

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial



PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN DE UNA
EMPRESA DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN DE GUATEMALA

Trabajo de graduación presentado por
Eduardo Ernesto Bracamonte Subillaga
para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Industrial

Guatemala
2017

PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN DE UNA
EMPRESA DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN DE GUATEMALA

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA

Facultad de Ingeniería

Departamento de Ingeniería Industrial

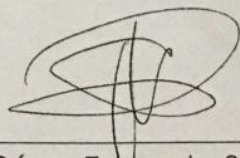


PROPUESTA DE MEJORA DEL SISTEMA DE GESTIÓN DE CALIDAD PARA EL
PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN DE UNA
EMPRESA DE EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN DE GUATEMALA

Trabajo de graduación presentado por
Eduardo Ernesto Bracamonte Subillaga
para optar al grado académico de
Licenciado en Ingeniería Industrial

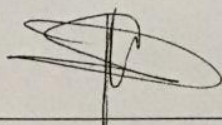
Guatemala
2017

Vo.Bo. Asesor

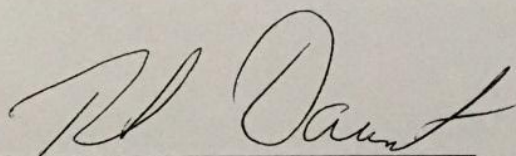


Ing. César Eduardo Silva Salazar

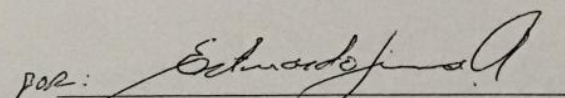
Vo.Bo. Terna Examinadora



Ing. César Eduardo Silva Salazar



Lic. Raúl Fernando Dacaret Román

por: 
Lic. José Guillermo Rivera del Cid

Fecha de Aprobación: 26 de Enero del 2017 /

Índice

LISTA DE TABLAS.....	vii
LISTA DE ILUSTRACIONES.....	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. JUSTIFICACIÓN	3
III. OBJETIVOS	4
A. GENERAL	4
B. ESPECÍFICOS	4
IV. METODOLOGÍA	5
V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA EN GUATEMALA.....	6
VI. EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN	8
A. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN.....	8
B. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN.....	9
C. DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS PRODUCIDOS EN GUATEMALA	14
VII. METODOLOGÍA 5S	15
VIII. DIAGRAMA DE PROCESOS DE BIMANUAL.....	17
IX. MÉTODO JIDOKA, CONTROL Y MEJORA DE CALIDAD EN PROCESOS .	19
X. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	21
XI. DIAGRAMA DE ISHIKAWA.....	27
XII. PROPUESTA DE MEJORA.....	29
XIII. CONTROLES DE CAPACITACIÓN	41
XIV. DATOS OBTENIDOS	42
A. RESULTADOS GENERALES	42
B. RESULTADOS ESPECIFICOS POR CADA ÁREA DE TRABAJO	44
1. ÁREA DE METALES	44
2. ÁREA DE ENSAMBLE 1.....	45
3. ÁREA DE ESPUMADORAS	46

4.	ÁREA DE ENSAMBLE 2.....	47
5.	ÁREA DE ENSAMBLE 3.....	48
6.	ZONA DE PRUEBA	49
7.	ÁREA DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE	50
XV.	ANÁLISIS DE PARETO DE LOS EQUIPOS VR-17	51
XVI.	ANÁLISIS DE COSTOS	53
XVII.	CONCLUSIONES.....	59
XVIII.	RECOMENDACIONES	60
XIX.	REFERENCIAS.....	61
XX.	ANEXOS	62

LISTA DE TABLAS

Tabla No.1 Presupuesto de capacitación de metodología "5S"	43
Tabla No.2 Presupuesto de análisis bimanual	45
Tabla No.3 Presupuesto de capacitación metodología "Jidoka"	48
Tabla No.4 Presupuesto de auditorías de seguimiento.....	50
Tabla No.5 Equipos de refrigeración con defecto por área	53
Tabla No.6 Resultados de la muestra analizada en el área de metales (muestra: 104 equipos de refrigeración).....	55
Tabla 7 Cantidad de defectos en ensamble 1 (Muestra: 104 equipos de refrigeración)	56
Tabla No.8 Cantidad de defectos en el área de espumadoras (muestra: 104 equipos de refrigeración).....	57
Tabla No.9 Cantidad de defectos en ensamble 2 (muestra: 104 equipos de refrigeración)	58
Tabla No.10 Cantidad de defectos en ensamble 3 (muestra: 104 equipos de refrigeración)	59
Tabla No.11 Cantidad de defectos en el área de prueba (muestra: 104 equipos de refrigeración)	60
Tabla No.12 Cantidad de defectos en el área de acabado final y empaque (muestra: 104 equipos de refrigeración).....	61
Tabla No.13 Porcentaje promedio de elementos con defecto	62
Tabla No.14 Costo total del área de acabado final y empaque	64
Tabla No.15 Materiales y mano de obra utilizados mensualmente para la producción de 6500 equipos en el área de acabado final y empaque.....	65
Tabla No.16 Costo unitario por clasificación de costos por equipo en área de acabado final y empaque	66
Tabla No.17 Costo total por unidad en área de acabado final y empaque	66
Tabla No.18 Recursos utilizados en el retrabajo mayor de pintura	67
Tabla No.19 Comparación de costos del área de pintura del modelo VR-17	68
Tabla No.20 Costo de implementación de propuestas de mejora	68

LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración No. 1 Componentes básicos de un sistema de refrigeración	20
Ilustración No. 2 Diagrama de flujo del proceso de producción de un equipo de refrigeración	22
Ilustración No.3 Formato del diagrama bimanual propuesto	29
Ilustración No. 4 Piezas del modelo VR-17 terminadas y listas para ser transportadas al área de ensamble	34
Ilustración No.5 Mesa de trabajo del área de metales	35
Ilustración No.6 Diagrama bimanual de un operario en el área de metales que realiza una operación de troquelado	36
Ilustración No.7 Diagrama de flujo del método actual bajo el cual se realizan las operaciones en el área de metales	37
Ilustración No.8 Diagrama de Ishikawa del proceso de producción de un equipo de refrigeración	39
Ilustración No.9 Gráfico de curva de aprendizaje de la "S1 (Seleccionar)"	41
Ilustración No.10 Gráfico de curva de aprendizaje "S2 (Ordenar)"	42
Ilustración No.11 Curva de aprendizaje "S3 (Limpiar)"	42
Ilustración No.12 Diagrama bimanual propuesto para un operario del área de metales que realiza una operación de troquelado	44
Ilustración No.13 Diagrama de flujo del método propuesto para realizar las operaciones en el área de metales	46
Ilustración No.14 Curva de aprendizaje "Jidoka"	47
Ilustración No.15 Guía para realizar las auditorías sobre las metodologías propuestas para mejorar la gestión de calidad	49
Ilustración 16 Histograma de defectos del proceso de producción de un equipo de refrigeración	54
Ilustración No.17 Diagrama de Pareto de porcentaje de defectos por área	62
Ilustración No.18 Modelo VR-17 saliendo del área de prueba	69
Ilustración No.19 Atasco en el área de acabado final y empaque provocado por los modelos VR-17	69
Ilustración No.20 Equipos VR-17 esperando a entrar a las espumadoras	72

RESUMEN

El presente trabajo de graduación consiste en el análisis de una línea de producción de un modelo de refrigeradores producido por una industria en el país, la determinación de posibles fallas y la propuesta de mejoras para la gestión de calidad de la empresa objeto de estudio. Para el efecto, se realizó un proceso de observación y documentación, así como del posterior análisis del proceso de producción de un equipo de refrigeración, identificando los defectos que se originan durante todo el proceso de manufactura así como sus posibles causas. Las fuentes de error se encuentran respaldadas y confirmadas mediante un análisis estadístico general y un análisis estadístico para cada área de trabajo del proceso de manufactura. Finalmente, se realizó un análisis de costos en el área de trabajo en la que deben subsanarse los errores cometidos a través de todo el proceso de producción, es decir, en el área de acabado final y pintura.

El análisis de costos se realizó, específicamente, para esta fase del proceso, pues los defectos que se documentaron no impedían el funcionamiento correcto del equipo, no obstante, si afectaban la apariencia y presentación del mismo. El análisis de costos consistió en calcular el costo de trabajar un equipo que termina el proceso de producción sin sufrir daño alguno, haciendo un análisis comparativo en relación al costo que representa la reparación de equipos de refrigeración que presentan golpes o quiebres. Debido a reglas de confidencialidad de la empresa estudiada, los montos que se presentan en ambos análisis de costos, fueron alterados con un factor.

Luego de realizar el referido análisis comparativo, se llegó a la conclusión de que en el área de acabado final y pintura de la empresa de refrigeración estudiada, el costo normal de trabajo sin golpes o quiebres asciende a Q. 28.21. El costo de retrabajos que debe realizarse en caso el equipo este dañado en la parte externa del mismo, es decir, que tenga golpes o quiebres, que necesiten ser reparados en el área de acabado final y pintura, asciende a Q. 9.85, por cada equipo. Cantidad que debe ser adicionada al valor fijo ya referido.

Según datos de la empresa, alrededor de un 20 por ciento de los equipos que se manufacturan deben ser sometidos a retrabajos en el área de pintura y acabado final, es decir que para una producción mensual promedio de 6500 equipos, el costo total de los retrabajos representa alrededor de Q. 12,805.00, que la empresa debe invertir como un costo adicional.

De la muestra observada, se concluyó que el 20 por ciento de los equipos manufacturados requieren retrabajos mayores en el área de acabado final y empaque. El 81.81 por ciento de los defectos que fueron identificados durante el proceso de observación, pudo constatarse que se originan en el área de metales y en el área de espumado del proceso de producción, concluyéndose que este alto porcentaje de errores se deben a un control de calidad incompleto. El control de calidad se considera incompleto ya que durante el proceso de observación se pudo notar que cada área de trabajo solamente verifica ciertos aspectos de calidad, relacionados con la parte del proceso que se realiza en esa área. En el área de metales, por ejemplo, se verifica únicamente que las piezas que conforman el equipo de refrigeración cumplan con las medidas de diseño establecidas. Durante el resto del proceso de manufactura, en las diferentes estaciones de trabajo, únicamente se centran en el buen funcionamiento de los componentes que se instalan en cada estación. Es en el área de acabado final y empaque, que se verifica si los equipos presentan defectos de, tales como golpes o quiebres, muchos de los cuales pudieron evitarse si se tuviera una visión integral del proceso de manufactura.

I. INTRODUCCIÓN

La empresa de equipos de refrigeración analizada en el presente trabajo de graduación, es la empresa líder en producción de esta clase de equipos de refrigeración en Guatemala y Centroamérica. Inicia sus operaciones en nuestro país en el año 1981 y a la fecha, ha logrado posicionarse como una de las empresas de producción y venta de equipos de refrigeración comercial a nivel mundial, se denomina con el nombre ficticio “Empresa de Refrigeración de Guatemala, Sociedad Anónima”.

Al día de hoy, existe un aumento en la demanda de productos de refrigeración en diferentes industrias, este incremento ha derivado en el crecimiento de la producción de la empresa objeto de análisis en el presente trabajo de graduación, al punto de tener la capacidad de producir aproximadamente 9000 equipos por mes.

El incremento de la producción debe ir acompañado de un debido control de calidad, de manera que al incrementarse la producción no se incrementen costos debido a errores o fallas en el proceso. Luego de analizar la situación del proceso de producción de un modelo con alta demanda, se pudo establecer que la empresa cubre gastos innecesarios en retrabajos de pintura en general, debido a una gestión de calidad incompleta y deficiente para algunas áreas del proceso. De una muestra analizada, de 104 equipos, el cien por ciento de los equipos necesitaron retrabajos de pintura y 31 equipos tuvieron que ser sometidos a retrabajos mayores de pintura.

El presente trabajo de graduación tiene como objeto el análisis del proceso de producción y detección de las áreas donde más defectos se producen, a efecto de proponer mejoras. Incluye además, un análisis de costos que muestra el costo normal en procesos de pintura para equipos de refrigeración y el costo por retrabajos de pintura, haciendo una relación entre los mismos. Cabe mencionar, que todos los valores numéricos que hacen referencia a datos monetarios,

han sido modificados con un factor de corrección por motivos de seguridad y salvaguardar la confidencialidad financiera de la empresa. Finalmente se hace una propuesta de mejoras en el proceso, cumpliendo así como el cometido del presente trabajo de graduación, contribuir con conocimientos ingenieriles a la mejor en el proceso de manufactura de la empresa objeto de estudio.

II. JUSTIFICACIÓN

La empresa objeto del presente estudio, se dedica a la producción de equipos de refrigeración utilizados principalmente en el enfriamiento de bebidas. La planta principal donde se elabora la mayor parte de equipos cuenta con cuatro líneas de producción y una línea de pintura, acabado final y empaque. Es en este punto, en el ensamble de equipos, que se deben realizar la mayor cantidad de retrabajos, lo que genera costos extras para la empresa e insatisfacción en los clientes, cuando sus pedidos no son entregados a tiempo, debido a los referidos procesos.

El propósito de este trabajo de graduación es analizar el proceso de producción en una de las cuatro líneas en que se elaboran los equipos de refrigeración de la referida empresa, para determinar las posibles falencias en la gestión de calidad y con ello realizar una propuesta de mejoras, con el objetivo de reducir el número de equipos que necesiten retrabajos y por consiguiente gastos innecesarios de la empresa y así obtener una mayor competitividad, especialmente en el mercado internacional.

III. OBJETIVOS

A. GENERAL

Realizar una propuesta de mejora en el sistema de gestión de calidad para el proceso de producción de equipos de refrigeración en una empresa guatemalteca.

B. ESPECÍFICOS

1. Analizar mediante herramientas ingenieriles, la situación actual del proceso de producción del lote de un modelo con demanda constante dentro del mercado nacional e internacional, para verificar la cantidad de equipos sin defectos en proporción a la cantidad de equipos con defectos.
2. Elaborar un sistema de control de calidad, mostrando los resultados del análisis ingenieril a través de cuadros estadísticos que reflejen la situación analizada y sus posibles causas.
3. Desarrollar un sistema de gestión de calidad, basado en el análisis de las herramientas de métodos que se propone en este trabajo, adaptando los resultados del proceso a los estándares de calidad requeridos por la empresa de equipos de refrigeración.
4. Determinar el costo actual de un equipo de refrigeración con las posibles falencias existentes en el proceso de producción y establecer el costo beneficio que tendría la implementación del sistema de gestión de calidad para mejorar el referido proceso, a efecto de evaluar la viabilidad económica del mismo.

