



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**

**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE  
LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE LA EMPRESA FLORÍCOLA  
JOSARFLOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE OPERACIÓN.**

---

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial

**Autor**

Quispe Molina Luis Alberto

**Tutor**

MSc. Jorge Luis Lema Loja

QUITO – ECUADOR

2018

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE LA EMPRESA FLORÍCOLA JOSARFLOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE OPERACIÓN”, presentado por Luis Alberto Quispe Molina, para optar por el Título de Ingeniero Industrial

### **CERTIFICO**

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del Tribunal Examinador que se designe.

Quito, 06 de Abril del 2018

.....

MSc. Jorge Luis Lema Loja

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN  
ELECTRÓNICA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Luis Alberto Quispe Molina declaro ser autor del Trabajo de Titulación con el nombre “ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE LA EMPRESA FLORÍCOLA JOSARFLOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE OPERACIÓN ”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los 29 días del mes de Junio de 2018, firmo conforme:

Autor: Luis Alberto Quispe Molina

Firma: .....

Número de Cédula: 1714095112

Dirección: Pichincha, Quito, Quitumbe, Orquídeas del sur.

Correo Electrónico: [lbeto.qu@gmail.com](mailto:lbeto.qu@gmail.com)

Teléfono: 0999803884

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

Quien suscribe, declaro que los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de investigación, como requerimiento previo para la obtención del Título de Ingeniero Industrial, son absolutamente originales, auténticos y personales y de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor

Quito, 06 de Abril del 2018

.....

Luis Alberto Quispe Molina  
1714095112

## **APROBACIÓN DEL TRIBUNAL**

El trabajo de Titulación, ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: Titulación “ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE LA EMPRESA FLORÍCOLA JOSARFLOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE OPERACIÓN”, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial, reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del trabajo de titulación.

Quito,.....

**F**.....

**PRESIDENTE DEL TRIBUNAL**

**F**.....

**VOCAL 1**

**F**.....

**VOCAL 2**

## **DEDICATORIA**

Dedico el presente trabajo a mi madre Rosa, quien me ha enseñado a luchar y ser perseverante en la vida hasta alcanzar mis metas, a mis hermanos Patricio, Gabriela, Verónica, a mi familia, amigos quienes de una u otra manera estuvieron presentes durante el desarrollo de mi carrera.

**Luis Alberto.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios, por guiar mi vida y estar siempre junto a mí, agradezco a mi madre Rosa, quien ha sido mi columna principal con su amor eterno, a mis hermanos por su apoyo incondicional, a mis amigos y familiares por estar siempre presentes, a mis Profesores quienes me transmitieron sus conocimientos para llegar a culminar con éxito mi carrera.

**Luis Alberto.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

### PRELIMINARES

APROBACIÓN DEL TUTOR.....	ii
AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR .....	iii
DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD.....	iv
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	v
DEDICATORIA .....	vi
AGRADECIMIENTO .....	vii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	viii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ABREVIATURAS .....	xv
RESUMEN EJECUTIVO .....	xvi
ABSTRACT .....	xvii
INTRODUCCIÓN .....	1

<b>CAPÍTULO I. EL PROBLEMA.....</b>	<b>4</b>
Tema:.....	4
Planteamiento del problema.....	4
Contextualización.....	4
Árbol de problemas .....	10
Análisis crítico .....	11
Prognosis .....	12
Formulación del problema .....	13
Línea de Investigación: .....	13
Delimitación del objeto de investigación.....	14
Área: .....	14
Justificación.....	14
Objetivos .....	15



<b>CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO</b> .....	16
Antecedentes Investigativos .....	16
Fundamentaciones .....	19
Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad .....	22
Ley orgánica de defensa del consumidor .....	24
Categorías fundamentales .....	25
Constelación de ideas .....	26
Variable Independiente .....	26
Constelación de ideas .....	27
Variable Dependiente .....	27
Marco Teórico .....	28
Ingeniería Industrial .....	28
Planificación del mantenimiento .....	28
Procesos de mantenimiento .....	30
Procesos de operación .....	31
Sistemas de operación .....	32
Costos de operación .....	33
Equipos de refrigeración .....	34
Procesos de mantenimiento .....	37
Mantenimiento RCM .....	37
AMEF: Análisis de los modos y efectos de fallo .....	39
Modelado de la tasa de fallos .....	41
Costos de mantenimiento .....	43
Hipótesis .....	44
Señalamiento de las Variables .....	44
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA</b> .....	45
Enfoque de la modalidad .....	45
Modalidad básica de la investigación .....	46
Nivel o Tipo de investigación .....	47
Matriz de operación de las variables .....	49
Plan de Recolección de la información .....	51

<b>CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS ...</b>	<b>52</b>
Situación actual .....	52
Procesamiento y análisis de la información .....	52
Análisis e interpretación.....	70
Análisis de Pareto.....	72
Análisis Ishikawa .....	75
Análisis de resultados de los diagramas Ishikawa .....	89
Costos de operación .....	90
Verificación de hipótesis.....	91
Correlación de variables.....	92
Conclusiones .....	96
Recomendaciones.....	97
<b>CAPÍTULO V. LA PROPUESTA .....</b>	<b>98</b>
Tema.....	98
Datos informativos .....	98
Antecedentes de la propuesta .....	99
Objetivos .....	100
Justificación de la propuesta .....	100
Desarrollo de la propuesta.....	102
Diagnóstico de la situación actual.....	103
Ficha técnica de los equipos.....	104
Diseño del plan de mantenimiento .....	108
Diseño del mantenimiento RCM.....	108
FMECA.....	108
Causa de los fallos de los equipos.....	115
Efectos sobre el sistema de refrigeración.....	123
Procedimiento de obtención del riesgo .....	130
Probabilidad de fallo .....	131
Cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF) .....	132
Selección de tareas de mantenimiento .....	137
Costo del mantenimiento RCM.....	143

Análisis financiero .....	147
Cálculo del VAN y TIR .....	147
CONCLUSIONES .....	148
RECOMENDACIONES .....	149
BIBLIOGRAFÍA .....	150
ANEXOS .....	152

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Exportación de flores de Ecuador .....	5
<b>Tabla 2.</b> Fechas límite de eliminación de los HCFC.....	19
<b>Tabla 3.</b> Población para el estudio .....	48
<b>Tabla 4.</b> Variable independiente.....	49
<b>Tabla 5.</b> Variable dependiente.....	50
<b>Tabla 6.</b> Datos técnicos de los equipos tomados en campo .....	51
<b>Tabla 7.</b> Costos de mantenimiento equipo 1. ....	53
<b>Tabla 8.</b> Costos de mantenimiento equipo 2. ....	55
<b>Tabla 9.</b> Costos de mantenimiento equipo 3. ....	57
<b>Tabla 10.</b> Costos de mantenimiento equipo 4. ....	59
<b>Tabla 11.</b> Costos de mantenimiento equipo 5. ....	61
<b>Tabla 12.</b> Costos de mantenimiento equipo 6. ....	63
<b>Tabla 13.</b> Costos de mantenimiento equipo 7. ....	65
<b>Tabla 14.</b> Costos de mantenimiento equipo 8. ....	67
<b>Tabla 15.</b> Costos de mantenimiento equipo 9. ....	69
<b>Tabla 16.</b> Número y tipo de mantenimiento 2017.....	71
<b>Tabla 17.</b> Resumen costos de mantenimiento 2017 .....	72
<b>Tabla 18.</b> Equipos críticos según el diagrama de Pareto.....	73
<b>Tabla 19.</b> Resumen de costos de los equipos críticos .....	75
<b>Tabla 20.</b> Costos fijos de operación mensual.....	90
<b>Tabla 21.</b> Costos de mantenimiento mensual.....	91
<b>Tabla 22.</b> Costos de mantenimiento y operación .....	92
<b>Tabla 23.</b> Matriz para calcular los valores de a y b en Microsoft Excel. ....	93
<b>Tabla 24.</b> Correlación de las variables independiente y dependiente .....	94
<b>Tabla 25.</b> Cronograma de actividades. ....	103
<b>Tabla 26.</b> Resumen de los costos de mantenimiento 2017.....	104
<b>Tabla 27.</b> Resumen de los costos totales de operación del año 2017.....	104
<b>Tabla 28.</b> Ficha técnica equipo Weber .....	105
<b>Tabla 29.</b> Listado de los componentes mecánicos de un equipo Weber .....	105
<b>Tabla 30.</b> Listado de los componentes del sistema eléctrico del equipo.....	106

<b>Tabla 31.</b> Ficha técnica del equipo Goedhart.....	106
<b>Tabla 32.</b> Listado componentes del equipo Goedhart.....	107
<b>Tabla 33.</b> Listado componentes eléctricos del equipo Goedhart.....	107
<b>Tabla 34.</b> Análisis FMECA.....	110
<b>Tabla 35.</b> Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración.....	116
<b>Tabla 36.</b> Efectos sobre el sistema de refrigeración.....	124
<b>Tabla 37.</b> Matriz de criticidad.....	130
<b>Tabla 38.</b> Fórmulas para el cálculo del MTBF.....	133
<b>Tabla 39.</b> Cálculo del MTBF.....	133
<b>Tabla 40.</b> Análisis, severidad, riesgo, tasa instantánea de fallos.....	134
<b>Tabla 41.</b> Selección de tareas de mantenimiento.....	138
<b>Tabla 42.</b> Costos totales de mantenimiento RCM anual.....	144
<b>Tabla 43.</b> Costo de operación mensual.....	145
<b>Tabla 44.</b> Costo implementación del mantenimiento RCM.....	145
<b>Tabla 45.</b> Comparación, costos de mantenimiento y mantenimiento RCM.....	146
<b>Tabla 46.</b> Cálculo del VAN y TIR del proyecto.....	147

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> : Exportación de flores Ecuatorianas.....	5
<b>Figura 2</b> : Exportación de rosas .....	7
<b>Figura 3</b> : Árbol de Problemas.....	10
<b>Figura 4</b> : Gráficas de inclusión.....	25
<b>Figura 5</b> : Constelación de ideas, variable independiente.....	26
<b>Figura 6</b> : Constelación de ideas, variable dependiente.....	27
<b>Figura 7</b> : Funciones de una organización. ....	31
<b>Figura 8</b> : Ciclo de refrigeración.....	35
<b>Figura 9</b> : Curva de la bañera.....	42
<b>Figura 10</b> : Toma de datos en los equipos de refrigeración. ....	46
<b>Figura 11</b> : Mantenimiento preventivo y correctivo 2017 .....	71
<b>Figura 12</b> : Costos de equipos críticos .....	73
<b>Figura 13</b> : Diagrama de Pareto. ....	74
<b>Figura 14</b> : Análisis Ishikawa equipo 2. ....	76
<b>Figura 15</b> : Análisis Ishikawa equipo 9. ....	79
<b>Figura 16</b> : Análisis Ishikawa equipo 1. ....	82
<b>Figura 17</b> : Análisis Ishikawa equipo 7. ....	85
<b>Figura 18</b> : Análisis Ishikawa equipo 3. ....	87
<b>Figura 19</b> : Correlación de las variables. ....	95
<b>Figura 20</b> : Ubicación geo referenciada de Josarflor .....	98
<b>Figura 21</b> : Tasa de fallo lineal creciente.....	132

## ABREVIATURAS

RCM	Mantenimiento basado en la confiabilidad
FMECA	Efectos del modo de fallos y análisis de criticidad
$\lambda$ (t)	Tasa instantánea de fallos
CRCM	Costo de mantenimiento RCM
MTBF	Tiempo medio entre fallos
CRCM	Costo de mantenimiento RCM
CTM	Costos totales de mantenimiento
CMO	Costos de mano de obra
VAN	Valor actual neto
TIR	Tasa interna de retorno
HCFC	Hidroclorofluorocarburos
ASHRAE	Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración
ISO	Organización internacional de estandarización

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA**  
**INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN**  
**ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE LA EMPRESA FLORÍCOLA JOSARFLOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE OPERACIÓN.**

**AUTOR:** Luis Alberto Quispe Molina

**TUTOR:** Ing. Jorge Luis Lema Loja M.Sc

**RESUMEN EJECUTIVO**

El estudio desarrollado en la presente, está basado en los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica de la Empresa Florícola Josarflor, los cuales tienen elevados costos de mantenimiento preventivo y correctivo, realizados por una persona externa a la empresa, estos costos aumentan el costo total de la operación de refrigeración. Para empezar se realizó la investigación cuantitativa con las hojas de reporte y facturas de los trabajos realizados en los equipos, estos datos son procesados en tablas realizadas en Microsoft Excel, para obtener los costos de mantenimiento anual de cada equipo y poder determinar los equipos críticos mediante el análisis de Pareto 80 – 20 con el cual se obtuvo cinco equipos que generaron el 80% de los costos altos de mantenimiento, posteriormente estos equipos fueron analizados con diagramas Ishikawa para encontrar las posibles causas que generan el alto costo de mantenimiento, se encontró varias causas que no son corregidas a tiempo en los mantenimientos preventivos, estas ocasionan paros imprevistos, lo cual genera pérdidas económicas a Josarflor por afectación en la calidad de la flor por la variación de temperatura en la cámara frigorífica. Se propone realizar un plan de mantenimiento para los equipos de refrigeración basado en el RCM para lo cual se realiza un FMECA para determinar los modos de fallo, las causas que los producen y los efectos que estos generan en el sistema de refrigeración, se realizó el cálculo de la tasa de probabilidad de ocurrencia de un fallo para establecer el riesgo mediante la matriz de criticidad. Una vez realizado todo este análisis se planifica las tareas de mantenimiento y la frecuencia con la que se deben realizar las mismas, estas están diseñadas según la necesidad del equipo y la frecuencia requerida, eliminando así las tareas rutinarias e innecesarias de mantenimiento. De esta manera los mantenimientos correctivos se reducirán y aumentará la eficiencia de los equipos, esta reducción se verá reflejada en los costos totales de operación de Josarflor.

**DESCRIPTORES:** | Mantenimiento RCM | FMECA | Plan de Mantenimiento | Tasa de probabilidad de ocurrencia de un fallo | Reducción de costos de operación | Eficiencia de Equipos |.



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTY OF ENGINEERING, INFORMATION TECHNOLOGIES, AND**  
**COMMUNICATION**  
**INDUSTRIAL ENGINEERING**

**TOPIC: ANALYSIS OF THE PROCESS OF MAINTENANCE OF THE REFRIGERATED EQUIPMENT OF FLORICULTURAL JOSARFLOR S.A. IN ADDITION, IT IS IMPACT ON THE COST OF OPERATION.**

**AUTHOR:** Luis Alberto Quispe Molina

**TUTOR:** Eng. Jorge Luis Lema Loja M.Sc

**ABSTRACT**

The study developed in the present, is based on the cold of the flower company Josarflor refrigeration equipment, which have high costs of preventive and corrective maintenance, carried out by a person external to the company, these costs raise the total cost of the cooling operation. To start was carried out quantitative research report sheets and invoices for work performed on the equipment, these data are processed in tables made in Microsoft Excel, for the costs of annual maintenance of each team and power determine the critical equipment through the analysis of Pareto 80 - 20 which was obtained five teams that generated 80% of high maintenance costs. Later these teams analyzed with Ishikawa diagrams to find the causes that generate the high cost of maintenance, we found several causes that are not correct in time in the preventive maintenance, and these cause stoppages unforeseen. Which generates economic losses to Josarflor by affecting the quality of the flower by the variation of temperature in the cold. Intends to carry out a maintenance plan for cooling equipment based on the RCM, for which a FMECA performed to determine failure modes, causes that produce them and the effects they generate in the cooling system, we started the calculation of the probability of occurrence of a failure rate to establish the risk through the criticality matrix. Once all this analysis is planned tasks of maintenance and the frequency with which should be the same, these designed according to the need of the equipment and the frequency required, and this eliminating unnecessary and routine tasks of maintenance. In this way, the corrective maintenance reduced and it will increase the efficiency of equipment, this reduction reflected in the total operating costs of Josarflor.

**Key words:** | RCM, FMECA maintenance | Maintenance Plan | Rate of probability of occurrence of a failure | Reduction of costs of operation | | Equipment efficiency|.

## INTRODUCCIÓN

La empresa florícola Josarflor desarrolla varios procesos para obtener una flor de calidad, con el manejo adecuado de la postcosecha controla las posibles alteraciones de la flor mediante la reducción de su temperatura inmediatamente luego de ser cosechada, para ello la empresa cuenta con una cámara frigorífica en donde se mantiene la flor luego de haber recibido tratamientos químicos para su conservación.

