

UNIVERSIDAD DEL VALLE

DEGUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**PROPUESTA DE OPTIMIZACION EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE ARNESES PARA REDUCIR LOS TIEMPOS MUERTOS
EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCION DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN**

Trabajo de graduación presentado por

Andrea Marisol Becerra Peláez

para optar al grado académico de

Licenciada en Ingeniería Industrial.

GUATEMALA

2012

**PROPUESTA DE OPTIMIZACIÓN EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE
ARNESES PARA REDUCIR LOS TIEMPOS MUERTOS EN LAS LÍNEAS DE
PRODUCCIÓN DE EQUIPOS DE REGRIGERACIÓN**

UNIVERSIDAD DEL VALLE

DEGUATEMALA

Facultad de Ingeniería



**PROPUESTA DE OPTIMIZACION EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN
DE ARNESES PARA REDUCIR LOS TIEMPOS MUERTOS
EN LAS LÍNEAS DE PRODUCCION DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN**

Trabajo de graduación presentado por

Andrea Marisol Becerra Peláez

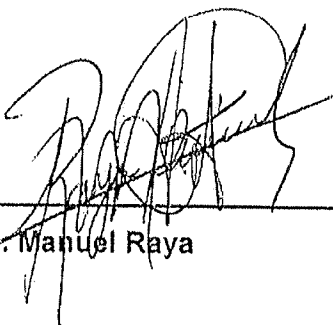
para optar al grado académico de

Licenciada en Ingeniería Industrial.

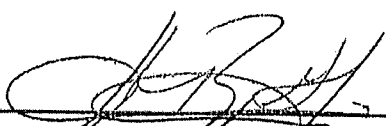
GUATEMALA

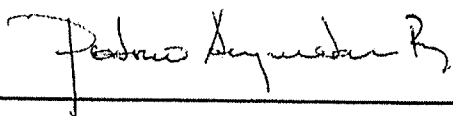
2012

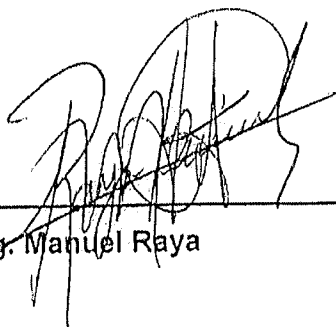
Vo. Bo. :

(f) 
Ing. Manuel Raya

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. María del Carmen Rodríguez

(f) 
Ing. Pedro Arguedas

(f) 
Ing. Manuel Raya

Fecha de aprobación: Guatemala 23 de mayo de 2012 ✓

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE GRÁFICAS	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	2
III. OBJETIVOS	3
A. General	3
B. Específicos	3
IV. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA	4
A. Historia	4
1 Ubicación geográfica	5
.2 Misión	5
3 Visión	5
.4 Política de la empresa	5
.5 Equipos de refrigeración comercial	6
6 Proceso de fabricación de equipos de refrigeración comercial	6
6.1 Descripción general	6
.6.2 Descripción de las áreas de producción	6
a. Área de metales	6
b. Líneas de producción	7
c. Fabricación de Sub-ensambles	8
7 Principales insumos para la fabricación de Equipos de Refrigeración	9
V. MARCO TEÓRICO	11
A. Definición e importancia de la productividad	11
B. Herramientas para el Aumento de la productividad	11
C. Herramientas para el registro y análisis de datos	14
D. Herramientas de Ingeniería	17
E. Herramientas exploratorias	19
VI. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL EN EL ÁREA DE ARNESES	21
A. Línea de Producción de arneses	21
B. Procesos de la línea de Producción de arneses	21
C. Detalle de materia prima utilizada	24
D. Distribución física del Proceso	27
E. Importancia del proceso de elaboración de arneses	28
F Identificación de las deficiencias del proceso	29
G. Estudio de Tiempos de la línea de producción de arneses	37
H Efectos de las deficiencias del proceso de elaboración de arneses	46
VII. PROPUESTA DE MEJORA Y ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS EN EL ÁREA DE ARNESES	48
A. Redistribución del área física del área de arneses	48
B. Mejoras en las condiciones de trabajo	51
C. Reorganización de la Mano de Obra: Balanceo de la línea de producción de arneses	54
D. Planificación de la producción de arneses diarios	57
E Resumen de las Propuestas	57
VIII. ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS PROPUESTAS	59
A. Análisis de los tiempos muertos en las líneas de producción de equipos de refrigeración	59
B Análisis de la implementación de las mejoras al área de arneses en general	60

C. Reducción en costo de mano de obra	61
D. Análisis del Costo/Beneficio sobre la implementación de las mejoras propuestas	62
E. Resumen del Análisis Financiero de las propuestas	62
IX. CONCLUSIONES	64
X. RECOMENDACIONES	66
XI. BIBLIOGRAFÍA	67
XII. ANEXOS	68
1: Clasificación ABC de los distintos modelos por familia de Equipos de Refrigeración	68
2: Resultados de estudio de tiempos para cada subprocesso en el área de arneses	71

ÍNDICE DE FIGURAS

1 Diagrama de procesos de fabricación de equipos de refrigeración comercial	8
2 Mapa mental del proceso de producción de equipos de refrigeración	9
3 Símbolos de diagrama de proceso	14
4 Símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME y algunos ejemplos	15
5 Símbolos no estándares de los diagramas de procesos	16
6 Diseño de diagrama de Ishikawa	20
7 Layout actual del área de arneses	27
8 Flujo actual en el área de arneses	29
9 Diagrama de Operaciones del Proceso de Fabricación de Arnese	44
10 Diagrama de Flujo del Proceso de Fabricación de Arnese	45
11 Diagrama de Ishikawa del proceso de elaboración de arneses	47
12 Facilitador propuesto para cables crimpados	49
13 Distribución del departamento propuesto	50
14 Bancos industriales para sentarse/pararse	52
15 Propuesta para la Elaboración de Arnese	53

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1 Corte de cables	22
2 Crimpado de cables	22
3 Tablero con cabezales en prueba de arneses	23
4 Cables con distintos calibres	24
5 Tipos de terminales	24
6 Conectores o Housings	25
7 Aislante termo encogible	25
8 Arnese de tina	26
9 Arnés de tierra	27
10 Incomodidad del personal	33
11 Arnese terminados sin identificación y ubicación específica	33
12 Cables cortados sin clasificación	34
13 Cables cortados identificados con cinta adhesiva	34
14 Distancia de la estación de crimpado de cable hacia el almacén de materiales	35
15 Asientos en una estación de crimpado	35
16 Trabajo de pie en preparado y armado	36
17 Incorrecta identificación de arneses no conformes	36
18 Rotulación de contenedores y cajas de herramientas	49
19 Identificación de contenedores de cable principal	50

ÍNDICE DE TABLAS

1	Razones de paros en las líneas de ensamble de refrigeradores de enero 2011 hasta junio 2011	30
2	Secuencias en las líneas de ensamble de refrigeradores que da como efecto el paro de actividades. (enero-junio de 2011)	31
3	Tabla de Suplementos	40
4	Estudio de tiempos	42
5	Resumen de estudio de tiempos	56
6	Resumen de la propuesta	58
7	Paros en las Líneas de Producción por causa del Área de Arneses año 2011	59
8	Costo Incurrido por los Paros en las Líneas de Producción a causa del Área de Arneses año 2011	60
9	Calculo de Inversión Inicial	61
10	Análisis del Costo/Beneficio de la implementación de las mejoras propuestas	62
11	Clasificación ABC modelos por familia de Equipos de Refrigeración Año 2010	68
12	Estudio de tiempos para cada subproceso en el área de arneses	71

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1	Análisis de Pareto para 250 modelos de equipos de refrigeración	38
2	Análisis de Pareto para 8 modelos de equipos de refrigeración	39
3	Carga actual de trabajo en las distintas Estaciones del Área de Arneses	54
4	Propuesta de balanceo de carga de trabajo para el departamento de arneses	56

RESUMEN

Fogel de Centroamérica, S.A., es una organización que produce más de 120 modelos diferentes de equipos de refrigeración. Las líneas de producción constantemente deben ser abastecidas por distintos elementos que conforman el producto final, estos elementos son elaborados en distintas áreas de la planta de producción.

El área de estudio de la presente investigación se lleva a cabo con el objetivo de presentar una propuesta de mejora en el área arneses, (conjunto de cables eléctricos), encargada de elaborar los distintos conjuntos de cables eléctricos para conformar el circuito eléctrico de todos los equipos de refrigeración producidos en la Empresa. Esta área presenta problemas de planeación y elaboración para abastecer en un tiempo eficaz las líneas de producción de equipos de refrigeración lo que provoca tiempos muertos en las mismas.

Para lograr optimizar los procesos, se sugiere eliminar los desperdicios de cualquier proceso. Además, al realizar esta propuesta de optimización se logrará mejorar la eficiencia, ya que cada herramienta propuesta se convierte en una buena técnica para la mejora continua en los procesos.

Adicionalmente, con la propuesta se busca llevar a cabo un análisis de operaciones que estudie todos los elementos productivos y no productivos en el área de arneses con el fin de incrementar la productividad en unidades de tiempo más cortas y reducir costos unitarios en el proceso de elaboración de cables eléctricos; además de incrementar el entusiasmo del personal operativo a través de las mejoras en las condiciones y el reordenamiento del lugar de trabajo, así como la aplicación de métodos consistentes.

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la exigencia del mercado demanda a las empresas estar a la vanguardia y contar con un ciclo de mejora continua en todos sus procesos, es por ello que el presente Trabajo de Graduación encuentra su fundamento en la empresa Fogel de Centroamérica, S. A.

Esta es una empresa que produce más de 120 modelos diferentes de equipos de refrigeración. Actualmente cuenta con diversas líneas de producción de equipos de refrigeración, las cuales deben mejorar su productividad, minimizando los tiempos muertos causados por operaciones ineficientes en el área de elaboración del conjunto de cables eléctricos (arneses).

Para poder minimizar los diversos problemas que se presentan en el área de fabricación de arneses es necesaria la evaluación de cada proceso, para encontrar opciones que garanticen la ejecución de los mismos en un menor tiempo, menor costo, y con la cantidad de operarios necesarios.

A lo largo del trabajo de graduación se procederá a identificar y entender el proceso actual, para poder discernir entre las actividades que generan valor. Posteriormente se definen los recursos de cada parte del proceso de fabricación de arneses, para poder llegar al análisis del área bajo estudio.

Al analizar los principales problemas que hacen ineficiente el proceso bajo estudio se proponen mejoras que buscan eliminar los tiempos muertos en las líneas de producción de equipos de refrigeración, basándose en un análisis de costo-beneficio, el cual permite verificar la viabilidad financiera de las respectivas mejoras propuestas.

II. JUSTIFICACIÓN

Debido a la alta demanda de la diversidad de equipos de refrigeración fabricados en la Empresa, Fogel de Centroamérica, cuenta con diversas líneas de producción de equipos de refrigeración, las cuales deben mejorar su productividad, minimizando los tiempos muertos causados por operaciones ineficientes en el área de elaboración del conjunto de cables eléctricos (arneses) de los equipos de refrigeración.

Las distintas operaciones que realizan los operarios de esta línea de fabricación de arneses no cuentan con un buen diseño de trabajo y métodos de manufactura u operación eficientes, por lo que se deberá incluir una configuración adecuada, uso de herramientas, condiciones de trabajo, disposición del lugar de trabajo y la economía de los movimientos. En la mayoría de los casos, requieren tiempo adicional debido a la falta de planeación (el encargado de área se ocupa de planear las actividades del día en base a la demanda de las líneas de ensamble y no se apoya en algún método práctico).

Es de alta importancia reducir los desechos que resulten del proceso y optimizar la productividad mediante el reordenamiento del lugar de trabajo (*Layout* de distribución) y la aplicación de métodos consistentes en los distintos procesos efectuados.

III. OBJETIVOS

A. General

Proponer mejoras en el proceso de fabricación de arneses para eliminar tiempos muertos en las líneas de producción de equipos de refrigeración.

B. Específicos

- Identificar y determinar el flujo del proceso actual de fabricación de arneses.
- Determinar los equipos de refrigeración más demandados para la empresa.
- Determinar las debilidades que se presentan en el proceso de fabricación de arneses.
- Diseñar estaciones de trabajo ergonómicas capaces de minimizar esfuerzos, facilitando las operaciones de los operarios.
- Establecer una propuesta de producción más eficiente.
- Determinar los costos de implementación de la propuesta de mejora.

IV. ASPECTOS GENERALES DE LA EMPRESA

A. Historia

La fábrica Refrigeradores de Guatemala, S. A inició operaciones en Guatemala en 1981, bajo el liderazgo de Jacobo Tefel Pasos. Desde entonces ha sido la empresa líder en el mercado de refrigeración comercial, incrementando su producción año con año debido a la preferencia de los principales productores de bebidas gaseosas, cervezas, jugos y refrescos naturales, lácteos, avícolas, emparadoras de embutidos, hielo y otros productos alimenticios.

En octubre de 2007, Refrigeradores de Guatemala, S.A. cambió su nombre comercial a Fogel de Centroamérica, S.A. Actualmente atiende a clientes en 34 países en todo el continente americano, el Caribe, África y Europa. Asimismo, Fogel Andina, S.A. es fundada en Cali, Colombia, para atender a todo el mercado andino.

En la actualidad se producen más de 250 modelos diferentes de equipos de Refrigeración, de tal forma que puedan abastecer la demanda de sus clientes. Estos equipos cuentan con varias certificaciones, entre las cuales se pueden mencionar ISO 900, ISO 17025. Asimismo, *Underwriters Laboratories*(UL), ha certificado a los laboratorios de Fogel para diseñar equipos que cumplan con las normas de seguridad eléctrica y de sanidad en Estados Unidos; también California Energy Commission (CEC), ha autorizado a los laboratorios de Fogel para probar equipos de refrigeración y certificar su consumo energético para uso en Estados Unidos.

Fogel de Centroamérica ha desarrollado un conjunto de prácticas que le han permitido cumplir con distintos ejes que conforman el entorno, por lo que se ha destacado a nivel nacional por sus buenas prácticas de Responsabilidad Social Empresarial.

B. Ubicación geográfica

Fogel de Centroamérica se encuentra ubicada en la capital de Guatemala, específicamente en el municipio de Mixco, entre las calzadas San Juan y Roosevelt. La dirección es: 3ª Av. 8-92 Zona 3 Lotificación El Rosario, Mixco, Guatemala.

C. 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, capacitar al recurso humano para desempeñarse profesional y éticamente con permanente sentido de urgencia.

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

D. Visión

“Ser el mejor proveedor de equipos de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, para puntos de ventas al detalle de productos fríos en América Latina, por medio de innovación permanente, calidad, bajo consumo energético de sus productos, servicio personalizado, soporte técnico y precio competitivo”.

E. Política de la Empresa

Se fabrican y comercializan equipos innovadores de refrigeración comercial adaptados a los requerimientos del cliente, utilizando tecnología moderna, materiales de calidad mundial y personal competente, manteniendo un proceso permanente de Mejora Continua.

F. Equipos de refrigeración comercial

En esta fábrica se producen más de 250 modelos de equipos de refrigeración comercial, con el fin de satisfacer las necesidades particulares de los clientes.

La gama de los equipos de refrigeración comercial que se produce es muy amplia, entre los cuales se pueden mencionar: refrigeradores con acabados de acero inoxidable, mostradores refrigeradores, congeladores verticales y horizontales, enfriadores horizontales, hieleras, conservadores de hielo, exhibidores abiertos, mesas de trabajo, entre otros.

Estos productos ofrecen buena presentación y accesibilidad al consumidor, ya que poseen estructuras sólidas y resistentes a la oxidación. Se utiliza el gas refrigerante R-134a, el cual es tratado por un programa permanente de recuperación, para tener buenas prácticas en el eje del medio ambiente.

G. Proceso de fabricación de equipos de refrigeración comercial

1. Descripción general. El tipo de proceso que se lleva a cabo en esta planta es de fabricación, ya que todos los componentes y materias primas se convierten en un equipo de refrigeración comercial. La estructura del flujo del proceso está integrada por tres áreas de producción, las cuales comprenden:

- Área de metales
- Líneas de producción
- Fabricación de sub-ensambles

En este proceso, las partes separadas se mueven de una estación a otra a un ritmo controlado, siguiendo la secuencia necesaria para fabricar los equipos.

