2.3. Poliol

Un poliol es un carbohidrato que contiene más grupos hidroxilo que el azúcar al cual está asociado.

Los riesgos por exposición al poliol son los siguientes:

- Piel: el contacto con la piel puede causar irritación y sensibilización en el peor de los casos.
- Ojos: puede causar irritación en los ojos.
- Ingestión: es irritante para la boca y la garganta, causa dolores de estómago y vómitos.
- Inhalación: puede irritar las vías respiratorias y provocar náuseas y mareos.

Las medidas de prevención y primeros auxilios que deben tomarse en caso de exposición son los siguientes:

- Inhalación: Llevar a la persona afectada al aire fresco y mantenerla en reposo. Si los síntomas no desaparecen de inmediato, conseguir atención médica. Administrar primeros auxilios en los casos necesarios.
- Contacto con la piel: quitar las ropas y zapatos contaminados. Lavar la piel inmediatamente con jabón y agua abundante. En caso de irritación, acudir a un médico.
- Contacto con los ojos: lavar inmediatamente los ojos con agua abundante, manteniendo los párpados abiertos durante al menos 15 minutos. La persona debe mover el ojo afectado en todas las direcciones durante este lavado. Si la irritación no desaparece, acudir a un médico. Seguir lavando el ojo o los ojos afectados durante el transporte hacia el centro médico.
- Ingestión: si el paciente está consciente, lavar la boca y hacerle beber una gran cantidad de agua. Buscar atención médica si las náuseas no desaparecen.
- Si el paciente no está consciente, administrar primeros auxilios generales. Nunca dar algo de beber a una persona inconsciente.

Las medidas de almacenaje y manejo son las siguientes:

- Considerando que el poliol se maneja junto con el isocianato, es importante una separación correcta entre los dos productos, para evitar las mezclas indeseadas que pueden ocasionar una reacción incontrolada. Se prohíbe consumir alimentos y bebidas mientras se maneja este producto. Se prohíbe fumar. Debe haber un fácil acceso a una fuente de agua abundante, así como a envases para el lavado de los ojos.

- Evitar el contacto con el calor y las llamas abiertas. Conservarlo con seguridad y fuera del alcance de los niños. La temperatura de almacenamiento mínima es 10°C.

6.2.4. Isocianato

El Isocianato es el precursor de los poliuretanos, un tipo de polímeros sintéticos conocidos como plásticos esponjosos, y que son utilizados también como espumas rígidas, lacas, elastómeros e insecticidas.

Los riesgos por exposición al isocianato son los siguientes:

- Contacto con los ojos: puede irritarlos. El contacto prolongado con los ojos puede causar opacidad reversible de la córnea sin que se espere ningún daño visual.
- Contacto con la piel: puede causar irritación y sensibilización de la piel.
- Inhalación: irritación moderada de la nariz y las vías respiratorias. Se pueden experimentar reacciones alérgicas respiratorias, al exponerse a cantidades por debajo de la exposición recomendada.
- Ingestión: puede causar irritación al tracto gastrointestinal y molestias gastrointestinales con alguno o todos los siguientes síntomas: náusea, vómitos, letargo o diarrea.

Las medidas de prevención y primeros auxilios que se deben aplicar en caso de exposición son los siguientes:

- Contacto con los ojos: lavarlos inmediatamente, manteniéndolos abiertos, con abundante agua fría por lo menos durante 15 minutos. Si el enrojecimiento, ardor, visión borrosa o inflamación persisten, consultar con un médico.
- Contacto con la piel: quitar el producto e inmediatamente lavar la zona afectada con agua y jabón. No aplicar grasas ni pomadas. Quitar la ropa contaminada. Lavar la ropa con agua y jabón antes de utilizarla de nuevo. Si el enrojecimiento, ardor, o inflamación persisten, consultar con un médico.
- Ingestión: no provocar vómito. Nunca administrar nada por la boca a una persona inconsciente. Enjuagar la boca con agua, luego beber sorbos de agua para quitar el sabor. Consultar con un médico. Si los vómitos ocurren espontáneamente, mantener la cabeza por debajo de las caderas para evitar la aspiración.
- Inhalación: llevar al paciente al aire fresco. Si el paciente sigue experimentando dificultades para respirar, consultar con un médico.