Luego de salir del invernadero la flor tiene una temperatura que oscila entre 20 °C a 25 °C según el horario y clima exterior, parte de este calor es extraído en la pre cámara mientras se hidratan los tallos, posteriormente la flor pasa a la cámara frigorífica donde se reduce su temperatura hasta llegar a 2°C y 4°C, lo que permite obtener una rosa de calidad con mayor vida útil en el florero.

La cámara frigorífica cuenta con nueve equipos de refrigeración los cuales deben trabajar las 24 horas del día con sus respectivos tiempos de descongelamiento, los 365 días del año, si llegará a fallar uno de los equipos la potencia frigorífica se reduciría y la cámara posiblemente no llegue a satisfacer la demanda de frío para conservar la flor.

La vida útil de los equipos depende de varios factores, entre ellos el tipo y calidad de mantenimiento que reciben, si este es el adecuado se alargara la vida por un tiempo prolongado evitando así costos innecesarios para la compañía. No existe un mantenimiento que sea infalible y que garantice el funcionamiento de los equipos, siempre habrá algo que cambiar o rediseñar de acuerdo al tipo de equipo y trabajo que este realice.

La presente investigación está basada en el análisis del mantenimiento de los equipos de refrigeración realizados por una persona contratada, los cuales tienen elevados costos de mantenimiento y un gran número de trabajos correctivos durante el año 2017, luego de realizar un análisis a los equipos se observa que tienen tareas

rutinarias que en ciertos casos son innecesarios sin embargo esto tiene un costo que Josarflor debe pagar mensualmente.

Con los datos de las ordenes de trabajo y facturas emitidas a Josarflor de los trabajos realizados en el año 2017 en los equipos de la cámara frigorífica se realiza un análisis para diseñar un plan de mantenimiento con RCM, con el que se reducirán las tareas rutinarias de mantenimiento y se enfocará al aumento de la vida útil de los equipos.

El **capítulo I**, trata el **PROBLEMA** que va a ser objeto de estudio de la presente, el alto costo de mantenimiento de los equipos de la cámara frigorífica es el problema que va ser analizado, mediante la línea de investigación, contextualizaciones (macro, meso, micro), análisis crítico, prognosis, árbol de problemas en el que se analizan las causas y efectos del problema, formulación del problema, delimitación del objeto de investigación, justificación y objetivos general y específicos.

El **capítulo II**, trata del **MARCO TEÓRICO**, estudio de los antecedentes investigativos, fundamentaciones técnica de los equipos, normativas de refrigerantes, así como también las de tipo legal en el que se encuentra leyes y reglamentos del Ecuador para equipos de refrigeración, Mediante las gráficas de inclusión y constelación de ideas se detalla la variable dependiente e independiente, finalmente se plantea la hipótesis.

El **capítulo III**, trata de la **METODOLOGÍA** empleada en la presente, se utilizó la modalidad de investigación directa, de campo, bibliográfica, de tipo cuantitativo por tener equipos que generan valores, datos necesarios para cuantificar los mantenimientos y los costos de los mismos.

El **capítulo IV**, trata del **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE DATOS**, se realiza el análisis de cada uno de los nueve equipos según la información recopilada del departamento financiero y mantenimiento de Josarflor para mediante Pareto definir los equipos que tienen altos costos de mantenimiento, posteriormente se

analiza mediante Ishikawa las posibles causas que generan el elevado costo de mantenimiento.

El **capítulo V**, trata de **LA PROPUESTA**, finalmente luego de los respectivos análisis de los equipos se diseña un plan de mantenimiento con RCM (mantenimiento basado en la confiabilidad), el mismo contempla tareas de mantenimiento adecuadas para los equipos de refrigeración, obtenidas luego de los cálculos respectivos para obtener una reducción de los costos de mantenimiento y un ahorro económico para Josarflor.

## **CAPÍTULO I**

### **EL PROBLEMA**

#### **Tema:**

“ANÁLISIS DEL PROCESO DE MANTENIMIENTO DE LOS EQUIPOS DE LAS CÁMARAS FRIGORÍFICAS DE LA EMPRESA FLORÍCOLA JOSARFLOR S.A. Y SU INCIDENCIA EN EL COSTO DE OPERACIÓN.”

#### **Planteamiento del problema**

#### **Contextualización**

##### **Macro**

Durante los últimos treinta años el consumo de rosas ha crecido notablemente a nivel mundial, los mercados europeos, norteamericanos, asiáticos compran a los países productores, entre ellos Ecuador que exporta una gran variedad de rosas de calidad, Estados Unidos es el mayor consumidor con el 48% de la producción Ecuatoriana como se muestra en la figura 1. La refrigeración es utilizada a nivel mundial y está en crecimiento, se espera que el mercado mundial de sistemas de refrigeración industrial alcance los \$23.22 mil millones para el 2022, a una tasa de variación interanual del 5,24% entre 2016 y 2022, según MarketsandMarkets.

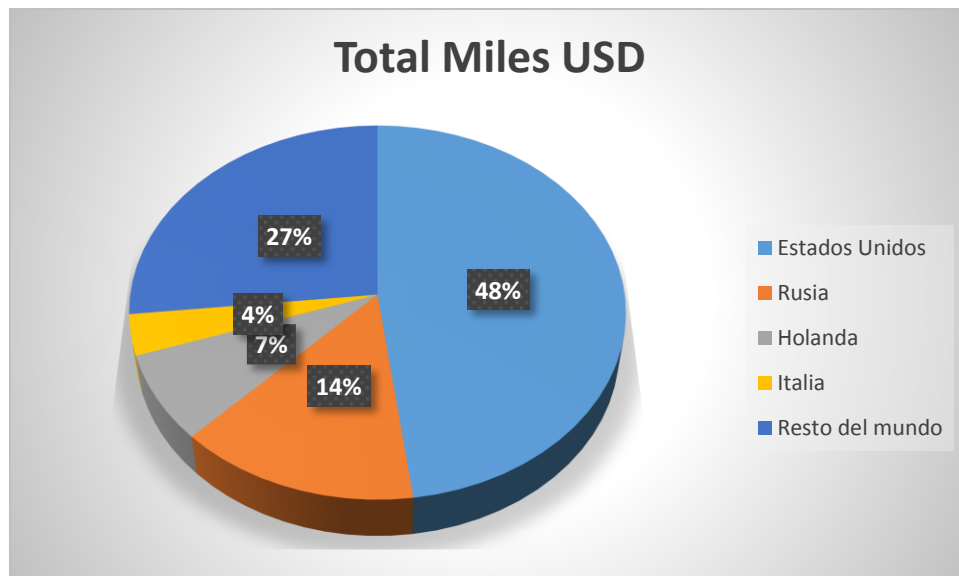
Ecuador al estar situado en la línea Ecuatorial posee un clima privilegiado y no tan variable durante todo el año, esto es ideal para las condiciones que requieren cierto tipo de rosas para su cultivo, luego de pasar por un sinnúmero de procesos la rosa es cosechada y de aquí en adelante hasta llegar al consumidor final su calidad y tiempo de vida útil en el florero dependerá de la temperatura a la cual es mantenida en post cosecha.

**Tabla 1.** Exportación de flores de Ecuador

Área económica Destino	2016 miles USD	2017 miles USD	Total Miles USD
Estados Unidos	\$ 382.724,89	\$ 272.856,42	\$ 655.581,31
Rusia	\$ 114.246,96	\$ 83.312,75	\$ 197.559,71
Holanda	\$ 64.205,55	\$ 38.018,65	\$ 102.224,20
Italia	\$ 30.570,30	\$ 17.678,41	\$ 48.248,71
Resto del mundo	\$ 210.713,55	\$ 154.141,89	\$ 364.855,44
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 802.461,25</b>	<b>\$ 566.008,12</b>	<b>\$ 1.368.469,37</b>

**Fuente:** Banco Central del Ecuador

**Elaborado por:** El Investigador



**Figura 1 :** Exportación de flores Ecuatorianas

**Fuente:** Banco Central del Ecuador

**Elaborado por:** El Investigador

Como se muestra en la figura 1 Estados Unidos es el país que más flores compra al mercado Ecuatoriano.

Al hablar de calidad de la rosa no se puede pasar por alto la “cadena de frío”, la misma que debe funcionar al cien por ciento, a nivel mundial se está desarrollando programas de mantenimiento para equipos de refrigeración funcionando las veinte y cuatro horas del día los 365 días del año con paros programados en coordinación con el departamento de cultivo de la Empresa.

Hoy en día el mantenimiento predictivo está ganando terreno en las Empresas florícolas, porque permite llevar un control estricto de cada equipo que está operando para determinar la vida útil del compresor, motores ventiladores, válvulas solenoides, filtros, entre otros y cuando se debe realizar cambios de los elementos componentes del mismo, esto permite al Ingeniero de Mantenimiento saber en qué condiciones se encuentra operando el sistema de refrigeración y cuando realizar el mantenimiento correctivo cuando sea necesario.

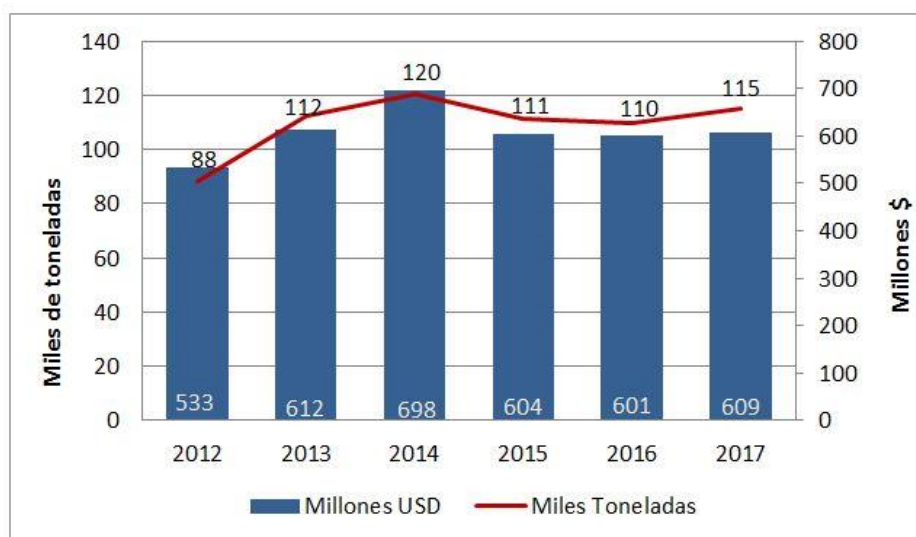
## **Meso**

Las florícolas que se asientan en el Ecuador, en provincias como: Ibarra, Tulcán, Cotopaxi, Tungurahua, poseen un gran número de cultivos de rosas y están situadas tanto en el norte como en el sur del País, por su calidad son apetecidas en los mercados extranjeros siendo la mayoría de su producción exportada hacia varios países como: EE.UU. Países Bajos, Rusia, Canadá, Ucrania, Italia y España.

En 2017 se registraron exportaciones por \$ 609 millones y 115 mil toneladas de rosas frescas como se muestra en la figura 2, se registra un aumento con respecto al 2016. El sector florícola ecuatoriano está adquiriendo relevancia en el mercado internacional.

La calidad de las flores ha ido mejorando los procesos de producción tanto en el cultivo como en su post cosecha, debido a su implementación y mejoramiento de los sistemas de refrigeración de las cámaras frías, entre las mejoras están:

- Disminución de la pérdida de agua por transpiración
- Disminución de la sensibilidad frente al gas etileno
- Bajar la propagación de microorganismos
- Ampliar el tiempo de duración de la mercancía



**Figura 2 :** Exportación de rosas

**Fuente:** Banco Central del Ecuador

**Elaborado por:** El Investigador

En el país las Empresas que prestan servicios para la instalación y mantenimiento de los equipos de refrigeración para cámaras frías están limitadas al poco mantenimiento que realizan en los equipos como el lavado de los serpentines del condensador y evaporador, sin embargo el sistema de refrigeración posee varios elementos componentes que necesitan de otros trabajos para mantener su eficiencia.

En algunas empresas tienen su propio personal técnico que se limita solo al lavado de los serpentines y pocas veces realizan mantenimiento o chequeo de los



otros componentes, por esta razón muchos equipos sufren quemaduras de compresores o motores ventiladores dando lugar a que el sistema de refrigeración falle y produzca variaciones de temperatura dentro de las cámaras de frío ocasionando pérdidas totales en la producción de rosas por que las mismas adquieren una enfermedad llamada Botritis.

## **Micro**

El funcionamiento de los equipos, máquinas, herramientas depende de varios factores para que trabajen a su máxima capacidad para la cual fueron diseñados, sin embargo esto se puede reducir sino se cuenta con un mantenimiento adecuado para estos equipos.

Los Equipos de refrigeración en general tienen su funcionamiento basado en la transferencia de calor mediante un gas refrigerante dentro de cañerías de cobre, aluminio o hierro herméticamente sellados, al ser un gas este tiene propiedades físicas y puede cambiar de estado líquido a vapor y viceversa si se le aplica una determinada presión y temperatura.

Dentro del sistema de refrigeración existen varios elementos componentes para su funcionamiento siendo el evaporador y unidad condensadora la columna vertebral del mismo porque en el evaporador el gas que está en estado líquido pasa a vapor por la caída de presión en la válvula de expansión o tubo capilar, y al estar en el ambiente a refrigerarse, éste toma el calor de las flores que se encuentran en este ambiente. Este gas sigue su camino hacia el condensador en donde el compresor lo comprime y se condensa mediante aire forzado o agua según sea el caso, disipando de esta manera el calor de las flores, este ciclo es repetitivo hasta alcanzar la temperatura de 2 °C para la conservación de las flores.

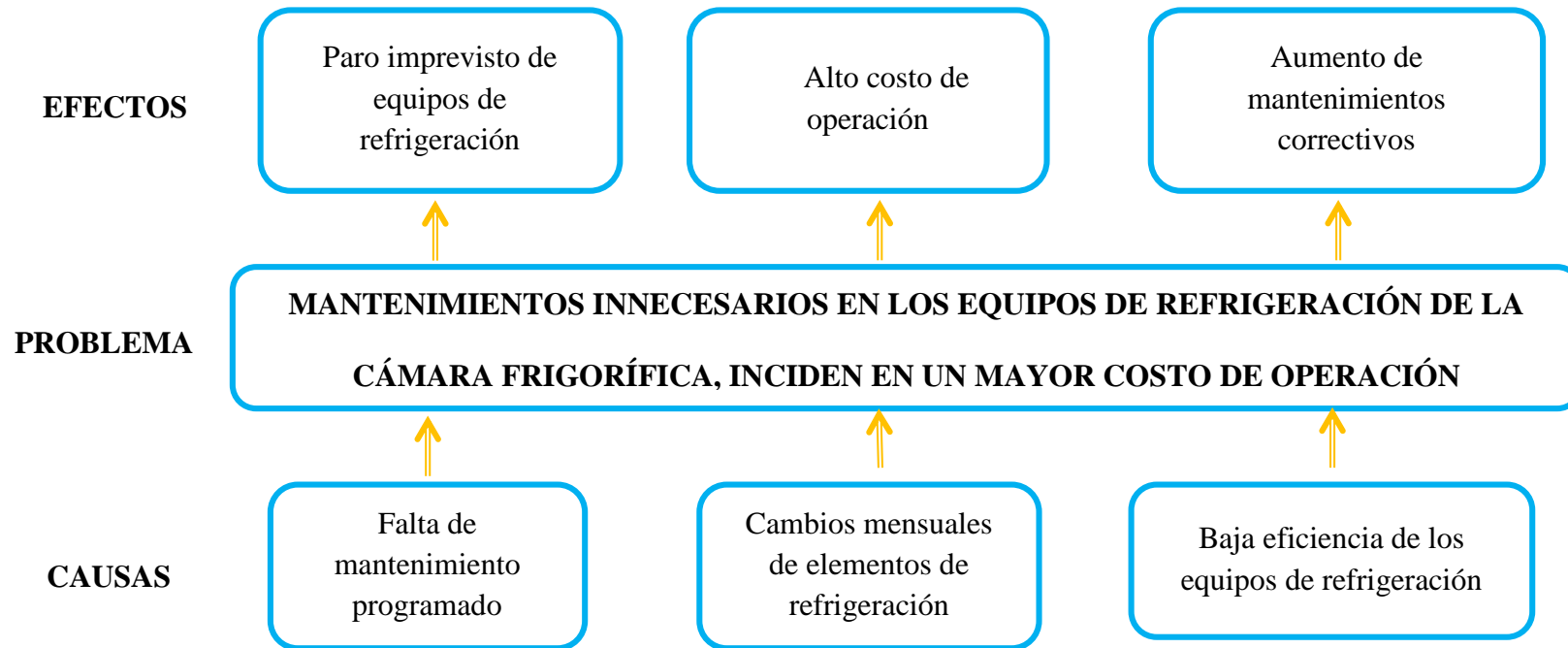
Al tener varias etapas el ciclo frigorífico, es importante que todos sus componentes estén funcionando en perfecto estado ya que si uno de ellos estuviere

fallando, el proceso sufriría un cambio en sus parámetros de funcionamiento, ocasionando paros imprevistos del mismo.