2.Descripción de las áreas de producción

a. Área de metales. La primera parte del proceso de producción se realiza en el departamento de metales. Las piezas metálicas que forman los distintos equipos, se

fabrican mediante el corte, troquelado y doblado de los rollos de lámina. Estas posteriormente son trasladadas a las Líneas de Producción y a la fabricación de sus Sub-ensambles, en donde se trabajan otros componentes de los equipos de refrigeración.

b. Líneas de producción. La empresa está conformada por dos líneas de producción en donde se ensamblan los equipos de refrigeración. Cada línea de producción se divide en ensamble 1, 2 y 3.

En el Ensamble 1, se fabrican los gabinetes y tinajas de los refrigeradores con piezas provenientes de los departamentos de metales, termoformado, rótulos, cobre y evaporadores, eléctricos, soldadura de bases, perfiles y serigrafía.

Estos son ensamblados y trasladados al departamento de espuma, donde se inyecta dentro de las paredes del gabinete una mezcla de poliuretano y pentano, que al reaccionar forman una espuma termo aislante.

Los gabinetes ya espumados son trasladados al departamento de Ensamble 2, en donde se les coloca el baffle, evaporador, bases sobre las cuales descansan los equipos, marcos de aluminio y perfiles. Prontamente pasan al Ensamble 3, donde se les coloca las puertas, mullón, unidades condensadoras, cubremotores, y piezas plásticas provenientes de termoformado, y de rótulos.

Posteriormente los equipos pasan al área de refrigeración. En esta sección, se efectúa una prueba de vacío y hermetización al equipo, con el objetivo de eliminar impurezas, inmediatamente se les inyecta gas refrigerante.

Seguidamente se realiza una prueba de funcionamiento de los equipos, efectuándoles una prueba eléctrica denominada Hipot (alta frecuencia), que consiste en aplicar 1,000 V al sistema para detectar cualquier falla o cortos circuitos.

El equipo con buen funcionamiento es enviado al departamento de acabado final, en donde se limpian totalmente, y se reparan las imperfecciones físicas de los mismos.

A aquellos que por la magnitud de los daños necesiten pasar por la cabina de pintura se les aplica una película de pintura.

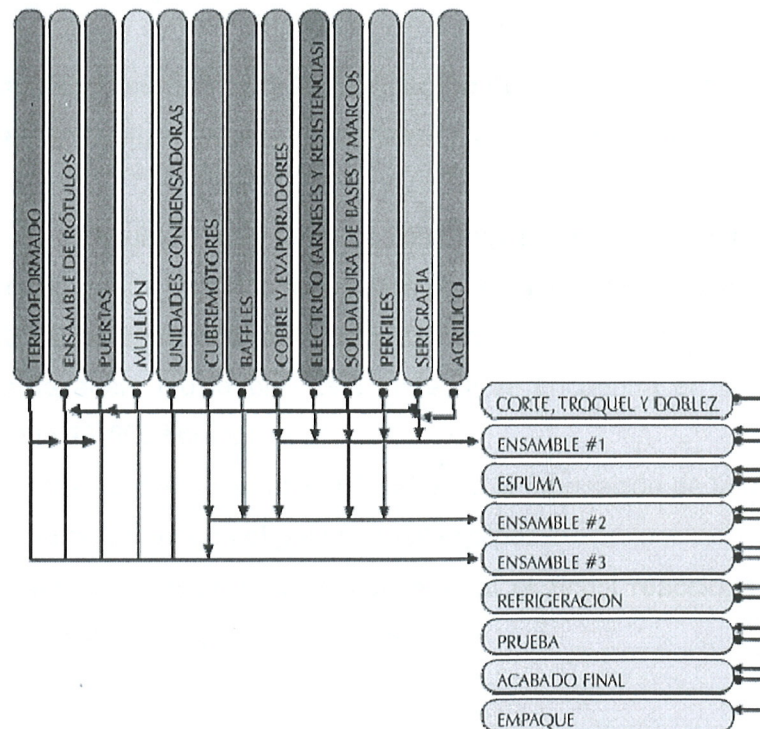
A cada equipo se le coloca las calcomanías decorativas y de identificación, accesorios, parrillas y demás complementos, para después empacarlos debidamente y así darles una buena presentación.

c. Fabricación de sub-ensambles. Esta área de producción se encarga de elaborar todos los sub-componentes que conforman los equipos de refrigeración, que incluyen: el baffle, evaporador, bases, marcos, perfiles, entre otros. Cada sub-componente es elaborado en una estación de trabajo previamente designada.

En la Figura 1 y Figura 2 se presentan dos diagramas que denotan de forma visual el flujo del proceso de producción de Equipos de Refrigeración.

Figura 1

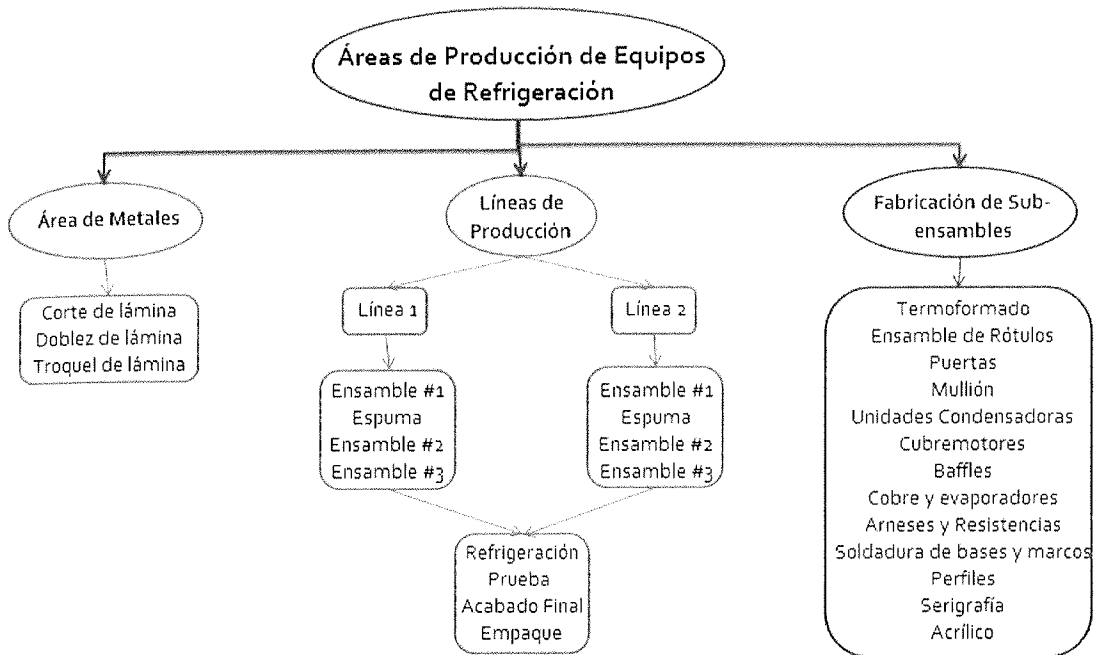
Diagrama de procesos de fabricación de equipos de refrigeración comercial



Fuente: Manual de Calidad Fogel

Figura 2

Mapa mental del proceso de producción de equipos de refrigeración comercial



Fuente: Elaboración propia

3. Principales insumos para la fabricación de equipos de refrigeración. Los principales materiales utilizados para la fabricación de los equipos de refrigeración son los siguientes:

- **Lámina:** los equipos de refrigeración utilizan distintos tipos de lámina dependiendo de los modelos requeridos por el cliente. Entre estos se encuentra la lámina galvanizada calibre 16, 18 y 22, lámina pre-pintada en calibre 25 y 22, y lámina de acero inoxidable. Este material se encuentra en presentación de rollos, hasta 12,500 libras.
- **Poliol:** uno de los dos materiales utilizados en la fabricación de la espuma termo aislante que se inyecta en el gabinete del equipo.
- **Ciclopentano:** agente espumante con el cual el Poliol reacciona formando la espuma aislante térmica de los equipos.

- Tubería de cobre: material utilizado para la fabricación de evaporadores, placas, y condensadores, que son los componentes del sistema de refrigeración.
- Perfiles y molduras de aluminio y PVC: utilizados en los sistemas de puertas.
- Compresores: utilizados para la fabricación de los condensadores con distintas potencias dependiendo del modelo del equipo.
- Serpentes para condensador y evaporador: utilizados en la fabricación de componentes del sistema de refrigeración de los equipos. El condensador desplaza calor del vapor de alta presión que se desprende del compresor y lo condensa en líquido a alta presión, mientras que el evaporador, al pasar vapor a baja presión, absorbe el calor del gabinete del equipo.
- Vidrios: utilizados en las puertas. En la parte interna circula gas refrigerante que forma un aislamiento térmico, logrando que el gabinete se mantenga a la temperatura requerida.
- Empaques magnéticos: funcionan como un sello hermético que impide la transferencia de calor no deseada del gabinete del equipo con el exterior, se utilizan para el sistema de puertas.
- Insumos eléctricos: entre estos están los balastos, sujetadores de lámparas, terminales para cables, filtros supresores de voltaje, etc.
- Calcomanías y acrílicos: las calcomanías se utilizan para la decoración de los equipos; mientras que los acrílicos se utilizan para la fabricación de los rótulos según el diseño que el cliente prefiera.
- Parrillas: fabricadas con alambre galvanizado, y recubiertas con una capa de pintura anticorrosiva.

V. MARCO TEÓRICO

A. Definición e importancia de la productividad.

En la fabricación, la productividad evalúa la capacidad de un sistema (el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados) para elaborar los productos y el grado en que se aprovechan los recursos.

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En términos generales, puede definirse como:

$$Productividad = \frac{Salidas}{Entradas}$$

La mejora de la productividad se refiere al aumento en la cantidad de producción por hora de trabajo invertida.

B. Herramientas para el aumento de la productividad

Las herramientas fundamentales que generan una mejora en la productividad incluyen métodos, estudios de tiempos estándares y el diseño del trabajo.

1. Manufactura Esbelta . El sistema de *Manufactura Esbelta* ha sido definida como una filosofía de excelencia de manufactura, basada en:

- La eliminación planeada de todo tipo de desperdicio.
- El respeto por el trabajador: 5S.
- La mejora consistente de Productividad y Calidad: *Kaizen*.

Manufactura Esbelta incluye diversas 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. Nació en Estados Unidos, y fue perfeccionada en Japón, basándose en los principios de William Edwards Deming. Originalmente éste fue nombrado "*El Sistema de Producción de Toyota*"

Esta filosofía puede ser aplicada en todas las áreas de la empresa: administrativas, financieras, mercadotecnia, manufactura, ventas y, servicios.

2. Objetivos, principios e importancia de *Manufactura Esbelta* en la industria general. El principal objetivo de *Manufactura Esbelta* es implementar una filosofía de Mejora Continua, que permita a las compañías reducir sus costos de operación mantenimiento y desperdicios. Esto aumentaría la satisfacción de los clientes a través del incremento de la capacidad del producto o servicio.

Esta filosofía proporciona a la compañía herramientas competitivas en un mercado global que exige calidad más alta, entregas más rápidas, al menor costo y en la cantidad requerida. Específicamente, reduce la cadena de desperdicios, reduce el inventario y el espacio en el piso de producción. Crea sistemas de producción y de entrega de materiales apropiados, mejorando las distribuciones de planta para aumentar la flexibilidad.

La filosofía *Manufactura Esbelta* persigue que la compañía pueda adquirir un Pensamiento Esbelto, que significa “solo la cantidad requerida, cuando y donde se necesite”, mediante una constante disciplina y enfoque en:

- Valor, definido por lo que los clientes están dispuestos a pagar; es creado por cualquier actividad que pueda cambiar la forma o función del producto o servicio.
- Flujo de valor, busca identificar como fluyen los materiales e información a lo largo del proceso productivo, desde los requerimientos del cliente hasta la entrega del bien o servicio, logrando identificar y eliminar los desperdicios encontrados en pasos del proceso que no agregan valor.
- “Jalar”; es decir, lograr que la empresa sea capaz de producir en respuesta a las necesidades de los clientes.
- Perfección, buscar constantemente mejoras con el fin de evitar desperdicios.

La implementación de esta filosofía implica un mejoramiento continuo, que conduce a las empresas a incrementar, de forma general, todos sus estándares, mejorando la

satisfacción del cliente y el margen de utilidad. Los objetivos principales que ésta filosofía busca son:

- Reducir costos, mejorar procesos y eliminar desperdicios.
- Reducir el inventario y el espacio en el área de producción.
- 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.

3. Herramientas de *Manufactura Esbelta*

a. **5 Eses.** La metodología de 5S es considerada como uno de los principios básicos de la manufactura esbelta, para maximizar la eficiencia en los lugares de trabajo, y dar la posibilidad de contar con diversificación de productos, calidad más elevada, menores costos. Busca presentar una metodología que sirva como guía de implementación para áreas críticas de las empresas manufactureras.

La metodología de implementación tiene como primera parte, la recolección de información sobre el nivel de 5S en el área designada y sobre la cultura organizacional de la empresa objeto del estudio. Posteriormente, se establece qué clase de desperdicios se generan y sus posibles causas. Luego se determina el flujo de procesos del área designada, para su posterior análisis. Se prosigue con la implementación de cada uno de los pilares de las 5S, mostrando la relación que tienen estos pilares con otras técnicas de mejoramiento continuo. Finalmente se debe analizar los indicadores escogidos para evaluar la implementación y presentar las respectivas conclusiones y recomendaciones.

Esta filosofía de trabajo permite desarrollar un plan sistemático que mantendrá continuamente la clasificación, el orden y la limpieza, logrando inmediatamente una mayor productividad, mejoras en la seguridad, el clima laboral, la motivación del personal, la calidad, y la eficiencia. Se denomina 5S de acuerdo a las iniciales de las palabras japonesas "seiri", "seiton", "seiso", "seiketsu" y "shitsuk" que significan selección, orden, limpieza, estandarización y disciplina, respectivamente.

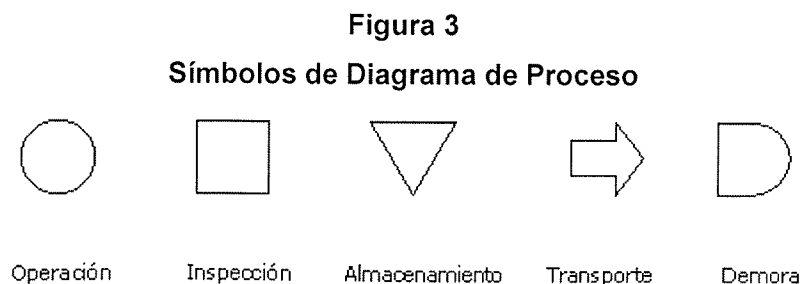
b. **Balance de línea.** El objetivo del balanceo de una línea de producción es determinar cuántas estaciones de trabajo o personas se necesitan para que un producto tenga un flujo de producción lo más continuo posible, de tal forma que se pueda cumplir con las metas de producción.

Los factores que influyen en el balance de línea son: tiempo efectivo de producción, tiempo estándar, y eficiencia de la línea.

c. **Herramientas para el registro y análisis de datos**











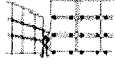









1. **Diagrama de procesos.** El diagrama de procesos muestra la secuencia cronológica de todas las operaciones, inspecciones, tiempos permitidos y materiales que se utilizan en un proceso de manufactura, desde que llega la materia prima hasta el empaquetado del producto terminado. Así mismo, ofrece detalles de la manufactura, como lo son valores del tiempo que se asignan a cada operación o inspección. Estos diagramas son útiles para el proceso de análisis al momento de identificar nuevos y mejores procedimientos del proceso bajo estudio.

Para construir el diagrama del proceso se utilizan diversos símbolos, (ver Figura 3 y Figura 4) adoptados como estándares que permiten que los diagramas sean ampliamente comprendidos.



Fuente: Niebel, B y Freivalds, A. Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. Página 28.

Figura 4: Símbolos de diagrama de proceso de acuerdo con el estándar ASME, y algunos ejemplos

Operación  Un círculo grande indica una operación, como:	 Sustituir	 Mezclar	 Trabajar o trabajar
Transporte  Una flecha indica un transporte, como:	 Mover material en carrito	 Mover material por banda transportadora	 Mover material cargado (transporte)
Almacenamiento  Un triángulo indica un almacenamiento, como:	 Materia prima almacenada a granel	 Producto terminado apilado en lotes	 Arreglo de documentos
Demora  Una letra D mayúscula indica una demora, como:	 Esperar el elevador	 Material en espera de ser procesado	 Documentos en espera para archivarlos
Inspección  Un cuadrado indica una inspección, como:	 Examinar calidad y cantidad	 Lectura de niveles en caldera	 Examinar archivos con un límite superior

Fuente: Niebel, B y Freivalds, A. Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. Página 28.