IV. METODOLOGÍA

El trabajo de graduación se llevará a cabo de acuerdo a la siguiente metodología:

- **Paso 1:** investigación de la situación actual del proceso de producción de la empresa dedicada a la fabricación de equipos de refrigeración con el objetivo de conocer el porcentaje de equipos defectuosos de un lote de producción.
- **Paso 2:** identificación de los procesos actuales en la elaboración de los equipos de refrigeración e identificación de las tareas involucradas en esos procesos.
- **Paso 3:** recolección de datos de defectos encontrados en un lote de producción que incluya la cantidad de equipos producidos, la cantidad de errores encontrados e identificación del tipo de fallas.
- **Paso 4:** análisis de los datos recolectados y aplicación de herramientas ingenieriles para determinar la causa de las fallas que podrían encontrarse.
- **Paso 5:** elaboración de propuestas de mejoras a implementar en el proceso de producción. Estas propuestas estarán respaldadas por un análisis de costos actuales vs los costos que incluyan la implementación de las mismas.
- **Paso 6:** redacción del informe final.

V. DESCRIPCIÓN DE LA EMPRESA EN GUATEMALA

La empresa objeto de análisis, se dedica a la elaboración de equipos de refrigeración en Guatemala; tiene sus inicios en 1967, época en que un grupo de inversionistas centroamericanos toma la decisión de asociarse para aprovechar la instauración del Mercado Común Centroamericano (MCCA), junto con la prometedora demanda de equipos refrigerantes en el área. La empresa de mérito, se establece en Nicaragua por un periodo de más de trece años, hasta 1981, época en que debido a los problemas políticos que se dan en ese país, decide trasladar la totalidad de sus operaciones a Guatemala, fundándose una nueva fábrica de refrigeración; enseguida a su traslado a nuestro país, la empresa tiene un crecimiento significativo gracias a la gran demanda de bebidas gaseosas, cervezas, productos lácteos, refrescos naturales y otros productos alimenticios que necesitan refrigeración; la demanda se incrementó no solo en la región centroamericana, sino a través del tiempo, logra expandir sus operaciones a nivel mundial. En el año 2007, se funda en Cali, Colombia, una filial de la empresa, instalando una segunda planta de producción, para satisfacer el mercado regional del área suramericana y proveer a nuevos clientes que surgen a nivel internacional.

Ese mismo año, la empresa de refrigeración instalada en nuestro país, inicia un proceso de expansión a través de la reestructuración y ampliación de sus capacidades, para satisfacer las necesidades de mercados internacionales, hasta esa época poco abarcado, como lo es el mercado africano.

La gama de clientes de la empresa se ha ido ampliando, a través del tiempo, de tal suerte que, actualmente, incluye industrias cerveceras, embotelladoras de bebidas carbonatadas y bebidas no carbonatadas, productos lácteos, refrigeradores industriales para cadenas de restaurantes, entre otros.

Finalmente, es importante mencionar que desde su fundación, la filial con sede en Cali, Colombia, se ha logrado posicionar en el mercado regional como

una industria líder en la fabricación de equipos de refrigeración, con la mayor capacidad de producción, creciendo esta, de 12000 unidades hasta las 48000 unidades por año.

La empresa de refrigeración en Guatemala, objeto de este estudio, ha ampliado la gama de estilos que produce, para satisfacer las necesidades específicas de sus clientes y a la fecha cuenta con más de 120 diferentes modelos de equipos de refrigeración y más de 250 versiones de los mismos, para atender las necesidades específicas de los mercados y clientes tanto a nivel nacional, regional y mundial. En la actualidad, las instalaciones en nuestro país son capaces de producir hasta 8000 equipos de refrigeración por mes.

Un aspecto que se hace necesario mencionar, es la serie de beneficios que brinda nuestro país, en materia de competitividad y que ha permitido la expansión de la empresa objeto de estudio; es necesario referir que según el Decreto 28-89 del Congreso de la República de Guatemala, ley vigente en nuestro país, si una empresa se constituye en nuestro país con capital extranjero y la producción y/o ensamble de bienes, que en términos de valor monetario contenga como mínimo el cincuenta y uno (51%) por ciento de mercancías extranjeras, puede acogerse a la LEY DE FOMENTO Y DESARROLLO DE LA ACTIVIDAD EXPORTADORA DE MAQUILA. Sin embargo, por costumbre de la empresa investigada, sólo el cinco (5%) por ciento de los equipos producidos es para distribución local, este porcentaje representa alrededor de 300 equipos de refrigeración.

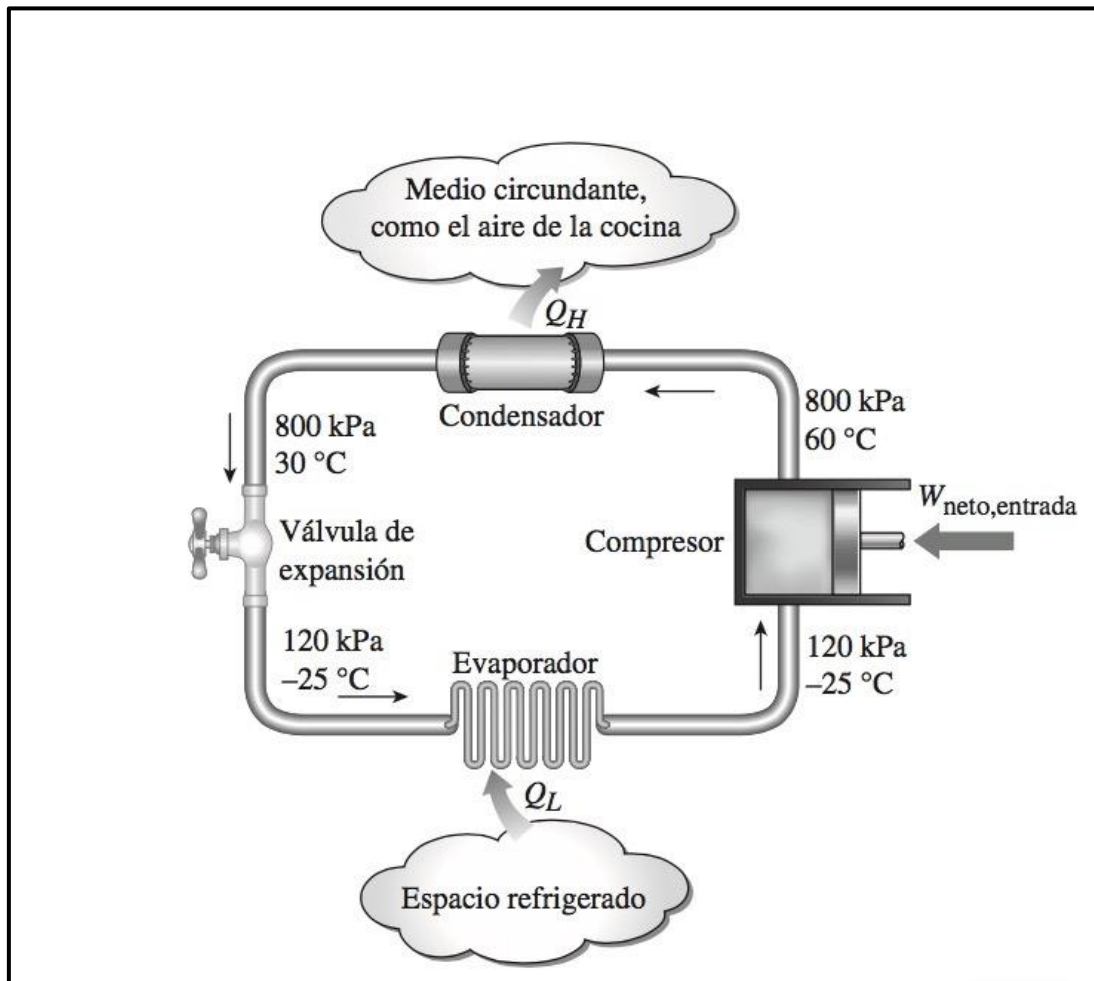
VI. EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN

A. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN

En todo equipo de refrigeración ocurre un proceso mediante el cual existe una transferencia de calor, de un medio de temperatura baja hacia un medio de temperatura alta, para variar el proceso natural de transferencia de calor, en el cual se transmiten medios de temperatura alta hacia medios de temperatura baja. Los refrigeradores para su funcionamiento necesita de un componente básico, un fluido llamado refrigerante, imprescindible para lograr que la temperatura se eleve a través de un proceso de absorción de calor. Los refrigeradores funcionan en ciclos, es decir, que para que se dé la absorción de calor es necesario completar una serie de fases, en la que intervienen cuatro componentes principales: un compresor, un condensador, una válvula de expansión y un evaporador; luego de haberse completado varias ciclos se logra llegar a la temperatura deseada; en el proceso de refrigeración, los ciclos inician nuevamente cuando es necesario reducir la temperatura.

El ciclo de refrigeración más utilizado es el ciclo de refrigeración por compresión de vapor; este ciclo inicia al momento que el refrigerante, en estado gaseoso, entra al compresor donde se comprime de manera que aumenta su presión y temperatura, luego se transporta hacia el condensador, donde se enfría, mientras fluye por los serpentines de este componente; es en momento, que el calor es transferido al medio circundante, posteriormente el fluido se mueve hacia la válvula de expansión, donde la presión y temperatura caen de forma drástica; luego de esto, el refrigerante entra a bajas temperatura y presión hacia el evaporador, es en este componente donde el fluido se evapora mientras absorbe el calor del espacio refrigerado; el ciclo se completa cuando el refrigerante vuelve a entrar al compresor. (Cengel, 2011).

Ilustración No.1 Componentes básicos de un sistema de refrigeración



Fuente: Yunes A. Cengel, Michael A. Boles. (2011, pág.288). Termodinámica.

B. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE UN EQUIPO DE REFRIGERACIÓN

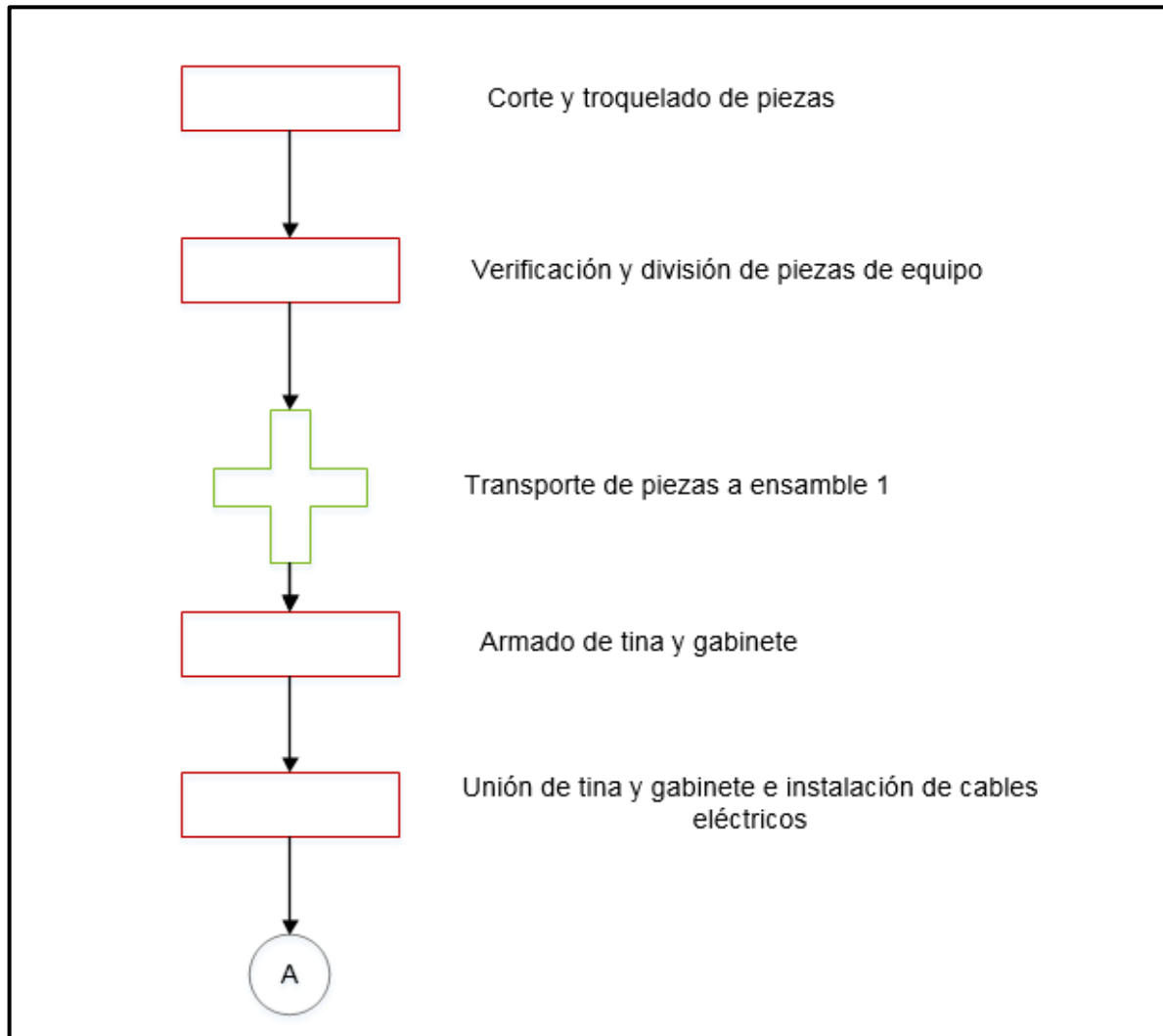
El proceso de producción del equipo de refrigeración analizado en la empresa objeto de estudio, se divide en siete áreas de trabajo, a saber:

- Área de metales: En esta área se cortan, se troquelan y se doblan las piezas que conforman el equipo de refrigeración.
- Ensamble I: En esta área de trabajo se arma la tina, espacio del equipo de refrigeración que contendrá el producto que se desee enfriar, se arma