Cuando los equipos no cuentan con mantenimiento predictivo, correctivo empiezan a deteriorarse pues los condensadores están instalados por lo general al aire libre para que puedan transferir el calor del ambiente a refrigerar hacia el exterior, estos recogen polvo, basuras, etc. que impiden una correcta transferencia de calor ya que se genera una sobre presión en el mismo, dando lugar a que el compresor trabaje a altas temperaturas para las cuales no estuvo diseñado, estos equipos permanecen trabajando en estas condiciones hasta que el compresor se recalienta y se quema. En estos sistemas también se encuentran funcionando motores ventiladores que deben ser mantenidos adecuadamente ya que en el caso del evaporador el ambiente de trabajo es húmedo y se debe tomar en cuenta la lubricación de rodamientos para evitar posibles paros del motor por oxidación en el eje.

La presente investigación se desarrolla en la empresa florícola Josarflor, ubicada en Cayambe Ecuador, al momento cuenta con la cámara frigorífica donde las flores son refrigeradas por periodos de tiempo necesarios de acuerdo a la variedad de la rosa que esté en producción.

### Árbol de problemas



**Figura 3 :** Árbol de Problemas.

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis crítico**

La falta de mantenimiento programado en el sistema de refrigeración ocasiona averías que al no ser tratadas oportunamente generan fallos secuenciales en los demás componentes. El sistema cuenta con dos equipos principales el evaporador y condensador en los que van instalados elementos de control y compresión de gas refrigerante, el evaporador está instalado en el interior de la cámara frigorífica en donde permanece la flor a refrigerar , el condensador está expuesto al aire libre es decir en el exterior de la cámara, a pesar del diseño de los equipos para trabajar al aire libre, estos tienden a llenarse de polvo en grandes cantidades y hongos en las paredes de los difusores en los radiadores, esto afecta directamente el funcionamiento normal del sistema de refrigeración ocasionando paros imprevistos de los equipos de refrigeración.

La empresa Josarflor tiene un monto anual para cubrir los costos de mantenimiento de los equipos de refrigeración, el cual se ve afectado por los cambios mensuales de motores compresores, motores ventiladores, válvulas solenoides, contactores y partes del sistema. Estos daños son frecuentes en los equipos producto del arrastre de mantenimientos incompletos, los elementos son reemplazados sin que necesariamente hayan cumplido el ciclo de vida para el cual fueron diseñados, estos daños prematuros ocasionan un aumento en los costos de operación de Josarflor por los valores que deben cubrir para reemplazar los elementos de refrigeración y así mantener operativa la cámara frigorífica.

La cámara frigorífica mantiene la temperatura de refrigeración constante de 2 °C a 4 °C cuando todos los equipos están trabajando eficientemente, en caso de que esta temperatura varía al salir de operación uno o más equipos afectando así a la calidad de la rosa. Al presentarse fallos en los equipos aumentan los mantenimientos correctivos que no estaban planificados ni contemplados en la proyección anual de los costos de mantenimiento dando lugar a que el costo de operación de Josarflor se eleve.

## Prognosis

En la actualidad la Empresa Josarflor cuenta con un cuarto de refrigeración denominado “pre cámara”, en el cual las flores son recibidas luego de ser cortadas de la tierra con temperaturas entre 20° C a 25° C, según la temperatura del medio ambiente, en esta etapa se debe procurar bajar la temperatura de la flor gradualmente mientras recibe la hidratación y conservantes químicos en el agua de los recipientes que las contienen, posteriormente y luego de ser empacadas en bonches pasan a la cámara frigorífica donde serán mantenidas a una temperatura de 2°C a 6°C y una humedad relativa del 80 % según la variedad de la flor.

En caso de existir una temperatura variable en la cámara de refrigeración por paros imprevistos de los equipos las flores sufren alteraciones en su presentación, en caso de ser exportadas al momento de llegar a su destino el cliente no las recibe pues mientras más pasa el tiempo la flor se deteriora más, en este caso Josarflor debe asumir los costos de traslado y transporte refrigerado lo cual genera una pérdida económica para la empresa.

Josarflor mantiene un contrato de mantenimiento con una persona externa que realiza mantenimientos basados en inspecciones visuales a los equipos y limpieza de serpentines con agua, cuando se producen daños en los equipos esta persona los corrige cambiando los elementos averiados por unos nuevos sin ser necesariamente de iguales características técnicas sino más bien los repuestos que dispone en ese momento, estos cambios son realizados sin determinar cuál fue la causa que generó la avería y peor aún sin adoptar alguna solución definitiva al problema.

Los datos que Josarflor posee con respecto a los mantenimientos realizados son órdenes de trabajo con información básica, esta información incompleta no permite llevar un historial de los equipos de refrigeración, lo que dificulta a la empresa obtener datos estadísticos para mantener un control adecuado de los trabajos que se realizaron en los equipos así como también la frecuencia de cambio de los elementos averiados.

## **Formulación del problema**

¿Cómo incide el mantenimiento realizado a los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica en los costos de operación?

## **Línea de Investigación:**

### **Empresarialidad y productividad**

Esta línea de investigación se orienta por un lado al estudio de la capacidad de emprendimiento o Empresarialidad de la región, así como su entorno jurídico-empresarial: es decir, de repotenciación y/o creación de nuevos negocios o industrias que ingresan al mercado con un componente de innovación. Por otro lado, el estudio de las empresas existentes en un mercado, en una región, se enmarcará en la productividad de este tipo de empresas, los factores que condicionan su productividad, la gestión de la calidad de las mismas, y que hacen que estas empresas crezcan y sobrevivan en los mercados. En este ámbito es de interés estudiar aspectos como exportaciones, diversificación de la producción y afines (Universidad Tecnológica Indoamérica, 2014).

Esta línea de investigación propuesta por la Universidad Tecnológica Indoamérica está enfocada a la innovación y desarrollo de nuevas empresas en Ecuador, los conocimientos en diversas materias permiten desarrollar proyectos en cualquier tipo de industria y generar empleos para la población.

Las empresas se plantean metas a corto, mediano y largo plazo, estas deben ser alcanzadas mediante la gestión de procesos para obtener una productividad que permita a la empresa seguir creciendo, entre los procesos está el mantenimiento de los equipos el cual será un factor determinante para los costos de operación y producción respectivamente, al tener los equipos funcionando correctamente con un adecuado sistema de mantenimiento los costos no aumentarán así la empresa obtendrá mayor rentabilidad.

## **Delimitación del objeto de investigación**

**Campo:** Ingeniería Industrial

**Área:** Mantenimiento Industrial

**Aspecto:** Mantenimiento de la cámara frigorífica

**Espacial:** JOSARFLOR, Panamericana Norte S/N, entrada a Molinos La Unión.  
Cayambe, Ecuador

**Temporal:** Año 2017

## **Justificación**

El desarrollo de la presente investigación es importante para conocer las deficiencias que tiene el mantenimiento actual realizado a los equipos de las cámaras frigoríficas de Josarflor.

La Empresa Florícola Josarflor será la beneficiaria de la presente investigación, con el estudio se obtendrán resultados que darán a conocer la situación actual del mantenimiento de los equipos de refrigeración, de acuerdo a los mismos se planteará una propuesta.

La empresa Josarflor no cuenta con estudios previos referentes al proceso de mantenimiento que se lleva a cabo en los equipos del cuarto frío, la presente investigación es la primera en realizarse.

Los Equipos de refrigeración de los cuartos fríos se encuentran funcionando las 24 horas, los 365 días del año a excepción del tiempo de descongelación según la programación del control digital de temperatura, estos equipos generan datos que pueden ser utilizados estadísticamente para la construcción de un plan de mantenimiento acorde a la empresa, estos datos servirán como base para futuras investigaciones en Josarflor.

La presente investigación es económicamente viable porque la propuesta permitirá ahorrar dinero a Josarflor con respecto al mantenimiento de los equipos, al reducir las tareas innecesarias y mejorar la eficiencia de los mismos

## **Objetivos**

### **Objetivo General**

Analizar el proceso de mantenimiento que se aplica a los equipos de la Cámara frigorífica de la Empresa Josarflor y su incidencia en el costo de operación.

### **Objetivos Específicos**

- Analizar los trabajos de mantenimiento preventivo y correctivo realizados a los equipos de refrigeración de los cuartos fríos de la Empresa Josarflor.
- Determinar los costos del mantenimiento actual y su influencia en los costos de operación
- Proponer aspectos de mejora para el sistema del proceso de mantenimiento actual.



## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **Antecedentes Investigativos**

Dentro del proceso para la obtención de rosas de calidad las cámaras frigoríficas son importantes para obtener mayor calidad y menor costo de producción, esto se logra cuando las cámaras están en perfecto estado. Por este motivo el mantenimiento de las cámaras frías se lo debe hacer de tal manera que garantice el funcionamiento continuo de las máquinas.

Con el pasar de los años el mantenimiento de los equipos ha tenido avances significativos hasta llegar a la especialización, a continuación se da a conocer estudios realizados por diversas Universidades sobre el tema.

Según el estudio realizado por Ángel Méndez y Carla Rodríguez de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Julio (2015) con el tema “Repotenciación y planificación del mantenimiento preventivo del equipo de refrigeración para el cuarto frío de la planta de cárnicos de la facultad de ciencias pecuarias de la ESPOCH” resume que “ toda Empresa que esté buscando el éxito en su producción debe contar con recursos y designar personal calificado al cuidado de las máquinas, equipos que son utilizados en la producción, sin embargo la operación no estará totalmente garantizada con estos aspectos” (pág. 3).

El mantenimiento de los equipos de refrigeración es importante, así como un plan de mantenimiento adecuado para cada una de las instalaciones, pues la mayoría de veces no será el mismo procedimiento para todos los equipos, esto varía de acuerdo al lugar donde se encuentren instalados estos equipos de refrigeración y proponen un mantenimiento preventivo anual y otro cuatrimestral.

Dentro del plan de mantenimiento anual proponen realizar:

- Revisión de la calidad y densidad del aceite del compresor
- Mediciones de gas refrigerante, presión de baja y presión alta con los manómetros manifold.
- Revisión de temperaturas en la entrada y salida de la válvula de expansión del sistema.
- Cambio de filtros de succión y deshidratador si se encuentran taponados
- Revisión de contactores del tablero de automatización.

Sin duda esta investigación trata de enfocar aspectos y pasos a seguir durante los mantenimientos, además da la recomendación que también se realice un mantenimiento cada cuatro meses, esto será aplicable para este tipo de instalación en donde los equipos están bajo sombra y no están expuestos al aire libre, Además plantean la necesidad de reciclar el gas refrigerante en caso de reparaciones o mejoras a futuro.

Según Francisco Jácome (2014) en su tesis “Estudio para mejorar la producción del taller de reparación y mantenimiento de equipos de refrigeración y climatización de la empresa Akribis S.A”. Presentada para optar por el título de Ingeniero Industrial de la Universidad de Guayaquil, indica que “varias Empresas realizan mantenimientos preventivos y correctivos a sus equipos de refrigeración, muchas de ellas tienen personal técnico de planta para cubrir cualquier desperfecto, sin embargo estas personas no están especializadas en el tema quizá trabajan ahí por contar con amplia experiencia de trabajos anteriores pero no siempre y no todos los equipos son iguales” (pág. 25).

Las empresas de servicios que están dedicadas a la parte técnica que trabajan con equipos de refrigeración, en su mayoría realizan trabajos de mantenimiento correctivo o lo que es lo mismo el cambio de partes y piezas de los equipos, de las cámaras frigoríficas sin buscar la raíz del problema afectando de esta manera al costo total producción, al ser una empresa prestadora de servicios el autor llega a determinar que la Empresa no tiene mano de obra especializada y los costos más representativos eran los gastos por cubrir garantías , visitas a obras o trabajos mal realizados.

Con el desarrollo de esta investigación se puede determinar que los costos de operación de la Empresa se deben tomar en cuenta, además de la correcta organización del personal y un registro de los trabajos a realizarse para al final del mes llevar la contabilidad de las horas hombre trabajadas.

Según la investigación realizada por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en el año (2011) con el tema: Optimización del mantenimiento preventivo en función del costo en la empresa Bioalimentar Cía. Ltda. “Determina que la Empresa tiene un costo elevado de mantenimiento por realizar solo mantenimientos correctivos cuando las máquinas se paran y no funcionan más. Parte de este problema surge por no contar con personal calificado en su departamento técnico además de no contar con un plan de mantenimiento para los equipos de refrigeración” (pág. 47)

La propuesta que presenta esta investigación es la implantación de tareas de mantenimiento semanal para cada integrante del departamento técnico de la Empresa y al final del mes el Jefe del departamento deberá hacer un análisis de resultados en base a los objetivos propuestos, de esta manera el trabajo no se acumulara cuando todos los equipos empiecen a tener fallas en secuencia. Así los técnicos justificaran sus horas diarias de trabajo y la Empresa reducirá los gastos por horas extras o daños que se pudieron solucionar a tiempo.

## Fundamentaciones

### Fundamentación técnica

El sistema de refrigeración requerido para acondicionar el ambiente en donde se refrigeran las flores está basado en los cambios de fase de un determinado gas refrigerante, estos han estado en el ojo del huracán a nivel mundial porque tuvieron en sus inicios componentes perjudiciales para la capa de ozono como por ejemplo los HCFC (hidroclorofluorocarbonos), existen otros refrigerantes naturales como; Dióxido de carbono, Hidrocarburos, Amoníaco que causan menor impacto pero sus características como la alta inflamabilidad , toxicidad, reducen sus características con respecto a los primeros.

A nivel mundial se han generado varios tratados para sacar del mercado este tipo de refrigerantes y buscar e implementar nuevas alternativas a base de componentes sintéticos uno de ellos y quizá el que más aceptación ha tenido es el Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que reducen la capa de ozono.

**Tabla 2.** Fechas límite de eliminación de los HCFC

<b>FECHA LIMITE</b>	<b>PORCENTAJES DE REDUCCIÓN SEGÚN LOS AÑOS</b>
<b>2015</b>	Se debe reducir a un 10% el consumo de HCFC
<b>2020</b>	Se debe reducir a un 35% el consumo de HCFC
<b>2025</b>	Se debe reducir a un 67.5% el consumo de HCFC
<b>2030</b>	Eliminación total
<b>2030-2040</b>	Se permitirá en promedio 2.5% la utilización de HCFC durante los diez años para servicio y mantenimiento de refrigeración hasta el año 2040

**Fuente:** Tratados internacionales para la protección a la capa de ozono, PNUMA  
**Elaborado por:** El Investigador

En la Tabla 2, se presenta un cuadro con las fechas estipuladas para dejar de utilizar los HCFC en los equipos de refrigeración, con esta reducción gradual está previsto llegar a la eliminación total hasta el año 2030, sin embargo se extiende el plazo hasta el año 2040 para que todos los equipos estén trabajando con refrigerantes ecológicos existentes ya en el mercado, algunos con mejores características técnicas y con menor grado de contaminación a la capa de ozono como: refrigerante 410 utilizado en aire acondicionado, MO29 utilizado en cámaras frigoríficas para flores, 507 para baja temperatura utilizado en cámaras de congelación.

Para garantizar la aplicación de los tratados para el cuidado del medio ambiente se han creado normas a nivel internacional como:

1. Normas de rendimiento.- Para determinar la eficiencia de los refrigerantes y de los equipos de refrigeración y aire acondicionado.
2. Normas de seguridad.- Para el diseño y construcción de equipos de refrigeración y aire acondicionado.
3. Normas de calidad.- Para ser aplicadas en cualquier empresa y sistemas de refrigeración y aire acondicionado.
4. Normas sobre prácticas.- Para estandarizar conocimientos y orientar a los técnicos que están inmersos en el área de la refrigeración y aire acondicionado.
5. Normas sobre las sustancias.- Especificaciones de gases refrigerantes, designación de los refrigerantes ISO 817
6. Normas sobre contenedores.- Especificaciones de cilindros de recuperación características, código de colores.

Además de estas normas existen otras a nivel mundial como las ISO, CEI, en la Unión Europea son utilizadas las normas ( CEN, CENELEC), en los Estados Unidos se utiliza (ANSI, ASHRAE, UL).