Existen dos tipos principales de diagramas de proceso: los diagramas de procesos operativos y los diagramas de flujo de proceso. Estos pueden ser utilizados de acuerdo al tipo de datos que se desee recabar y analizar.

a. **Diagrama de procesos operativos.** Este tipo de diagrama describe las etapas del proceso que correspondan a operaciones e inspecciones, utilizando como símbolos círculos y cuadrados. Resulta útil para describir la parte esencial de procesos, el diseño de nuevos procesos o para la fácil explicación de un proceso a quienes no se encuentran familiarizadas con el mismo.

De tal forma, todas las operaciones e inspecciones identificadas en un proceso deberán representarse por símbolos que serán ordenados y numerados en orden

cronológicamente e interconectados entre sí. Cada uno de estos símbolos deberá contener la descripción de la operación o inspección y del tiempo que ésta dura.

b. Diagrama de flujo del proceso. Este diagrama presenta mayor detalle que el diagrama de procesos operativos, y se aplica a cada componente de un ensamble. Es por esto que puede utilizarse para registrar los costos ocultos no productivos, como lo son las distancias recorridas, los retrasos, y los almacenamientos temporales. Además de círculos y cuadrados, se utilizará en su elaboración triángulos, flechas, y símbolos no estándar (ver Figura 5), para identificar operaciones administrativas o de papeleo.

Figura 5: Símbolos no estándares de los diagramas de procesos



Se llevó a cabo una inspección en conjunto con una operación.



Una operación y un transporte se llevaron a cabo de manera simultánea.

Fuente: Niebel, B y Freivalds, A. Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del trabajo. Página 28.

2. Diagrama de recorrido. Los diagramas de recorrido están constituidos por un plano a escala del área de trabajo en que se lleva a cabo el estudio, mostrando la ubicación de todas las actividades representadas en el diagrama de flujo de procesos.

Cada actividad se identifica mediante símbolos y números que corresponden a los que aparecen en el diagrama de flujo de proceso, para luego marcar mediante flechas los flujos de materiales e insumos a través del proceso. Si resulta de utilidad pueden añadirse información en el diagrama como la longitud, duración y frecuencia de los flujos.

El diagrama de recorrido representa un complemento del diagrama de flujo de procesos ya que permite rediseñar distribuciones de las áreas de trabajo, optimizando el transporte de productos e insumos y desplazamientos de personal.

D. Herramientas de Ingeniería

Las herramientas de la Ingeniería Industrial que ayudan a mejorar la productividad son: análisis de operaciones, medición y diseño del trabajo. El procedimiento general para la aplicación de estas herramientas es el siguiente:

1. Definición del problema.
2. División del trabajo en operaciones.
3. Análisis de cada operación para determinar los procedimientos más adecuados de manufactura.
4. Implementación de la propuesta y aplicación de valores de tiempo adecuados.
5. Seguimiento para verificar si los métodos propuestos son utilizados de la manera correcta.

1. Análisis de operaciones. El análisis de operaciones es utilizado principalmente para estudiar todos los elementos productivos y no productivos de una operación, de tal forma que se pueda incrementar la productividad por unidad de tiempo, reduciendo los costos unitarios, mejorando así la calidad.

Para poder aplicar la herramienta el primer paso es reunir información relacionada con el volumen previsto de trabajo, con esto se podrá fijar el tiempo y esfuerzo que debe dedicarse al mejoramiento del método actual. Luego se debe reunir toda la información concerniente a la manufactura. Esta información incluye todas las operaciones, las instalaciones, los tiempos, los movimientos y transportes, las distancias, las inspecciones, los almacenes, especificaciones de calidad y diseño. Toda esta información debe presentarse de manera adecuada para su estudio haciendo uso de las herramientas de registro y análisis de datos.

Las operaciones deben ser evaluadas para poder definir, si es necesaria, de qué manera se realiza, con que materiales y quien la lleva a cabo. Este método define nueve enfoques primarios para análisis:

- Finalidad de la operación: simplificar la operación con el fin obtener los mismos o mejores resultados a un menor costo.
- Diseño de las partes: se debe revisar los diseños de los productos en busca de mejoras.
- Tolerancias y especificaciones: esto se relaciona con la capacidad del producto para satisfacer determinadas necesidades.
- Material: se refiere a la elección de un material fácil de procesar y de bajo costo, también se refiere a la reducción de desechos, entre otras.
- Secuencia y proceso de fabricación: incluye la modificación, mecanización y automatización de operaciones.
- Configuración y herramientas: consiste en determinar la cantidad de herramientas necesarias que estén acordes a las necesidades específicas de las operaciones.
- Manejo de materiales: incluye el movimiento, lugar, cantidad y espacio necesario para que las operaciones no se detengan por la falta de materiales.
- Distribución de planta: consiste en el estudio del desarrollo de un sistema de producción que permita la fabricación de productos deseados a bajo costo. En este punto es muy útil para reducir costos ocultos por transportes innecesarios y retrocesos, tanto de productos como de personas.
- Diseño del trabajo: es necesario para mejorar la economía de movimientos y la salud de los trabajadores.

2. Medición del trabajo. Para realizar la medición de trabajo se utiliza la técnica de estudios de tiempos, que ayuda a establecer estándares de tiempo permitidos para realizar una tarea específica, con los suplementos u holguras por fatiga y por retrasos personales e inevitables.

Para asegurar el éxito del estudio de tiempos el analista debe inspirar confianza, tener un criterio definido y poseer un enfoque humano. Los elementos que incluye un estudio de tiempos incluyen: seleccionar al operario, analizar y dividir el trabajo en elementos, registrar los tiempos transcurridos por cada elemento, calcular la calificación del operario y asignar los suplementos adecuados.

3. Diseño del trabajo. El diseño del trabajo consiste en diseñar el lugar de trabajo, las herramientas, el equipo y el entorno de manera que se ajusten al operario y a la operación.

Se debe proporcionar condiciones de trabajo cómodas y seguras para el operario, mediante el diseño del entorno de trabajo acorde a las necesidades de los operarios y a la operación. Para el diseño del entorno de trabajo se debe prestar especial atención a los siguientes factores:

- Iluminación
- Ruido
- Temperatura
- Ventilación
- Radiación
- Horarios de trabajo, y
- Seguridad

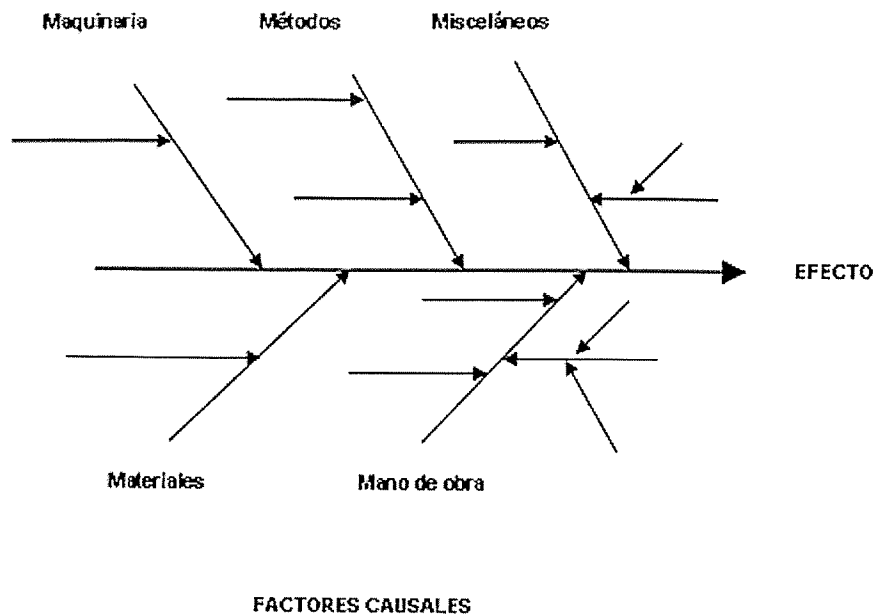
Un entorno de trabajo adecuado es importante no solo para el incremento de la productividad y la salud de los trabajadores, sino para mejorar la motivación de los mismos.

E. Herramientas exploratorias

1. **Diagrama de Ishikawa.** Este método consiste en definir, con el mayor grado de precisión, la ocurrencia de un evento o problema no deseable (efecto) en un proceso productivo, identificando los factores que contribuyen a su conformación. Un diagrama de Pescado (ver Figura 6) está formado por una serie de flechas agrupadas hacia una flecha central, que señala el problema bajo estudio. Cada una de estas flechas designará una causa del problema, que a su vez se subdivide en subcausas.

El diagrama proporcionara un panorama general del problema y de los factores que contribuyen a su existencia, para luego analizarlos, y determinar posibles soluciones a los mismos.

Figura 6: Diseño de Diagrama de Ishikawa



Fuente: Vargas, Teófilo. *Gestión Empresarial: Conceptos y Mejores Prácticas de gestión empresarial*. [Artículo en línea]. Desde <<http://mp.peru-v.com/contact/contact.htm>>.

2. Diagramas de Pareto. El análisis de Pareto es un método gráfico utilizado para definir los problemas más importantes de una determinada situación y, por consiguiente, las prioridades de intervención. Es por esto que es uno de los primeros pasos que deben darse para proponer y realizar mejoras. Este se aplica mediante una representación gráfica de la prioridad de los datos.

VI. DIAGNÓSTICO DEL PROCESO ACTUAL EN EL ÁREA DE ARNESES

A. Línea de producción de arneses

Los arneses eléctricos abastecen de energía los distintos componentes eléctricos de los equipos de refrigeración. Estos elementos son de gran importancia dentro del proceso productivo ya que afectan directamente el funcionamiento de los refrigeradores, por lo que sin no son bien elaborados pueden afectar la calidad del producto, y por ende la satisfacción de los clientes.

Actualmente, el diseño de los arneses se adapta a las necesidades del producto, se cuenta con un control más eficiente del proceso, se detectan con mayor facilidad las fallas y se van elaborando conforme se fabrican los equipos de refrigeración.

B. Procesos de la línea de producción de arneses

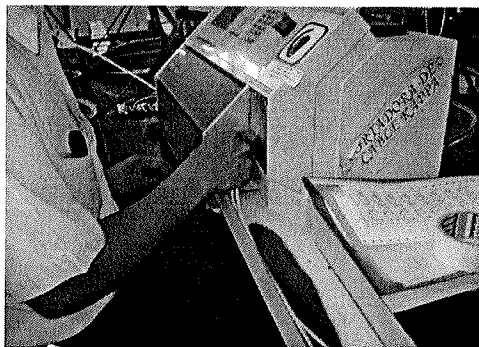
El tipo de distribución que actualmente se tiene en el área de arneses es por proceso; las estaciones de trabajo están agrupadas por su similitud, estas pueden ser por corte, crimpado, preparado, armado y prueba. A continuación se detalla cada subproceso.

1. Corte de cable. Con base en una lista de corte de un equipo de refrigeración específico, se procede al cortar los cables. En esta lista se define el código de corte, el número de plano a elaborar, largo, el color, calibre, largo de los desforres en los extremos, y el arnés al que pertenece el cable. Se corta en lotes de 100 equipos para un mismo tipo de calibre, con medidas que varían.

La estación de trabajo consta de una máquina cortadora y desforadora de cables automática, y un operario para manejarla. La máquina desforadora tiene la capacidad de cortar y desforrar cables de calibre 14 a 18 AWG.

Cuando el manojo de cables está completo, estos son atados con cinta adhesiva en la que se anotan el largo y medida de los desforres y se colocan en las cercanías de la estación de trabajo para que los operarios de crimpado los tomen y continúen con el proceso. Luego, cambia de calibre y procede a cortar otro lote de 100 equipos.

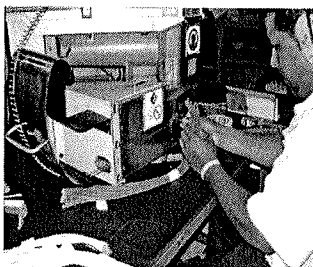
Fotografía 1: Corte de cables



2.Crimpado de cable. Este subproceso se lleva a cabo en cuatro estaciones de trabajo, en las que se crimpa la terminal a todos los cables previamente cortados, según el plano proporcionado por ingeniería del producto.

En cada estación de trabajo labora un operario que realiza las actividades mediante una máquina crimpadora con sus respectivos aplicadores o herramientas para el crimpado de cada tipo de terminal. Los operarios de crimpado deben seleccionar los cables a crimpar dependiendo de las terminales que pueda colocar.

Fotografía 2: Crimpado de cables



3. Preparado y armado de arnés de tina. Este subproceso consiste en incrustar los cables con su respectiva terminal dentro de los circuitos de los housings o conectores, dando forma al arnés.

El ensamble se hace en base al diagrama proporcionado por Ingeniería del producto, en el que se indica detalladamente la unión respectiva de los cables para la fabricación del arnés, así como las distintas longitudes y conectores.

Para las actividades de ensamble se posee una mesa de trabajo, en la que dos operarios ensamblan los distintos arneses.

4. Prueba de arneses. El tablero es un instrumento facilitador de la prueba del arnés de tina (ver Figura 9). El operario introduce los housings mediante cabezales, que los sujetan en posición sobre un diagrama o plano del arnés.

De tal forma que al estar todos los cabezales bien colocados según el plano proporcionado, se puede realizar la prueba en el tablero eléctrico, el cual le indica al operador si el arnés funciona adecuadamente o si hay algún error. En ambos casos el operador debe dar aviso a su supervisor para que los operarios encargados del armado y preparado de arneses continúen con su labor.

Fotografía 3: Tablero con cabezales en prueba de arneses



5. Preparado y armado de arnés de unidad de base. Este subproceso consiste en incrustar los cables con su respectiva terminal dentro de los circuitos de los housings o conectores, dando forma al arnés.

El ensamble se hace en base al diagrama proporcionado por Ingeniería del producto, en el que se indica detalladamente la unión respectiva de los cables para la fabricación del arnés, así como las distintas longitudes y conectores.

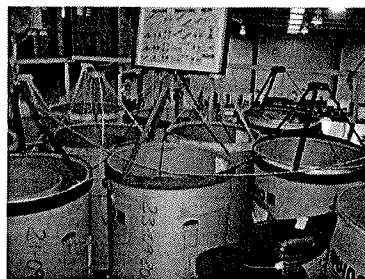
Para las actividades de ensamble se posee una mesa de trabajo, en la que un operario ensambla los distintos arneses.

C. Detalle de materia prima utilizada

Los insumos utilizados en el proceso en estudio son los siguientes:

Cable calibre 14,16 y 18 AWG, en los colores negro, verde, rojo, negro y amarillo. El cable es utilizado para la fabricación de los arneses y la presentación que se utiliza es la de tonel, aunque en ocasiones el cable calibre 14 se compra en cajas de 100 metros.

Fotografía 4: Cables con distintos calibres



Diferentes tipos de terminales, estas son utilizadas para unir las fibras de los cables, para luego ensamblarlas a los conectores o housing.

Fotografía 5: Tipos de terminales



Conectores o housings, dispositivos plásticos utilizados para el ensamble de los arneses. Estos componentes están formados por espacios llamados circuitos en los cuales se incrustan los cables.

Fotografía 6: Conectores o Housings



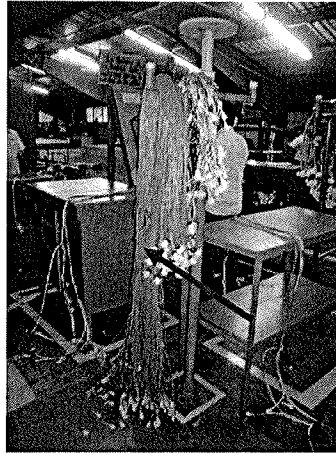
Aislante termo encogible, cinta de aislar y cinta adhesiva, para asegurar los componentes y evitar cortos circuitos por mal contacto entre estos (ver fotografía 6).

Fotografía 7: Aislante termo encogible



Los arneses son el conjunto de cables, alambres, terminales y conectores que transportan la energía eléctrica hacia los distintos dispositivos eléctricos necesarios para el funcionamiento de los equipos de refrigeración. Los arneses alimentan las resistencias perimetrales, los distintos componentes de la unidad condensadora, termostatos, timers y el sistema de iluminación.