Las medidas de almacenaje y manejo son las siguientes:

- Los recipientes pueden reventar si se exponen a alta temperatura. Se deben proteger de la humedad atmosférica.

Mantenerlo en recipientes cerrados en un lugar fresco, seco y bien ventilado. Proteger los recipientes contra daño físico. No volverlos a sellar si están contaminados. Después de que el recipiente fue abierto, cubrirlo con nitrógeno antes de resellarlo.

- Para evitar el contacto con la piel o los ojos bajo las condiciones previsibles de uso, se debe utilizar ropa protectora adecuada y gafas de protección.

Mientras se manipula el material no se debe comer, beber ni fumar. Debe de lavarse las manos luego de manipular el material. Evitar respirar los vapores. Usarlo en un área de trabajo bien ventilada.

6.3. Medidas a tomar en caso de fugas

Es importante saber las medidas necesarias en caso de tener derrames o fugas de los componentes químicos y refrigerantes utilizados en el proceso de fabricación de equipos de refrigeración comercial.

6.3.1. Refrigerante R134-A

En caso de detectar fugas del R134-A en el área de refrigeración, se procede a extraer el gas mediante la maquinaria correspondiente, para poder almacenarlo de nuevo y no perder el gas en el ambiente.

6.3.2. Ciclopentano

En caso de presentarse un derrame o fuga del ciclopentano se deberán de seguir las siguientes recomendaciones:

- Evacuar la zona de peligro
- Consultar a un experto
- Ventilar el área
- Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes especiales; absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro
- No verterlo al alcantarillado

6.3.3. Poliol

En caso de presentarse un derrame o fuga del poliol se deben de seguir las siguientes recomendaciones:

- Precauciones medioambientales: retirar las fuentes de ignición y los productos que emiten vapores corrosivos.
- Métodos de limpieza: detener las fugas menores, de ser posible sin correr riesgos. Se debe absorber el líquido con materiales incombustibles (por ejemplo, tierra, arena) y depositarlo en un recipiente sellado y etiquetado. En el caso de derrames de mayor extensión, llamar a la brigada de bomberos.

6.3.4. Isocianato

En caso de presentarse un derrame o fuga del Isocianato se deben seguir las siguientes recomendaciones:

- Absorber el líquido con materiales incombustibles al igual que con el Polioliol, y depositarlo en un recipiente sellado y debidamente etiquetado,
- Para todos los derrames de los componentes químicos, deberá utilizarse un kit de derrame, el cual consta del equipo de protección personal, para no sufrir daños físicos y materiales apropiados para limpiar y almacenar la cantidad derramada.

6.4. Manejo de solventes

Dentro de la organización se utilizan diversos solventes, para realizar diversas tareas dentro del proceso de ensamblaje de los Deck-10; para poder tener un mejor control y que los operarios sepan qué tan dañino es para el ambiente y salud, se adoptó el sistema del rombo NFPA 704 que por sus siglas significa (*National Fire Protection Association*).

Existen tres divisiones que tienen colores asociados con un significado. El azul hace referencia a los riesgos para la salud, el rojo indica el peligro de inflamabilidad y el amarillo los riesgos por reactividad: es decir, la inestabilidad del producto. A estas tres divisiones se les asigna un número de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo).

Por su parte, en la sección blanca puede haber indicaciones especiales para algunos materiales, indicando que son oxidantes, corrosivos, reactivos con agua o radiactivos.

A continuación se detalla cada sección del rombo NFPA 704.