ANSI. (Instituto de normalización de los Estados Unidos)

ASHRAE. (Sociedad Americana de Ingenieros en Calefacción, Refrigeración y  
ANSI/ASHRAE 34 Designación numérica y clasificación de refrigerantes  
según su seguridad.

CEN: EN 378:2008 Sistemas de refrigeración y bombas de calor – Requisitos  
de seguridad y medioambientales.

CEI y Comité Europeo de Normalización Electrotécnica

CENELEC: EN 60335-1:2012 Aparatos electrodomésticos y análogos –  
Seguridad y requisitos generales.

ANSI/ASHRAE 15-2013 Norma de seguridad para sistemas de refrigeración,  
establece requisitos de seguridad para las personas y alrededores de la ubicación  
de los equipos.

Existen un sin número de normas que han sido creadas y estudiadas por expertos  
en el tema de la refrigeración para estandarizar equipos e instalaciones a nivel  
mundial, sin embargo estas son solo herramientas y carecen de valor jurídico en  
caso de que no estén incorporadas en la legislación de cada país.

En Ecuador se han adoptado las normas ISO, las cuales se traducen  
idénticamente por el comité interno del INEN, con respecto a la refrigeración se  
han tomado las ISO que a continuación se detallan:

TÍTULO: Sistemas de refrigeración mecánicos usados para enfriamiento y  
calefacción, requisitos de seguridad código; ICS: 27.200

ISO 817: -31, Refrigerantes — Número de designación

ISO4126-1:1991, Válvulas de seguridad — Parte 1: Requisitos generales.

IEC 335-2-24:1984, Seguridad de los aparatos electrodomésticos y artefactos  
similares — Parte 2, Sección 24-requisitos particulares para los refrigeradores y  
congeladores de alimentos.

IEC 335-2-34:1980, Seguridad de los aparatos electrodomésticos y artefactos  
similares — Parte 2, Sección 34 - Requisitos particulares para los  
motocompresores.

IEC 335.2-40:1992, Seguridad de los similares aparatos eléctricos — Parte 2, Sección 40 — Particular requisitos para las bombas de calor eléctricas, acondicionadores de aire y deshumidificadores. (NTE INEN-ISO 5149 Primera edición 2014-01)

Estas normas se refieren a la seguridad de los sistemas de refrigeración, representan requisitos mínimos para el diseño, construcción, instalación de una planta de refrigeración, para minimizar los posibles peligros asociados a las características físicas y químicas de los refrigerantes que pueden afectar a las personas o propiedades involucradas.

### **Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad**

El SAE se creó en 2007 (Organismo de Acreditación Ecuatoriano) para tener una base para la infraestructura de calidad nacional. El carácter legal que contiene el conjunto de normas y principios que rigen la calidad en Ecuador es la Ley del Sistema Ecuatoriano de Calidad, publicada en Registro Oficial el 22 de febrero de 2007.

El Ministerio de Industrias y Productividad (MIPRO), es la institución que se encarga de regularizar el Sistema Ecuatoriano de Calidad. El ministro de Industrias es el presidente del Comité Interministerial de Calidad (CIMC), el cual da lineamientos y políticas al Sistema de Calidad, están incluidos también los representantes de los ministros Coordinador de la Producción, Ambiente, Turismo, Agricultura, Salud, Transporte y Electricidad. Existen los artículos que rigen para diferentes áreas a continuación se cita el art. 29 correspondiente para el área técnica de servicios.

Art. 29.- La reglamentación técnica comprende la elaboración, adopción y aplicación de reglamentos técnicos necesarios para precautelar los objetivos relacionados con la seguridad, la salud de la vida humana, animal y vegetal, la

preservación del medio ambiente y la protección del consumidor contra prácticas engañosas.

La seguridad debe ser preservada en ámbitos tales como la operación y utilización segura de maquinaria y equipos; operaciones de construcción, seguridad biológica, mecánica, térmica, eléctrica, ecológica, electromagnética, industrial, contra radiaciones ionizantes y no ionizantes, contra explosiones, contra incendios, entre otros. (Ley del sistema ecuatoriano de la calidad, 2007 Página 11).

### **Fundamentación legal**

La constitución de la República del Ecuador luego de su restructuración en Montecristi señala que el estado garantiza el *sumak kawsay* (buen vivir), existiendo en está artículos que permiten garantizar a los habitantes vivir en un ambiente limpio, los artículos que se refieren a este tema según el acuerdo firmado por la Ministra del Ambiente de ese entonces Marcela Aguiñaga Vallejo:

Que, el artículo 14 de la Constitución de la República del Ecuador, reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, (*sumak kawsay*). Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradado. (Vallejo, 2008, pág. Sf).

Todas las personas que habiten en el Ecuador tienen derecho al buen vivir garantizado por el estado.

Que, el artículo 1 de la Ley de Prevención y Control de la Contaminación Ambiental prohíbe expeler hacia la atmósfera o descargar en ella, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, contaminantes que, a juicio de los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de



competencia, puedan perjudicar la salud y vida humana, la flora, la fauna y los recursos o bienes del estado o de particulares o constituir una molestia. (Vallejo, 2008, pág. Sf).

Los habitantes del Ecuador también deben cumplir con las obligaciones que el estado les exige, según el artículo 1 está prohibido emitir contaminantes hacia el ambiente y se deberán regir a normativas internas para cuidar el medio ambiente.

### **Ley orgánica de defensa del consumidor**

(Publicado en el Registro Oficial No. 116 de 10 de julio del 2000)

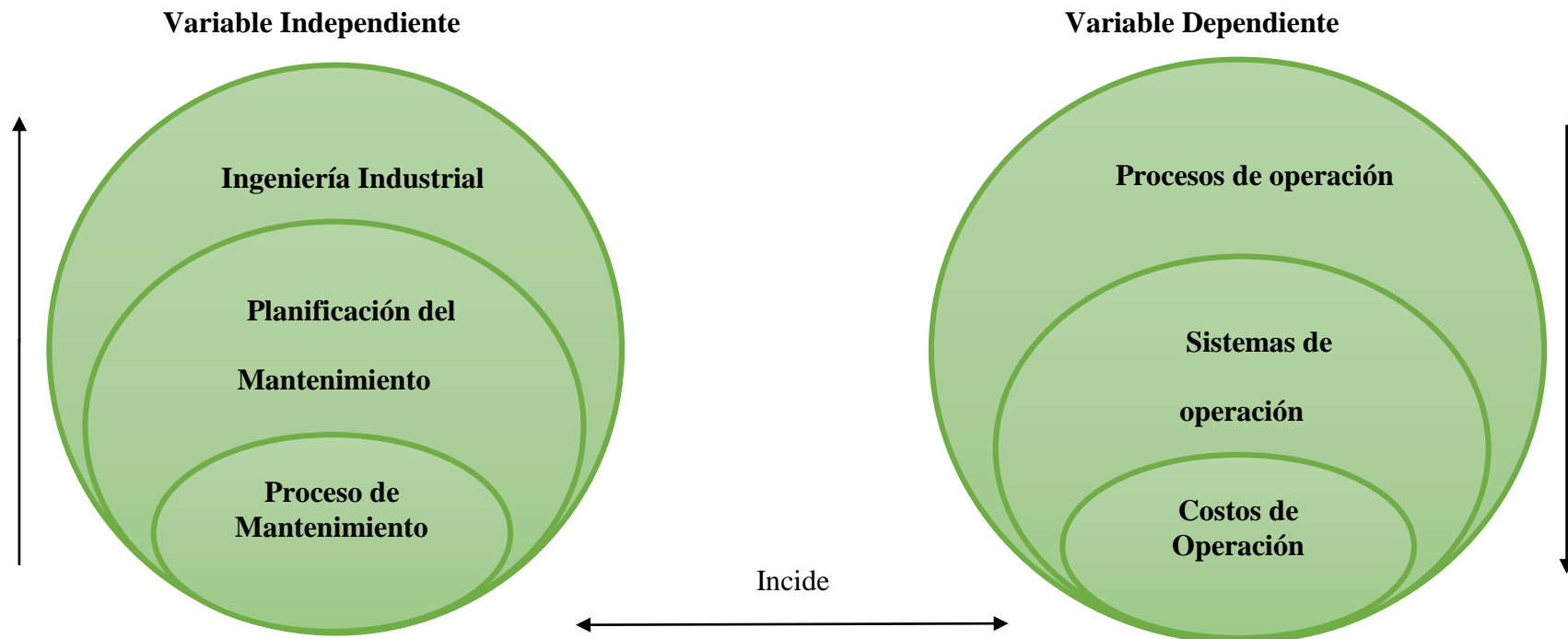
Art. 25.- **SERVICIO TÉCNICO.**- Los productores, fabricantes, importadores, distribuidores y comerciantes de bienes deberán asegurar el suministro permanente de componentes, repuestos y servicio técnico, durante el lapso en que sean producidos, fabricados, ensamblados, importados o distribuidos y posteriormente, durante un período razonable de tiempo en función a la vida útil de los bienes en cuestión, lo cual será determinado con las normas técnicas del Instituto Ecuatoriano de Normalización –INEN (Registro Oficial No. 116 de 10 de julio del 2000).

Art. 27.- **SERVICIOS PROFESIONALES.**- Es deber del proveedor de servicios profesionales, atender a sus clientes con calidad y sometimiento estricto a la ética profesional, la ley de su profesión y otras conexas. En lo relativo al cobro de honorarios, el proveedor deberá informar a su cliente, desde el inicio de su gestión, el monto o parámetros en los que se regirá para fijarlos dentro del marco legal vigente en la materia y guardando la equidad con el servicio prestado. (Registro Oficial No. 116 de 10 de julio del 2000).

Art. 36.- **SEGURIDAD DE LAS INSTALACIONES.**- Los consumidores de servicios públicos que se prestan a domicilio y requieren instalaciones específicas, deben ser convenientemente informados sobre las condiciones de seguridad de las instalaciones y de los artefactos. (Registro Oficial No. 116 de 10 de julio 2000).

## Categorías fundamentales

### Gráficas de inclusión



**Figura 4 :** Gráficas de inclusión

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

**Constelación de ideas**

**Variable Independiente**



**Figura 5 :** Constelación de ideas, variable independiente  
**Fuente:** Observación Directa.  
**Elaborado por:** El Investigador

**Constelación de ideas**  
**Variable Dependiente**



**Figura 6 :** Constelación de ideas, variable dependiente

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

## **Marco Teórico**

### **Ingeniería Industrial**

La Ingeniería es una ciencia que se basa en fundamentos teóricamente comprobados y se encarga del estudio de tecnologías en diversos campos, el hombre a través de los años de evolución ha desarrollado la ingeniería a nivel mundial en diferentes industrias como: Petróleos, química, eléctrica, electrónica, espacial, Industrial etc.

La Ingeniería Industrial es la disciplina que está enfocada a la producción de bienes y servicios, se encarga del análisis, diseño, planeación y control de procesos de producción siempre con la mentalidad firme de producir con calidad al menor costo posible y generar la menor cantidad de desperdicio dentro del proceso cual sea que fuere. Entre las actividades de la ingeniería industrial están:

- Diseño y modificación de máquinas – equipos en planta
- Analizar y modificar procedimientos dentro de la Empresa
- Planificar, dirigir , controlar , personal dentro de sus labores diarias
- Realizar estudios de mercado para posicionar un nuevo producto si así lo requiere la Empresa.
- Diseño y mejora ergonómica de puestos de trabajo
- Estandarizar procesos de producción
- Distribución y mantenimiento de plantas industriales.

### **Planificación del mantenimiento**

Un plan de mantenimiento es un conjunto de tareas que se deben llevar a cabo para restablecer maquinaria o equipos de una instalación, lo importante es determinar estas tareas mediante los siguientes aspectos:

- Datos del fabricante, instrucciones que el fabricante ha establecido para la máquina

- Llevar a cabo los protocolos genéricos de mantenimiento previamente diseñados
- Análisis previos de fallas basados en RCM

Basados en estos aspectos elaborar un plan genérico de mantenimiento tiene varias ventajas, pues este plan servirá para un determinado equipo sin importar la marca o procedencia de fabricación como por ejemplo un motor ventilador, compresor, bombas centrifugas, etc.

Las tareas se las debe realizar tomando en cuenta los siguientes aspectos

- Inspecciones visuales
- Toma de datos y lecturas de instrumentos
- Lubricación de partes que están en movimiento
- Chequeo eléctrico
- Chequeo mecánico
- Configuración de equipos electrónicos
- Calibración de equipos
- Chequeo de lazos de control
- Cambio de piezas desgastadas

Luego de haber realizado los pasos anteriores se descompone la planta en: sistemas principales, agrupación de equipos en sistemas principales, sistemas auxiliares.

Como última acción será etiquetar y codificar los equipos, en este listado deben constar los equipos que se pueden hacer mantenimiento tomando en cuenta que no todos los equipos de la planta deben ser considerados para este mantenimiento.

Todo plan de mantenimiento debe tener tres actividades desde donde debe partir

- Tareas diarias realizadas por el personal técnico
- Tareas que previa programación se deben realizar cada año

- Trabajos que se realizan en el momento que exista una para de equipos

Estas tareas son la base para diseñar y ejecutar el plan de mantenimiento.

### **Procesos de mantenimiento**

Luego de haber diseñado un plan de mantenimiento adecuado para la Empresa el desarrollo e implementación de este deberá estar enfocado a la mejora continua mediante un análisis crítico que sirva como apoyo para poder hacer una toma de decisiones que vaya en beneficio de la Empresa y su reducción de gastos en el tema económico.

Una vez que se realizó el primer plan de mantenimiento se debe analizar nuevamente los resultados obtenidos en las tareas de manera que se pueda ir cambiando ciertos parámetros sobre la marcha en caso que se requiera cambiar la programación y tareas del mismo.

Las correcciones que se realicen en el plan de mantenimiento permitirán garantizar una producción continua sin interrupciones ni paros imprevistos de los equipos de refrigeración.

Los procesos de mantenimiento dependen de factores internos de la empresa como el aspecto económico o disponibilidad de tiempo que afectan directamente en su desarrollo, en caso de aparecer algún cambio debe ser oportuno, eficiente, eficaz orientado a los objetivos de la misma para cubrir las necesidades que en ella se presentan como la minimización de los costos indirectos de mantenimiento.

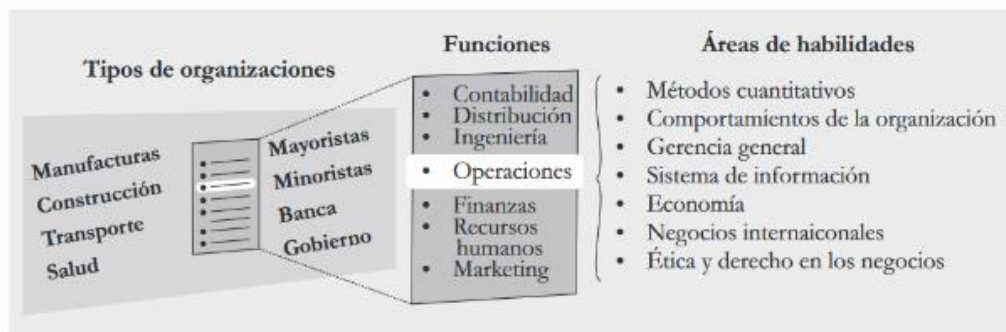
Cuando se diseña un buen proceso de mantenimiento se cubren actividades que permiten mejorar los índices de producción, confiabilidad y se aprovechan los recursos de la Empresa se llega a minimizar los costos directos de mantenimiento.

## Procesos de operación

Un proceso es cualquier actividad o grupo de actividades en los cuales un producto es transformado y por esta transformación obtiene un valor denominado valor agregado, el cual será puesto a disposición del cliente.

Las Empresas que están en el mercado, están obligadas a mejorar cada día para estar a la par con sus competidores, deben contar con herramientas de gestión con técnicas informáticas (software avanzados) , que permitan valorar de manera correcta las opciones que se presentan y elegir la mejor para la Empresa.

Las operaciones son una de las varias funciones que realiza una organización, generalmente a cada función es asignada una dirección el cual es responsable de las actividades que vayan a realizar, a continuación se muestra esta relación en la fig.7



**Figura 7 :** Funciones de una organización.

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

### Funciones de los procesos de operación:

Planificación.- Para cumplir con la entrega a tiempo de los productos que se han pedido se debe calcular cantidades de materia prima, recursos que se van a utilizar para la fabricación y tener un estimado de tiempo necesario para la fabricación



Control.- Para la fabricación de algún producto se requiere cumplir un proceso que tendrá varias etapas según sea el caso, será necesario hacer un control del mismo para saber si la producción está dentro de los parámetros económicos previstos, la creación de índices de control será muy importante para llevar el control de proveedores, mano de obra, máquinas.