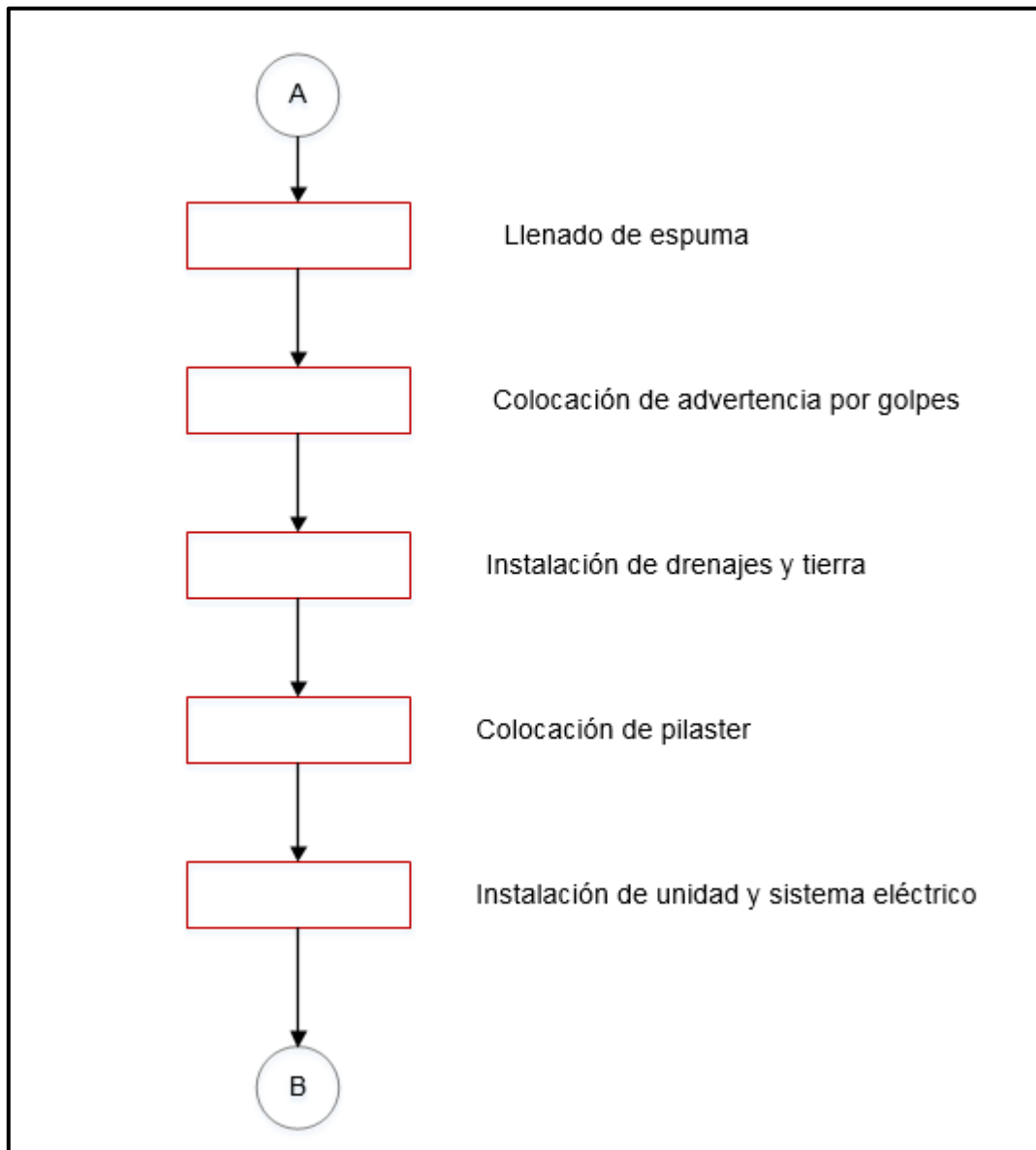
- además el gabinete, que es la parte del equipo que recubrirá la tina. Otra tarea que se realiza en esta área es la colocación del cableado eléctrico de todos los componentes del equipo.
- Área de espumado: En esta área de trabajo se inyecta a presión espuma en el espacio existente entre la tina y el gabinete, con el objetivo de fijar el cableado eléctrico, previamente colocado. La espuma inyectada cumple dos funciones esenciales: darle rigidez al equipo de refrigeración y servir como aislante térmico.
- Ensamble II: En esta área se colocan los componentes del equipo de refrigeración, el compresor, el evaporador, el condensador y la válvula de expansión. También se colocan los pilasters que sostendrán las bandejas de la tina y se completa el sistema de drenaje y el sistema eléctrico (balastos, cables de tierra, etc.).
- Ensamble III: En esta zona de trabajo se instalan las puertas, los rótulos que se colocan en la parte superior del equipo y que incluyen marcas solicitadas.
- Área de fosas: En esta zona de trabajo se carga el gas refrigerante en el equipo.
- Zona de prueba: Es en esta área, en que se verifica si el equipo enfría correctamente, asegurándose que el consumo energético se encuentre dentro de los parámetros adecuados.
- Área de acabado final y empaque: El acabado final consiste en la limpieza de residuos de producción (residuos de espuma, cinta de aislar, polvo, etc.); si existen rayones leves, los mismos son subsanados mediante retoques de pintura, si el equipo tiene golpes, abolladuras o necesita un trabajo más profundo de pintura, los equipos de refrigeración se envían a las cabinas de pintura, en las que se realizan trabajos más detallados de reparación. Posterior a ello, los equipos se dirigen a la sección de empaque, en donde se hace una prueba final de funcionamiento, así como una última inspección visual y se procede a empaquetar el equipo.

A continuación se presenta un diagrama de flujo que describe gráficamente el proceso de manufactura de un equipo de refrigeración.

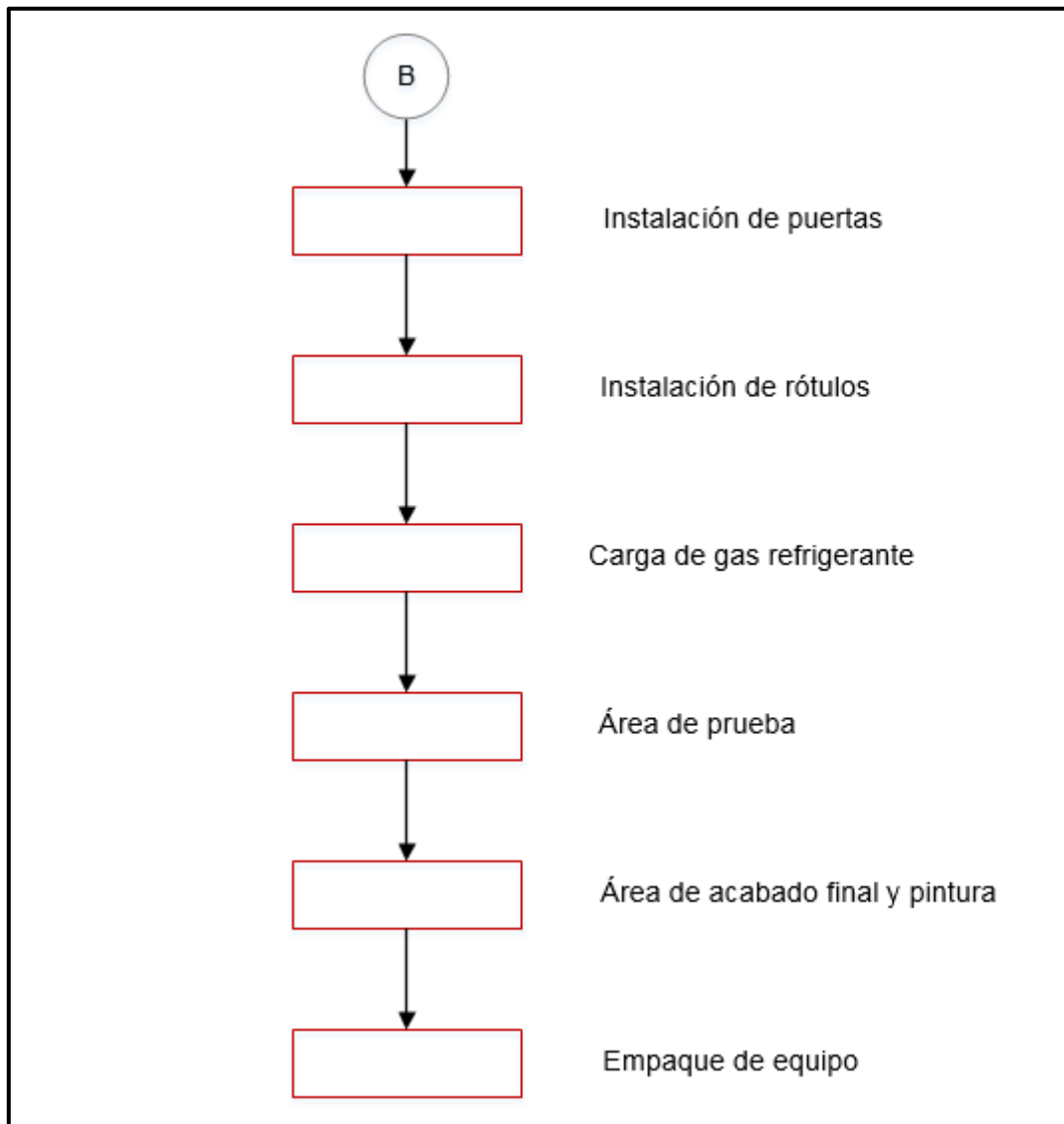
Ilustración No.2 Diagrama de flujo del proceso de producción de un equipo de refrigeración



Continuación de Ilustración No.2



Continuación de Ilustración No.2



Fuente: Elaboración propia. (2016)

C. DESCRIPCIÓN DE LOS MODELOS PRODUCIDOS EN GUATEMALA

Como se mencionó en el apartado de este trabajo ¹, que reseña la conformación de la empresa objeto de análisis, en el país; esta tiene como actividad principal la elaboración de equipos de refrigeración, tanto para su comercialización a nivel local como para la exportación; lo que ha derivado en la necesidad de adaptarse a los requerimientos de clientes de diferentes áreas de industria, en 85 países alrededor del mundo. Esto ha tenido como resultado el diseño de 644 modelos de refrigeración que se distribuyen en 30 familias.

De la gama de familias producidas por la empresa objeto de análisis, de conformidad con datos estadísticos que obran en la empresa, que no son susceptibles de divulgarse, se observa que la serie VR; se encuentra entre las que tienen mayor demanda. Esta serie es popular tanto en el mercado local como en el mercado internacional.

El presente trabajo de graduación pretende centrarse en el análisis del proceso de producción del modelo VR-17, perteneciente a la familia VR; este modelo se encuentra dentro del grupo de los diez modelos de mayor demanda en el mercado, tanto nacional como internacional, según datos estadísticos confidenciales de la empresa. El modelo VR-17 tiene como características que lo hacen atractivo para clientes nacionales e internacionales, su capacidad de almacenaje, su tamaño estándar, su precio accesible y su facilidad de producción, lo que redundará en una rápida entrega.

¹ Ver página 6

VII. METODOLOGÍA 5S

La metodología de las 5S se enfoca en la aplicación sistemática de principios de orden y limpieza en las áreas de trabajo. El autor Hernández, M. (2013 pág.36) indica, al referirse a la metodología 5S que “el acrónimo corresponde a las iniciales en japonés de las cinco palabras que definen las herramientas y cuya fonética empieza con “S”: Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu y Shitsuke, que significan, respectivamente: eliminar lo innecesario, ordenar, limpiar e inspeccionar, estandarizar y crear hábito”.

A pesar de su sencillez y excelentes resultados a corto plazo, esta metodología resulta desconocida para muchas empresas a nivel mundial. Una ventaja en la implementación de esta metodología, radica en que no requiere conocimientos particulares ni cuantiosas inversiones para su implementación.

Dentro de los principales objetivos de esta metodología se encuentra:

- Reducir el aspecto sucio de la planta
- Eliminar el desorden en las áreas de trabajo
- Promover una cultura de orden y limpieza
- Aumentar el espacio disponible en las áreas de trabajo

El primer paso, en la metodología de las “5S” consiste en clasificar y eliminar todos los elementos innecesarios de las áreas de trabajo; en este paso se debe separar lo que es necesario para realizar la operación del resto de elementos, con el objetivo de eliminar estorbos y evitar perder tiempo en localizar los materiales y herramientas a utilizar.

La segunda “S”, corresponde a la palabra “Seiton”, que significa ordenar; una vez se tienen identificados los elementos y herramientas necesarias, se debe definir una ubicación, identificándola para devolver cada elemento a su lugar, una vez haya sido utilizado.

La tercera “S”, concierne a la palabra “limpiar” y a través de este paso se pretende mantener las herramientas y áreas de trabajo en un estado óptimo de

aseo para realizar las operaciones, mediante esta “S” también se previene que ocurran defectos en las herramientas.

La fase “Seiketsu” se enfoca en estandarizar los pasos anteriores, de manera que sus efectos sean perdurables. A través de esta fase, se crea un sistema para implementar los pasos anteriores de la forma más práctica y eficiente posible.

La última fase de las “5S” consiste en crear una disciplina, es decir, convertir los pasos anteriores en un hábito y de esta manera promover una cultura de orden y limpieza en toda la organización. Esta metodología resulta de suma importancia, ya que su implementación, tiene, entre otros objetivos, evitar: “...número de averías más frecuente de lo normal” así como “movimientos y recorridos innecesarios de personas, materiales y utillajes”. (Hernández, M., 2013, pág. 37).

VIII. DIAGRAMA DE PROCESOS DE BIMANUAL

La herramienta conocida como diagrama de procesos bimanual, según Niebel. B. (2009, pag.116) “es una herramienta para el estudio del movimiento. Este diagrama muestra todos los movimientos y retrasos atribuibles a las manos derecha e izquierda y las relaciones que existen entre ellos”. Su propósito de estudiar los movimientos que realiza un operario al realizar una tarea específica. Esto se hace con el objetivo de identificar los patrones de movimientos ineficientes. El diagrama bimanual sirve para modificar de forma más fácil un método, de manera que se pueda realizar una operación equilibrada de las dos manos y de esta forma reducir los retrasos y fatigas que sufren los operarios. Esta herramienta conlleva enlistar los movimientos que un operario realiza con cada una de sus manos, durante una operación. Una vez enlistados los movimientos, se establece mediante un diagrama, los movimientos realizados, determinando los patrones de movimiento, identificando además, todos los movimientos innecesarios que causan fatiga y retrasan la operación. El formato incluye una sección de información específica de la operación que se realiza, del operario que la ejecuta y en qué área de trabajo se lleva a cabo. Para ello, debe detallarse cada uno de los movimientos que realizan ambas manos del operario durante una operación. Identificándose cada movimiento con un símbolo, el círculo significa “operación”, la letra “D” representa un retraso, el símbolo de la flecha significa “transporte” y el triángulo invertido representa una “inspección”. De manera que, conforme se vayan observando las acciones o los movimientos del operario, se debe marcar en la casilla donde corresponda, debiéndose enumerar todos los movimientos que se observen. A continuación, deberán contabilizarse cada una de las operaciones que se realizan con ambas manos. Posteriormente, según los movimientos marcados en las casillas correspondientes, se realiza el diagrama, se establece el patrón de movimientos y se determina aquellos que se realicen innecesariamente de manera que puedan ser eliminados.