Sección azul que se refiere a la salud:

- Grado 4: sustancias que, con una muy corta exposición, pueden causar la muerte o un daño permanente, incluso en caso de atención médica inmediata.
- Grado 3: materiales que bajo corta exposición pueden causar daños temporales o permanentes, aunque se preste atención médica, como el hidróxido de potasio.
- Grado 2: materiales bajo cuya exposición intensa o continua puede sufrirse incapacidad temporal o posibles daños permanentes, a menos que se dé tratamiento médico rápido, como el cloroformo.
- Grado 1: materiales que causan irritación, pero solo daños residuales menores, aun en ausencia de tratamiento médico. Un ejemplo es la glicerina.
- Grado 0: materiales bajo cuya exposición en condiciones de incendio, no existe otro peligro que el del material combustible ordinario, como el cloruro de sodio.

Sección roja que se refiere a la inflamabilidad:

- Grado 4: materiales que se vaporizan rápido o completamente a la temperatura a presión atmosférica ambiental, o que se dispersan y se quemán fácilmente en el aire, como el propano. Tienen un punto de inflamabilidad por debajo de 23°C (73°F).

- Grado 3: líquidos y sólidos que pueden encenderse en casi todas las condiciones de temperatura ambiental, como la gasolina. Tienen un punto de inflamabilidad entre 23°C (73°F) y 38°C (100°F).
- Grado 2: materiales que deben calentarse moderadamente o exponerse a temperaturas altas antes de que ocurra la ignición, como el petrodiesel. Su punto de inflamabilidad oscila entre 38°C (100°F) y 93°C (200°F).
- Grado 1: materiales que deben precalentarse antes de que ocurra la ignición, cuyo punto de inflamabilidad es superior a 93°C (200°F).
- Grado 0: materiales que no se queman, como el agua, expuestos a una temperatura de 1.500°F por más de 5 minutos.

Sección amarilla que se refiere a la reactividad:

- Grado 4: fácilmente capaz de detonar o descomponerse explosivamente en condiciones de temperatura y presión normales (nitroglicerina, RDX)
- Grado 3: capaz de detonar o descomponerse explosivamente, pero requiere una fuente de ignición; debe ser calentado bajo confinamiento antes de la ignición, reacciona explosivamente con agua o detonará si recibe una descarga eléctrica fuerte (flúor).
- Grado 2: experimenta cambio químico violento en condiciones de temperatura y presión elevadas, reacciona violentamente con agua o puede formar mezclas explosivas con agua (fósforo, compuestos del potasio, compuestos del sodio).

- Grado 1: normalmente estable, pero puede llegar a ser inestable en condiciones de temperatura y presión elevadas (acetileno).
- Grado 0: normalmente estable, incluso bajo exposición al fuego y no es reactivo con agua (helio).

Sección blanca especial:

El espacio blanco puede contener símbolos:

- 'W' - reacciona con agua de manera inusual o peligrosa, como el cianuro de sodio o el sodio.
- 'OX' o 'OXY' - oxidante, como el perclorato de potasio.
- 'CORR' - corrosivo: ácido o base fuerte, como el ácido sulfúrico o el hidróxido de potasio. Con las letras 'ACID' se puede indicar “ácido” y con 'ALK', “base”.
- 'BIO' - Riesgo biológico (): por ejemplo, un virus.
- Símbolo radiactivo (☉) - el producto es radioactivo, como el plutonio.
- 'CRYO' – Criogénico.

Sólo 'W' y 'OX' se reconocen oficialmente por la norma NFPA 704, pero se usan ocasionalmente símbolos con significados obvios como los señalados.

A continuación se muestra la figura resumida del rombo NFPA 704.