Seguimiento.- La toma de datos será de vital importancia dentro del proceso de fabricación pero será necesario que estos sean tomados en el momento oportuno y registrado correctamente.

### **Sistemas de operación**

Es el conjunto de elementos que se deben organizar y relacionar a la maquinaria, mano de obra, materiales para alcanzar un determinado objetivo de producción, se dividen en departamentos o áreas llamados sistemas, un sistema puede ser abierto (mecánico) o cerrado (orgánico). El sistema abierto es muy utilizado por las empresas la recepción de la materia prima es la entrada luego esta debe ser procesada y transformada para luego retornar al ambiente que serían las salidas, cuando se desea medir la eficiencia del sistema basta con hacer una relación de las entradas y salidas.

Principales características de cada uno de los sistemas de producción industrial

Producción por trabajo.- A esta producción también se la denomina producción bajo pedido, todos los esfuerzos se concentraran en producir el producto que ya está pedido por el cliente, al hacer esto se obtienen resultados diferentes por trabajar con personal de diferentes áreas para cumplir la meta, existen unos pasos que se deben tomar en cuenta para hacer este tipo de producción:

- Hacer un listado de materiales y maquinas que se necesitaran para cumplir la producción

- Es necesario hacer un esquema del proceso que se va a seguir
- Plan que detalle de forma cronológica la secuencia del proceso tomando en cuenta los tiempos requeridos.

Producción por lotes.- Tiene la finalidad de producir una cierta cantidad de productos iguales y en pequeñas cantidades, a diferencia del anterior en este se utiliza mano de obra pero no a tiempo completo pues al tratarse de un producto igual se utilizan plantillas que agilitan la producción.

Producción en masa.- Aquí es necesario diseñar procesos llamados una línea de producción en la cual se hacen cientos de productos, es necesario el montaje de piezas o máquinas que garanticen la continuidad de la línea, por lo general aquí se utiliza la automatización de procesos que garantizan mayor rapidez.

Producción de flujo continuo.- La cantidad producida es en millares de un producto de iguales características, la diferencia con la producción en masa es que en este tipo la maquinaria y mano de obra trabajan las 24 horas los 365 días del año, de todos los tipos este es en donde la maquinaria posee un alto grado de automatización para la reducción de productos defectuosos. Para desarrollar este tipo de producción se debe tener en cuenta que la demanda del producto sea alta para que compense los costos generados, además los productos deben estar normalizados para que el proceso funcione continuamente.

### **Costos de operación**

Son los costos necesarios para desarrollar un proyecto, un proceso de producción o mantener en funcionamiento maquinaria, estos costos son los gastos que debe hacer la empresa para mantenerse activa y productiva, se toma en cuenta los pagos a los factores de producción, al capital que es el pago que se hace al empresario, al trabajo que es el pago a los trabajadores, a los bienes consumidos en el proceso como es la materia prima, combustibles, energía eléctrica, etc.

## **Clasificación de los costos de operación**

Distribución.- Son todos aquellos que no son de producción, estos no se pueden recargar al producto, se distribuyen en función del objeto de costos, al final el consumidor es quien lo termina pagando y esto da lugar a que la distribución sea costosa y por ende el producto se hace más caro.

Administración.- Estos son los que se utilizan en los requerimientos de la administración y de toda la organización denominados costos administrativos, por lo tanto la gerencia debe utilizar estos recursos de la manera más adecuada con integración para maximizar las utilidades globales de la empresa.

Financiero.- Dentro de las organizaciones muchas ocasiones deben alquilar algún bien o servicio el cual genera el costo financiero, en muchos casos este costo llega a superar el costo administrativo y peor aún el costo de producción sino se toman las medidas correctivas.

## **Equipos de refrigeración**

### **Ciclo de refrigeración**

La presente investigación está enfocada al estudio de los equipos de refrigeración que ya se encuentran funcionando en la empresa Josarflor, los mismos que funcionan con un circuito común de refrigeración con sus componentes de control y protección eléctrica y mecánica, a continuación se hace una breve referencia del ciclo de refrigeración

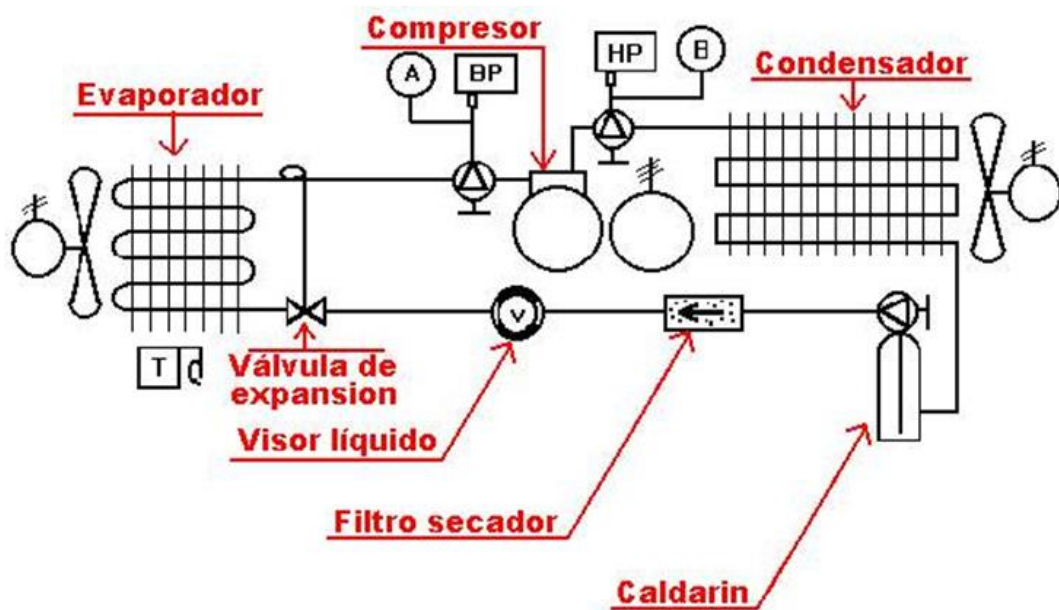
### **Principios de refrigeración**

El común de las personas confunde la palabra refrigeración con frío o con enfriamiento; sin embargo, en la práctica se basa casi enteramente con la transmisión de calor, como se muestra en la fig. 8. La refrigeración por compresión

de vapor se ha constituido en el método más usado en la actualidad, existiendo también los sistemas centrífugos para aplicaciones de mayor potencia.

En el ciclo ideal, el refrigerante sale del evaporador y entra al compresor como vapor saturado. Sin embargo, en la práctica, no es posible controlar el estado del refrigerante con tanta precisión. En lugar de eso, es fácil diseñar el sistema de modo que el refrigerante se sobrecaliente ligeramente en la entrada del compresor (Cengel, 2009, pág. 622).

El ciclo de refrigeración que contiene cualquier equipo como aire acondicionado, chiller, secadores de aire no son ideales porque los materiales con que están fabricados también tienen variaciones, el éxito de toda instalación es mantener las condiciones ideales para que los equipos funcionen eficientemente.



**Figura 8 :** Ciclo de refrigeración

**Fuente:** Cengel, 2009

**Elaborado por:** El Investigador

**Calor.-** Es una forma de energía, creada principalmente por la transformación de otros tipos de energía. Es frecuentemente definido como energía de tránsito,

porque nunca se mantiene estática, ya que siempre está transmitiéndose de los cuerpos calientes a los cuerpos fríos.

Es importante tener en cuenta que los cuerpos no tienen calor, sino energía interna, cuando una parte de ésta energía se transfiere de un sistema o cuerpo hacia otro que se halla a distinta temperatura, se habla de calor. El traspaso de calor se producirá hasta que los dos sistemas se sitúen a igual temperatura alcanzándose el denominado equilibrio térmico. (Copeland, 2015)

Cuando se habla de equipos de refrigeración es importante tomar en cuenta el tipo de material aislante para cualquier aplicación que se desee utilizar, por ejemplo para la cámara frigorífica debe estar construida con paneles aislantes que no permitan la transferencia de calor del exterior (caliente) hacia el interior (frio).

### **Componentes básicos de un sistema de refrigeración**

**Compresores.** El compresor tiene dos funciones dentro del ciclo de refrigeración por compresión. En primer lugar succiona el refrigerante en forma de vapor y reduce la presión en el evaporador a un punto en el que puede ser mantenida la temperatura de evaporación deseada. Por otra parte eleva la presión del vapor refrigerante de modo que la temperatura de saturación sea superior a la del medio expuesto en el condensador para la condensación del vapor.

**Condensadores enfriados por aire.** El condensador es donde el gas refrigerante que sale comprimido del compresor se condensa mediante aire forzado o agua entre los más utilizados. Aquí la presión del refrigerante se denomina de alta presión.

**Evaporador.** El refrigerante que ya se condensa viaja hasta el evaporador, el cual en la entrada tiene instalada una válvula de expansión (termostática o electrónica), la cual expande el refrigerante aumentando su velocidad hacia el evaporador en donde se evapora mediante los ventiladores que hacen recircular el aire interno de la cámara frigorífica.

## **Aislamiento de cámaras frigoríficas**

**Cámara frigorífica.** Es una caja con paredes y techo de panel construido con materiales aislantes como poliuretano, poliéster, madera, etc. El ambiente interno queda aislado para almacenar producto en su interior en el cual se mantiene temperaturas controladas según sea el caso, cuenta con puertas herméticas y cortinas para evitar la transferencia de temperatura del exterior.

**Tableros de control.** Gabinete metálico en el que van instalados los elementos eléctricos para controlar el funcionamiento de la cámara frigorífica, los principales elementos son:

- Contactor
- Relé térmico
- Breakers de fuerza, control
- Supervisores de voltaje
- Termostato digital o electromecánico
- Luces piloto, etc.

## **Procesos de mantenimiento**

### **Mantenimiento RCM**

RCM (mantenimiento basado en la confiabilidad), este tipo de mantenimiento aparece en la década de los 70 en la industria de la aviación comercial internacional de Estados Unidos para cubrir la necesidad de optimizar el mantenimiento de los aviones. Con la implantación de este sistema se redujeron los costos de mantenimiento y aumentó la confiabilidad de las máquinas, este mantenimiento exitoso fue adoptado en otras industrias como la minera, transporte, militar, etc.

Concepto.- El RCM es una guía para diseñar tareas de mantenimiento con una frecuencia adecuada según sea el requerimiento de los componentes de algún sistema, no tiene una vía señalada obligatoria a seguir, más bien se basa en el análisis completo de un equipo o maquinaria para determinar con exactitud las tareas que necesitan sin caer en trabajos rutinarios.

Este modelo es un mantenimiento con cierta flexibilidad que toma en cuenta varios aspectos como la seguridad personal, el medio ambiente, las operaciones y el costo económicos de los mismos.

Las ventajas del mantenimiento con RCM son:

- Reducción de costos de mantenimiento preventivo
- Reducción de costos de mantenimiento correctivo
- Reducción de paros imprevistos de equipos
- Reducción de averías en los equipos por falta de asistencia a tiempo
- Reducción del tiempo de reparación del equipo porque se tiene un conocimiento total
- Reducción de tiempos de paro
- Reducción del tiempo de reparación porque ya se tiene un registro del equipo y se puede saber qué equipo o qué partes pudieron haber fallado.

Beneficios del RCM

- Análisis de los problemas ocultos y las causas que los generan para hacer un tratamiento y reparar dentro del plan de mantenimiento.
- Reducción de la probabilidad de fallos en secuencia.
- Reducción de riesgos en las tareas de mantenimiento.
- Se puede tener mayor control en la seguridad y ambiente laboral de los equipos.

## **AMEF: Análisis de los modos y efectos de fallo**

El análisis de los modos de fallo es una herramienta muy importante dentro del RCM para obtener un diseño óptimo en cuanto a las tareas que se han de implantar. Es un método sistemático que ayuda a identificar los problemas antes de que afecten al equipo o proceso, el análisis AMEF es vital que se lo haga con todos los detalles posibles, de ser posible se debe hacer reuniones con personal a cargo de los equipos para que den su punto de vista acerca de los procedimientos que tienen éxito, esta información permitirá visualizar de mejor manera la operación de los equipos para diseñar las tareas de mantenimiento que ataquen directamente a los modos de fallo y las posibles consecuencias que los generan.

En conclusión el AMEF permite encontrar todas las formas o modos de fallo que pueden aparecer en un equipo dentro de un proceso, para ello se utilizan tres criterios; Seguridad humana, ambiente y operaciones, para realizar el análisis se debe seguir los siguientes pasos:

- Describir las funciones que desempeñan los equipos o máquinas dentro del proceso.
- Identificar los fallos funcionales de cada equipo o máquina
- Identificar los modos de fallo relacionados con cada fallo funcional
- Identificar los efectos y las consecuencias generadas por los modos de fallo.

Fallo funcional.- Es una ocurrencia no prevista que no permite que el equipo trabaje con todos los parámetros establecidos dentro del proceso o trabaje deficientemente.

### **Categoría de las consecuencias de los modos de fallo según el RCM**

Para el diseño de las tareas de mantenimiento que se planificarán se debe definir los aspectos que se relacionan con los modos de fallo, el impacto que pueden tener dentro de la compañía, dependerán de:

- Ambiente donde trabaje el equipo



- Efectos o consecuencias físicas que pueden provocar la aparición de los modos de fallo.

Modos de fallo ocultos.- Se generan a partir de las funciones ocultas en la operación de los equipos, es decir no están visibles al ojo del operador es por este motivo que se debe tener en cuenta cuando se analiza el funcionamiento del compresor hermético que no se puede saber que problemas internos tendría a simple vista, por esta razón se deben hacer chequeos periódicos conocidos como tareas de búsqueda de fallos ocultos

### **Selección de tareas de mantenimiento con RCM**

Luego de haber realizado el AMEF se debe seleccionar el tipo de mantenimiento que permita prevenir los modos de fallo previamente identificados, después se debe seleccionar el tipo de acción de mantenimiento con la frecuencia de ejecución teniendo presente no afectar a la seguridad humana, ambiente y operaciones del proceso.

Las actividades de mantenimiento que se pueden realizar con RCM se dividen en: actividades predictivas - preventivas y las acciones por defecto, estas últimas se deben hacer en caso de no existir alguna tarea asociada al mantenimiento preventivo o predictivo.

### **Fiabilidad**

Es la probabilidad de que un equipo cumpla su trabajo de acuerdo a sus parámetros normales de funcionamiento y eficiencia durante un periodo de tiempo.

La fiabilidad ( $R(t)$ ) se relaciona con la tasa de fallos (cantidad de fallos) y con el tiempo medio operativo (MUT).  $\lambda(t)$  es la tasa instantánea de fallos o

probabilidad de fallo del componente de un sistema en un tiempo infinito pequeño  $dt$  cuando en el tiempo  $t$  este operativo. Fórmula para calcular la tasa de fallos:

$$\lambda(t) = - \frac{d[R(t)]}{R(t) dt} \quad (1)$$

### Modelado de la tasa de fallos

Para modelar las curvas de las tasas de fallo existen modelos estadísticos entre los más comunes están:

- Distribución de Weibull
- Distribución exponencial

#### Distribución de Weibull

El Investigador Sueco Weibull en 1939 propuso esta distribución utilizada por su flexibilidad de equipos o sistemas, la fórmula para el cálculo de la fiabilidad según Weibull es:

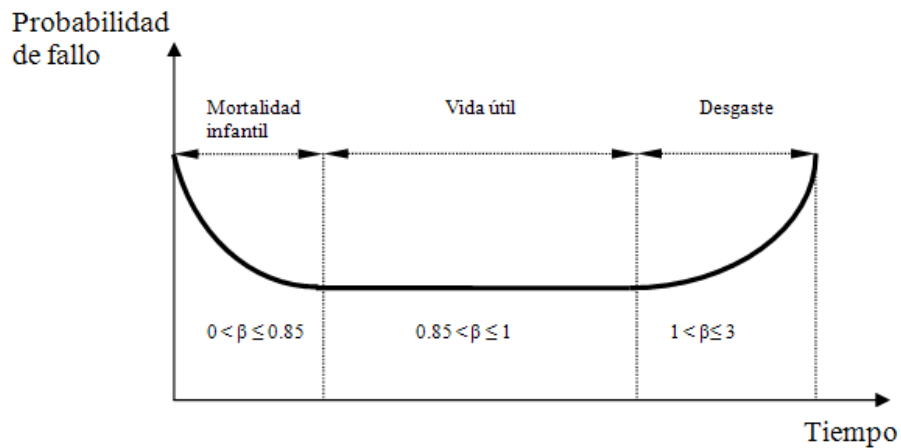
$$R(t) = e^{-\left[\frac{(t-y)}{\eta}\right]^\beta} \quad (2)$$

Donde:

- **R(t)** = Fiabilidad del equipo expresada en un valor probabilístico
- **t** = Intervalo de tiempo en el que se desea conocer la fiabilidad del equipo partiendo de  $t = 0$
- **y** = Parámetro de origen
- **β** = Parámetro de forma según la distribución de Weibull, relaciona el periodo de tiempo en el que se encuentra operando el equipo y el comportamiento del mismo ante la probabilidad de ocurrencia de fallos

- $\eta$  = Parámetro de escala

La distribución de Weibull se adecúa a las tres zonas de la curva de la bañera según el valor que tenga el parámetro de forma como se muestra en la figura 9.