IX. MÉTODO JIDOKA, CONTROL Y MEJORA DE CALIDAD EN PROCESOS

El incremento en la producción constituye un desafío para la empresa que se analiza; un desafío hacia lo externo, que se representa en la exploración de nuevos mercados internacionales y un desafío a lo interno; en el sentido de lograr elevar la producción al menor costo posible y lograr la satisfacción del cliente, adaptando los productos a sus requerimientos. Para alcanzar estos objetivos, relacionados con tiempo, costo y satisfacción, se han desarrollado y perfeccionado distintas herramientas ingenieriles enfocadas a la calidad. La mayoría de ellas fueron desarrolladas en Japón, en la segunda mitad del siglo pasado; surgiendo la ingeniería de manufactura Lean Manufacturing, que a decir de Hernández M. (2013, pág. 6) “consiste en la aplicación sistemática y habitual de un conjunto de técnicas de fabricación que buscan la mejora de los procesos productivos a través de la reducción de todo tipo de “desperdicios”, definidos estos como los procesos o actividades que usan más recursos de los estrictamente necesarios”.

La correcta aplicación de las metodologías de trabajo deriva en la disminución de desperdicios y reducción de tiempos de tareas en un proceso de producción, esto último son los principales objetivos de ingeniería Lean. Uno de los pilares fundamentales de la ingeniería Lean es la metodología Jidoka, el autor Hernández M. (2013, pág. 56) señala, haciendo relación a esta metodología, que “bajo la perspectiva Lean, el objetivo radica en que el proceso tenga su propio autocontrol de calidad, de forma que, si existe una anomalía durante el proceso, este se detendrá, ya sea automática o manualmente por el operario, impidiendo que las piezas defectuosas avancen en el proceso”. La metodología Jidoka tiene como finalidad que en el momento en que un problema sea detectado dentro del proceso de producción este pueda ser identificado, documentado y corregido por cualquier persona, independientemente del rango, y no tener que esperar a que lo haga un supervisor o el jefe de planta; esta forma de respuesta evita que los defectos sean detectados con posterioridad y derive en el aumento de costos debido a desperdicios o reprocesos. La metodología Jidoka se adapta

perfectamente al proceso de producción objeto de análisis, ya que el mismo se realiza manualmente y está dividido en varias tareas y estaciones de trabajo. En el proceso de observación que se realizó como parte de este trabajo de graduación, se pudo advertir que los operarios de las diferentes estaciones solamente verifican ciertos parámetros de los procesos a ellos asignados, sin tener una visión de trabajo en equipo, que haga frente a un sistema complejo de trabajo, como la manufactura de los equipos de refrigeración que se analizan. (Hernández M., 2013, pág. 56).

X. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En la empresa de refrigeración guatemalteca objeto de análisis, se pudo establecer que mensualmente se elaboran alrededor de 6,500 equipos, esta producción incluye toda la gama de familias que la empresa produce. De esta cantidad, aproximadamente el 95% de la producción, es decir 6,175 equipos, son requeridos por empresas internacionales que comercializan marcas reconocidas; por tanto, los equipos producidos para estas empresas demandan que las partes laterales de los mismos estén recubiertas completamente por calcomanías que publicitan esas marcas. Esto representa una ventaja para el proceso de producción, dado que si la lámina que compone estas partes laterales se encuentra rayada, no es necesario pintarla, pues los defectos quedarán ocultos al momento de colocarle la cubierta que contiene la publicidad de la marca. No obstante, los principios de “Total Quality Management”, así como los sistemas de gestión de calidad, demandan que la calidad sea total. De manera que, buscando competir con mercados internacionales, el producto debe ir con mejor calidad aunque sean “cubiertos” por calcomanías publicitarias. El restante 5% de los equipos que se producen, son para la venta local a marcas de restaurantes conocidos, distribuidores de equipos industriales o negocios pequeños, mismos que no requieren la colocación de publicidad o marca alguna; esto implica que debe existir un manejo más cuidadoso en el proceso de producción, dado que al no colocarse ningún tipo de recubrimiento en las partes laterales del equipo producido, cualquier imperfección, como quiebres, golpes o rayones, serán claramente visibles.

Como se describió en el apartado relacionado al proceso de producción de un equipo de refrigeración, realizado por la empresa que se analiza; el mismo esta agrupado en áreas de trabajo. Durante el proceso de observación (in situ) de cada uno de los procedimientos que se llevan a cabo en las áreas de trabajo referidas, se pudo comprobar que cada subproceso se centra en cumplir solamente con los requerimientos del mismo, sin enfocarse en procesos anteriores o posteriores; de manera que, si durante un subproceso el equipo sufre algún golpe, abolladura o rayón, solamente se le coloca un sticker que advierte la falla. Esto provoca que al

llegar al área de acabado final y empaque, los equipos permanezcan más tiempo del requerido, a efecto de poder resanar todas las imperfecciones producidas durante las etapas previas del proceso de producción, esto tiene como consecuencia una acumulación, que hace necesario ubicar los productos de refrigeración que han llegado hasta esta fase del proceso en áreas físicas inadecuadas, como patios o pasillos, en donde los equipos se ven expuestos nuevamente a sufrir golpes, rayones y en muchos casos abolladuras mayores, lo que implica un mayor costo de producción.

Lo anterior presupone que a efecto de desfogar el trabajo y evitar exponer los equipos a nuevos daños se hace necesario la utilización de horas extra de trabajo, que representa un costo adicional a la empresa, que se ve representado no solo en el pago de horas extras sino en la mala imagen que se produce al no entregar los equipos de refrigeración en el tiempo pactado.

Adicionalmente al costo de horas extra se debe agregar el costo de la masilla, pintura, lijas, y otros utensilios utilizados en la reparación de los equipos genéricos.

Ilustración No.4 Piezas del modelo VR-17 terminadas y listas para ser transportadas al área de ensamble



Fotografía tomada por Eduardo Bracamonte en el área de metales el 09/08/2016

Como se puede observar en la Ilustración No.4, las piezas terminadas en el área de metales se encuentran listas para ser transportadas en los facilitadores hacia las áreas de ensamble. Sin embargo, una cantidad considerable de piezas están aseguradas únicamente por cintas adhesivas. Las fichas de color celeste, que se observan en la imagen, sirven para identificar cada tipo de pieza y su orden de trabajo correspondiente. Puede observarse que no existe un orden específico al momento de enviar las piezas, ya sea por el número de orden de trabajo o por el tipo de pieza que se trate.

Ilustración No.5 Mesa de trabajo del área de metales



Fotografía tomada por Eduardo Bracamonte en el área de metales el 09/08/2016

La Ilustración No.5, muestra una mesa de trabajo del área de metales, específicamente del área de dobléz. La imagen muestra las piezas que conforman los equipos VR-17 troquelados y listas para ser dobladas, las piezas son acumuladas unas sobre otras, las mismas pertenecen a varias órdenes de trabajo, como lo indican las fichas celestes con la información perteneciente a cada tipo de pieza.

Debido a que existen varios modelos con distintas características, el proceso de manufactura de equipos de refrigeración en la línea de producción objeto de estudio, se realiza en buena parte de forma manual. Al momento de trabajar las piezas en las áreas de manufactura o ensamble, el tamaño y peso de las mismas no permiten que los operarios las manipulen de forma correcta. Se documentó el caso de un operario del área de metales, debido a que la manipulación y transporte en esta área se realizan de forma manual.

La Ilustración No.6 muestra el diagrama bimanual de un operario del área de metales que realiza una operación de troquelado. El diagrama muestra que el operario realiza la mayoría de las operaciones con una sola mano, lo que provoca

que la pieza sufra daños al momento de ser transportada. El uso de una sola mano también provoca fatiga para el operario lo cual puede resultar en una lesión a largo plazo si esta situación no se corrige.

Ilustración No.6 Diagrama bimanual de un operario en el área de metales que realiza una operación de troquelado

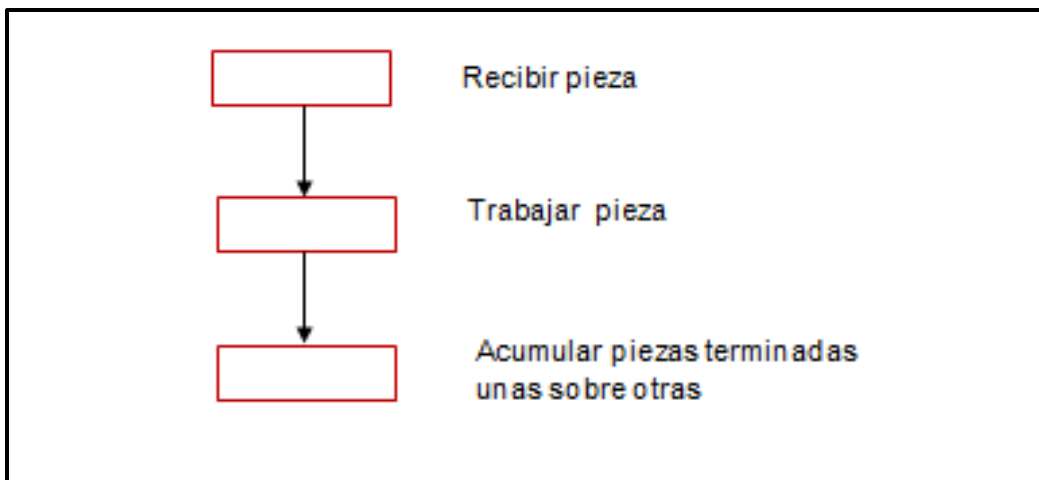
DIAGRAMA BIMANUAL										
Diagrama No.		Hoja No.		Disposición del lugar de trabajo						
Dibujo y pieza: N/A										
Operación: Troquelado de baffle										
Lugar: área de metales										
Operario: N/A										
Compuesto por: Eduardo Bracamonte				Fecha: N/A						
No.	Descripción mano izquierda	●	●	➔	▼	●	●	➔	▼	Descripción mano derecha
1	Espera		●			●				Toma pieza de metal
2	Espera		●					●		Transporta la pieza a troqueladora
3	Coloca la pieza	●				●				Coloca la pieza
4	Espera		●			●				Programa la máquina
5	Espera		●			●				Retira la pieza y la golpea
6	Espera		●			●				Transporta la pieza al facilitador
7	Espera		●			●				Coloca la pieza en el facilitador
8	Acomoda la pieza	●				●				Acomoda la pieza
Resumen										
Método	Actual		Propuesto							
Operación										
Transporte										
Espera										
Supervisión										
Totales										

Fuente: Elaboración propia 2016

Otra falencia detectada es que actualmente, las personas que manufacturan las piezas en el área de metales, reciben las partes que conforman los equipos de refrigeración, sin realizar una verificación del estado en el que fueron recibidas, previo a iniciar la operación. Una vez realizados los trabajos necesarios en las piezas, las acumulan en áreas designadas en las mesas de trabajo o los facilitadores en las cuales se transportan. Estas tareas las realizan sin aplicar ningún método de trabajo estandarizado, lo que muchas veces provoca que se dañen las piezas.

Esta situación se presenta también en las áreas de ensamble. Los operarios no verifican el estado de los equipos antes y después de realizar su operación. Los errores que no se detectan durante la manufactura del equipo, son detectados hasta la última etapa del proceso y es necesario realizar retrabajos.

Ilustración No.7 Diagrama de flujo del método actual bajo el cual se realizan las operaciones en el área de metales



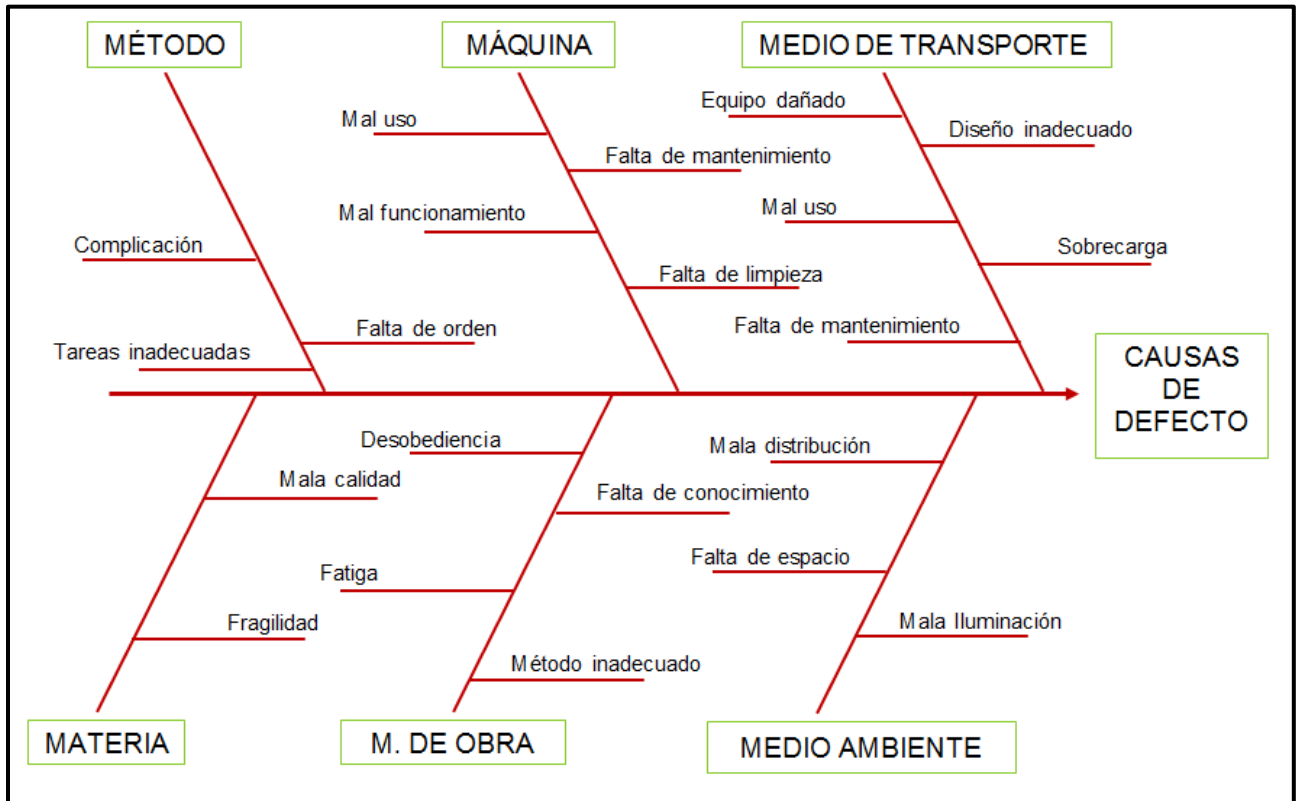
Fuente: Elaboración propia. 2016

XI. DIAGRAMA DE ISHIKAWA

Se presenta un Diagrama de Ishikawa, conformado por las espinas de: método, máquina, medio de transporte, materia, mano de obra y medio ambiente. Como puede observarse en el referido diagrama, las espinas principalmente afectadas son las de “máquina” y “medio de transporte”, se considera que en ambas espinas se encuentran los principales factores que influyen de forma negativa en el proceso de manufactura que se analiza. La espina “método” se escogió dado que se considera necesario verificar que los métodos de trabajo hayan sido diseñados adecuadamente, como complemento es necesario la verificación de su correcta implementación. La espina “máquina” puede constituirse en una condicionante, ya que se considera fundamental la falta de mantenimiento o mal funcionamiento de la maquinaria necesaria para la producción de los equipos de refrigeración. En relación a la espina “medio de transporte” se considera necesario analizarla, ya que durante el proceso de producción, pueden moverse o transportarse de un área a otra las piezas que componen a los equipos, lo que puede implicar daños innecesarios. En el caso de la espina “materia”, se considera oportuno verificar si los materiales utilizados para la producción de los equipos de refrigeración cumplen con los estándares de calidad requeridos, esto puede influir en su resistencia a daños como abolladuras o golpes, durante el proceso de producción.