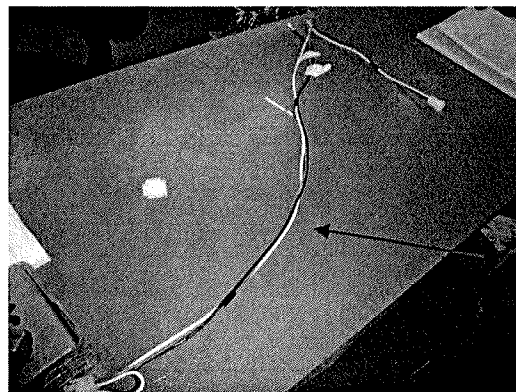
Fotografía 8: Arneses



Todos los equipos incluyen tres arneses distintos, su estructura varía dependiendo del modelo que se esté fabricando, se describen a continuación:

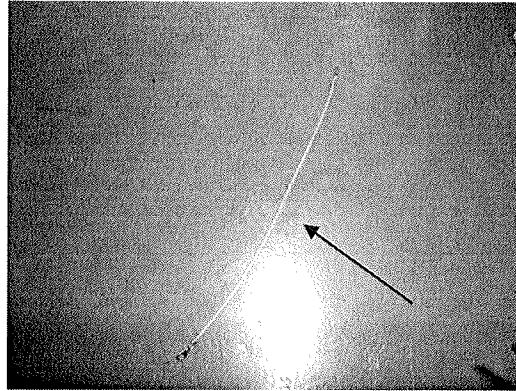
- **Arneses de unidad.** Es el que recibe la energía eléctrica del cordón tomacorriente, y alimenta el arnés de tina.
- **Arneses de tina.** Es la red principal del sistema eléctrico del equipo y se utiliza para distribuir la energía eléctrica a los arneses que alimentan los distintos elementos eléctricos de los equipos de refrigeración. Se encuentra ubicado entre la tina y el gabinete exterior dentro del espumado.

Fotografía 9: Arneses de tina



- **Arneses de tierra.** Si existiera una descarga en cualquier componente del sistema eléctrico ubicado dentro de la tina (que está aislada del exterior por medio de la espuma termo aislante), el arnés de tierra liberaría la energía hacia el cordón tomacorriente protegiendo al equipo y al usuario.

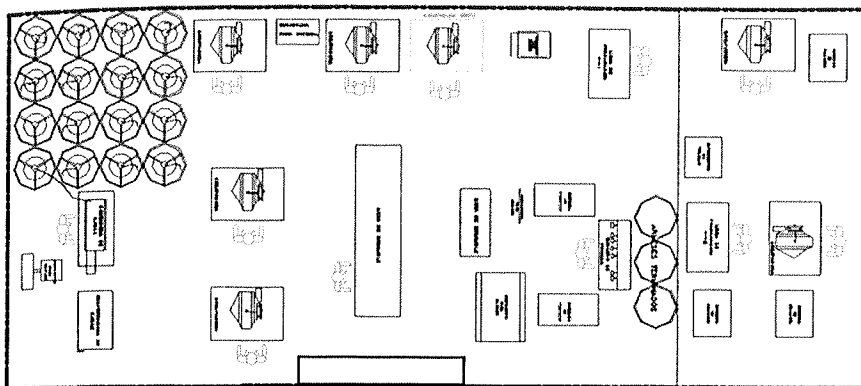
Fotografía 10: Arnés de tierra



D. Distribución física del proceso

Actualmente el departamento cuenta con un área de 69.71 metros cuadrados para realizar sus actividades. Este departamento está ubicado en un mezanine. Al subir las gradas la primera estación de trabajo que se encuentra es la de corte de cables, seguida de esta se encuentran las mesas de crimpado en las que se colocan las terminales a los cables de los distintos productos, le siguen las mesas de preparado y armado, por último se puede distinguir la estación de prueba. También se cuenta con una bodega de materiales, dos estanterías para colocar materiales, producto terminado y herramientas. Se cuenta con un pasillo de tránsito que atraviesa todo el departamento.

Figura 7: Layout actual del área de arneses



E. Importancia del proceso de elaboración de arneses

El objetivo primordial del área bajo estudio es abastecer de arneses a los distintos ensambles de las líneas de producción, acorde a las especificaciones de cada modelo, y en el tiempo estipulado durante la secuencia de producción.

Es importante enfocarse en el diseño del producto y los materiales con los que se elabora para poder satisfacer las especificaciones primarias que los productos deben cumplir, estas especificaciones son las siguientes:

- Los materiales deben ser los apropiados y deben estar en excelentes condiciones para poder ser utilizados en la fabricación del producto.
- Los arneses deben ser fabricados según las dimensiones de los equipos de refrigeración cumpliendo con las tolerancias establecidas en el diseño.
- Los arneses deben pasar satisfactoriamente la prueba de continuidad eléctrica.
- Los insumos eléctricos deben ser preparados según los requerimientos del sistema eléctrico de cada modelo.

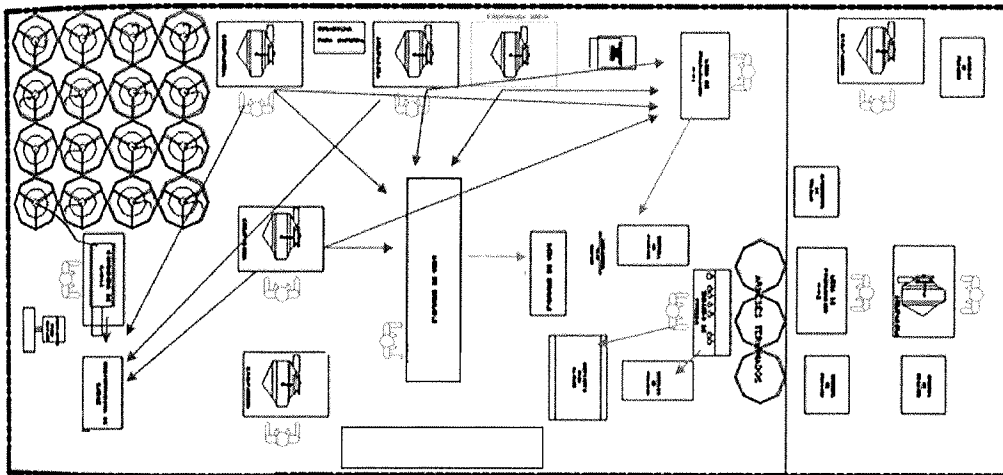
Partiendo de esto es importante fijar la atención en el flujo del producto y materiales a través de los distintos centros de trabajo ubicados en el departamento tratando de optimizar el espacio para lograr una distribución del departamento adecuada para las operaciones. El flujo actual del proceso es desordenado (ver Figura 18) claramente se puede identificar desperdicios por movimientos. Es evidente el congestionamiento del flujo a lo cual se le añaden retrocesos de los productos dentro

del departamento creando una situación confusa que repercute directamente en la productividad del proceso.

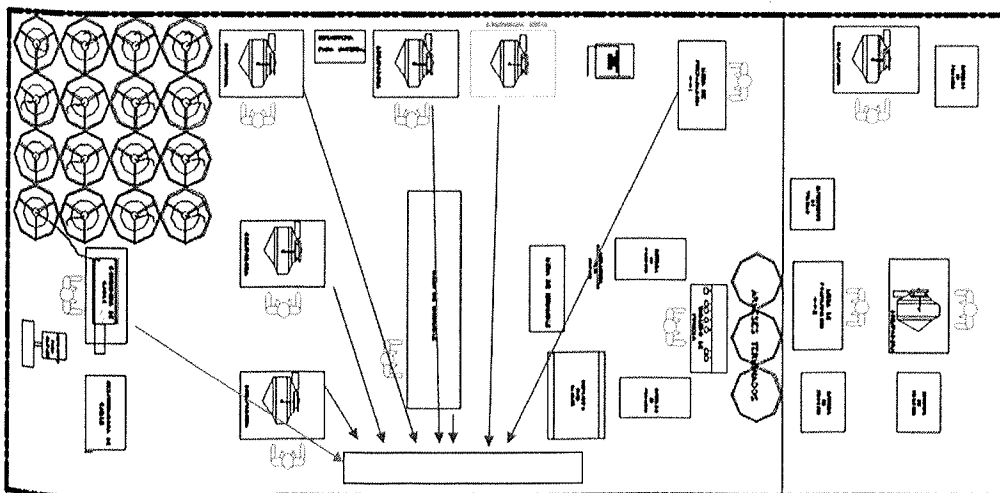
Una de las principales causas que entorpecen el flujo es la máquina que se dedica a desforrar el cable de ciertos insumos eléctricos, que está ubicada dentro del flujo de arneses, pero que no pertenece a ninguna actividad relacionada a arneses, provocando confusión en las tareas.

Figura 8: Flujo actual en el área de arneses

a. Movimiento de producto terminado



b. Movimiento materiales



F. Identificación de las deficiencias del proceso

Debido a la alta demanda de la diversidad de equipos de refrigeración fabricados en la Empresa, esta cuenta con diversas líneas de producción de equipos de refrigeración, las cuales deben mejorar su productividad, minimizando los tiempos muertos causados por operaciones ineficientes.

La empresa cuenta con un sistema de control operativo, en donde se concentra la planificación de producción diaria de equipos de refrigeración. Este sistema cuenta con una bitácora diaria, completada por el supervisor de cada área de producción al final de día. En ella se introduce los distintos problemas que se presentaron durante el día en las líneas de producción.

Con base en los datos de la bitácora diaria, se logró identificar las distintas razones de paros en las líneas de ensamble de refrigeradores de enero hasta junio del año 2011 (ver Tabla 1).

Tabla 1: Razones de paros en las líneas de ensamble de refrigeradores (enero- junio de 2011)

Causa de paro	Cantidad de paros
Actividades especiales	5
Falta de capacitación para ensamble nuevo equipo	18
Falta de espacio	20
Falta de material	231
Falta de personal	26
Reprocesos	173

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa

De estas causas de paro, el área de arneses se ve involucrada en la falta de material y reprocesos. Esto se logró identificar al analizar los comentarios de la causa de paro en la línea, introducidos por el supervisor en la bitácora diaria (ver Tabla 2).

Tabla 2: Secuencias en las líneas de ensamble de refrigeradores que da como efecto el paro de actividades. (enero-junio de 2011)

Fecha	Comentario	Responsable	Tiempo (min)
17/01/2011	Falta de arneses, no había lista de corte liberada	Ingeniería del producto	180
25/01/2011	Falta información para realizar arneses	Ingeniería del producto	600
02/02/2011	No se pusieron arneses, por tener cables muy cortos	Ingeniería del producto	90
15/02/2011	Falta de arneses, por error en el diseño	Ingeniería del producto	60
17/02/2011	Falta de arneses	Ingeniería del producto	30
07/03/2011	Arneses mal elaborados	Ingeniería del producto	120
23/03/2011	Falta de arneses para ventilador	Ingeniería del producto	60
31/03/2011	Reproceso de arneses, ya que estaban mal elaborados	Ingeniería del producto	60
02/05/2011	Falta de arnés de switch de ventilador, no estaba en lista de corte	Ingeniería del producto	300
06/05/2011	Falta de sensores	Arneses	105
09/05/2011	Falta de arneses en Ensamble 2	Arneses	60
12/05/2011	Falta de arneses y resistencias	Producción	90
13/05/2011	Falta de arneses	Producción	120
16/05/2011	Arneses de tina mal elaborados	Arneses	60
17/05/2011	Falta de arneses	Producción	90
16/05/2011	Arneses mal elaborados	Ingeniería del producto	80
23/05/2011	Falta de arnés eléctrico de tina	Arneses	30
13/06/2011	Falta de arneses	Producción	90
15/06/2011	Arneses mal elaborados debido al mal diseño	Ingeniería del producto	150
21/06/2011	Falta de arneses	Arneses	90
22/06/2011	Falta de arneses y resistencias	Producción	60
23/06/2011	Reproceso de arneses, por cambio en diseño sin previo aviso	Ingeniería del producto	180
24/06/2011	Falta de arneses	Producción	90

Fuente: Información obtenida de la base de datos de la empresa

1. Departamento en general. Actualmente el área de arneses presenta problemas de planeación y elaboración para abastecer a tiempo las líneas de producción de equipos de refrigeración, provocando tiempos muertos en las mismas.

Como causas del bajo rendimiento del departamento de arneses en general cabe mencionar:

- La mayoría de problemas que se presentan en el área de arneses se ven afectados por otros departamentos, específicamente el departamento de Ingeniería del producto, el cual es el encargado de proveer los planos de los distintos tipos de arneses con todas las especificaciones al detalle, así como la lista de cortes con las especificaciones respectivas. En base a los resultados de paros que se han efectuado en el departamento de arneses (ver Tabla 2) se puede concluir que los planos que no están acorde a las especificaciones del equipo, provocan retrasos en el área de arneses. Ya sea porque deben modificar el mismo, o por reprocesos del lote de arneses.
- El departamento de bodega, que es el encargado de proveer los materiales a todos los subprocesos, generalmente no provee al departamento de arneses los materiales acordados. Nuevamente se presentan distintos atrasos por parte del departamento al tener que esperar a que el material les sea entregado.

Estos dos factores son fundamentales para que los arneses puedan ser elaborados a tiempo, ya que el preparado de los mismos requiere tiempo prudencial, no conocido, para que puedan abastecer a las líneas de ensamble antes de provocar paros.

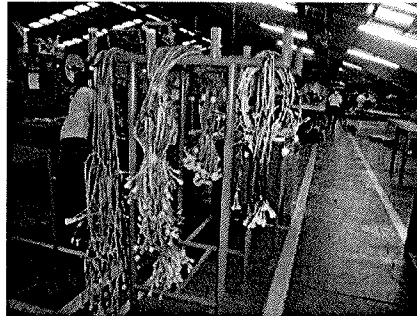
- La incomodidad del personal que causa fatiga y adormecimiento provocada por el calor causado por la ventilación deficiente del área. Así como la baja iluminación en el área en general.

Fotografía 11: Incomodidad del personal



- Los arneses terminados no cuentan con identificación y ubicación específica para ser colocados, de tal forma que hay desorden, por lo que al entregar el arnés terminado, pueden haber problemas de selección y orden.

Fotografía 12: Arnese terminados sin identificación y ubicación específica



2. Subproceso de corte de cable. En este subproceso se identificaron las siguientes deficiencias:

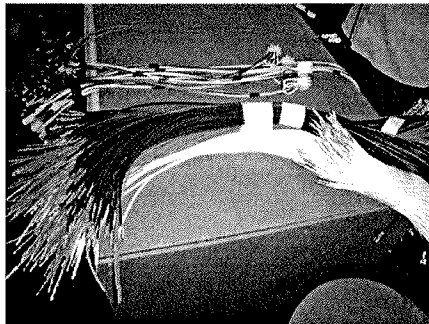
- La lista de corte proporcionada por el departamento de Ingeniería de producto generalmente aparece mal elaborada, por lo que el operario debe revisarla antes de proceder a cortar los cables. Esta actividad vuelve más lento el proceso.
- No existe un dispositivo adecuado para la clasificación de los cables que salen cortados del subproceso. Por el contrario los cables se colocan de manera aleatoria cerca de la estación de trabajo. Esto provoca desorden y demoras en el flujo hacia la estación de crimpado de cable.

Fotografía 13: Cables cortados sin clasificación



- Para la identificación y sujeción de los distintos cables, se utiliza cinta adhesiva sobre la cual el operario escribe la longitud de los cables y la medida de los desforres de los extremos. Esta actividad vuelve más lento el proceso.

Fotografía 14: Cables cortados identificados con cinta adhesiva



- La lista de corte esta ordenada por componentes (Arnés de tina, de unidad, o de tierra) por lo que al momento de cortar, se debe buscar en la lista de corte todos los cables del mismo calibre y color.

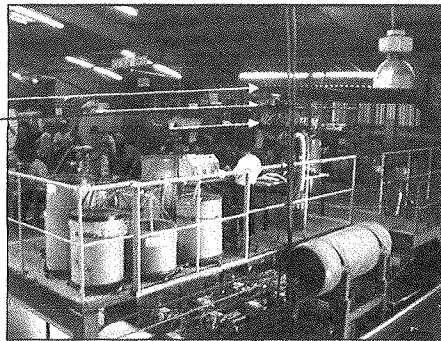
3. Subproceso de crimpado de cable

- Todos los subprocesos de crimpado de cable se ven afectados por la distancia que separa las estaciones de trabajo de la estantería en donde se almacenan

3. Subproceso de crimpado de cable

- Todos los subprocesos de crimpado de cable se ven afectados por la distancia que separa las estaciones de trabajo de la estantería en donde se almacenan los materiales y herramientas para el crimpado. Esto provoca que cuándo se necesita un cambio de terminal y/o aplicador el operario debe desplazarse de un lugar a otro, elevando el nivel de tráfico en el área.

Fotografía 15: Distancia de la estación de crimpado de cable hacia el almacén de materiales



- Previo a crimpar, el operario debe buscar qué cables se ajustan a su crimpadora específica.
- Los asientos de cada estación de trabajo en el área son los adecuados, ya que son poco ergonómicos y no presentan ningún beneficio para el operario.