**Figura 9 :** Curva de la bañera

**Fuente:** R. Pascual. (2005).

**Elaborado por:** El Investigador

Los valores de los factores de forma según la curva de la bañera son:

- $0 < \beta \leq 0,85$ , Al inicio de su vida útil, el equipo está en la etapa de mortalidad infantil.
- $0.85 < \beta \leq 1$ , El equipo se encuentra en la etapa normal de vida útil
- $1 < \beta < 3$ , El equipo se encuentra en la etapa de desgaste.
- $\beta$  mayores que 2 indica que el equipo está desgastado y se incrementa el número de fallos
- $\beta = 2$  Tasa de fallos lineal creciente
- $\beta = 3.5$  Distribución normal

## **Costos de mantenimiento**

Al tener una empresa se debe considerar varios costos entre ellos el costo de mantenimiento de los equipos, una adecuada gestión garantiza el éxito o fracaso de la misma. En ocasiones los gerentes tratan de evitar estos costos y no son tomados en cuenta en las proyecciones económicas de la empresa. Los costos de mantenimiento no se deben evitar, es posible reducirlos con un minucioso análisis de los datos de la empresa y un plan adecuado de mantenimiento lo que genera enormes ganancias de productividad.

**Costos directos:** están relacionados con las inspecciones, revisiones, controles y reparaciones que requieren los equipos de la empresa. Por lo tanto, son menores en la medida en que los equipos están en mejor condición.

**Costos indirectos:** son aquellos que no se pueden vincular directamente con un proceso específico de la empresa. Es el caso, por ejemplo, de los gastos que representa un taller, o el almacenamiento de repuestos. En este caso, lo aconsejable es prorratear estos costos para determinar cuáles son los procesos y equipos que demandan más mantenimiento (medido en horas/hombre).

**Costos generales:** son aquellos en los que incurre una empresa para sostener áreas de apoyo y otras no directamente productivas. Por ejemplo, los costos de administración relacionados con las acciones de mantenimiento.

**Costos de tiempos perdidos:** los costos derivados de los fallos de un equipamiento, la pérdida de efectividad, paradas en la producción, demoras en el cumplimiento de un trabajo, etc.

### **Mano de obra**

Es el esfuerzo físico y mental que realiza una persona para fabricar, mantener o reparar un bien, una máquina. Se clasifica en directa o indirecta.

- Mano de obra directa: es la que se relaciona directamente con la producción o la prestación de servicios.
- Mano de obra indirecta: esta se relaciona con las áreas administrativas de la empresa que sirven de apoyo a la producción y al comercio.
- Mano de obra de gestión: es el personal directivo y ejecutivo de la empresa.
- Mano de obra comercial: es el personal del área comercial y constructora de la empresa.

### **Hipótesis**

El proceso de mantenimiento de los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica de la empresa Josarflor aumenta los costos de operación

### **Señalamiento de las Variables**

#### **Variable Independiente**

Proceso de mantenimiento

#### **Variable Dependiente**

Costos de operación

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

#### **Enfoque de la modalidad**

La investigación cuantitativa es el procedimiento de decisión que se llevará a cabo entre determinadas variables numéricas encontradas dentro de un problema a investigar, mediante el uso de herramientas estadísticas se puede llegar a determinar cuáles son las causas. Por esta razón la investigación cuantitativa se produce con la causa efecto.

La presente investigación está desarrollada de manera cuantitativa porque se tienen datos relacionados entre sí con respecto al mantenimiento, estos aparecen en los costos que generan el mantenimiento actual desarrollado en los equipos de la cámara frigorífica y su incidencia en el costo de la operación de refrigeración de las rosas

Se ha recopilado datos reales de los equipos para ser digitalizados y procesados mediante tablas para poder realizar un análisis numérico de cada equipo de la cámara frigorífica, así como también se ha tomado datos de las ordenes de trabajo de la persona que lleva a cabo el mantenimiento para obtener a detalle los trabajos realizados, el cambio de elementos del sistema de refrigeración y la frecuencia con que se efectúa esta tarea.

## Modalidad básica de la investigación

El desarrollo de la presente investigación está enfocada cuantitativamente por lo que se utilizarán varios tipos como:

- Investigación de campo
- Investigación bibliográfica
- Investigación descriptiva
- Investigación analítica

Investigación bibliográfica.- Es una de las primeras que se debe realizar para afrontar el problema a investigar, seguida de otros tipos de investigación, las fuentes de consulta que se han utilizado son: Textos, Monografías, Tesis de grado de Egresados de la UTI, Blogs de internet.

Esta se basa en recopilar información ya existente como se muestra en la fig. 10, además teorías, conceptos, hipótesis, en este caso del mantenimiento de cámaras frigoríficas, equipos de refrigeración, y los costos generados por mantenimiento.



**Figura 10 :** Toma de datos en los equipos de refrigeración.

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

Investigación de campo exploratoria. - se utiliza este tipo de investigación para encontrar una solución a un problema específico, para el desarrollo de la presente se tomaron datos directamente en la empresa Josarflor en cada uno de los nueve equipos existentes que sirven para que la cámara frigorífica mantenga refrigerada la flor.

### **Nivel o Tipo de investigación**

Los niveles que se han utilizado en la presente investigación son:

#### **Descriptiva**

Como su nombre lo indica este tipo de investigación se encarga de describir una situación actual plantea objetivos concretos y formula hipótesis.

Se define a la investigación evaluativa como un modelo de aplicación de los métodos de investigación para evaluar la eficiencia de los programas de acción en las ciencias sociales. El fin de este tipo de investigación es medir los resultados de la población, en conjunto a la toma de los conectivos para la mejora continua de las funciones. Es posible resaltar que la investigación es evaluativa porque pretende medir objetivos propuestos con la finalidad de poder tomar decisiones y determinar la calidad del servicio de la organización, objeto de estudio. (Tamayo 2003, pág. 57)

En la presente investigación se recopila información de documentos de la Empresa para analizarlos y al final proponer mejoras en el mantenimiento de los equipos y mejorar su servicio.

Para el desarrollo de esta investigación se utilizan datos tomados de los equipos de refrigeración, los cuales son muy básicos y con poca información, estas son órdenes de trabajo emitidas por la persona que realiza actualmente el



mantenimiento, esta información contiene datos de elementos que se han cambiado y el trabajo que realiza el técnico en cada visita.

### **Población**

Es el universo donde se va a trabajar y se va a enfocar el presente estudio para obtener un resultado final, la población con que se va a trabajar son nueve equipos de refrigeración instalados en la cámara frigorífica como se muestra en la tabla 3.

**Tabla 3.** Población para el estudio

<b>EQUIPOS</b>	<b>CANTIDAD</b>
<b>WEBER</b>	7
<b>GOEDHART</b>	2
<b>TOTAL</b>	<b>9</b>

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

### **Muestra**

Es una porción de individuos representativo de la población, para el presente estudio no es necesario calcular una muestra porque se va a trabajar con una población pequeña

Los equipos de refrigeración con que se va a trabajar son nueve en total como se muestra en la tabla 3, en la cámara frigorífica se encuentran funcionando siete equipos Weber y dos equipos Goedhart

### Matriz de operación de las variables

**Tabla 4.** Variable independiente

Proceso de mantenimiento de los equipos de las cámaras frigoríficas de la empresa florícola Josarflor S.A.

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
El proceso de mantenimiento de los equipos de las cámaras frigoríficas, son los trabajos realizados para mantener operativos a los equipos de refrigeración en Josarflor, para evitar paros imprevistos de los mismos.	Tipos de mantenimiento  Equipos de refrigeración  Técnicos de mantenimiento	Tiempos entre mantenimientos  Número de mantenimientos realizados por unidad de tiempo	¿Están definidos los tipos de mantenimiento y los procedimientos para realizarlos?	Observación de campo y toma de datos según ordenes de trabajo

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

**Tabla 5.** Variable dependiente.

Costos de operación

CONCEPTUALIZACIÓN	DIMENSIÓN	INDICADOR	ÍTEMS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Gastos relacionados con la operación de refrigeración de la flor, este costo es el total de los costos de mantenimiento realizado a los equipos de la cámara frigorífica y los costos de los recursos que se utilizan para realizar la refrigeración de la flor.	Costos de mantenimiento programado y no programado	Costos de mantenimientos realizados  Horas de paro de los equipos	¿El costo de mantenimiento pagado bajo contrato está justificado con las labores ejecutadas en los equipos de refrigeración?	Toma de datos Instrumento, facturas

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## Plan de Recolección de la información

Para la recopilación de datos se realizaron mediciones con un multímetro y termómetro en el campo, en la tabla 6 se muestra los datos obtenidos.

**Tabla 6.** Datos técnicos de los equipos tomados en campo

Equipos	Voltaje [V]	Amperaje [A]	Temperatura	Presión alta [PSI]	Presión baja[PSI]
1	225	20	3° C	210	35
2	225	22	4° C	220	35
3	225	15	3° C	200	30
4	225	16	2° C	200	35
5	225	21	4° C	210	30
6	225	25	3° C	205	30
7	225	24	4° C	210	35
8	225	25	3° C	200	35
9	225	25	4° C	200	30

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

### Instrumentos de recolección

Ordenes de trabajo.- Otra forma de recolección de datos es en base a reuniones con el Ing. Oswaldo Caiza Gerente Financiero de la empresa Josarflor quien ha facilitado las órdenes de trabajo realizadas por la empresa que brinda el servicio de mantenimiento a los equipos de refrigeración para tomar datos de los trabajos realizados a los equipos

Facturas emitidas a Josarflor.- Los costos de los trabajos realizados por la empresa que presta el servicio de mantenimiento a los equipos se tomaron directamente de las facturas que este emite a Josarflor

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS**

#### **Situación actual**

##### **Procesamiento y análisis de la información**

Con los datos obtenidos del departamento financiero, post cosecha de la empresa Josarflor mas la investigación realizada se procesa toda la información mediante tablas de datos en Microsoft Excel, los cuales serán interpretados de la siguiente manera:

- Análisis de los datos procesados en las tablas
- Los resultados obtenidos se interpretan de acuerdo a la teoría y conocimientos obtenidos en la Universidad mediante herramientas de Ingeniería
- Los resultados se correlacionan mediante un método matemático para comprobar la hipótesis.
- Conclusiones y recomendaciones

La información obtenida mediante ordenes de trabajo y facturas emitidas por la persona externa a Josarflor, la cual realiza los mantenimientos actualmente, es procesada por equipo, así se identifica los trabajos realizados en los nueve equipos, obteniendo un costo mensual de mantenimiento por equipo y el costo anual de mantenimiento de cada equipo.

**Tabla 7.** Costos de mantenimiento equipo 1.

JOSARFLOR. EQUIPO 1								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO (h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	5,0%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	5,0%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	70,00	7,1%	10
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	5,0%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Gas refrigerante R22	65,00	6,6%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	50,00	5,0%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Ninguno	65,00	6,6%	0
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	70,00	7,1%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Galón de desengrasante	70,00	7,1%	0
2017	Noviembre	6	Cambio válvula solenoide, Carga de gas refrigerante	Cambio válvula solenoide	Válvula solenoide 220v, gas refrigerante R22, 2 tuercas de bronce, cañería de 1/2 pulg	332,08	33,5%	2
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Desengrasante	70,00	7,1%	10
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	5,0%	1
<b>TOTAL USD</b>						<b>992,08</b>	<b>100,0%</b>	<b>26</b>

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis Equipo N° 1**

En la tabla 7, correspondiente al equipo N° 1 se muestran los datos que este equipo ha generado durante el año 2017. Aquí constan los trabajos realizados, el tiempo aproximado que ha tomado realizar los mismos y el costo de mantenimiento mensual, el mismo que se ha deducido de la facturación total emitida a Josarflor.

Descripción de trabajos realizados.- Los trabajos en el equipo N° 1 según las órdenes de trabajo han sido de chequeo eléctrico y mecánico en su mayoría, esta revisión consta básicamente de un recorrido por los equipos para una inspección visual, el costo del chequeo es de \$50.00 c/u se han realizado cinco veces en el año.

En los trabajos realizados también existe el lavado de los condensadores y evaporadores con agua y detergentes a un costo de \$70.00 c/u esta actividad se realizó dos veces en el año.

Revisión de presiones de gas refrigerante, se hace con los equipos encendidos, se mide la presión de alta y baja con un manómetro de tipo manifold, tiene un costo de \$65.00 c/u se hicieron dos veces en el año.

El mantenimiento preventivo tiene un costo de \$50.00 y \$70.00 se ha realizado dos veces en el año.

El 6 de noviembre se realiza el cambio de una válvula solenoide de 220V, a un costo de \$332.08, este valor es el mayor de los costos generados por este equipo representa el 33.5% del costo total anual de mantenimiento, el costo total de mantenimiento de este equipo es de \$992.08 USD, como se puede observar en la tabla 7.

**Tabla 8.** Costos de mantenimiento equipo 2.

JOSARFLOR. EQUIPO 2								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD.	% USD	TIEMPO EQ. PARADO (h)
2016	Diciembre	12	Cambio del compresor 8,5 HP	Compresor, filtros, 30 lb. Gas refrigerante, suelda	gas refrigerante, válvula de carga, cañería de 11/8, 5 varillas de suelda	<b>3.239,77</b>	82,0%	5
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	1,3%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	1,3%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	<b>70,00</b>	1,8%	10
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	1,3%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	<b>65,00</b>	1,6%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	1,3%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante, cambio contactor compresor	Contactador del compresor	Contactador de 50 amperios, 220v	<b>117,64</b>	3,0%	0,3
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	1,8%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	1,8%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	1,8%	10
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	1,3%	1
<b>TOTAL</b>						<b>3.952,41</b>	100,0%	29,3

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador



## **Análisis Equipo N° 2**

Trabajos realizados.- En este equipo se ha reemplazado un motor compresor de 8.5 Hp además de cañería de cobre, filtros, gas refrigerante R-22 y varios elementos necesarios para que el nuevo compresor funcione, este trabajo tiene un costo de \$3.239,77 y representa el 82 % del costo total del mantenimiento anual.

En este equipo también se realizó el lavado de los condensadores y evaporadores con agua y detergente, el costo de este trabajo es \$70,00 c/u se hizo dos veces en el año

Revisión de presiones de gas refrigerante mediante manómetros manifold, con un costo de \$65,00 c/u el cual se hizo dos veces en el año, además se cambió un contactor del compresor con un valor de \$52,64 deducido del costo del mes de Agosto.

Lavado de condensadores y evaporadores tiene un costo de \$70.00 c/u realizado dos veces en el año.

Según la tabla 8, se puede observar el costo total de mantenimiento que este equipo generó durante el año 2017 es de \$ 3.952,41 siendo el costo del cambio de un compresor de 8.5 Hp el costo más alto de mantenimiento que representa el 82% del costo total, en este equipo se considera el valor del cambio del compresor porque el pago fue realizado en el año 2017 según la fuente.

**Tabla 9.** Costos de mantenimiento equipo 3.

JOSARFLOR. EQ 3								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO (h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,1%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,1%	1
2017	Febrero	20	Cambio de control de temperatura	Control full gauge	Termostato digital Full gauge	<b>165,30</b>	20,0%	2
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	<b>70,00</b>	8,5%	10
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,1%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	<b>65,00</b>	7,9%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,1%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Ninguno	<b>65,00</b>	7,9%	0
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	8,5%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	8,5%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	8,5%	10
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,1%	1
<b>TOTAL USD</b>						<b>825,30</b>	100,0%	26

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

### **Análisis Equipo N° 3**

El costo total anual que ha generado este equipo por concepto de mantenimiento es de \$825.30, el mismo ha sido realizado por personal externo a Josarflor, en las órdenes de trabajo emitidas por esta persona constan en detalle los trabajos que se hicieron durante el año 2017.