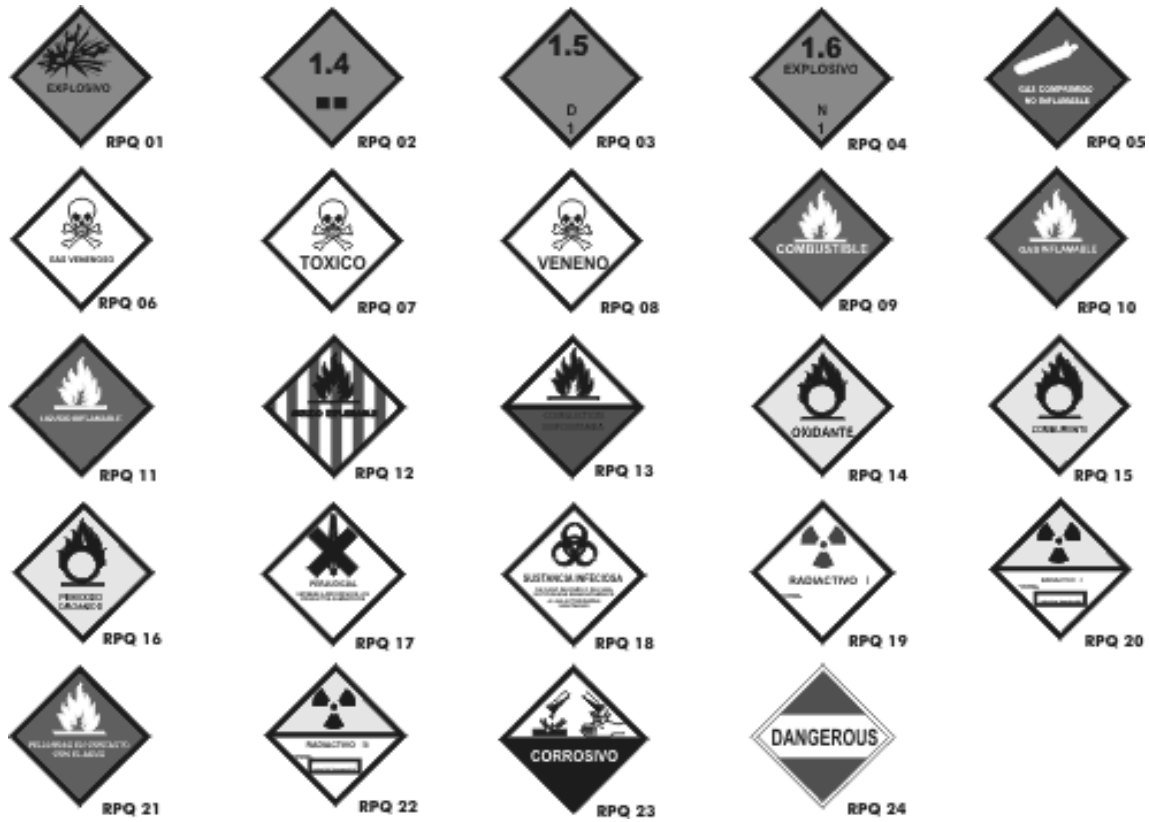
Figura 32. Detalle rombo NFPA 704



Fuente: http://www.redproteger.com.ar/safetyphotoblog/albums/wpw-20070208/normal_CARTEL_SISTEMA_RIESGOS_SUSTANCIAS_QUIMICAS.jpg. 20 de marzo de 2011.

Además, se procederá a identificar los materiales peligrosos, con la siguiente figura.

Figura 33. Materiales peligrosos



Fuente: http://3.bp.blogspot.com/Yh7gFKeOMwA/TWSxwkUUpnl/AAAAAAAAA4/KbvSPrg4azl/s1600/s_ROTULADO.gif. 20 de marzo de 2011.

Una vez clasificados los solventes, se tiene la siguiente tabla resumen.