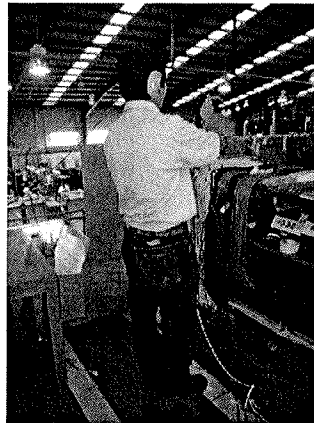
Fotografía 16: Asientos en una estación de crimpado



4. Subproceso de preparado y armado

- El operario dispone de un asiento ajustable, pero la mayoría del tiempo realiza su trabajo de pie (ver Figura 25), esto provoca fatiga afectando su ritmo de trabajo.

Fotografía 17: Trabajo de pie en preparado y armado



5. Subproceso de prueba

- Los arneses que fallan la prueba de continuidad no se identifican adecuadamente (ver Figura 26), esto crea el riesgo de que puedan confundirse con aquellos que sí han pasado dicha prueba.

Fotografía 18: Incorrecta identificación de arneses no conformes



G. Estudio de tiempos de la línea de producción de arneses

Este estudio se basa en la medición del contenido del trabajo con el método actual, con los debidos suplementos por fatiga y por retrasos personales e inevitables. Esta técnica será utilizada como medio comparativo de la capacidad de producción del departamento de arneses con el método actual y con el método propuesto.

El equipo utilizado durante el estudio fue un cronómetro, una tabla, formatos para la toma de tiempos y una calculadora. Posteriormente se recopilaron los datos y se perfeccionaron para la presentación de la información.

Antes de tomar tiempos se tomó nota de los elementos que conforman la operación. Luego se anotaron uno a uno en el formato para estudio de tiempos dando el mayor detalle posible, para poder facilitar la medición.

1. Selección de modelo de equipo de refrigeración. Previo a llevar a cabo el estudio de tiempos, se seleccionó un modelo representativo de equipo de refrigeración, que tuviera una alta demanda en el mercado. Para determinar el modelo que cumpla con estas características se realizó un análisis ABC de todos los modelos por familia que se producen en la empresa del año 2010. Así mismo, se realizó un Análisis de Pareto para identificar los equipos de refrigeración que representan el mayor volumen de producción para la empresa.

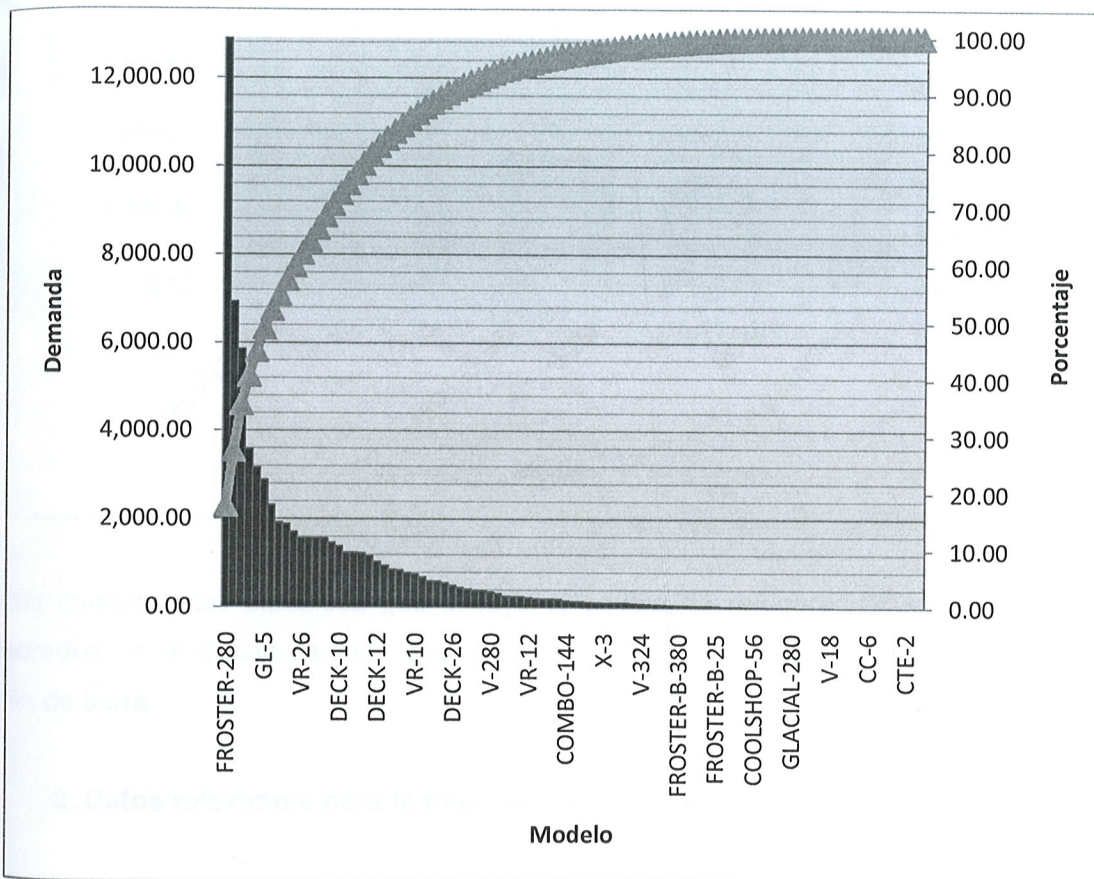
Como se mencionó previamente, la empresa fabrica más de 250 modelos diferentes de equipos de refrigeración que pueden ser adaptados a los requerimientos del cliente. A consecuencia de esto los arneses e insumos eléctricos son diversos. Sería una tarea muy extensa realizar un estudio de tiempos para cada uno de los posibles diseños del sistema eléctrico de los equipos.

De acuerdo a los resultados obtenidos en la Tabla 3 (ver Anexo 1), más del cincuenta por ciento de la demanda de los equipos de refrigeración está constituido por el modelo Froster-280. Así mismo, en la Gráfica 2 se puede observar que para los primeros ocho modelos más representativos denotados en la Tabla 3 (ver Anexo 1), el

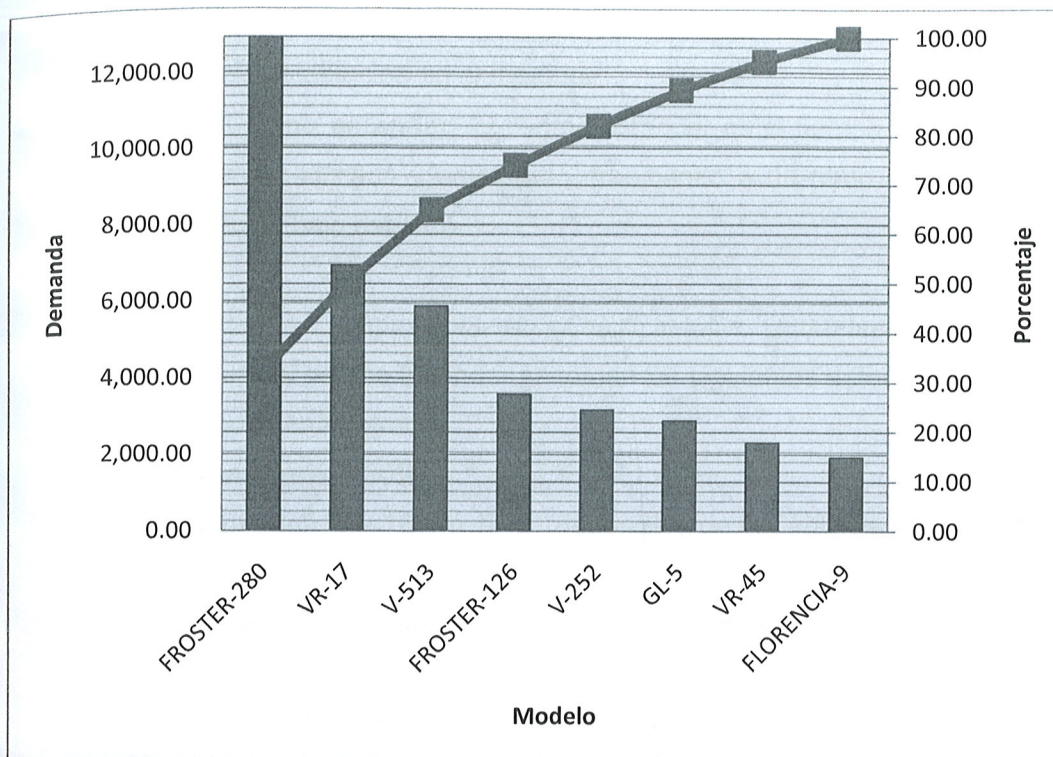
modelo Froster-280 representa más del 60% de la demanda de los equipos de refrigeración. Con base en estos resultados el siguiente trabajo se enfocará en el modelo mencionado.

Gráfica 1.

Análisis de Pareto para 250 modelos de equipos de refrigeración



Gráfica 2.
Análisis de Pareto para 8 modelos de equipos de refrigeración



Los componentes eléctricos que incluye el equipo de refrigeración seleccionado, elaborados en el departamento de arneses son: Arnés de unidad, Arnés de tina, y Arnés de tierra.

2. Datos relevantes para la toma de tiempo

- **Número de observaciones.** Se tomó el tiempo de 5 ciclos para cada Sub proceso del área de arenas.
- **Tamaño de lote.** La empresa puede producir 250 equipos diarios utilizando dos líneas de producción, se consideró el tamaño de lote de 100 equipos.
- **Tiempo disponible.** La jornada laboral en la planta de producción es de 9 horas (7:30 – 16:30), a este tiempo se le sustrae 30 minutos de almuerzo, 10 minutos de refacción, lo que da como resultado 500 minutos disponibles.

- **Método de cronometraje.** Los elementos de las operaciones en el departamento de eléctricos para lotes de 100 equipos son moderadamente prolongados, por lo tanto, se seleccionó el método de cronometraje de regreso a cero que permite registrar los elementos que el operario pueda ejecutar fuera de la secuencia establecida en el método.
- **Cálculo del tiempo estándar.** El tiempo estándar es el tiempo requerido para que un operario calificado y adiestrado, trabajando a un ritmo normal, lleve a cabo la operación bajo estudio.

$$\text{Tiempo estándar} = \text{Tiempo promedio} * \text{Calificación} * (\text{Suplemento} + 1)$$

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

- Tiempo Cronometrado
- Calificación % = 90%¹
- Suplementos % = 16% ó 18% (dependerá de la Tabla de Suplementos)

Para el cálculo de los suplementos se basó en los siguientes datos (ver Tabla 4):

Tabla 3: Tabla de Suplementos

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

Fuente: Niebel, Benjamín. *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo*.

- **Cálculo del Takt Time.** El *Takt Time* indica el tiempo al que se debe producir el equipo de refrigeración para estar en sincronía con la demanda del producto. Es el resultado de dividir el tiempo disponible para producción entre la demanda del cliente en ese período de tiempo. Para el cálculo del *Takt Time*, se realizó lo siguiente:

¹ La calificación de la actuación se determinó basándose en el sistema de calificación Westinghouse.

$$Tack\ Time = \frac{Tiempo\ disponible}{Demanda}$$

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

Demanda = 125 equipos por una línea de producción de equipos de refrigeración.

$$Tack\ Time = \frac{500\ min}{125\ equipos}$$

$$Tack\ Time = 4\ \frac{min}{equipo}$$

- **Cálculo del requerimiento.** El requerimiento es el tiempo total que le toma al operario el completar la demanda diaria, con el tiempo de ciclo respectivo:

$$Requerimiento = demanda\ diaria * Tiempo\ de\ ciclo$$

- **Cálculo de la disponibilidad.** La disponibilidad es la cantidad de operarios que laboran en una estación de trabajo por su respectivo tiempo disponible.

$$Disponibilidad = \# de\ operarios * Tiempo\ disponible$$

- **Cálculo del requerimiento de operarios.** El requerimiento de operarios es la razón del tiempo ciclo de cada estación de trabajo con respecto al tiempo en que se debe producir un equipo de refrigeración (tiempo *Takt*).

$$Requerimiento\ de\ operarios = \frac{Tiempo\ de\ ciclo}{Tiempo\ Tack}$$

3. Resultados de la toma de tiempos. Los resultados obtenidos para cada uno de los subprocesos del departamento de arneses se muestran en la Tabla 5 (ver Anexo 1). La Tabla 6 representa el resumen del estudio de tiempos, conjunto con la capacidad de producción diaria por cada subproceso.

Tabla 4: Resumen de estudio de tiempos

Producción diaria de Froster 280	125
Tiempo disponible (min)	500
Tiempo Takt (min)	4.00

	Corte de cable	Crimpado de cable	Preparado y armado de arnés de tina	Prueba de arneses	Armado de arnés de unidad
Tiempo de ciclo (min)	1.33	2.04	7.14	0.53	0.43
Capacidad de producción diaria	375	979	140	935	1,158

a. **Corte de cables.** Al observar la tabla de resumen (ver Tabla 6), el tiempo de ciclo para este subproceso es de 1.33 minutos por juego de arneses para un equipo, para completar los arneses de equipos el operario tomaría 133 minutos.

La capacidad de producción diaria de esta estación de trabajo es 375 juegos de piezas preparadas y listas para el subproceso de crimpado, esto es más de lo requerido. Además es posible mejorar el proceso, lo que elevaría su capacidad de producción.

b. **Crimpado de cables.** Al observar la tabla de resumen (ver Tabla 6), para el Crimpado de cables, el tiempo de ciclo es de 2.04 minutos por juego de componentes para un equipo, por lo tanto, para completar los 100 juegos de arneses los operarios tomarían 204 minutos.

La capacidad de producción diaria de esta estación de trabajo es de 979 juegos de piezas preparadas y listas para la estación de armado y preparado, esto es más de lo requerido. Así mismo, existe la capacidad de mejorar el proceso, lo que elevaría su capacidad de producción.

c. **Preparado y armado de arnés de Tina.** Al observar la tabla de resumen (ver Tabla 6), el subproceso de Preparado y armado de arnés de Tina tiene la capacidad de producir diariamente 140 arneses. La demanda de las dos líneas de producción es de

250 juegos diarios, por lo que esta estación de trabajo no cumple con la entrega de producto a tiempo, convirtiéndose en el cuello de botella del departamento de arneses.

Considerando que las estaciones de trabajo previamente mencionadas se encuentran holgadas, es razonable pensar en un balanceo de trabajo aprovechando la holgura que dos de estas poseen actualmente.

El tiempo de ciclo para este subproceso es 7.14 minutos. Es decir, que para poder abastecer las dos líneas de producción con 250 arneses, se requieren 1,785 minutos por día. Actualmente se cuenta con dos operarios para realizar la tarea con un tiempo disponible de 500 minutos cada uno.

d. Prueba de arneses. La prueba de arneses tiene la capacidad de probar diariamente 935 juegos de arneses, 685 juegos extra a los requeridos (ver Tabla 6).

El tiempo ciclo de la estación de trabajo es de 0.53 minutos. Esta estación puede ser balanceada, de tal forma que el operario pueda ser suplemento para las otras estaciones que requieran operarios extra.