Trabajos realizados.- Como se muestra en la tabla 9 uno de los trabajos más costosos en este equipo es el cambio del control de temperatura Full Gauge a un costo de \$165.30 que representa el 20% del costo total anual.

Dentro de los ítems que se detalla en la tabla 9, está la revisión de presiones de gas refrigerante y calibración lo que tiene un costo de \$65.00 c/u realizado dos veces en el año.

El chequeo eléctrico y mecánico se ha realizado cinco veces en el año a un costo de \$50.00 c/u

En este equipo también consta el lavado de condensadores y evaporadores con un valor de \$70.00 c/u realizado dos veces en el año.

También se realizó mantenimiento preventivo dos veces al año con un costo de \$70,00 y \$50.00

**Tabla 10.** Costos de mantenimiento equipo 4.

JOSARFLOR EQ. 4								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO (h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,5%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,5%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	<b>70,00</b>	9,1%	10
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,5%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	<b>65,00</b>	8,5%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,5%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante, cambio ventilador	Motor ventilador	Motor de 220V AXF 300	<b>171,40</b>	22,4%	1
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	9,1%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	9,1%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	9,1%	10
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	6,5%	1
<b>TOTAL USD</b>						<b>766,40</b>	100,0%	25

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

#### **Análisis Equipo N° 4**

Según la tabla 10 los costos generados por concepto de mantenimiento anual en este equipo durante el año 2017 son de \$766.40, este valor es el total de los trabajos realizados durante todo el año.

Trabajos realizados.- Dentro de los trabajos realizados en este equipo está el cambio de un motor ventilador del condensador y revisión de las presiones de gas refrigerante con un costo de \$171.40, este costo es el mayor y representa el 22.4% del total de los costos de mantenimiento anual.

Mantenimiento chequeo eléctrico y mecánico es otro de los trabajos realizados en este equipo, con un valor de \$50.00 c/u realizado cinco veces en el año.

El lavado de condensadores y evaporadores también se ha realizado a este equipo con un valor de \$70.00 c/u por dos veces en el año.

Otro trabajo es el mantenimiento preventivo a un costo de \$70.00 y \$50.00 por dos veces en el año

**Tabla 11.** Costos de mantenimiento equipo 5.

JOSARFLOR EQ. 5								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO(h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	70,00	10,6%	10
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	65,00	9,8%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Ninguno	65,00	9,8%	0
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	70,00	10,6%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	70,00	10,6%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	70,00	10,6%	10
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
<b>TOTAL USD</b>						<b>660,00</b>	<b>100,0%</b>	<b>24</b>

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis Equipo N° 5**

Como se muestra en la tabla 11 los costos totales de mantenimiento para este equipo generados durante el año 2017 son de \$660.00 dólares.

Trabajos realizados.- Según la tabla 11 los costos de lavado de condensadores y evaporadores tienen el valor más alto que es \$70.00 c/u en el año se realizaron dos veces

Los trabajos de mantenimiento chequeo eléctrico, mecánico se realizaron cinco veces en el año, a un costo de \$50,00 c/u

La revisión y calibración de gas refrigerante tiene un costo de \$65.00 c/u en el año se realizaron dos veces

También se hizo el mantenimiento preventivo a un costo de \$70,00 y \$50.00 dos veces en el año

**Tabla 12.** Costos de mantenimiento equipo 6.

JOSARFLOR EQ. 6								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO(h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	70,00	10,6%	10
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	65,00	9,8%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Ninguno	65,00	9,8%	0
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	70,00	10,6%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	70,00	10,6%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	70,00	10,6%	10
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	7,6%	1
<b>TOTAL USD</b>						<b>660,00</b>	<b>100,0%</b>	<b>24</b>

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador



## **Análisis Equipo N° 6**

Según la tabla 12 los costos de mantenimiento anual para este equipo son de \$660.00, este valor es la sumatoria de todos los trabajos ejecutados en el año 2017

Trabajos realizados.- El lavado de los condensadores y evaporadores es el que tiene mayor costo \$ 70.00 c/u se realizaron dos veces en el año

El chequeo eléctrico y mecánico se realizó cinco veces en el año con un valor de \$ 50.00 c/u se realizó cinco veces en el

Revisión y calibración de gas refrigerante se realizaron dos veces en el año este trabajo tiene un costo de \$130.00 c/u dólares.

El mantenimiento preventivo se realizó dos veces en el año a un costo de \$50.00 y \$70.00

**Tabla 13.** Costos de mantenimiento equipo 7.

JOSARFLOR EQ 7								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO (h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	5,3%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	5,3%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	<b>70,00</b>	7,4%	10
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	5,3%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	<b>65,00</b>	6,8%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	5,3%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Ninguno	<b>65,00</b>	6,8%	0
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	7,4%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	7,4%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	<b>70,00</b>	7,4%	10
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	<b>50,00</b>	5,3%	1
2017	Diciembre	27	Instalación de control de humedad	Ninguno	Control de humedad	<b>291,20</b>	30,6%	3
<b>TOTAL USD</b>						<b>951,20</b>	100,0%	27

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis Equipo N° 7**

Según la tabla 13 el costo total de mantenimiento anual para este equipo es de \$951.20, por los trabajos realizados en el año.

Trabajos realizados.- En este equipo el costo de mayor valor es la instalación de un control para medir la humedad interna de la cámara frigorífica, es de \$291.20 y representa el 30.6 % del costo total anual.

El lavado de los condensadores y evaporadores se realizó dos veces en el año con un costo de \$70.00 c/u

El chequeo eléctrico y mecánico se realizó cinco veces en el año con un valor de \$ 50.00 c/u

Revisión y calibración de gas refrigerante en el equipo realizado dos veces en el año con un costo de \$65.00 c/u

Mantenimiento preventivo se realizó dos veces al año con un valor de 70,00 y \$50.00

**Tabla 14.** Costos de mantenimiento equipo 8.

JOSARFLOR EQ 8								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO (h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	6,6%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	6,6%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	70,00	9,2%	6
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	6,6%	1
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	65,00	8,6%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	50,00	6,6%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Ninguno	65,00	8,6%	0
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	70,00	9,2%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	100,00	13,2%	0
2017	Noviembre	29	Calibracion de gas refrigerante	Ninguno	Gas refrigerante R22	70,00	9,2%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	70,00	9,2%	0
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	6,6%	1
<b>TOTAL USD</b>						<b>760,00</b>	<b>100,0%</b>	<b>10</b>

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis Equipo N° 8**

Para este equipo según la tabla 14 el costo total generado en el año es de \$760.00 por los trabajos realizados en el mismo.

Trabajos realizados.- El trabajo que mayor costo tiene es el mantenimiento chequeo eléctrico y mecánico con un valor de \$ 100.00 que representa el 13.2% del costo total.

El lavado de los condensadores y evaporadores se realizó dos veces en el año con un costo de \$70.00 c/u

Revisión y calibración de gas refrigerante en el equipo realizado dos veces en el año con un costo de \$65.00 c/u

El mantenimiento preventivo se realizó dos veces en el año a un costo de \$70,00 y \$50,00

**Tabla 15.** Costos de mantenimiento equipo 9.

JOSARFLOR EQ. 9								
AÑO	MES	DÍA	TRABAJOS REALIZADOS	ELEMENTOS CAMBIADOS	MATERIALES UTILIZADOS	COSTO USD	% USD	TIEMPO EQ. PARADO (h)
2017	Enero	5	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	1,4%	1
2017	Febrero	20	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	1,4%	1
2017	Marzo	21	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Detergentes	70,00	1,9%	6
2017	Mayo	8	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	1,4%	1
2017	Mayo	8	Corrección de fuga de refrigerante en el tubo capilar	Presóstato, Capilar	20 lb de gas refrigerante R 22, varilla de suelda	50,00	1,4%	3
2017	Mayo	30	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	gas refrigerante R22	65,00	1,8%	0
2017	Junio	30	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	50,00	1,4%	0
2017	Agosto	1	Revisión de presiones de gas refrigerante, calibración de gas refrigerante	Ninguno	Ninguno	65,00	1,8%	0
2017	Agosto	10	Cambio de compresor	Compresor de 8 HP, Filtro de líquido, filtro de succión,	Compresor 8 HP, 2 filtros, cañería 11/8, 5 varillas de suelda, nitrógeno, 30 lb gas refrigerante	2886,80	80,3%	5
2017	Septiembre	20	Mantenimiento preventivo	Ninguno	Ninguno	70,00	1,9%	0
2017	Octubre	31	Chequeo eléctrico, mecánico	Ninguno	Ninguno	70,00	1,9%	0
2017	Noviembre	29	Lavado de condensadores y evaporadores	Ninguno	Ninguno	70,00	1,9%	0
2017	Diciembre	1	Chequeo eléctrico y mecánico	Ninguno	Ninguno	50,00	1,4%	1
<b>TOTAL USD</b>						<b>3596,80</b>	<b>100,0%</b>	<b>18</b>

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El investigador

## **Análisis Equipo N° 9**

Según la tabla 15 en este equipo se realizaron varios trabajos que en el año suman \$3.596,80 por concepto de costo por mantenimiento anual.

Trabajos realizados.- En el mes de Agosto se realiza el cambio de un compresor de 8 Hp 220V, cañería de cobre, filtros y varios accesorios necesarios para su funcionamiento con un costo de \$2.886,80 y representa el 80.3 % del costo total de mantenimiento anual.

El mantenimiento preventivo tiene de un costo de \$70.00 y \$50,00 realizado dos veces al año

Revisión y calibración de gas refrigerante en el equipo realizado dos veces en el año con un costo de \$65.00 c/u realizado dos veces en el año

Chequeo eléctrico y mecánico realizado cinco veces en el año con un costo de \$50 c/u.

### **Análisis e interpretación**

Los datos de los nueve equipos descritos en las tablas anteriores presentan los costos de mantenimiento anual, descripción de trabajos realizados, elementos cambiados, materiales utilizados y tiempo aproximado del trabajo de cada uno, con esta información se realiza la tabla 16 en la cual se muestra el número y tipo de mantenimiento de todos los equipos, esta información indica que en el año 2017 se realizaron 28 mantenimientos correctivos y 72 mantenimientos preventivos, siendo estos últimos los de mayor número.

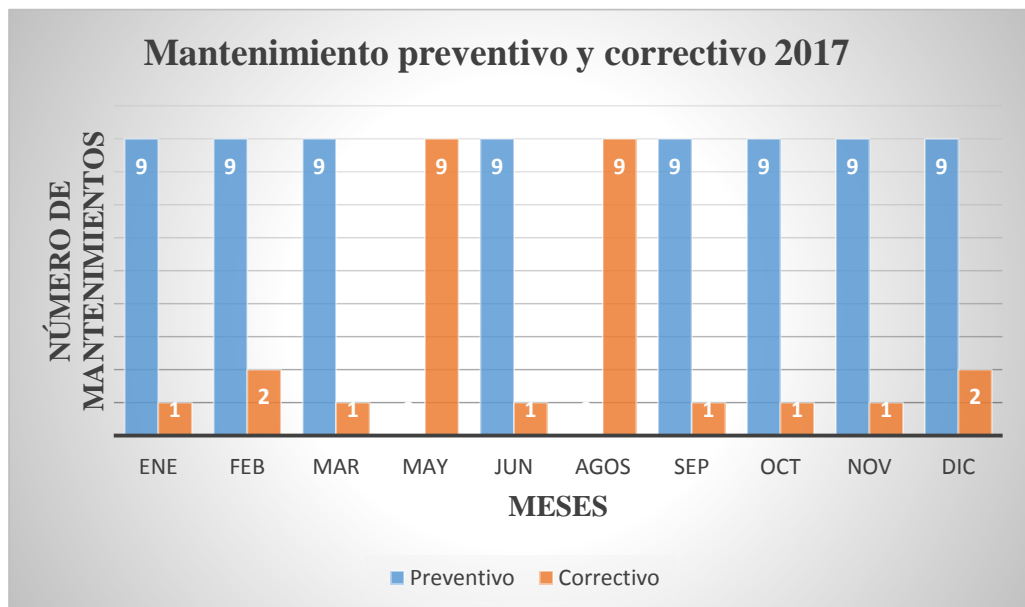
**Tabla 16.** Número y tipo de mantenimiento 2017

MANTENIMIENTO 2017			
Mes	Preventivo	Correctivo	Total
Ene	9	1	10
Feb	9	2	11
Mar	9	1	10
May	0	9	9
Jun	9	1	10
Agos	0	9	9
Sep	9	1	10
Oct	9	1	10
Nov	9	1	10
Dic	9	2	11
Total	72	28	100

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

En la figura 11 se observa el número de mantenimientos correctivos y preventivos, siendo estos últimos constantes en todos los meses y los correctivos son mayores en mayo y agosto durante el 2017.



**Figura 11 :** Mantenimiento preventivo y correctivo 2017

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador



## Análisis de Pareto

Con respecto a los costos de mantenimiento se realiza el análisis de los nueve equipos mediante la curva del 80 - 20 o principio de Pareto (pocos vitales muchos triviales). Para lo cual se realiza una tabla con los costos totales que han generado los equipos durante del año 2017 como se muestra en la tabla 17.

**Tabla 17.** Resumen costos de mantenimiento 2017

<b>COSTOS DE FACTURACION 2017</b>				
<b># EQUIPOS</b>	<b>COSTO USD</b>	<b>%</b>	<b>ACUMULADO</b>	<b>% ACUMULADO</b>
EQUIPO 2	3.952,41	30,02%	3.952,41	30,02%
EQUIPO 9	3.596,80	27,32%	7.549,21	57,35%
EQUIPO 1	992,08	7,54%	8.541,29	64,88%
EQUIPO 7	951,20	7,23%	9.492,49	72,11%
EQUIPO 3	825,30	6,27%	10.317,79	78,38%
EQUIPO 4	766,40	5,82%	11.084,19	84,20%
EQUIPO 8	760,00	5,77%	11.844,19	89,97%
EQUIPO 6	660,00	5,01%	12.504,19	94,99%
EQUIPO 5	660,00	5,01%	13.164,19	100,00%
<b>TOTAL</b>	<b>13.164,19</b>	100,00%		

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

En la tabla 17 se coloca en orden descendente los costos generados en el año 2017, para construir el diagrama de Pareto se calcula mediante fórmulas en Microsoft Excel otros valores como; el porcentaje que representan los costos, los valores acumulados de los costos y por último el porcentaje acumulado obteniendo el 100% que indica que están bien las operaciones.

En la tabla 18 se muestran los equipos N° 2, 9, 1, 7,3 los cuales están generando el 80% de los costos altos de mantenimiento, es decir estos equipos son los más críticos y serán prioridad para continuar con el análisis posterior. Con los datos de la tabla 17 se realiza el diagrama de Pareto como se muestra en la figura 13 en el cual se puede identificar a los equipos que tienen mayor costo de mantenimiento anual están dentro del 80 %, es decir estos equipos son la causa del alto costo de

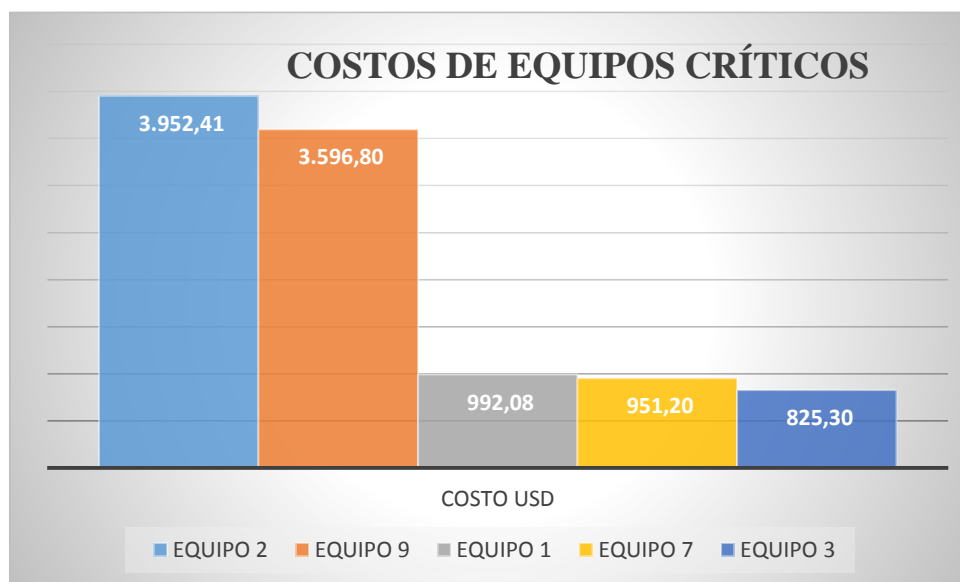
mantenimiento de la cámara frigorífica, lo cual indica que es necesario concentrar los recursos e investigación para disminuir los costos altos de mantenimiento en estos equipos. En la figura 18 se observa que los equipos N° 2, 9 tienen valores que sobrepasan los \$3.000 y los equipos N° 1, 7,3 no alcanzan los \$1.000 igual que el resto de equipos, este rango casi igual de valores hace que no exista mucha diferencia entre los equipos del diagrama de Pareto y se obtenga cinco equipos como pocos vitales y cuatro equipos como muchos triviales.