Otro factor importante que debe ser analizado es la “mano de obra”, específicamente en cuanto a la debida calificación de la misma; el proceso de producción que se analiza no es completamente automatizado, es decir, en todas las etapas del mismo se involucran operarios para la realización de las diferentes tareas. Se hace necesario la verificación de factores como la fatiga y falta de conocimiento, que pueden ser posibles causas de errores en el proceso de manufactura. En cuanto a la espina “medio ambiente”, es posible que las condiciones de iluminación y espacio no sean las adecuadas para trabajar estos equipos de refrigeración.

Ilustración No.8 Diagrama de Ishikawa del proceso de producción de un equipo de refrigeración



Fuente: Elaboración propia. 2016

XII. PROPUESTA DE MEJORA

Como se documentó en el apartado relacionado a la descripción del problema, de este trabajo de graduación, las causas que originan la mayoría de defectos detectados, en cada una de las etapas del proceso, se deben a la falta de orden y cuidado al momento de realizar las tareas, pertenecientes a las espinas de “método” y “medio de transporte”, del diagrama de Ishikawa.

Como propuesta de mejora, se recomienda la implementación de distintas metodologías de trabajo, que permitan disminuir la posibilidad que se presenten defectos en la fabricación de los equipos de refrigeración.

Mediante la implementación de la metodología “5S” se pretende crear espacios de trabajo ordenados que permitirán realizar las operaciones de forma más eficiente.

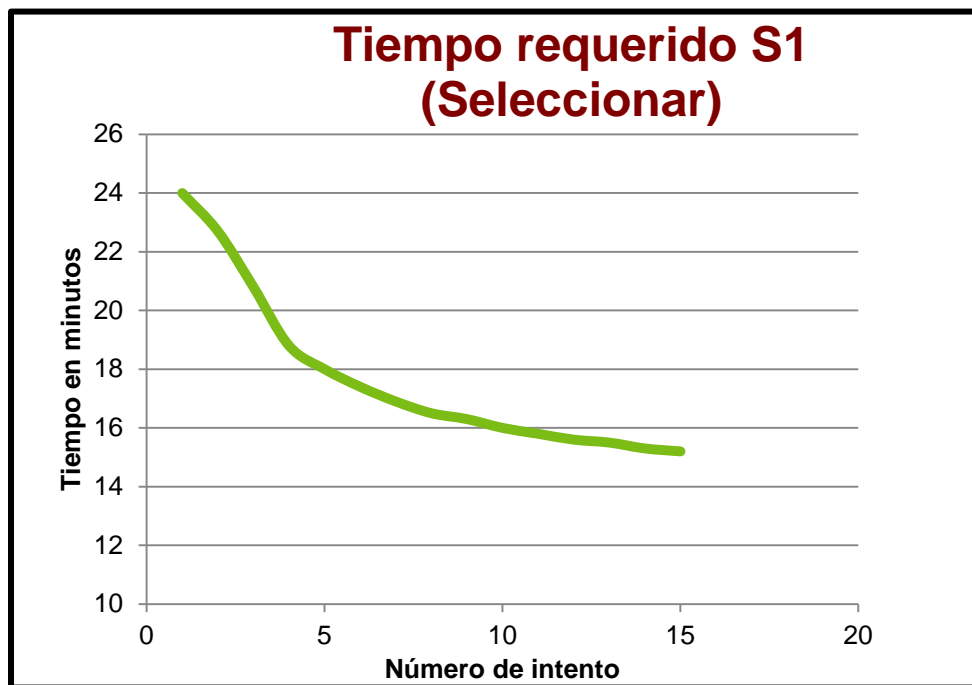
La metodología de las “5S” se aplicará no solo en las áreas de trabajo sino a los métodos de transporte.

Para la implementación de esta metodología, se propone impartir una capacitación de 13 horas. El tiempo de capacitación necesario para la implementación de la metodología se calculó, tomando como base curvas de aprendizaje que el autor de este trabajo realizó en la empresa. En las cuales, se contó con la participación de cinco operarios del área de metales, específicamente personal que trabaja con troqueladoras, quienes durante días aleatorios de un mes, realizaron la práctica de esta metodología. Se cronometró a cada persona, la primera vez que se realizó la práctica, el tiempo promedio utilizado fue mayor a una hora; conforme los operarios adquirían experiencia este tiempo se redujo a 45 minutos. La finalidad, a largo plazo, es que esta metodología de trabajo se convierta en un hábito en los operarios.

Se presentan las curvas de aprendizaje para las “S” de selección, orden y limpieza, se pretende que al finalizar el periodo de capacitación, la implementación de las “5S” se realice en menos de 1 hora.

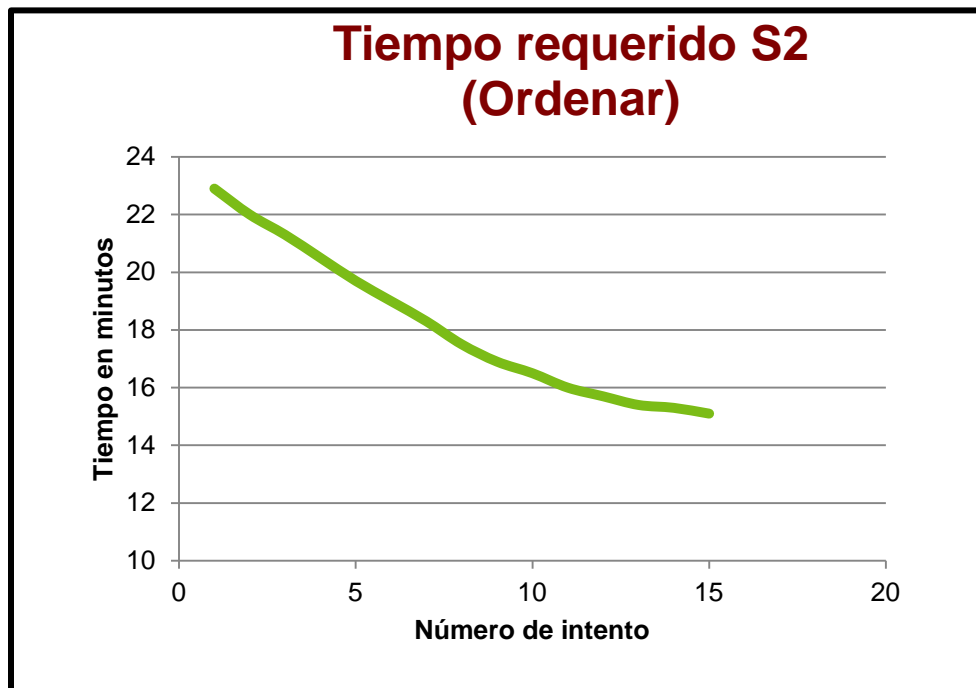
La tabla de la estimación de los costos de esta capacitación no contempla el análisis financiero de la capacitación, ya que no se consideró el costo del capacitador, dado que la empresa cuenta con un departamento de Manufactura LEAN, que puede desarrollarlas.

Ilustración No.9 Gráfico de curva de aprendizaje de la "S1 (Seleccionar)"



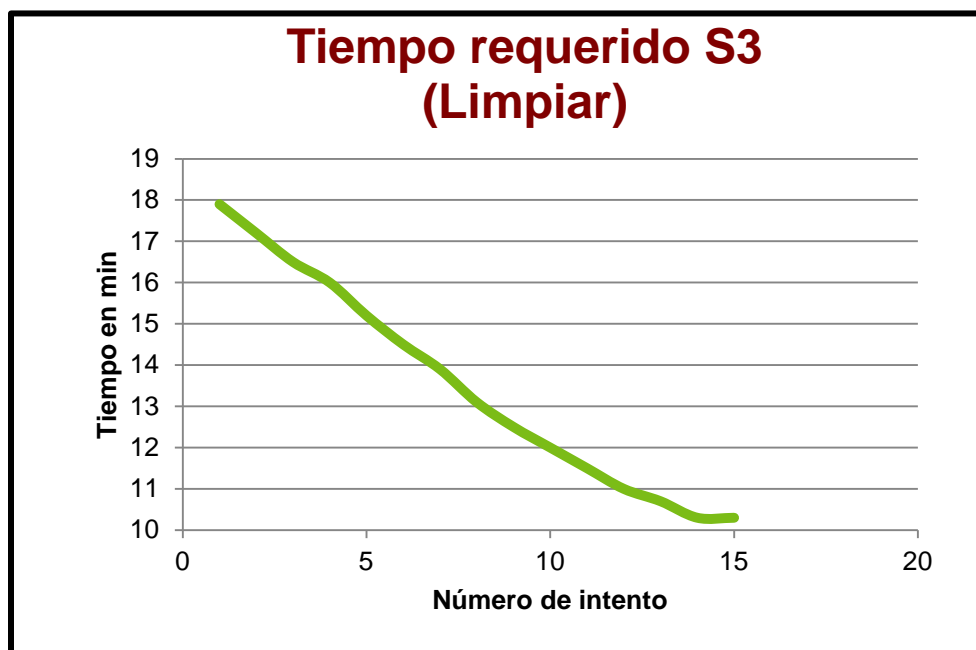
Fuente: Elaboración propia. 2016

Ilustración No.10 Gráfico de curva de aprendizaje "S2 (Ordenar)"



Fuente: Elaboración propia. 2016

Ilustración No.11 Curva de aprendizaje "S3 (Limpiar)"



Fuente: Elaboración propia. 2016

Tabla No.1 Presupuesto de capacitación de metodología "5S"

Elemento	Costo Unitario (Q)	Cantidad	Costo (Q)
Materiales			
Refacción (lays y refresco)	5.80	126	730.80
Hoja por persona	0.60	126	75.60
Tinta de impresión por persona	0.12	126	15.12
Costo de 13 horas de capacitación	124.41	126	15675.66
Marcador	3.00	5	15.00
Almohadillas para pizarra	12.00	2	24.00

Fuente: Elaboración propia. 2016

Dado que en la línea de producción objeto de estudio, se realizan muchas actividades manuales, la propuesta incluye además, la realización de diagramas bimanuales para todos los empleados que se involucren en el proceso de manufactura en esa línea de producción, en la cual trabajan 126 operarios. Es necesario realizar un análisis bimanual para cada operario a efecto de establecer movimientos innecesarios. Se propone iniciar el proceso de análisis de movimiento en las áreas donde se presentan la mayor cantidad de defectos, es decir, el área de metales.

La detección y corrección en los métodos de trabajo, permitirá eliminar movimientos innecesarios y prácticas de manufactura inadecuadas al momento de transportar las piezas, que son causa de defectos y tienen como consecuencia, un costo de retrabajo de pintura en los equipos de refrigeración

La Ilustración No.12 muestra un diagrama bimanual, con el método propuesto para el operario observado en el área de troquelado, que se presentó como ejemplo en la descripción del problema. A diferencia del procedimiento observado, el método propuesto, procura que el operario utilice las dos manos para realizar la tarea. Los movimientos de tomar y transportar serán más fáciles de realizar si se llevan a cabo con ambas manos. Esto también disminuirá la posibilidad que la pieza sufra algún daño por mala manipulación y que el operario sufra alguna lesión a largo plazo.

implementación de los diagramas bimanuales incluye el costo del tiempo en que cada operario detiene su producción, en tanto recibe la retroalimentación

Tabla No.2 Presupuesto de análisis bimanual

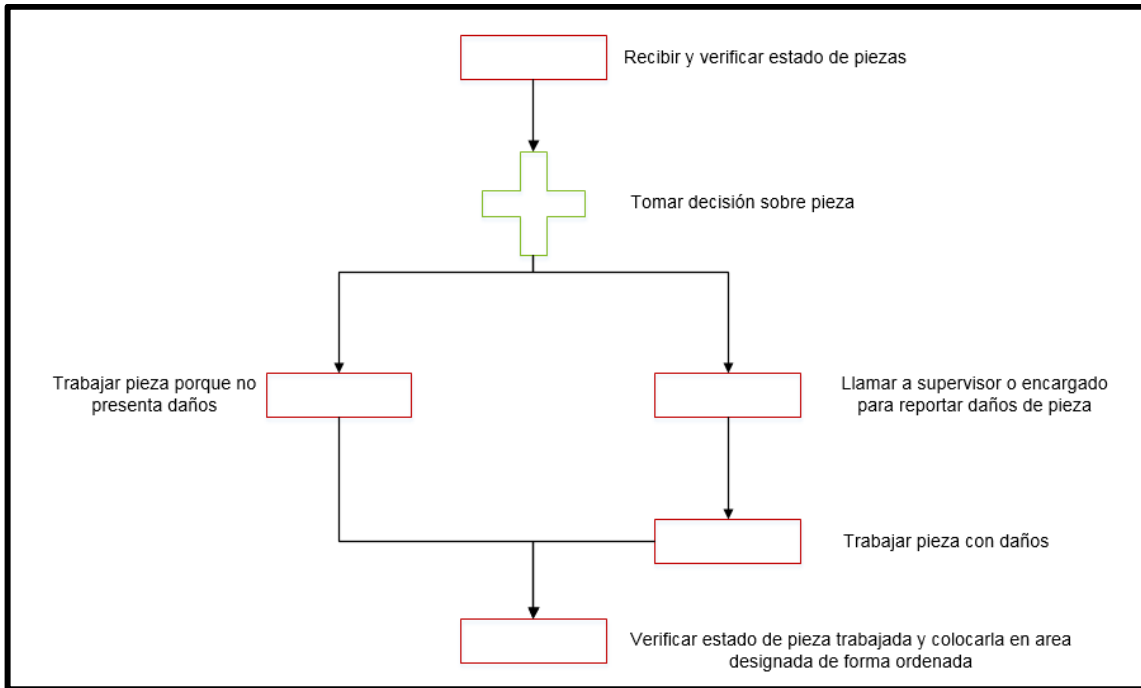
Elemento	Costo Unitario (Q)	Cantidad	Costo (Q)
Materiales			
Impresiones análisis bimanual	0.72	126	90.72
Impresiones de oficina	0.60	126	75.60
Tiempo de realimentación	4.95	126	623.70
Marcador	3.00	5	15.00
Almohadillas para pizarra	12.00	3	36.00

Fuente: Elaboración propia. 2016

Específicamente en el área de “metales”, se recomienda implementar la metodología “Jidoka”, de manera que, todo el personal que se involucra en esa fase del proceso, tenga el empoderamiento para corregir las tareas que se realicen, en caso se produzcan errores en las diferentes etapas del proceso de manufactura.