Tabla XVI. **Solventes y componentes químicos**

| No. | Nombre | NFPA | | | |
|-----|---|-------|----------------|-------------|----------|
| | | Salud | Inflamabilidad | Reactividad | Especial |
| 1 | Acetileno | 0 | 4 | 3 | |
| 2 | <i>Adhesion promoter plastic adhesion</i> | 2 | 3 | 0 | |
| 3 | Alcohol Isopropílico | 1 | 3 | 0 | |
| 4 | Argón gas | 1 | 0 | 0 | |
| 5 | Autocolor 2K P210-832 | 3 | 3 | 1 | |
| 6 | <i>Automotive finishes universal flatting & reducing compuond base mateante</i> | 2 | 3 | 0 | |
| 7 | Base de color poliuretano | 2 | 3 | 0 | |
| 8 | <i>Booth coating</i> | 1 | 1 | 0 | |
| 9 | Cera desmoldante | | | | |
| 10 | <i>Chapopote transtar</i> | 2 | 3 | 0 | |
| 11 | <i>Clear shield</i> | 2 | 1 | 0 | |
| 12 | Cloruro de metileno | 2 | 1 | 0 | |
| 13 | Color básico monocapa super blanco coreano | 2 | 3 | 0 | |
| 14 | Color básico monocapa súper blanco galvac | 2 | 3 | 0 | |
| 15 | Color básico monocapa super blanco mexicano | 2 | 3 | 0 | |
| 16 | Combo <i>primer surface</i> fondo laca gris | 2 | 3 | 0 | |
| 17 | Cool US-2 reductor N.2 | 3 | 3 | 0 | |
| 18 | Diesel | 1 | 2 | 0 | |
| 19 | Dióxido de carbono gas | 1 | 0 | 0 | |
| 20 | Endurecedor universal poliuretano | 3 | 3 | 1 | |
| 21 | Fijador tornillería 242 | 2 | 1 | 1 | |
| 22 | <i>Foam polishing pad glaze 06065</i> | 2 | 2 | 0 | |
| 23 | Gasolina | 1 | 3 | 0 | |
| 24 | <i>Imperial hand glaze</i> | 1 | 1 | 0 | |
| 25 | Lubricante DW-40 | 1 | 4 | 0 | |
| 26 | <i>Mineral spirit</i> | 1 | 2 | 0 | |
| 27 | Monocapa azul pantone | 2 | 3 | 0 | |
| 28 | Monocapa poliuretano amarillo brillante | 2 | 3 | 0 | |

Continuación tabla XVI.

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|----|
| 29 | Monocapa poliuretano amarillo brillante | 2 | 3 | 0 | |
| 30 | Monocapa poliuretano rojo brillante | 2 | 3 | 0 | |
| 31 | MWO 30/100 castrol | 1 | 1 | 0 | |
| 32 | <i>Nais líquido loctite</i> | | | | |
| 33 | <i>Nais loctite</i> | 2 | 0 | 0 | |
| 34 | Nitrógeno gas | 1 | 0 | 0 | |
| 35 | Nitrógeno líquido | 3 | 0 | 0 | |
| 36 | <i>Oakite 98</i> | 1 | 1 | 0 | |
| 37 | <i>Opex rubbing compound</i> | 2 | 2 | 0 | |
| 38 | Oxígeno gas | 0 | 0 | 1 | OX |
| 39 | Oxígeno líquido | 3 | 0 | 0 | OX |
| 40 | Pintura acrílica color azul pepsi smile | 2 | 3 | 0 | |
| 41 | Pintura laca | 2 | 3 | 0 | |
| 42 | Pintura laca amarillo tráfico | 2 | 3 | 0 | |
| 43 | Pintura laca azul verdoso | 2 | 3 | 0 | |
| 44 | Pintura laca blanco coreano | 2 | 3 | 0 | |
| 45 | Pintura laca blanco galbac | 2 | 3 | 0 | |
| 46 | Pintura laca blanco mexicano | 2 | 3 | 0 | |
| 47 | Pintura laca blanco refrigua | 2 | 3 | 0 | |
| 48 | Pintura laca ébano negro mate coreano | 2 | 3 | 0 | |
| 49 | Pintura laca ébano negro semimate | 2 | 3 | 0 | |
| 50 | Pintura laca rojo brillante coreano | 2 | 3 | 0 | |
| 51 | Pintura poliuretano blanca | 2 | 3 | 0 | |
| 52 | Pintura poliuretano negro mate | 2 | 3 | 0 | |
| 53 | <i>Plus away</i> | 1 | 0 | 0 | |
| 54 | Primer poliuretano gris claro | 2 | 3 | 0 | |
| 55 | Propano gas | 1 | 4 | 0 | |
| 56 | Reductor | 3 | 3 | 0 | |
| 57 | Reductor mediano poliuretano | 3 | 3 | 0 | |
| 58 | Refrigerante 134-A gas | 1 | 0 | 1 | |
| 59 | Refrigerante 404-A gas | 2 | 1 | 0 | |
| 60 | Removedor de pintura | | | | |
| 61 | Resina | | | | |
| 62 | Retardador | | | | |
| 63 | <i>Rez-n-bond</i> | 2 | 1 | 0 | |
| 64 | <i>Soft gel</i> | 0 | 0 | 0 | |
| 65 | <i>Solkane 141b</i> | 3 | 3 | 0 | |