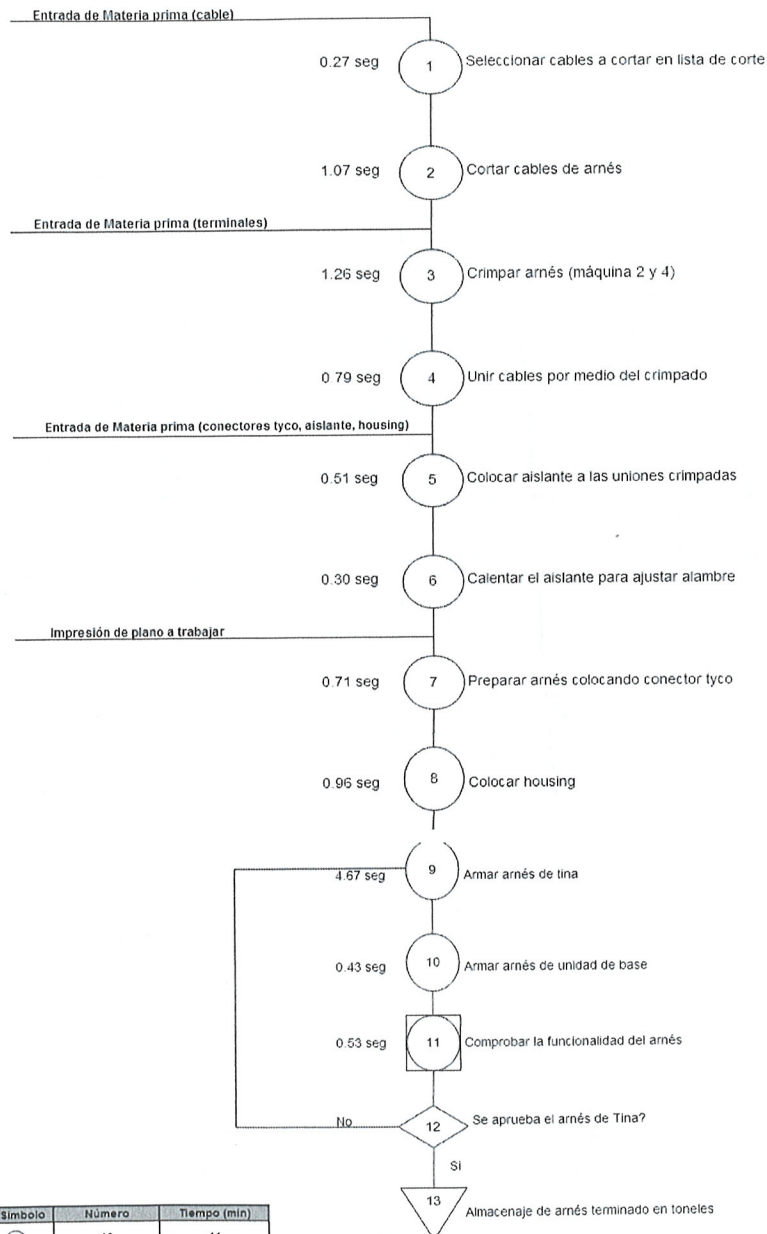
e. Preparado y armado de arnés de unidad de base. El subproceso de preparado y armado de arnés de unidad de base (ver Tabla 6), tiene la capacidad de producir diariamente 1,158 arneses, 908 juegos extra a los requeridos.

El tiempo de ciclo para este subproceso es 0.43 minutos. Esto indica que esta estación puede ser balanceada, de tal forma que el operario pueda ser suplemento para las otras estaciones que requieran operarios extra.

4. Diagrama de operaciones y flujo del proceso de fabricación de arneses. A continuación se presenta el diagrama de operaciones y de flujo del proceso de fabricación de arneses.

Figura 9: Diagrama de operaciones del proceso de fabricación de arneses

D.O.P. Fabricación de arneses	Fecha: Julio 2011
Elaborado por: Andrea Marisol Becerra	Proceso de fabricación de arneses



Descripción	Símbolo	Número	Tiempo (min)
Operación	○	10	11
Decisión	◇	1	-
Operación Combinada	◻	1	0.53
Almacenamiento	▽	1	-
Total	▽	13	11.49

Figura 10: Diagrama de flujo del proceso de fabricación de arneses

Ubicación: Fogel de Centroamérica, S.A.
Actividad: Proceso de fabricación de arneses
Fecha: Julio 2011

No.	Descripción de los eventos	Símbolo						T (Min.)
		○	◻	□	⇨	◇	▽	
1	Seleccionar cables a cortar en lista de corte	●						0.27
2	Cortar cables de arnes	●						1.07
3	Crimpar arnés (máquina 2 y 4)	●						1.26
4	Unir cables por medio del crimpado	●						0.79
5	Colocar aislante a las uniones crimpadas	●						0.51
6	Calentar el aislante para ajustar alambre	●						0.30
7	Preparar arnés colocando conector tyco	●						0.71
8	Colocar housing	●						0.96
9	Armar arnés de tina	●						4.67
10	Armar arnés de unidad de base	●						0.43
11	Comprobar la funcionalidad del arnés	●						0.53
12	Decisión de aprobación de la funcionalidad de arnés de Tina							-
13	Almacenaje de arnés en toneles							-

Nomenclatura	Símbolo	Cantidad
Operación	○	10
Operación e Inspección	◻	1
Inspección	□	
Transporte	⇨	-
Decisión	◇	1
Almacenaje	▽	1

5. Resumen de los distintos hallazgos identificados

- La estación de preparado y armado de arnés de tina no tiene la capacidad de satisfacer la demanda de las líneas de producción en un tiempo disponible de ocho horas diarias sin requerir tiempo extra, de allí la necesidad de aumentar la productividad de este subproceso.
- La estación de preparado y armado de arneses es la más complicada de las cuatro, ya que requiere tiempo para analizar los planos enviados por Ingeniería del producto y para el armado de los mismos. Muchas veces el plano no está

acorde a las especificaciones preestablecidas, por lo que los operarios deben modificarlo.

- En la estación de corte, el operario debe buscar en la lista de corte todos los cables del mismo calibre y color. La misma, no está ordenada por calibre sino por componente (arnés de tina, arnés de unidad, o arnés de tierra).
- Antes de crimpar el operario debe buscar qué cables se ajustan a las terminales colocadas en la crimpadora. Hay 4 crimpadoras y los cables pueden o deben pasar por cada una de ellas dependiendo de la terminal que utilicen.
- Uno de los principales desperdicios de tiempo es analizar el plano para iniciar el proceso. Esto se da al inicio de preparado y armado de arnés.
- El producto terminado de cada estación de trabajo de todo el departamento no cuenta con un área designada para colocar el mismo.
- Las condiciones ergonómicas del departamento en general son muy deficientes.

H. Efectos de las deficiencias del proceso de elaboración de arneses

Habiendo realizado el análisis de las operaciones, es posible clasificar los hallazgos en tres categorías principales.

1. Baja productividad. El nivel de calidad entre los diferentes Sub-procesos no es homogéneo (niveles diferentes de productividad). Su cuello de botella limita al departamento a elaborar 210 arneses en una jornada de trabajo diurna. Esto tiene por consecuencia directa que la producción diaria de equipos se limite a un 84% de su capacidad máxima. Así mismo, las condiciones ergonómicas para cada operario son deficientes.

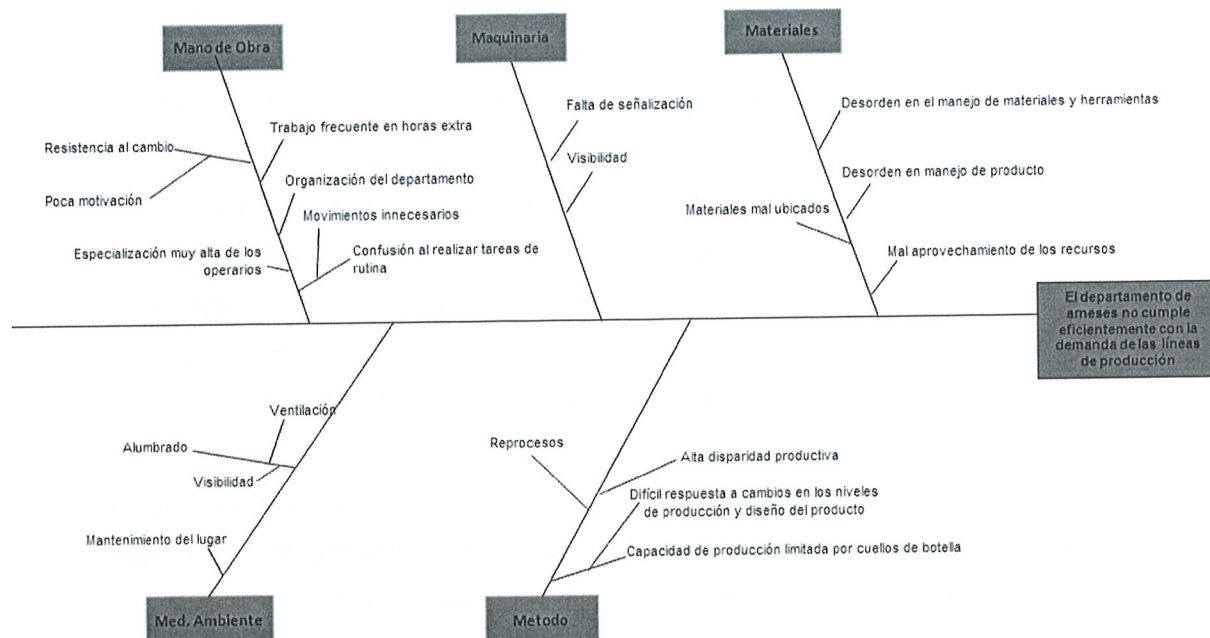
2. Proceso desordenado. El desorden en el proceso se manifiesta de diversas formas como lo es el manejo de materiales, producto en proceso y terminado, o la confusión al realizar las tareas de rutina.

3. Poca flexibilidad del proceso. El proceso actualmente carece de flexibilidad, y le resulta sumamente difícil responder a cambios en los niveles de producción y diseño del producto. En tales casos suele darse que la solución sea trabajar gran cantidad de horas extras en algunas estaciones mientras que otras

permanecen sumamente holgadas durante la jornada ordinaria. Factores como la especialización muy alta de los operarios y la organización del departamento son directamente causales de la situación.

4. Diagrama de Ishikawa. El siguiente diagrama (ver Figura 29) proporcionara un panorama general del problema en el área de arneses y de los factores que contribuyen a su existencia.

Figura 29: Diagrama de Ishikawa del proceso de elaboración de arneses



Las distintas operaciones que realizan los operarios de esta línea de fabricación de arneses no cuentan con un buen diseño de trabajo y métodos de manufactura u operación eficientes, por lo que se deberá incluir una configuración adecuada, uso de herramientas, condiciones de trabajo, disposición del lugar de trabajo y la ergonomía de los movimientos. En la mayoría de los casos, requieren tiempo adicional debido a la falta de planeación (el encargado de área se ocupa de planear las actividades del día en base a la demanda de las líneas de ensamble y no se apoya en algún método práctico).

VII. PROPUESTA DE MEJORA Y ESTANDARIZACIÓN EN LOS PROCESOS EN EL ÁREA DE ARNESES

El propósito de este capítulo es proponer mejoras en el proceso de fabricación de arneses para eliminar los tiempos muertos en las líneas de producción de equipos de refrigeración, aumentando así la productividad del proceso bajo estudio.

El estudio de tiempos y análisis de cada una de las operaciones del proceso de fabricación de arneses para los equipos de refrigeración comercial, serán de gran utilidad para poder desarrollar una propuesta que permita elevar la productividad de las operaciones. Durante la propuesta se tiene el enfoque de mejorar cada actividad de manera independiente, para lograr elevar la productividad del proceso completo.

La propuesta incluye mejoras en las condiciones de trabajo, en el flujo del proceso, promueve el mejor aprovechamiento de los recursos tales como mano de obra, tiempo, materiales, herramienta, equipo y espacio.

A. Redistribución del área física del área de arneses

Como principales problemas concernientes al flujo actual del proceso presenta: desorden, congestionamiento, así como los retrocesos de producto en proceso entre otros. Las causas principales de dichos problemas son la aparente falta de espacio y desorden en el departamento, además de una distribución inapropiada de los subprocesos provocando costos ocultos por transportes innecesarios.

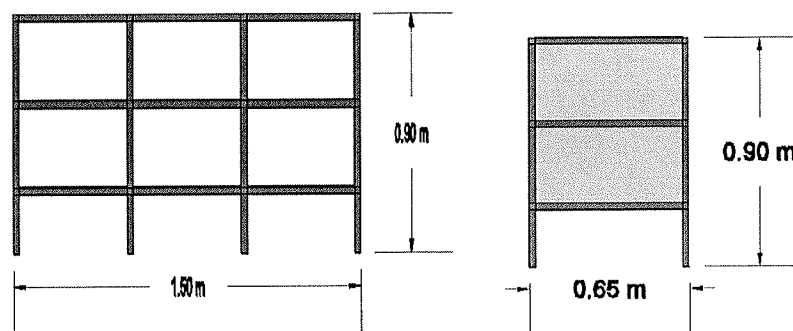
Se utilizó la metodología de las 5S para lograr desarrollar actividades de orden, limpieza y detección de anomalías en el puesto de trabajo, que conlleva a un mejor ambiente laboral, seguridad de las personas y aumento en la productividad. Los cambios propuestos para la mejora del flujo del proceso en el departamento de arneses son los siguientes:

- La máquina que se dedica a desforrar el cable de ciertos insumos eléctricos se ubica de tal forma que no interfiera en el flujo de arneses. Este cambio permite

colocar las cuatro crimpadoras agrupadas con un facilitador en el centro que permita tomar y distribuir los cables dependiendo de las terminales a utilizar.

- En todas las estaciones de trabajo, se define un área específica para el almacenaje ordenado de producto terminado (contenedores), de tal forma que los objetos y herramientas de trabajo se ubiquen en orden, y su accesibilidad de uso sea más fácil.
- Se asignará un área específica cercana a las crimpadoras para ubicar un facilitador que contendrá el producto terminado e insumos de esta subestación. (ver Figura 30)

Figura 11: Facilitador propuesto para cables crimpados



- Se identificará los contenedores de herramientas de insumos para todos los subprocessos para facilitar a los operarios la obtención de los mismos.

Fotografía 19: Rotulación de contenedores y cajas de herramientas



- Como se mencionó anteriormente, los arneses están conformados por varios tipos de calibres de cables, los cuales se identifican por colores; en el departamento de arneses estos se encuentran almacenados en contenedores, los cuales deben identificarse ya sea por color o calibre de cable.

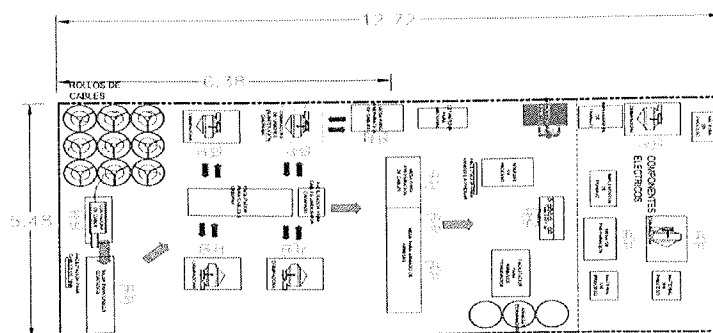
Fotografía 20: Identificación de contenedores de cable principal



- En el área de prueba se encuentran los contenedores de arneses terminados, estos deberán ser identificados con rótulos indicando a la línea de producción a la que pertenece el producto terminado.

Considerando el *Layout* que aparece en el capítulo previo (ver Figura 18, a y b), a continuación se presenta la distribución propuesta del departamento de arneses por medio de un *Layout*.

Figura 12: Distribución del departamento propuesto



B. Mejoras en las condiciones de trabajo

Con esta propuesta se busca propiciar: menos tiempo perdido, menos requerimientos de habilidades, aumento de la productividad por persona, reducción de errores y accidentes, así como la reducción de fatiga del trabajador. Las mejoras se pueden clasificar en los siguientes puntos:

- Un aumento en la productividad del personal.
- Una mayor comodidad y un ambiente más ergonómico del trabajo.
- Mejorar la motivación, la fatiga, errores y accidentes del personal.

1. Departamento en general. Los siguientes puntos de mejora, son propuestas de más beneficio para el departamento en general:

- El trabajo en las distintas estaciones estudiadas se lleva a cabo de pie y se extiende a la jornada diurna completa. La colocación de alfombras antifatiga logrará que los operarios no terminen la jornada de trabajo agotados. Permanecer de pie sobre superficies duras durante mucho tiempo puede ocasionar diversos problemas. Estar de pie hace que los músculos se contraigan, reduciendo así el flujo sanguíneo, como consecuencia los músculos y las articulaciones duelen y la sangre se estanca. El efecto acolchado de las alfombras antifatiga estimulan la circulación sanguínea y ayudan a disminuir el estrés en la parte baja de la espalda, las articulaciones de las piernas y los principales grupos musculares. Así mismo, están diseñadas para absorber la electricidad estática, evita las desagradables descargas electro estáticas y protege los equipos.

2. Subproceso de corte de cables. Cada corte de cable necesita una identificación que contenga información relevante a cada orden de trabajo. Es por esto que será de gran utilidad diseñar etiquetas sobre lo que se va a producir, en qué cantidad, especificaciones del calibre del cable, y tamaño, así como el tipo de terminal y/o unión que debe llevar para facilitar la selección de cables.

Figura 13: Diseño de etiquetas con especificaciones de corte

Modelo	Tipo de Arnés	Cantidad
<i>Froster 280</i>	<i>Arnés Unidad</i>	<i>100</i>
Calibre	Color Cable	Largo
<i>16</i>	<i>Negro</i>	<i>29</i>

- Cuando el operario inicia la tarea de corte debe buscar en la lista de corte todos los cables del mismo calibre y color. La lista de corte está ordenada por componente (arnés de tina, arnés de unidad, arnés de tierra). Se procederá a filtrar una lista de corte que le facilite la tarea al operario, de tal forma que esta esté ordenada por todos los cables de un color y calibre determinado.