Se presenta un diagrama de flujo, elaborado bajo el principio de la metodología “Jidoka”, que contrasta con el flujograma elaborado según la observación realizada para describir los problemas encontrados en la línea de producción objeto de este trabajo. La finalidad de la implementación de esta metodología es que cada uno de los operarios que laboran en el área de metales tome el autocontrol de la calidad de las piezas para evitar la realización de retrabajos al final de proceso de producción.

Ilustración No.13 Diagrama de flujo del método propuesto para realizar las operaciones en el área de metales



Fuente: Elaboración propia. 2016

El método propuesto para realizar las operaciones en el área de metales, inicia realizando una inspección de la pieza que se recibe para ser trabajada. Teniendo como base el estado de la pieza, es decir, si esta no presenta defectos que comprometan la calidad del equipo, se continúa el proceso de manufactura. En caso la pieza presente algún defecto, el operario que la trabaja debe llamar a su supervisor o encargado de área para reportarle el estado de la pieza y que se tome las decisiones que se consideren pertinentes para corregir esta situación. En caso no presente defectos que comprometan su calidad, puede trabajarse la pieza y marcarla con un sticker para que el resto de las áreas sepa el origen del error. Una vez trabajada la pieza debe ser revisada nuevamente, en ambos casos, para asegurar la calidad del producto.

Para implementar la metodología Jidoka, se propone realizar una capacitación de dos horas. Este estimado de tiempo se obtuvo a través de una prueba piloto

(curvas de aprendizaje) que se realizó en un grupo de 5 operarios.

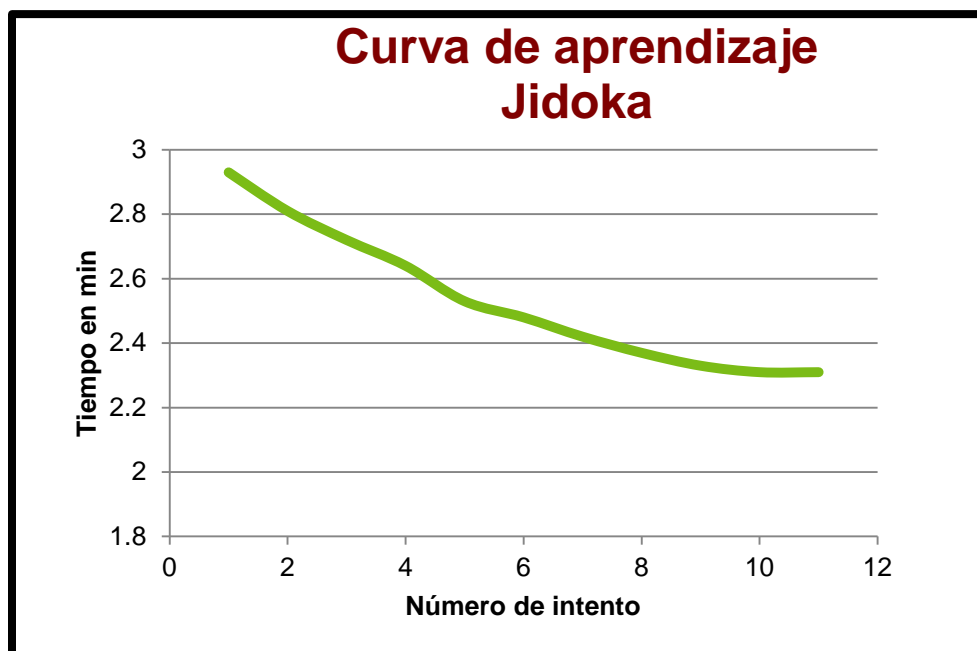
Durante la primera hora se les impartió el concepto de la metodología Jidoka y se les explicó cómo trabajarla.

Durante la segunda hora se realizó una curva de aprendizaje para determinar el tiempo que se tomaba implementar la nueva metodología.

Durante las primeras tomas de tiempo, bajo la metodología Jidoka, a los trabajadores les llevaba un aproximado de tres minutos, realizar una tarea. Luego de realizar la misma operación varias veces se llegó a un tiempo promedio de 2.5 minutos.

Se presenta la curva de aprendizaje de la metodología Jidoka y el presupuesto para implementar dicha metodología. En este último, no se tomó en cuenta el costo del capacitador porque se pretende que sea realizada por departamento de Manufactura LEAN de la empresa.

Ilustración No.14 Curva de aprendizaje "Jidoka"



Fuente: Elaboración propia. 2016

Tabla No.3 Presupuesto de capacitación metodología "Jidoka"

Elemento	Costo Unitario (Q)	Cantidad	Costo (Q)
Materiales			
Refacción (pan con jamón, y refresco)	8.80	126	1108.80
Hoja por persona	0.60	126	75.60
Tinta de impresión por persona	0.12	126	15.12
Tiempo invertido	9.90	126	1247.40
Marcador	3.00	5	15.00
Almohadillas para pizarra	12.00	3	36.00

Fuente: Elaboración propia. 2016

Finalmente, se propone que el departamento de manufactura LEAN de la empresa realice un programa de auditorías internas específicas para el monitoreo de la implementación de las tres metodologías propuestas.

A. Metodología de la auditoría

- Planeación de la auditoría

Se propone que los ingenieros del departamento de manufactura LEAN sea el grupo de trabajo que implemente la auditoría visitando cada área de trabajo aleatoriamente tres veces a la semana por un periodo de tres meses. Utilizando la guía que se presenta a continuación así como entrevistas breves con operarios e inspección visual.

Ilustración No.15 Guía para realizar las auditorías sobre las metodologías propuestas para mejorar la gestión de calidad

Área				Fecha:	
	Entrevistado: Cargo:			Revisó: Versión:	
Registro personal	Sí	No	N/A	Pond.	Observaciones
El entrevistado conoce su cargo y función dentro de la empresa					
El entrevistado conoce las políticas de calidad de la empresa					
El individuo conoce y aplica correctamente la metodología 5S					
El individuo conoce y aplica correctamente la metodología Jidoka					
Al momento de realizar la tarea el individuo realiza movimientos repetitivos					
La tarea es realizada según los procedimientos establecidos por la empresa					
Al momento de terminar la tarea el colaborador limpia y ordena su área de trabajo para trabajar otro componente					
El individuo demuestra habilidad al momento de realizar la tarea					
La tarea se realiza en el tiempo establecido por el departamento de Manufactura Lean					
El área de trabajo se encontraba limpia y ordenada antes de realizar la auditoría					

Fuente: Elaboración propia. 2016

La Tabla No.4 muestra con los costos para la realización de la auditoría propuesta, estos solo incluyen los materiales que se utilizarán pues se propone que sea el departamento de Manufactura LEAN quien se encargue de realizarlas.

Tabla No.4 Presupuesto de auditorías de seguimiento

Elemento	Costo Unitario (Q)	Cantidad	Costo (Q)
Materiales			
Guía de auditoria	0.72	126	90.72
Marcador	3.00	5	15.00
Almohadillas para pizarra	12.00	3	36.00

Fuente: Elaboración propia. 2016

- Revisión y evaluación de controles
 Durante las visitas a cada área el personal del departamento de manufactura LEAN realizará revisiones de conocimiento para verificar que el personal conozca y entienda los principios de las metodologías en las cuales fueron capacitados. También se realizarán pruebas de cumplimiento es decir que se verificará la correcta aplicación de las metodologías propuestas, mediante la inspección visual.
- Comunicación de resultados
 Cada dos semanas, el departamento de manufactura LEAN comunicará a al jefe de planta y al gerente de producción los avances o inconvenientes encontrados en la auditoría de seguimiento, de manera que pueda haber una retroalimentación constante para la correcta implementación de las metodologías.
 Al finalizar los tres meses del periodo de verificación se realizará un informe definitivo con las recomendaciones de la auditoría.

La implementación de estas metodologías tendrán como consecuencia una mejora en la gestión de calidad del proceso y este se apegará a los principios Total Quality Management (TQM) de calidad, ya que se persigue que los productos estén enfocados a satisfacer la necesidad del cliente, así también, el proceso de producción contará con colaboradores que estén comprometidos con los objetivos de la organización.

Es importante mencionar que debido a la confidencialidad, los datos monetarios que se presentan en las tablas de análisis financiero de las capacitaciones, fueron modificados por el mismo factor de corrección que se utilizó en el análisis de costos que se presenta en este trabajo de graduación, con la finalidad que exista una relación concreta entre la propuesta de mejora y el análisis de costos.

XIII. CONTROLES DE CAPACITACIÓN

Actualmente las áreas de espumadoras, prueba y acabado final y empaque cuentan con personal de calidad que verifica los equipos constantemente.

Luego de concluidos los proceso de capacitación, se propone para el área de metales y ensamble uno la designación de un auditor de calidad que verifique que las operaciones se realicen cumpliendo los objetivos de las metodologías propuestas. Para el caso de la metodología 5S se buscará que las mesas de trabajo del área de metales de ensamble uno se encuentren en todo momento libres de objetos innecesarios para las operaciones y limpias. También se verificará que todas las piezas que sean transportadas de un área a otra se encuentren debidamente aseguradas al momento de su traslado y que los facilitadores no estén sobrecargados. En cuanto al control para la propuesta de los diagramas bimanuales, se verificará en días aleatorios que cada operario realice la operación que le fue asignada, siguiendo el procedimiento establecido por el departamento de manufactura LEAN. En relación al control de la metodología Jidoka se establecerá un indicador para verificar que en el área de metales el número de piezas defectuosas no sobrepase el cinco por ciento de las piezas producidas en un mes. Este mismo criterio aplicará para el mismo criterio para ensamble uno.

Durante el proceso de producción se verificará de forma aleatoria que los operarios de ambas áreas realicen las inspecciones previas a trabajar las piezas o equipos y las inspecciones luego de realizar la operación.

Para el control de calidad en las espumadoras se verificará que los moldes de madera que se colocan dentro de los equipos, previo a ingresar a la máquina sean introducidos de forma correcta de manera que los equipos no sufran golpes.

Para el área de ensamble dos y ensamble tres se seguirán los mismos criterios que en las áreas de metales y ensamble uno.

XIV. DATOS OBTENIDOS

Este apartado se conforma por una serie de tablas, que contienen los resultados obtenidos en la recolección de datos del proceso de producción del equipo VR-17, que se llevó a cabo en la empresa objeto de estudio, la recopilación se llevó a cabo durante el mes de agosto del presente año, recolectándose datos en cada una de las áreas que conforman el proceso de producción del equipo de refrigeración que se analiza.

A. RESULTADOS GENERALES

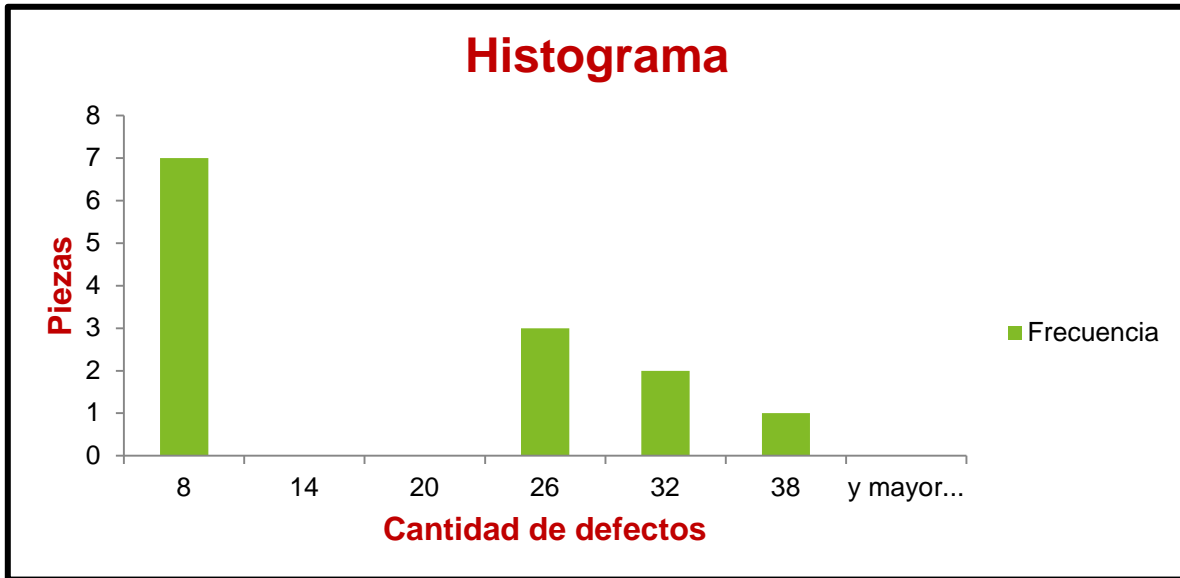
Tabla No.5 Equipos de refrigeración con defecto por área

Área	Pieza	Cantidad de defectos	Porcentaje
Metales			
	Cap inferior	35	17.67%
	Baffle	31	15.65%
	Espalda y laterales de tina	29	14.64%
	Tapa-succión	24	12.12%
	Laterales gabinete	21	10.60%
Ensamble 1			
	Tina	8	4.04%
	Gabinete	7	3.53%
Espumadoras			
	Gabinete	22	11.11%
Ensamble 2			
	Tina (instalación de evaporador)	5	2.52%
	Tina (instalación de baffle)	4	2.02%
Ensamble 3			
	Tina (instalación de tapa-succión)	7	3.53%
Prueba			
	Equipos	2	1.01%
Acabado final y empaque			
	Tina	3	1.51%
	Total de defectos	198	100.00%

Fuente: Elaboración propia. 2016

La tabla “Equipos de refrigeración con defecto por área”, contiene un resumen de los resultados obtenidos en relación a los defectos detectados en la muestra analizada, dividiendo los errores por pieza con defecto y errores por área de trabajo; la muestra consistió en 104 equipos de refrigeración.