Continuación tabla XVI.

| | | | | | |
|----|---|---|---|---|--|
| 66 | <i>Spectra prime 2K H38</i> | 3 | 3 | 1 | |
| 67 | <i>Spray adhesivo súper 77 3M</i> | 2 | 4 | 0 | |
| 68 | Súper bonder | 2 | 2 | 1 | |
| 69 | Thinner laca | 2 | 3 | 0 | |
| 70 | <i>Tribol 1100/220 castrol</i> | 1 | 1 | 0 | |
| 71 | <i>Tribol ato 100 castrol</i> | 1 | 1 | 0 | |
| 72 | <i>Tri-cut II transtar 5331</i> | 3 | 2 | 1 | |
| 73 | <i>Tri-etch thinner 3002</i> | 3 | 1 | 2 | |
| 74 | <i>Ultra 7000 uh 80 low v.o.c. air dry hardener</i> | 3 | 3 | 1 | |
| 75 | <i>Ultra 7000 basecoat colorant negro mate</i> | 2 | 3 | 0 | |
| 76 | <i>Ultra 7000 cc645 hs universal poliuretano clear coat</i> | 2 | 3 | 0 | |
| 77 | <i>Ultra 7000 cch 690 clearcoat hardener</i> | 3 | 3 | 1 | |
| 78 | <i>Ultra 7000 estabilizador para base de color</i> | 3 | 3 | 0 | |
| 79 | <i>Ultra 7000 metálico mediano brillante</i> | 2 | 3 | 1 | |
| 80 | <i>Ultra 7000 metálico mediano n.4</i> | 2 | 3 | 1 | |
| 81 | <i>Ultra 7000 s65 basecoat transparent 2k</i> | 2 | 3 | 0 | |
| 82 | <i>Ultra clean</i> | 3 | 3 | 0 | |
| 83 | <i>Ultra system as8 reductor Acelerado</i> | 3 | 3 | 0 | |
| 84 | <i>Ultra-fill II</i> | 2 | 3 | 1 | |
| 85 | <i>Unimix tinting base metallic n.4 pintura acrilica color aluminio</i> | 2 | 3 | 0 | |
| 86 | <i>Ure-blend bs10</i> | 2 | 4 | 0 | |
| 88 | <i>Wash Primer Green</i> | 2 | 3 | 0 | |

Fuente: elaboración propia. Resultado del análisis de solventes y componentes químicos utilizados en Fogel de Centroamérica.

CONCLUSIONES

1. La línea de ensamble A, debe de estar balanceada y reorganizada para lograr que sea efectiva la optimización deseada con el *Deck-10*, mediante la propuesta de implementación de diversas herramientas de *lean manufacturing*.
2. El *tack time* es una herramienta de gran utilidad para validar estudios de tiempos mediante la comparación contra el tiempo estándar de operación; si el tiempo estándar es mayor al tiempo *tack*, quiere decir que no se cumplirá con la demanda establecida; si el tiempo estándar es igual o menor al tiempo *tack*, se garantiza que se cumplirá con la demanda.
3. Las herramientas de *lean manufacturing* propuestas, garantizan a un tiempo determinado la optimización de una línea de producción, ya que éstas deben de complementarse una por una, pues unas herramientas sirven como introducción a otras.
4. Con la propuesta de optimización de la línea de ensamble A mediante las herramientas de *lean manufacturing*, se garantiza la disminución de la sobreproducción, los tiempos de espera y los desperdicios; además se mejorará el manejo de los insumos que se van a utilizar en cada parte del proceso.