5.2.3 Subproceso de crimpado de cable

- La principal fuente de fatiga de los operarios de las estaciones de trabajo de crimpado es la deficiente iluminación en las mesas de trabajo. La iluminación de la planta de producción cumple el estándar establecido (200 luxes para un área de trabajo con tareas visuales ocasionales)², pero la tarea de colocar terminales a los extremos de los cables requiere mucha precisión ya que la variación en el crimpado puede provocar graves problemas de funcionamiento en los refrigeradores. Se debe evitar colocar lámparas adicionales porque emanan mucho calor, además la iluminación actual es adecuada para el resto de las actividades. Se propone comprar cuatro kits de iluminación complementaria. Cada paquete consiste en una bombilla tipo Led (Light emitting Diode) que emite luz blanca directamente sobre el punto de crimpado, facilitando así, la visibilidad del operario. Además tiene un interruptor que debe ser presionado para encender la luz y al terminar el trabajo nuevamente debe ser presionado para que la luz se apague.
- Para lograr reducir el estrés en los pies y del consumo total de energía al estar sentado es importante analizar los asientos de los operarios de las crimpadoras. Estos asientos deberán contar con un soporte lumbar, ajuste fácil de la altura del asiento, así como ruedas giratorias en las patas del asiento para facilitar los

² Fuente: Torres, S. *Ingeniería de plantas. Iluminación industrial*. Página 117.

movimientos durante el ingreso/egreso de las estaciones de trabajo. Se propone utilizar los siguientes Bancos industriales para sentarse/pararse (ver Figura 35).

Figura 14: Bancos industriales para sentarse/pararse



4. Subproceso de Preparado y armado de cable

- Como se mencionó previamente, el ensamble del arnés se hace en base al diagrama proporcionado por Ingeniería del producto. Para el operario es muy complicado analizar cada detalle y unión de los distintos cables debido a la complejidad del mismo. Se propone imprimir a colores los diagramas para facilitar las instrucciones a los operarios en la estación de trabajo.
- Se adicionará una mesa para el subproceso de preparado de cables, que estará cercana a la mesa de Armado de arneses, logrando un flujo continuo del proceso.

5. Subproceso de prueba de arneses

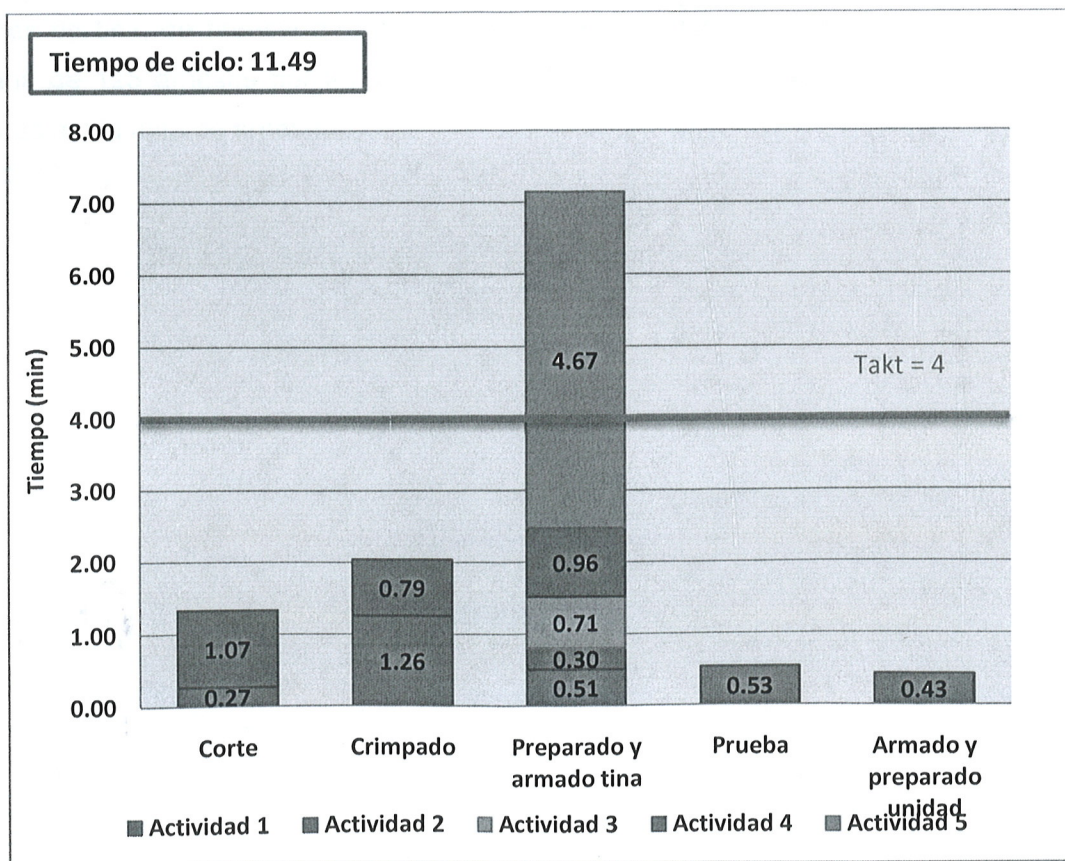
- Todo producto terminado deberá ser almacenado en contenedores previamente identificados. De tal forma que no haya confusiones con los arneses que deben ser probados.

C. Reorganización de la mano de obra: Balanceo de la línea de producción de arneses

La técnica de balanceo es una aplicación de los estándares de tiempo elementales para lograr igualar la carga de trabajo entre los operarios que conforman el departamento de arneses, e identificar la operación cuello de botella del proceso. Para realizar el balanceo de línea será necesario establecer el Takt Time, y delimitar todos los procesos que se realizan actualmente en el departamento de arneses a este valor.

La grafica siguiente (ver Gráfica 3) muestra el estado actual de cargas de trabajo en el área de arneses para todas las estaciones de trabajo. Al observar los resultados, se puede concluir que el proceso no está balanceado, además de no cumplir con el tiempo Takt previamente calculado.

Gráfica 3: Carga actual de trabajo en las distintas estaciones del área de arneses



Para poder balancear la carga actual de trabajo se debe analizar el trabajo de cada estación, de tal forma que se pueda identificar los procesos que puedan ser realizados en otra estación de trabajo. Se analizó cada proceso por separado para poder reasignar la carga de trabajo acorde al Takt time.

La propuesta consiste en dividir la tareas del subproceso de preparado y armado de tina en dos estaciones. La primera estación contará con un operario que realizará las actividades de Preparado de tina; la segunda estación contará con dos operarios, que realizarán la actividad armado de tina. De esta forma se logra balancear la carga de trabajo como se muestra en la siguiente grafica (ver Gráfica 4). Como se puede apreciar en la gráfica de la Carga Actual de Trabajo en el Departamento de Arneses, el espacio que existe entre el tiempo trabajado respecto al *Takt Time*, es aprovechado en otras tareas para la fabricación de otro tipo de arnés.

Si la integración de tiempos se realizara conforme a la propuesta, se aumentaría la capacidad de producción. Para el caso del subproceso de Armado de arnés de tina, se fabricarían 428 arneses diarios, logrando cumplir con la demanda diaria de 125 arneses por línea de producción, además de reducir los paros en las líneas por la falta de arneses.

Gráfica 4: Propuesta de balanceo de carga de trabajo para el departamento de arneses

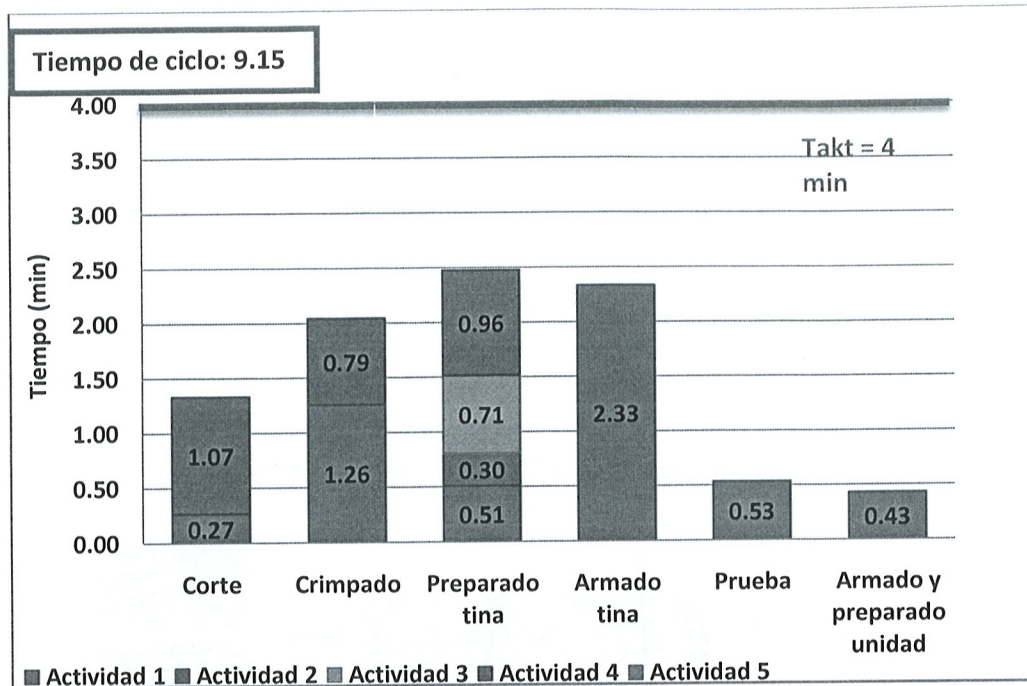


Tabla 5: Resumen de estudio de tiempos

Producción diaria de Froster 280	125
Tiempo Disponible (min)	500
Tiempo Takt (min)	4.00

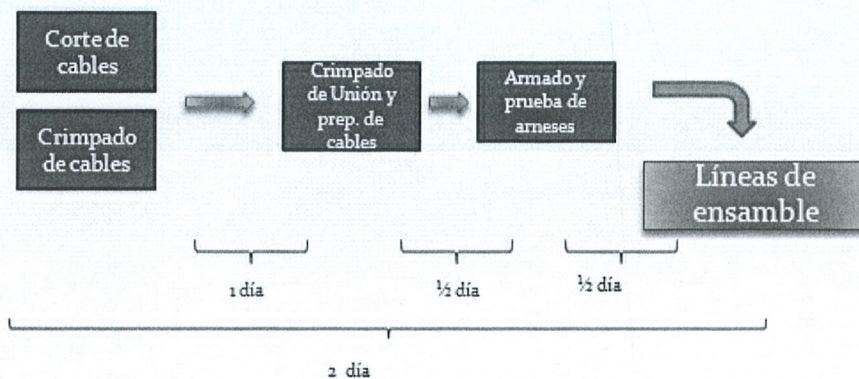
	Corte de cable	Crimpado de cable	Preparado de arnés de tina	Armado de arnés de tina	Prueba de arneses	Armado de arnés de unidad
tiempo de ciclo (min)	1.33	2.04	2.47	2.33	0.53	0.43
capacidad de producción diaria	375	979	202	428	935	1158

1. Planificación de la producción de arneses diarios

Actualmente se fabrican arneses en tiempos muy plegados a las Líneas de producción, lo cual ocasiona atrasos y poca reacción ante cualquier cambio en la programación de producción. Asimismo, existe un desfase variable entre el proceso de fabricación de arneses y su utilización en las líneas de producción.

En base a estos hechos se puede concluir que el proceso general de producción de arneses debe iniciar sus procesos dos días previos a las líneas de producción (ver figura 36).

Figura 14: Propuesta para la elaboración de arneses



2. Resumen de las propuestas

En la Tabla 8 se establece un resumen de la propuesta para mejorar las condiciones laborales dentro del Departamento de arneses. Esta demuestra de una forma clara cuáles son las acciones a tomar para, posteriormente, evaluar su impacto financiero.

Tabla 5: Resumen de la propuesta

Estación de trabajo	# OP.	Mejoras propuestas
de cable	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Diseño de etiquetas con especificaciones de corte. 2. Filtro de la lista de corte.
do de cable	4	<ol style="list-style-type: none"> 1. Lámparas de iluminación complementaria. 2. Facilitador para colocar insumos y producto terminado del subproceso. 3. Asientos de los operarios.
ado de arnés de Tina	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Mesa de trabajo. 2. Alfombra antifatiga.
o de arnés de Tina	2	<ol style="list-style-type: none"> 1. Impresión a color de los Diagramas de modelos a elaborar. 2. Alfombra antifatiga
a de arneses	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alfombra antifatiga
o de arnés de Unidad	1	<ol style="list-style-type: none"> 1. Alfombra antifatiga.
amiento en general	9	<ol style="list-style-type: none"> 1. Contenedores para el correcto almacenaje de producto terminado. 2. Identificación y rotulación de todos los contenedores de los insumos y productos terminados. 3. Reorganización de las estaciones de trabajo en el área.

VIII. ANÁLISIS FINANCIERO DE LAS PROPUESTAS

El análisis del aspecto financiero de las alternativas que se están evaluando es de gran utilidad para poder tomar una decisión que represente un aumento de producción de arneses, evitando así los paros en las Líneas de Producción de Equipos de refrigeración, obteniendo un beneficio para toda la empresa.

El siguiente capítulo detalla la evaluación del impacto que se puede tener en la empresa Fogel de Centroamérica, S.A. al implementar las mejoras propuestas previamente.

A. Análisis de los tiempos muertos en las líneas de producción de equipos de refrigeración

En el capítulo tres se presentó una tabla de paros en las líneas de ensamble de refrigeradores de enero hasta junio del año 2011 por causa del departamento de arneses (ver Tabla 2). Para poder representar en el costo que representa a la Empresa cada paro de la Línea de ensamble de refrigeradores, se procedió a realizar el análisis de los paros en las Líneas de producción para el año 2011. El análisis procede de la siguiente manera:

- **Tiempo muerto.** El tiempo muerto es el tiempo total de paros incurridos en las Líneas de producción, basados en los datos de la bitácora diaria de los supervisores de producción. En la Tabla 9 se detalla el tiempo de paro en las Líneas de producción incurrido mensualmente a causa del área de arneses, siendo este 91 horas anuales.

Tabla 6: Paros en las líneas de producción por causa del Área de Arnese año 2011

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Paro en línea H	13	3	4	8	16	11	10	2	2	4	11	7	91

- **Costo de no producir.** El costo de no producir por causa de paros en las líneas de producción representa el incumplimiento de la entrega diaria del producto demandando por el cliente a tiempo, esto con respecto al tiempo disponible por línea de producción.

Una línea produce diariamente 15 equipos de refrigeración por hora, en relación al tiempo diario disponible de 8.33 horas, y una demanda diaria de 125 equipos. El costo aproximado por equipo es \$600.00. Con base en estos datos, el costo de no producir es \$9,000.00 por hora.

En la Tabla 10 se representa el costo incurrido por los paros ocasionados durante el año 2011, este es \$81,900.00.

Tabla 7: Costo incurrido por los paros en las líneas de producción a causa del área de arneses año 2011

Mes	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Paro en línea H	13	3	4	8	16	11	10	2	2	4	11	7	91
Costos incurridos	11,700	2,700	3,600	7,200	14,200	9,900	1,800	1,800	1,800	3,600	9,900	6,300	81,900

Al implementar las propuestas de mejoras en el área de arneses se obtendrá un ahorro de \$81,900, respecto al costo que le representa a la empresa el paro en las líneas de producción por causa de arneses. Se podrá incrementar la producción de arneses diarios, además de abastecer las líneas de producción a tiempo.

B. Análisis de la implementación de las mejoras al área de arneses en general

En este punto se realiza un estudio del costo que tendrá la implementación de mejoras al departamento de arneses en general, de acuerdo al estudio de necesidades propuesto en los capítulos anteriores.

Para realizar el análisis financiero de inversión en las mejoras se calcula la Inversión Inicial que debe ejecutarse. En la Tabla 11 se detallan los costos de inversión:

Tabla 8: Cálculo de Inversión Inicial

Descripción	Costo Total (Q)
Asientos ergonómicos	2,000.00
Alfombras antifatiga	1,200.00
Lámparas para iluminación complementaria	3,304.96
Mesa de ensamble	850.00
Facilitador para colocar insumos y producto terminado	900.00
Contenedores para producto terminado	490.00
Documentación (impresiones a color)	400.00
Total de inversión inicial	9,144.96

De acuerdo con el resultado de la inversión inicial de la implementación de las mejoras, se puede denotar que esta es baja en relación al ahorro que representa la implementación de las mismas.