Ilustración No. 16 Histograma de defectos del proceso de producción de un equipo de refrigeración



Fuente: Elaboración propia. 2016

Un histograma es una representación gráfica de un resumen de datos cuantitativos. La variable de interés dentro de un histograma se coloca en el eje horizontal y la frecuencia con que esta variable se presente, en el eje vertical.

Para el proceso de producción del modelo de refrigeración VR-17, siete de las trece operaciones que conforman el proceso presentan una cantidad entre cero y ocho defectos, de conformidad con la muestra analizada. Estas operaciones que presentan una cantidad baja de defectos se encuentran en las áreas de ensamble1, ensamble 2, ensamble 3, prueba y el área de acabado final y empaque.

Dentro del proceso de producción del modelo VR-17, no existen operaciones que presenten una cantidad entre 9 y 20 defectos. Posteriormente, se muestran tres operaciones que presentan entre 20 y 26 defectos; estas operaciones se encuentran en el área de metales, específicamente en la producción de tapa-

succiones y laterales de gabinete y en el área de espumadoras. Las operaciones de manufactura de baffles y laterales de tina en el área de metales presentan una cantidad de defectos entre 26 y 32. La operación que más defectos presentó en este trabajo de graduación fue la elaboración de “cap inferior”, que se encuentra en el rango entre 32 y 35 defectos.

B. RESULTADOS ESPECIFICOS POR CADA ÁREA DE TRABAJO

A continuación, se presentan las tablas de frecuencia, que contienen los resultados encontrados en las diferentes áreas de trabajo que fueron enumeradas en el apartado relacionado a los datos obtenidos, este trabajo. En cada uno de los apartados se hace una breve explicación de los referidos resultados.

1. ÁREA DE METALES

Tabla No.6 Resultados de la muestra analizada en el área de metales (muestra: 104 equipos de refrigeración)

Pieza	Cantidad de piezas rayadas	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Cap inferior	35	25.00%	25.00%	35
Baffle	31	22.14%	47.14%	66
Espalda y laterales Tina	29	20.71%	67.85%	95
Tapa-succión	24	17.14%	84.99%	119
Laterales gabinete	21	15.00%	100.00%	140

Fuente: Elaboración propia. 2016

Como se puede apreciar en el diagrama de flujo que se encuentra en el apartado relativo a la descripción del proceso de producción, de este trabajo; el área de metales es la primera fase del proceso de manufactura de un equipo de refrigeración, es en esta etapa que se cortan, doblan y troquelan las piezas que conformarán el equipo de refrigeración. En esta área de trabajo, las piezas sufren daños como rayones y quiebres, esas

malas prácticas de manufacturas no se dan solamente al momento de ser trabajadas en las máquinas troqueladoras sino también durante su traslado, en donde se dan una serie de malas prácticas, al momento de ser apiladas y protegidas. Las causas de defectos que se observaron en esta área pertenecen a las espinas de “método” y “método de transporte”, en el diagrama de Ishikawa, que se presenta en este trabajo de graduación. Del proceso de observación realizado, durante la toma de la muestra que se analizó, se pudo advertir que entre las principales causas, se encuentran:

- Las piezas que se transportan en los facilitadores se rayan debido a la mala colocación y al desfase que existe entre ellas
- Movimientos innecesarios para trasladar las piezas
- Falta de cuidado al momento de trabajar las piezas
- Falta de orden en las mesas de trabajo.

2. ÁREA DE ENSAMBLE 1

Tabla No.7 Cantidad de defectos en ensamble 1 (Muestra: 104 equipos de refrigeración)

Elemento	Equipos rayados	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Tina	8	53.33%	53.33%	8
Gabinete	7	46.67%	100.00%	15

Fuente: Elaboración propia. 2016

En el ensamble 1, se arman la tina y gabinete del equipo de refrigeración para posteriormente ser unidas y se instala el arnés eléctrico. En esta área se observó que los componentes que conformarán el equipo de refrigeración sufren quiebres y principalmente rayones en zonas visibles, debido a la falta de cuidado en la manipulación de las partes, la cantidad de equipos que sufren daños en esta área no es alta comparada con la cantidad de daños en otras áreas de trabajo, sin embargo, esa cantidad de errores es susceptible de ser corregida fácilmente, mediante la implementación de buenas prácticas de manufactura; la mayoría de errores

tienen como causa la espina de “método” del diagrama de Ishiwaka, presentado.

En esta área de trabajo se observaron los siguientes factores que originan daños en los equipos:

- Falta de cuidado al momento de preparar los laterales de gabinete
- Carencia de orden y limpieza en las mesas de trabajo
- Exceso de fuerza al momento de unir la tina y el gabinete

3. ÁREA DE ESPUMADORAS

Tabla No.8 Cantidad de defectos en el área de espumadoras (muestra: 104 equipos de refrigeración)

Elemento	Equipos con quiebre	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Gabinete	22	100.00%	100.00%	22

Fuente: Elaboración propia. 2016

El proceso de espumado tiene como principales objetivos brindarle rigidez al equipo (hasta esta fase formado por láminas) y que la espuma funcione como aislante térmico entre el interior de la tina y el exterior. En esta fase, los equipos en producción son susceptibles de sufrir daños como quiebres y golpes, especialmente al momento del llenado de espuma. Cabe mencionar que es de suma importancia subsanar el proceso de manufactura que da lugar a estas imperfecciones, ya que las mismas son las que requieren de más tiempo y materia para su reparación, al momento de llegar al área de acabado final y empaque, implicando un alto costo.

Como medidas necesarias a introducir en el proceso de espumado debe considerarse que al momento en que los equipos que se manufacturan entren al área debe haber plena seguridad del modelo que se trabaja, a efecto de utilizar los moldes de madera correctos para el mismo, dado que no es aconsejable usar los mismos moldes para los diferentes equipos que se producen, esto es en buena parte la causa de los quiebres

y golpes a que se hace referencia. Otra medida necesaria en esta área de trabajo es la calibración de la máquina de espumado; al momento de iniciar el proceso de llenado en un modelo diferente al que se venía trabajando, pues la presión con que la máquina vierte la espuma es otra causa de las imperfecciones señaladas, según pudo observarse durante el proceso de recolección de la muestra, en esta área de trabajo. Al momento de iniciarse el proceso de llenado de espuma, los primeros grupos de equipos (cuatro equipos por grupo) que entran a la máquina sufren quiebres por las siguientes causas:

- Mal estado de los moldes de madera
- Falta de espacio en el área de trabajo
- Inexistencia de un procedimiento definido para la calibración de las espumadoras

Estos factores se corrigen después de cuatro o cinco grupos de equipos que pasan por esta área mientras las personas que trabajan encuentran la medida correcta, mediante un proceso de prueba y error en la fase de calibración de la maquina espumadora en ella se acostumbran a trabajar este tipo de equipos.

Las causas que se observaron en esta área pertenecen a las espinas de “método” y “máquina” del diagrama de Ishikawa presentado.

4. ÁREA DE ENSAMBLE 2

Tabla No.9 Cantidad de defectos en ensamble 2 (muestra: 104 equipos de refrigeración)

Descripción	Piezas rayadas	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Tina (instalación de bafle)	5	56.00%	56.00%	5
Tina (instalación de evaporador)	4	44.00%	100.00%	9

Fuente: Elaboración propia. 2016

En la fase de ensamble 2 se instalan en el equipo los componentes principales que permiten el funcionamiento del sistema de refrigeración y eléctrico del equipo de refrigeración. En esta etapa del proceso se pudo observar que nueve equipos sufrieron rayones por una forma inadecuada de instalar los componentes; la falta de observancia del método adecuado para realizar las tareas en esta fase del proceso sigue siendo una de las causas principales de daños en los equipos que se manufacturan. Es pertinente realizar un análisis de las causas de inobservancia del método a que se hace relación, posibles causas podrían ser desconocimiento, negligencia, fatiga o tedio al tener que realizar la misma rutina durante todo el día.

Dentro de las causas que se pudo observar que afectan a los equipos se encuentran las siguientes:

- Falta de orden por parte de los operarios al momento de realizar la tarea
- No seguir el procedimiento correcto para instalar los componentes
- Falta de cuidado al momento de realizar la tarea.

5. ÁREA DE ENSAMBLE 3

Tabla No.10 Cantidad de defectos en ensamble 3 (muestra: 104 equipos de refrigeración)

Descripción	Equipos golpeados	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Tina (Instalación de tapa-succión)	7	100.00%	100.00%	7

Fuente: Elaboración propia. 2016

En el ensamble 3 se instalan componentes como la puerta, rótulo y tapa-succión del equipo. La mayoría de piezas que se instalan en esta etapa del proceso son visibles por lo que se debe tener mayor cuidado al momento de trabajarlas y colocarlas en los equipos de refrigeración. La

principal causa de daño que se observó en esta área de trabajo corresponde a la espina del “método” y “mano de obra” del diagrama de Ishikawa presentado.

Como principales causas detectadas durante esta fase del proceso, se pueden mencionar:

- Falta de orden al momento de realizar la tarea, es decir, el orden de colocación de las piezas.
- Inobservancia del método establecido para realizar las tareas.
- Manejo inadecuado en la utilización de las herramientas necesarias para realizar las tareas.

6. ZONA DE PRUEBA

Tabla No.11 Cantidad de defectos en el área de prueba (muestra: 104 equipos de refrigeración)

Pieza	Piezas golpeados	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Equipos	2	100.00%	100.00%	2

Fuente: Elaboración propia. 2016

El funcionamiento de los equipos es analizado y documentado dentro de la zona de prueba.

Al abandonar el área de prueba los equipos sufren algunas veces golpes debido a que son empujados con un exceso de fuerza, lo que provoca que choquen contra otros equipos, esto implica un mal manejo e inobservancia del método establecido para el manejo de los equipos. Esta causa puede atribuirse a la espina de “método” del diagrama de Ishikawa de este trabajo.

7. ÁREA DE ACABADO FINAL Y EMPAQUE

Tabla No.12 Cantidad de defectos en el área de acabado final y empaque
(muestra: 104 equipos de refrigeración)

Descripción	Piezas rayadas	Porcentaje	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Tinas	3	100.00%	100.00%	3

Fuente: Elaboración propia. 2016

Se mencionó en el apartado relacionado al área de espumadoras, de este capítulo, al hacer referencia a la urgente necesidad de subsanar los errores en el proceso de llenado de espuma que se realiza en esa área, debido al alto costo de reparación de los daños producidos en esa fase del proceso; esto puede comprobarse con el análisis de los retrabajos que es necesario realizar en el área de acabado final y empaque; los equipos que tienen daños como golpes, especialmente en la unión de dos piezas, sufren fugas de espuma; quedando cantidades considerables de espuma expuesta en la superficie de los equipos. Para retirar esta espuma expuesta, se utilizan espátulas, las cuales, en la mayoría de las ocasiones, provocan rayones durante el proceso de retiro de la misma. No obstante, se utiliza una mezcla ácida para facilitar el proceso de limpieza, el exceso de espuma ocasiona rayones en los equipos porque se requiere de más fuerza para retirarla. Derivado de la observación de todo el proceso de manufactura, puede concluirse que este retrabajo es consecuencia de errores cometidos en el proceso realizado en el área de espumado.

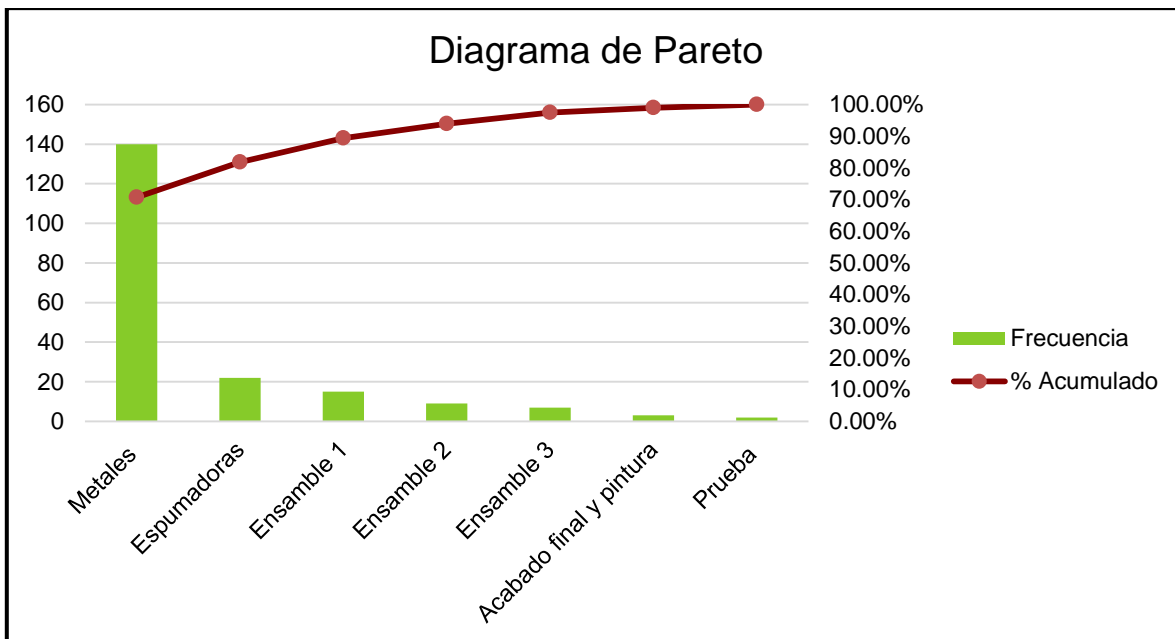
XV. ANÁLISIS DE PARETO DE LOS EQUIPOS VR-17

Tabla No.13 Porcentaje promedio de elementos con defecto

Área	Frecuencia	Porcentaje acumulado	Frecuencia acumulada
Metales	140	70.71%	140
Espumadoras	22	81.82%	162
Ensamble 1	15	89.39%	177
Ensamble 2	9	93.94%	186
Ensamble 3	7	97.47%	193
Acabado final y pintura	3	98.99%	196
Prueba	2	100.00%	198

Fuente: Elaboración propia. 2016

Ilustración No.17 Diagrama de Pareto de porcentaje de defectos por área



Fuente: Elaboración propia. 2016

Mediante un análisis de Pareto se busca identificar, en base al total de 198 defectos encontrados durante el proceso de observación de este trabajo de graduación, las áreas en las cuales los defectos son más recurrentes. Del proceso de observación se concluye que más del 70 por ciento de los defectos fueron originados en el área de metales, se concluye además que la segunda área que

más defectos generó fue el área de espumado en el cual surgieron 22 golpes y quiebres, lo que representa un 11 por ciento del total de defectos, no obstante esto no es un porcentaje elevado, si debe tomarse en cuenta, los costos en tiempo, materia prima y mano de obra que representa la corrección de estos defectos. Es importante tomar en cuenta estas dos áreas pues en ellas se concentran más del 80 por ciento de los defectos relacionados. El proceso de observación realizado también arroja que las causas principales de estos defectos son el desorden en las áreas de trabajo, la manipulación inadecuada de las piezas en el área de metales y al momento de ser transportadas. El proceso de observación también arrojó que la mayoría de operaciones manuales se realizan de manera inadecuada y que no existe en los operarios un sentido de calidad total, sino solamente la idea de cumplir una función específica. A pesar que existen otras condiciones que puedan afectar el proceso de producción, las mencionadas anteriormente son recurrentes. En cuanto a las áreas de ensamble 1 y ensamble 2, ambas zonas de trabajo originaron un 12 por ciento de los defectos sistematizados. Para el área de ensamble 3 se puede atribuir un 3.53 por ciento de los defectos contabilizados, finalmente, el 2.53 por ciento restante de defectos fueron causados en las áreas de prueba y acabado final y empaque.