5. Es necesario realizar una nueva distribución *layout* de los subensambles de *baffles*, puertas y unidades que permita optimizar el área desocupada para la colocación de insumos y componentes, logrando así un proceso continuo de producción.
6. Es indispensable que el supervisor de la línea de ensamble A, evalúe constantemente el progreso de las diversas herramientas de optimización, para mantener y lograr la mejora continua en el proceso de producción.
7. Capacitar, motivar, y formar al personal operativo de la línea de ensambles A, para que aprendan a trabajar con altos estándares de calidad, eficiencia y motivación; con esto se logra que la implementación de las herramientas de *lean manufacturing* se haga más fácil.

RECOMENDACIONES

1. El supervisor de producción de la línea de ensamble A, debe velar por que se cumpla el estudio sugerido para cumplir con la demanda diaria de *Deck-10*; para esto deberá evaluar periódicamente el desempeño del personal operativo a su cargo.
2. El gerente de producción, jefe de planta y supervisor de producción, apoyados por el personal operativo, deben de trabajar en conjunto y armonía para implementar las diversas herramientas de *lean manufacturing* y así lograr la optimización de la línea de ensamble A.
3. Es necesario realizar difusiones periódicas al personal operativo acerca de los riesgos, manejo y almacenamiento de los diversos componentes químicos, para evitar accidentes o condiciones inseguras en el área de trabajo y crear una producción más limpia.
4. Evaluar periódicamente las diversas herramientas de optimización propuestas, para garantizar la optimización de la línea de ensamble A.
5. Promover o premiar a las personas que demuestren entusiasmo y proactividad en la implementación de las herramientas de optimización, para generar motivación dentro del personal operativo.

6. El gerente de producción y el jefe de planta deben de capacitar periódicamente al personal operativo, para lograr un cambio de cultura y así facilitar la optimización de la línea de ensambles A.

7. Es de vital importancia la protección del medio ambiente dentro de Fogel de Centroamérica, S.A., ya que se utilizan diversos gases, componentes químicos y solventes, los cuales deben ser tratados con especial cuidado al manipularlos y utilizarlos, para evitar contaminación o riesgos al personal operativo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ARENAS REINA, José Manuel. *Control de tiempos y productividad. La ventaja competitiva*. España: Paraninfo, 2000. 120 p.
2. GARCÍA CRIOLLO, Roberto. *Estudio del trabajo, Ingeniería de métodos y medición del trabajo*. España: McGraw-Hill, 2005. 459 p.
3. HAY, Edward J. *Justo a tiempo = Just in time: la técnica japonesa que genera mayor ventaja competitiva*. Bogotá: Norma, 1989. 247 p.
4. MORÁN MARROQUÍN, Miriam Adela. *Estudio de tiempos y movimientos para la reducción de costos e incremento en la eficiencia en una industria de camas*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2008. 84 p.
5. MUNDEL, Marvin E. *Estudio de tiempos y movimientos*. tr. Ibarra Aispuro, Fernando. México: Continental, 1978. 799 p.
6. NIEBEL, Benjamín W. *Ingeniería industrial: métodos, tiempos y movimientos*. tr. García Díaz, María Dolores. México: Alfaomega, 1996. 880 p.
7. RAJADELL CARRERAS, Manuel; Sánchez García, José Luís. *Lean Manufacturing. La evidencia de una necesidad*. Madrid: Díaz de Santos, 2010. 272 p. ISBN: 9788479789671

8. TERCERO DOMINGUEZ, Oliver Armando. *Aplicación de la metodología cinco eses (5'S), dentro del proceso de mejora continua, de la empresa Inmoka*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2005. 220 p.

9. VACHETTE, Jean-Luc. *Mejora continua de la calidad: control estadístico del proceso*. Barcelona: CEAC, 1998. 307 p.

10. VALIENTE CIFUENTES, Edwin Roberto. *Optimización de un proceso de ensamble a través del diseño de un sistema de producción en línea en una empresa manufacturera*. Trabajo de graduación de Ing. Industrial, Facultad de Ingeniería, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, 2003. 72 p.