- Inversión total: Q9, 144.96.
- Ahorro del costo por paro en las Líneas de Producción: \$9,000.00 por hora.

6.3. Reducción en costo de mano de obra

La implementación de las mejoras requiere la contratación de un operario adicional, lo que representa aproximadamente un gasto de Q 30,000.00 anuales, incluyendo salario, más bonificaciones, cargas salariales y patronales, prestaciones, así como otros beneficios adicionales otorgados por la empresa para los operarios.

Para evaluar la rentabilidad de la propuesta se toma en cuenta que la implementación de las mejoras tiene como consecuencia un ahorro anual de aproximado de Q. 17,823.85 en horas extras (basado en datos históricos de pago de planillas).

Al implementar el las mejoras propuestas, el área bajo estudio podrá cumplir con el 81% de la demanda actual de las líneas de producción (202 equipos diarios) sin

el uso de horas extras, por lo tanto el costo de mano de obra se reducirá Q. 17,823.85 anualmente.

D. Análisis del costo/beneficio sobre la implementación de las mejoras propuestas

En la Tabla 12 se detalla el costo/beneficio de cada propuesta para la mejora del Área de arneses.

Tabla 9: Análisis del costo/beneficio de la implementación de las mejoras propuestas

Mejora	Costo	Beneficio
Mejoras en todas las estaciones de trabajo mediante la compra de: <ul style="list-style-type: none"> - Productos ergonómicos. - Contenedores de insumos. - Mesas de trabajo. - Lámparas de iluminación. 	Detalle del costo: Q 9,144.00	Evita daño en la salud del trabajador, aumenta su productividad y comodidad al trabajar, reducción del costo de productodefectuoso, así como otros costos ocultos.
Cambios propuestos para la mejora del flujo del proceso en el área de arneses.	N/A	Mejora del flujo del proceso completo del Departamento de arneses.
Incremento de un operario	Detalle del costo: Q30,000.00 anuales	Incremento de la producción de arneses, eliminando las horas extra que representan un ahorro de Q17,823.85

6.5 Resumen del análisis financiero de las propuestas

Un ambiente en el que se conserva la calidad de vida de los colaboradores y se presta atención a sus inquietudes y necesidades, motiva a sus trabajadores. Esta motivación promueve una cultura de excelencia y ayuda a crear conciencia tanto de la calidad del trabajo como en la eficiencia del mismo.

Se esperar un aumento en la calidad de vida del los operarios basado en mejores condiciones de trabajo, y más tiempo libre para actividades recreativas.

Como decisión general, se recomienda que la Empresa Fogel de Centroamérica, S. A. implemente las mejoras por las siguientes razones:

- Reducción anual de costos del proceso de producción al evitar los paros en las Líneas: \$81,900.00.
- Reducción del costo de horas extra en el Departamento de arneses de: Q. 17,823.85 anualmente.

IX. CONCLUSIONES

El proceso de fabricación de arneses y preparación de insumos del sistema eléctrico de equipos de refrigeración comercial incluye cinco subprocesos. Corte: se cortan semiautomáticamente los cables de los arneses. Crimpado: se colocan, mediante maquinaria, terminales a las puntas de los cables de los arneses. Preparado y armado de arnés de tina: subproceso en el que se unen los cables con distintos tipos de conectores en base a un plano proporcionado por Ingeniería del producto. Prueba: se prueba la continuidad eléctrica del circuito completo de arnés de tina. Preparado y armado de arnés de unidad de base: se unen los cables con distintos tipos de conectores en base a un plano proporcionado por Ingeniería del producto.

El análisis ABC resultó de gran utilidad para poder conocer el Modelo de Equipo de Refrigeración que tiene una alta demanda en el mercado. Así mismo, se realizó un análisis de Pareto para identificar los equipos de refrigeración que representan el mayor volumen de producción para la empresa. En base a los resultados se determinó que el modelo Froster 280 es el equipo más demandado en la empresa. En base a este dato, se procedió a realizar los distintos estudios y análisis para poder proponer distintas mejoras en el área de arneses.

El estudio de tiempos se utilizó principalmente para la recopilación de información objetiva y medible, facilitando el análisis posterior de las operaciones del proceso necesario en la tarea de rediseñar el proceso productivo. Asimismo, la determinación de tiempos estándares servirán de guía para estudios futuros en el área de arneses.

Entre las oportunidades de mejora del proceso cabe mencionar: el mejoramiento del flujo del proceso aunque no requiere mayor inversión tiene el potencial de elevar la productividad del proceso, ya que reduce costos ocultos por transportes, retrocesos y movimientos innecesarios. El mejor aprovechamiento de recursos, va directamente relacionado con la optimización de tiempo de trabajo y economía de movimientos. Las mejoras a las condiciones de trabajo se enfocan en el bienestar físico del personal de la empresa, que repercuten en su motivación y rendimiento. La implementación de dispositivos para facilitar las operaciones requiere mayor inversión económica, pero repercute principalmente en el aumento considerable de la capacidad de producción del proceso y en la mejora de calidad.

La implementación de las mejoras, como lo es agregar un nuevo operario a la operación, permitirá un ahorro anual en el pago de horas extras con un valor aproximado de Q17,823.85. Asimismo, el ahorro del costo por dejar de producir al reducir los paros en las Líneas de producción de Equipos de Refrigeración. Esto principalmente por la mejora de la capacidad de producción, que será 81%, que representará mayores utilidades y una mejor respuesta de la empresa para atender la demanda creciente del mercado.

Con base en el desfase variable que existe actualmente entre el proceso de fabricación de arneses y su utilización en las líneas de producción, el proceso general de producción de arneses debe iniciar dos días previos a las Líneas de producción. Logrando reducir el tiempo de no entrega del producto a tiempo, evitando los paros en las Líneas de producción.

X. RECOMENDACIONES

Para tener éxito en la implementación de la propuesta es indispensable el respaldo de la alta dirección al igual que la aceptación del personal de planta afectado con los cambios. De esto sobresale la importancia de la habilidad que se debe tener para convencer a las partes involucradas de las ventajas que cada uno obtendrá con la implementación de las mejoras.

Se deberá realizar un análisis del mantenimiento preventivo para todas las maquinas que actualmente se encuentran en el área de arneses, con el fin de evitar futuros problemas de paros si se presenta alguna falla en las mismas.

Con el propósito de reducir la incertidumbre a la metodología establecida es importante capacitar al personal de planta, dado que un mayor grado de conocimiento de los nuevos métodos aumentará su competencia, lo que les permitirá visualizar las ventajas que este tiene para la organización y para ellos mismos.

Para poder evaluar el buen manejo del departamento, se deberá realizar un análisis de las operaciones mensualmente, esto por parte del Departamento de Manufactura Esbelta. Logrando identificar posibles mejoras al área en general.

XI. BIBLIOGRAFÍA

Aquilano, C. y J. *Administración de producción y operaciones*. 12 Edición. McGraw Hill.

Evans, R. y L. William. *Administración y Control de la Calidad*.

Hobbs, D. 2004. *Learn Manufacturing implementation: a complete execution manual for any size manufacturer*. Boca Raton, FL: J. Ross: APICS.

Niebel, B. y A. Freivalds. 2009. *Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. Duodécima edición. McGraw Hill, México.

Torres, S. *Ingeniería de Plantas. Iluminación Industrial*. 2ª edición. Página 115.

Meyers, Fred E. *Estudio de tiempos y movimientos, manufactura ágil*. 2ª edición. Editorial Pearson Educación. 2000. Página 342.

Salvendy, Gabriel. 1991. *Manual del Ingeniero Industrial*. México: Editorial Limusa.

Documento electrónico consultado:

Vargas, Teófilo. *Gestión Empresarial: Conceptos y Mejores Prácticas de gestión empresarial*. [Artículo en línea]. Desde <<http://mp.peru-v.com/contact/contact.htm>>. [Fecha de consulta: agosto 2011].

XII. ANEXOS

Anexo 1: Clasificación ABC de los distintos modelos por familia de Equipos de Refrigeración

**Tabla 9: Clasificación ABC modelos por familia de equipos de refrigeración
Año 2010**

Modelo	Demanda Anual	Costo (\$)	CT	CT ac	% del total de artículos	Clasificación
FROSTER-280	12,913.00	787.61	10,170,411.37	10,170,411.37	19.93%	A
VR-17	6,933.00	627.33	4,349,250.99	14,519,662.36	28.45%	A
V-513	5,864.00	658.71	3,862,696.08	18,382,358.44	36.02%	B
FROSTER-126	3,581.00	552.82	1,979,653.80	20,362,012.24	39.90%	B
V-252	3,163.00	474.22	1,499,964.64	21,861,976.88	42.84%	B
GL-5	2,884.00	94.87	273,598.71	22,135,575.59	43.38%	B
VR-45	2,319.00	1,090.99	2,530,002.94	24,665,578.53	48.34%	B
FLORENCIA-9	1,922.00	484.51	931,236.73	25,596,815.26	50.16%	C
FROSTER-192	1,892.00	603.54	1,141,892.55	26,738,707.81	52.40%	C
MILAN-12	1,711.00	681.90	1,166,727.78	27,905,435.59	54.69%	C
VR-26	1,572.00	647.01	1,017,099.12	28,922,534.71	56.68%	C
CR-23	1,571.00	935.36	1,469,444.99	30,391,979.70	59.56%	C
CR-49	1,567.00	1,595.11	2,499,537.17	32,891,516.87	64.46%	C
X-2	1,565.00	824.39	1,290,166.54	34,181,683.41	66.99%	C
VR-35	1,472.00	1,052.28	1,548,951.48	35,730,634.89	70.02%	C
DECK-10	1,387.00	517.14	717,267.46	36,447,902.35	71.43%	C
CC-7	1,250.00	367.65	459,563.71	36,907,466.06	72.33%	C
FROSTER-B-50	1,247.00	689.12	859,332.73	37,766,798.79	74.01%	C
FROSTER-820	1,231.00	1,592.64	1,960,543.51	39,727,342.30	77.86%	C
FROSTER-B-65	1,168.00	852.75	996,008.07	40,723,350.37	79.81%	C
DECK-12	1,044.00	529.80	553,110.88	41,276,461.25	80.89%	C
FLORENCIA-7	950.00	405.46	385,188.76	41,661,650.01	81.65%	C
CR-65	863.00	1,818.10	1,569,019.92	43,230,669.93	84.72%	C
V-192	849.00	503.61	427,564.89	43,658,234.82	85.56%	C
JUNIOR-1	790.00	444.42	351,090.32	44,009,325.14	86.25%	C

Continuación Tabla 9

VR-10	757.00	450.62	341,117.88	44,350,443.02	86.92%	C
FLORENCIA-11	696.00	485.22	337,714.93	44,688,157.95	87.58%	C
ROSTER-CTE-3	604.00	478.38	288,944.25	44,977,102.20	88.14%	C
ROSTER-456	600.00	1,083.38	650,028.90	45,627,131.10	89.42%	C
MILAN-16	563.00	499.09	280,984.97	45,908,116.07	89.97%	C
DECK-26	498.00	656.42	326,894.78	46,235,010.85	90.61%	C
X-1	455.00	690.68	314,258.00	46,549,268.85	91.23%	C
V-630	423.00	972.41	411,329.07	46,960,597.93	92.03%	C
GL-3	400.00	72.00	28,800.00	46,989,397.93	92.09%	C
CTE-3	396.00	395.94	156,791.82	47,146,189.74	92.40%	C
V-280	358.00	624.55	223,588.37	47,369,778.11	92.83%	C
ROSTER-X-1	323.00	726.08	234,523.00	47,604,301.11	93.29%	C
BC-50	267.00	599.73	160,127.98	47,764,429.09	93.61%	C
ROSTER-B-95	256.00	1,279.00	327,424.79	48,091,853.88	94.25%	C
MILAN-9	255.00	387.89	98,912.11	48,190,765.99	94.44%	C
VR-12	240.00	481.94	115,666.19	48,306,432.18	94.67%	C
MILAN-5	211.00	559.79	118,116.45	48,424,548.63	94.90%	C
GL-6	205.00	133.77	27,423.80	48,451,972.43	94.95%	C
VR-33	200.00	1,050.30	210,059.45	48,662,031.89	95.37%	C
ICB-1	193.00	1,010.55	195,035.27	48,857,067.15	95.75%	C
COMBO-144	156.00	748.16	116,713.68	48,973,780.83	95.98%	C
MILAN-7	147.00	351.36	51,650.17	49,025,431.01	96.08%	C
HFF-12	146.00	859.73	125,520.47	49,150,951.48	96.32%	C
FLORENCIA-14	133.00	510.05	67,836.76	49,218,788.24	96.46%	C
JUNIOR-2	124.00	1,089.58	135,107.75	49,353,895.99	96.72%	C
X-3	116.00	1,639.66	190,200.13	49,544,096.12	97.09%	C
HFF-8	116.00	639.49	74,180.74	49,618,276.85	97.24%	C
MIRAGE-6	113.00	1,910.73	215,912.68	49,834,189.54	97.66%	C
ROSTER-BAR-56	113.00	1,171.98	132,434.11	49,966,623.65	97.92%	C
BABY-COOLER	101.00	222.33	22,455.02	49,989,078.67	97.97%	C
V-324	93.00	508.58	47,297.75	50,036,376.42	98.06%	C
VR-30	90.00	1,151.01	103,590.51	50,139,966.93	98.26%	C
HFF-4	82.00	467.81	38,360.72	50,178,327.65	98.34%	C
CHAMPION-150	72.00	1,626.99	117,143.12	50,295,470.77	98.57%	C
BC-65	68.00	794.08	53,997.73	50,349,468.50	98.67%	C
ROSTER-B-380	59.00	633.79	37,393.83	50,386,862.33	98.75%	C

Continuación Tabla 9

V-945	56.00	1,602.80	89,757.00	50,476,619.33	98.92%	C
PIL-9	52.00	1,640.03	85,281.70	50,561,901.03	99.09%	C
VR-67	50.00	1,868.30	93,415.14	50,655,316.18	99.27%	C
MIRAGE-4	49.00	1,665.71	81,619.78	50,736,935.96	99.43%	C
ROSTER-B-25	47.00	523.16	24,588.36	50,761,524.32	99.48%	C
HFF-2	34.00	429.97	14,618.98	50,776,143.30	99.51%	C
BC-25	34.00	392.84	13,356.50	50,789,499.79	99.54%	C
SEC-18	29.00	1,133.69	32,877.00	50,822,376.79	99.60%	C
V-820	26.00	1,454.47	37,816.22	50,860,193.01	99.67%	C
COLSHOP-56	25.00	1,036.51	25,912.74	50,886,105.75	99.72%	C
AC-S	21.00	1,762.00	37,002.00	50,923,107.75	99.80%	C
V-384	19.00	525.46	9,983.77	50,933,091.52	99.82%	C
ALASKA-15	16.00	535.29	8,564.64	50,941,656.16	99.83%	C
ROSTSHOP-56	15.00	1,057.24	15,858.63	50,957,514.79	99.86%	C
GLACIAL-280	13.00	509.55	6,624.17	50,964,138.96	99.88%	C
ROSTER-CC-7	12.00	923.95	11,087.39	50,975,226.35	99.90%	C
BC-72	12.00	659.65	7,915.80	50,983,142.15	99.91%	C
HC-12	11.00	732.37	8,056.12	50,991,198.27	99.93%	C
SMOOTHIE-1	10.00	974.00	9,740.00	51,000,938.27	99.95%	C
V-18	7.00	718.51	5,029.57	51,005,967.84	99.96%	C
F-15	4.00	1,077.30	4,309.20	51,010,277.04	99.97%	C
CR-35	4.00	1,038.25	4,153.00	51,014,430.04	99.98%	C
F-18	3.00	757.89	2,273.68	51,016,703.71	99.98%	C
VR-15	3.00	639.00	1,917.00	51,018,620.71	99.98%	C
CC-6	3.00	265.06	795.18	51,019,415.89	99.99%	C
F-16	2.00	1,179.09	2,358.18	51,021,774.07	99.99%	C
MR-15	2.00	608.39	1,216.78	51,022,990.85	99.99%	C
COMBO-560	1.00	1,340.00	1,340.00	51,024,330.85	100.00%	C
COLSHOP-61-42	1.00	1,136.00	1,136.00	51,025,466.85	100.00%	C
CTE-2	1.00	530.68	530.68	51,025,997.54	100.00%	C
TWIN-JUNIOR	1.00	493.47	493.47	51,026,491.01	100.00%	C
PIL-6	1.00	269.06	269.06	51,026,760.07	100.00%	C