XVI. ANÁLISIS DE COSTOS

El análisis de costos que se presenta en este trabajo de graduación, se realizó específicamente para el área de acabado final y empaque, pues es en esta etapa del proceso donde se corrigen todos los daños físicos que pudo haber sufrido el equipo durante el proceso de manufactura. Por motivos de confidencialidad, se aplicó un factor de corrección a los costos reales. No obstante, las cantidades que arroja este análisis, dan una idea del costo que representa corregir los daños físicos en los equipos de refrigeración y la cantidad de dinero que puede ahorrarse la empresa, al implementar medidas correctivas en el proceso de manufactura que permitan evitar la comisión de los errores identificados, redundando en un ahorro significativo representado no solo en dinero sino en tiempo de producción.

Tabla No.14 Costo total del área de acabado final y empaque

Elemento	Costo mensual total (Q)
Materiales directos	36,249.73
Materiales indirectos	13,605.97
Mano de obra directa	125,820.00
Mano de obra indirecta	7,800.00

Fuente: Elaboración propia. 2016

Como primer paso, se calculó el costo total de cada una de las cuatro categorías en las que se clasificaron los recursos utilizados en el área de acabado final y empaque.

Tabla No.15 Materiales y mano de obra utilizados mensualmente para la producción de 6500 equipos en el área de acabado final y empaque

Elemento	Costo unitario (Q)	Cantidad	Costo (Q)	Clasificación de costo
Materiales				
Diesel (galón)	8.54	312	2,664.48	Material directo
Disco lija G.80	18.38	500	9,190.00	Material directo
Disco lija 120	1.75	3000	5,250.00	Material directo
Disco lija 320	1.30	800	1,040.00	Material indirecto
Disco lija 800	2.38	200	476.00	Material indirecto
Disco lija 1200	2.38	500	1,190.00	Material indirecto
Disco lija 1500	2.38	500	1,190.00	Material indirecto
Esponja suave lija	5.84	80	467.20	Material indirecto
Masilla plástica	73.87/galón	45	3,324.15	Material directo
Mineral Spirit	38.40/galón	3	115.20	Material indirecto
Rollo de masking tape	8.66	600	5,196.00	Material directo
Pasta de pulir	179.46/galón	6	1,076.76	Material indirecto
Pintura blanca laca	144.64/galón	14	2,024.96	Material indirecto
Pintura transparente	165.60/galón	6	993.60	Material indirecto
Removedor de pintura	72.00/galón	3	216.00	Material indirecto
Silastic	31.00/pacha	50	1,550.00	Material indirecto
Thinner	22.20/galón	208	4,617.60	Material directo
Tapos	36.00/rollo	35	1,260.00	Material indirecto
Ultra Clean	80.10/galón	75	6,007.50	Material directo
Wipe	3.21/bola	625	2,006.25	Material indirecto
Mano de obra				
Supervisor de área	7800	1	7,800.00	Mano de obra indirecta
Encargado de equipo	2700	5	13,500.00	Mano de obra directa
Operario	2160	52	112,320.00	Mano de obra directa

Fuente: Elaboración propia. 2016

La segunda etapa de este análisis de costos, consiste en identificar los recursos que se utilizan en el área de acabado final y empaque, durante un periodo de un mes. Estos recursos son divididos en las categorías de materiales directos, materiales indirectos, mano de obra directa y mano de obra indirecta.

Para obtener la división entre materiales directos e indirectos se calculó el costo total de todos los materiales utilizados en esta área, posteriormente, se calculó el cinco por ciento de ese total. Los materiales cuyo costo fuera mayor al cinco por ciento del costo total de materiales son clasificados como materiales directos y los materiales que tienen un costo menor a ese porcentaje, son clasificados como materiales indirectos. El criterio del cinco por ciento se utilizó debido a que es el criterio que se utiliza en la empresa objeto de este estudio.

Se le denomina mano de obra directa al recurso humano de la empresa que tenga un contacto directo con el equipo, a través de la realización de una tarea específica. Las personas que coordinan y supervisan el proceso de producción son clasificadas como mano de obra indirecta.

El costo total de cada categoría que se presentó en la Tabla No.16 de este análisis de costos, se calculó sumando los rubros pertenecientes a cada categoría.

Tabla No.16 Costo unitario por clasificación de costos por equipo en área de acabado final y empaque

Elemento	Costo total (Q)
Materiales directos	5.57
Materiales indirectos	2.09
Mano de obra directa	19.35
Mano de obra indirecta	1.20
Total	28.21

Fuente: Elaboración propia. 2016

En la Tabla No.17 se presenta el costo unitario que se invierte en cada equipo de refrigeración, por cada una de las clasificaciones que se le dio a los costos las etapas anteriores de este análisis. El costo mostrado en la tabla anterior se obtuvo dividiendo los costos totales presentados en la Tabla No.14 dentro de una producción de 6,500 equipos al mes.

Tabla No.17 Costo total por unidad en área de acabado final y empaque

Modelo	Costo total (Q)
VR-17	28.21

Fuente: Elaboración propia. 2016

En la anterior tabla se presenta el costo de proceso de un equipo de refrigeración en el área de acabado final y empaque. Este resultado se obtuvo al realizar la sumatoria del costo unitario de cada una de las categorías de la clasificación de costos que se presenta en la Tabla No.16 de este análisis de costos.

Tabla No.18 Recursos utilizados en el retrabajo mayor de pintura

Elemento	Costo (Q)
 Materiales	
Diesel	0.41
Disco lija 120	0.81
Disco lija 320	0.16
Disco lija 1200	0.18
Disco lija 1500	0.18
Rollo masking tape	0.80
Masilla plástica	0.51
Pintura blanca laca	0.31
Thinner	0.71
Trapos	0.19
Wipe	0.31
 Mano de obra	
Supervisor de área	1.20
Encargado de equipo	0.42
Operario	3.66
Total	9.85

Fuente: Elaboración propia. 2016

Como se ha mencionado en varias ocasiones en este trabajo de graduación, para poder subsanar los golpes, abolladuras o quiebres que se producen durante el proceso de manufactura de los equipos de refrigeración, se hace necesaria la realización de retrabajos en los equipos. A manera de ilustración, la Tabla No.18 detalla los materiales y cuantifica los costos necesarios para subsanar un golpe de regular tamaño en un equipo de refrigeración. Es importante mencionar que la mano de obra se calculó tomando como base 11 operarios que son los involucrados en los retrabajos y un encargado de área, así como los costos de los materiales que intervienen en los procesos de retrabajos de un golpe de regular tamaño. Los montos presentados en la anterior tabla se obtienen al dividir la

totalidad de los costos de cada rubro que se utiliza en los retrabajos de pintura, los cuales se presentan en la Tabla No.15, dentro de una producción de 6500 equipos que se fabrican en un mes. Con esta operación, se obtienen el costo unitario de cada elemento que se utiliza en los retrabajos de pintura, por equipo. La sumatoria de los costos unitarios de todos los elementos necesarios para realizar los retrabajos, darán como resultado el costo total del retrabajo. Debe hacerse la salvedad, que por motivos de confidencialidad, los montos reales están multiplicados por un factor de corrección

Tabla No.19 Comparación de costos del área de pintura del modelo VR-17

Modelo	Costo sin retrabajos (Q)	Costo con retrabajos (Q)
VR-17	28.21	38.06

Fuente: Elaboración propia. 2016

En la Tabla No.20 se muestra una comparación de los costos en el área de pintura, de un modelo VR-17 que no necesita retrabajos en contraposición a los costos del mismo modelo, cuando necesita realizar esta operación.

Implementando las metodologías de trabajo de la propuesta de mejora presentada, en el capítulo XII. de este trabajo de graduación, se pretende eliminar los retrabajos de pintura y los costos extras que conlleva; de esta manera el costo por equipo en el área de pintura sea de Q 28.21, costo original de un equipo sin golpes, abolladuras o rayones.

Tabla No.20 Costo de implementación de propuestas de mejora

Titulo	Costo unitario (Q)	Cantidad	Costo (Q)
Metodología "5S"	131.23	126	16536.18
Diagrama bimanual	6.75	126	850.50
Jidoka	19.82	126	2497.92
Auditoría de seguimiento	1.12	126	141.71

Fuente: Elaboración propia. 2016

En la anterior tabla se muestra el costo unitario por operativo de cada una de las capacitaciones propuestas y costo total de implementar las metodologías

presentadas en la propuesta de mejora de este trabajo de graduación, incluyendo una auditoría de seguimiento. El costo total de implementar la propuesta de mejora en la línea de producción objeto de este estudio es de Q 20,026.31.

De los 400 equipos genéricos que se producen mensualmente en la línea de producción que se analiza, aproximadamente el 85% por ciento de estos, es decir 340 equipos requieren retrabajos de pintura. El costo de estos retrabajos en los modelos VR-17 es de Q 9.85 por equipo, esto representa para la empresa un costo mensual de Q 3349.00.

De esta manera, se estima que la inversión que se destine a las capacitaciones y el monitoreo propuestos en este trabajo de graduación pueda ser recuperada en un plazo no mayor a un año.

Al dividir el costo de las capacitaciones y el monitoreo propuesto dentro del costo mensual que la empresa invierte en retrabajos se obtiene que el tiempo para recuperar la inversión es de 5.98 meses.

XVII. CONCLUSIONES

1. El proceso de producción de equipos de refrigeración VR-17 cuenta con una gestión de calidad inadecuada y deficiente, que no logra verificar completamente el proceso de producción. Esto se sustenta, en el hecho de que el cien por ciento de los equipos analizados debieron ser sometidos a trabajos menores de pintura y de este universo, el 20% de los equipos necesitan retrabajos mayores de pintura.
2. Los resultados del análisis ingenieril realizado arrojan como resultado que el 81.81 por ciento de los defectos encontrados en la muestra analizada se originan en el área de “metales” y en el área de “espumadoras”. Las causas principales de defectos en todas son la falta de orden y limpieza al momento de realizar las tareas y no seguir el procedimiento establecido para cada estación de trabajo.
3. Implementando las metodologías señaladas en la propuesta de mejora de este trabajo de graduación, se verificarán todos los aspectos posibles relacionados con la calidad de las piezas que conforman los equipos. Se creará una cultura de orden y limpieza en la empresa lo que se traducirá a una mejora en la calidad, en las operaciones del proceso de producción.
4. El costo de pintura de un modelo VR-17, en el área de acabado final y empaque es de Q 28.21, por equipo. El costo adicional de retrabajos es de Q 9.85, por equipo. Ejecutando la propuesta de mejora que se presenta en este trabajo de graduación, cuyo costo es de Q 20,026.31, se pretende eliminar el costo de retrabajos en el área de acabado final y empaque, para la totalidad de equipos que actualmente requieren estos retrabajos.

XVIII. RECOMENDACIONES

- El departamento de calidad debe hacer un análisis in situ en las líneas de producción, de esa forma tendrá contacto directo con los problemas que fueron identificados en el presente trabajo de graduación.
- El departamento de calidad de la empresa debe redefinir los métodos de supervisión, en base a los hallazgos señalados, a efecto de disminuir la cantidad de equipos que presentan defectos.
- Implementar un proceso de orientación constante, así como de supervisión al factor humano, de manera que se disminuya el tiempo de respuesta en caso se origine algún defecto.
- Verificar las formas de trabajo en general, principalmente, en el área de metales, ya que debido a transportes innecesarios y a la falta de orden, los equipos sufren golpes y rayones innecesarios.
- Los moldes de madera utilizados en el proceso de espumado se encuentran en mal estado por lo que se recomienda renovarlos, evitando con ello que sean un factor que influya en los defectos que ocurren en esta área.
- Analizar la implementación de la metodología Jidoka en el proceso de producción, esta se adapta a la estructura de la empresa, puede ser una herramienta valiosa para desvanecer las malas prácticas de manufactura.

XIX. REFERENCIAS

- Cengel, Y. & Boles, M. (2011). *Termodinámica*. México: McGraw-Hill.
- Colín J. (2008). *Contabilidad de costos*. México: McGraw-Hill.
- Evans, J.& Lindsay W. (2008). *Administración y control de la calidad*. México: Cengage Learning.
- Hernández M.& Vizán A. (2013) *Lean Manufacturing. Conceptos, técnicas e implementación*. Recuperado de http://api.eoi.es/api_v1_dev.php/fedora/asset/eoi:80094/EOI_LeanManufacturing_2013.pdf
- Meyers, F.& Stephens M. (2006). *Diseño de instalaciones de manufactura de materiales*. México: Pearson.
- Niebel, B.& Freivalds. A. (2009). *Ingeniería industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo*. México: McGraw-Hill.

XX. ANEXOS

Ilustración No.18 Modelo VR-17 saliendo del área de prueba



Fotografía tomada por Eduardo Bracamonte el 09/08/201

Ilustración No.19 Atasco en el área de acabado final y empaque provocado por los modelos VR-17



Fotografía tomada por Eduardo Bracamonte el 09/08/2016

Ilustración No.20 Equipos VR-17 esperando a entrar a las espumadoras



Fotografía tomada por Eduardo Bracamonte el 09/08/2016