**Tabla 18.** Equipos críticos según el diagrama de Pareto

COSTOS DE FACTURACIÓN 2017				
# EQUIPOS	COSTO USD	%	ACUMULADO	% ACUMULADO
EQUIPO 2	3.952,41	30,02%	3.952,41	30,02%
EQUIPO 9	3.596,80	27,32%	7.549,21	57,35%
EQUIPO 1	992,08	7,54%	8.541,29	64,88%
EQUIPO 7	951,20	7,23%	9.492,49	72,11%
EQUIPO 3	825,30	6,27%	10.317,79	78,38%

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

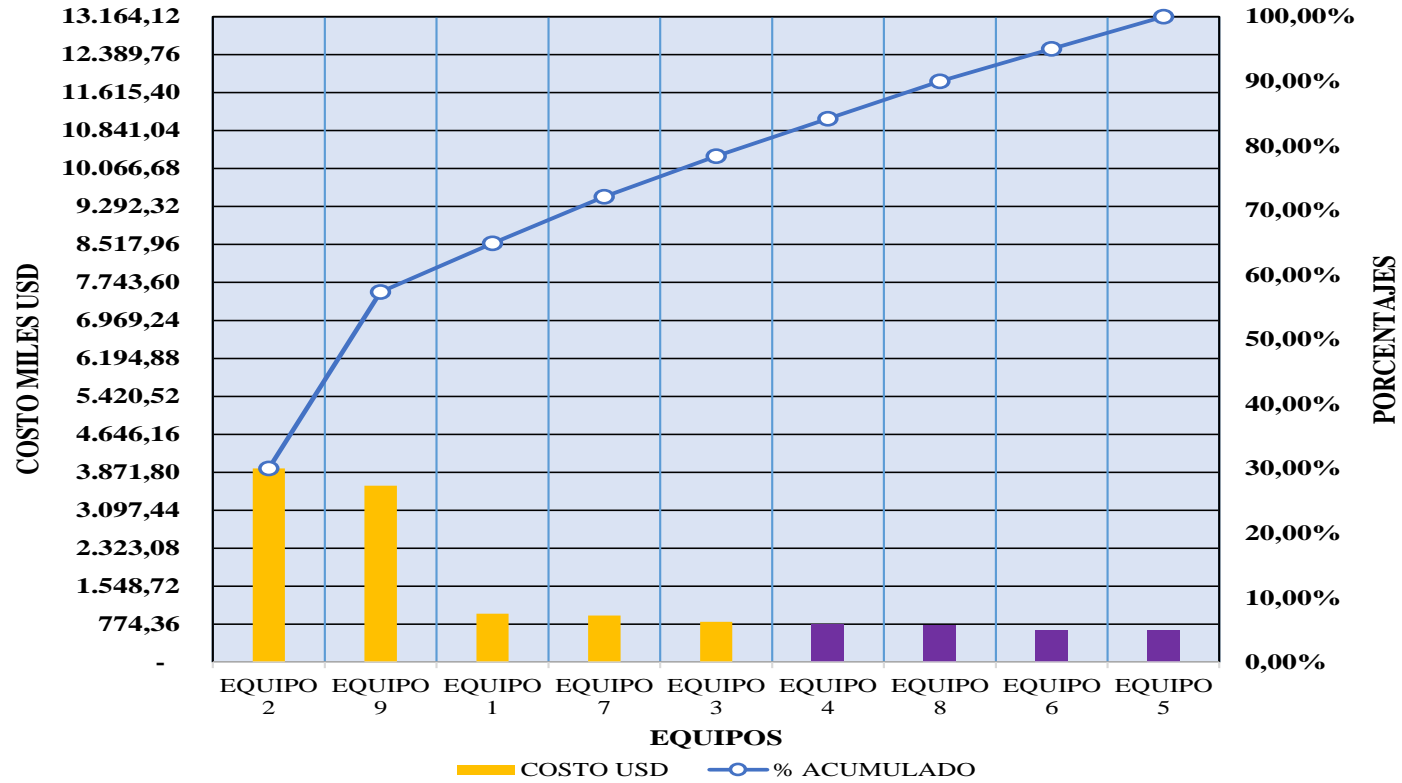


**Figura 12 :** Costos de equipos críticos

**Fuente:** Observación Directa.

**Elaborado por:** El Investigador

### DIAGRAMA DE PARETO



**Figura 13 :** Diagrama de Pareto.  
**Fuente:** Observación Directa.  
**Elaborado por:** El Investigador

Luego de haber identificado los equipos críticos con el diagrama de Pareto se continúa el análisis para determinar las causas que generaron los costos de estos equipos, a continuación en la tabla 19 se muestran los equipos críticos con los costos de mantenimiento.

**Tabla 19.** Resumen de costos de los equipos críticos

<b>EQUIPOS</b>	<b>COSTOS ANUALES USD</b>
<b>Equipo n° 2</b>	3.952,41
<b>Equipo n° 9</b>	3.596,80
<b>Equipo n° 1</b>	992,08
<b>Equipo n° 7</b>	951,20
<b>Equipo n° 3</b>	825,30

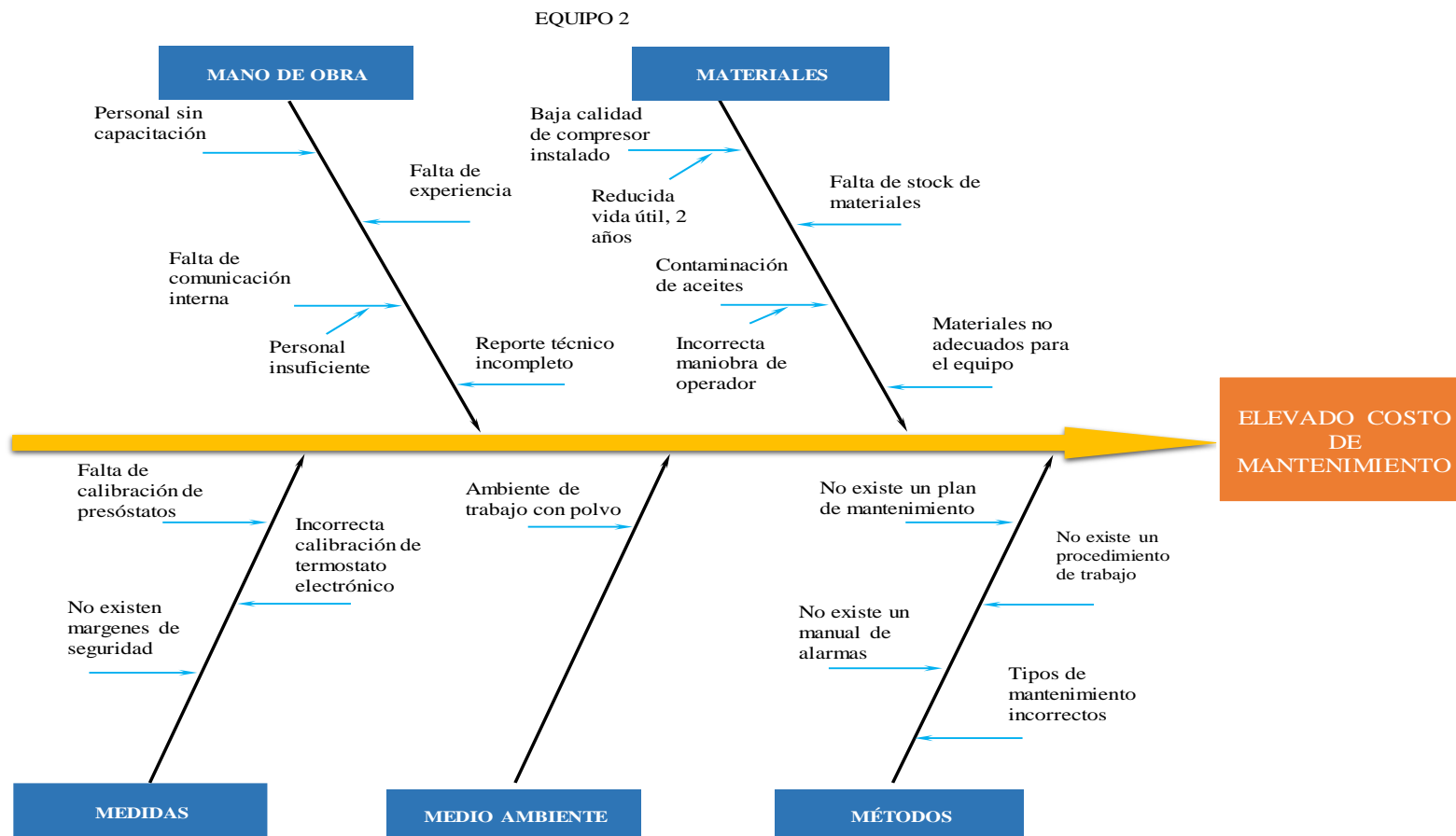
**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

### **Análisis Ishikawa**

Para continuar con el análisis de resultados se utiliza otra herramienta de la Ingeniería como es el diagrama Ishikawa de los cinco equipos para determinar las causas que están generando un costo alto de mantenimiento, el análisis se realiza mediante las 5 M, estas son:

- Mano de obra
- Materiales
- Medidas
- Medio ambiente
- Métodos



**Figura 14 :** Análisis Ishikawa equipo 2.

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis Ishikawa Equipo N° 2**

Se realiza el diagrama de Ishikawa utilizando las 5M como se muestra en la fig. 14, a continuación el análisis de este equipo

**Mano de obra.-** La Persona que realiza el servicio de mantenimiento tiene personal empírico no cuenta con bases sólidas en conocimientos de refrigeración, necesarios para afrontar los problemas que aparecen en los equipos y dar una solución definitiva de raíz, estos problemas van derivando en otros y al final se tiene consecuencias como un elevado costo de mantenimiento.

El reporte técnico emitido a Josarflor no contiene datos pormenorizados para saber el nivel de eficiencia de los equipos no existe un histórico de averías para saber la frecuencia de cambio de repuestos en los equipos y si ya se cambió cuanto tiempo permaneció en funcionamiento.

**Materiales.-** Los materiales utilizados no son adecuados para los equipos son diferentes, por la falta de stock el equipo con problemas debe permanecer apagado hasta que adquieran los materiales y realicen el cambio con adaptaciones para su instalación afectando así el diseño original del equipo.

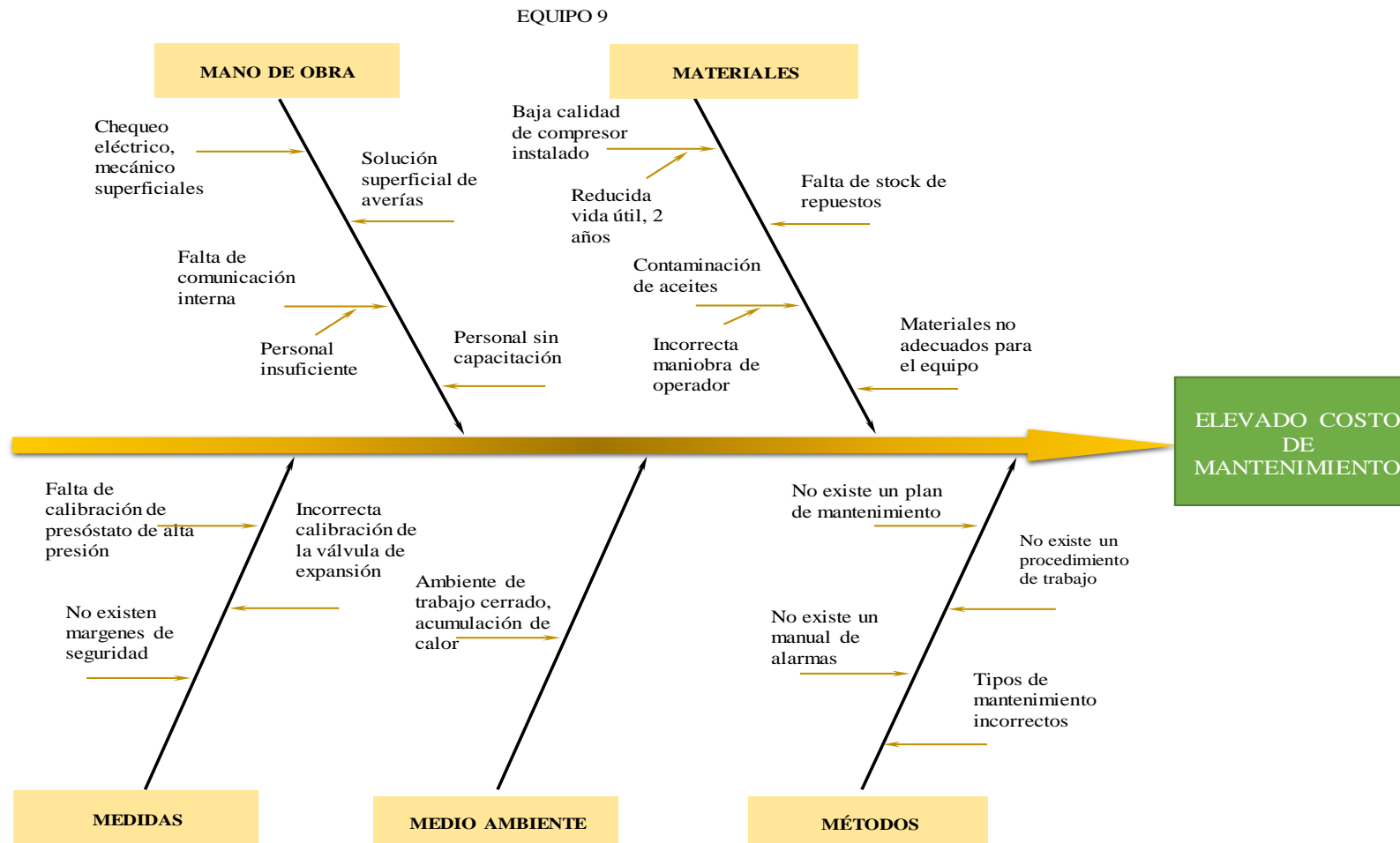
La baja calidad en los materiales utilizados ocasiona su recambio en un tiempo menor al requerido reduciendo así la eficiencia del equipo, esto deriva a la aparición de problemas más severos en el futuro.

**Medidas.-** En los dispositivos de control del sistema de refrigeración no existe una correcta calibración en el termostato electrónico y en los presóstatos de alta y baja presión con un margen de seguridad que garantice la eficiencia del equipo y la vida útil del compresor.

No existe una estandarización en los equipos y los elementos cambiados en los equipos son diferentes.

Medio ambiente.- El equipo se encuentra funcionando en un ambiente abierto con la posibilidad de absorber polvo con los vientos del sector.

Métodos.- Los tipos de mantenimiento realizados a este equipo son el preventivo y correctivo, dentro del preventivo el equipo es lavado con agua y detergente dos veces al año y una revisión visual mensualmente dando lugar a fallos inesperados por que no se realizo



**Figura 15 :** Análisis Ishikawa equipo 9.

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador



## **Análisis Ishikawa Equipo N° 9**

A continuación se analiza cada una de las 5M utilizadas para realizar el diagrama según la fig. 15

Mano de obra.- con respecto a los chequeos eléctricos y mecánicos son realizados muy superficialmente es decir, observan que los equipos están funcionando y luego el personal se retira indicando que los equipos están bien.

Las soluciones dadas a los equipos no siempre son las indicadas porque se soluciona el problema por el momento y luego aparecen otros derivados de los primeros, lo cual genera un costo para Josarflor

La falta de personal que realiza el mantenimiento en ciertos días como fines de semana o días festivos hace que el equipo que presentó algún problema tenga que esperar hasta que este personal reestablezca sus operaciones.

Materiales.- Los materiales utilizados en los trabajos son de baja calidad como el compresor que se cambio es de procedencia china además los materiales como válvulas no son las adecuadas para el equipo y en el momento de la instalación se hacen adaptaciones que cambian el diseño original del equipo.

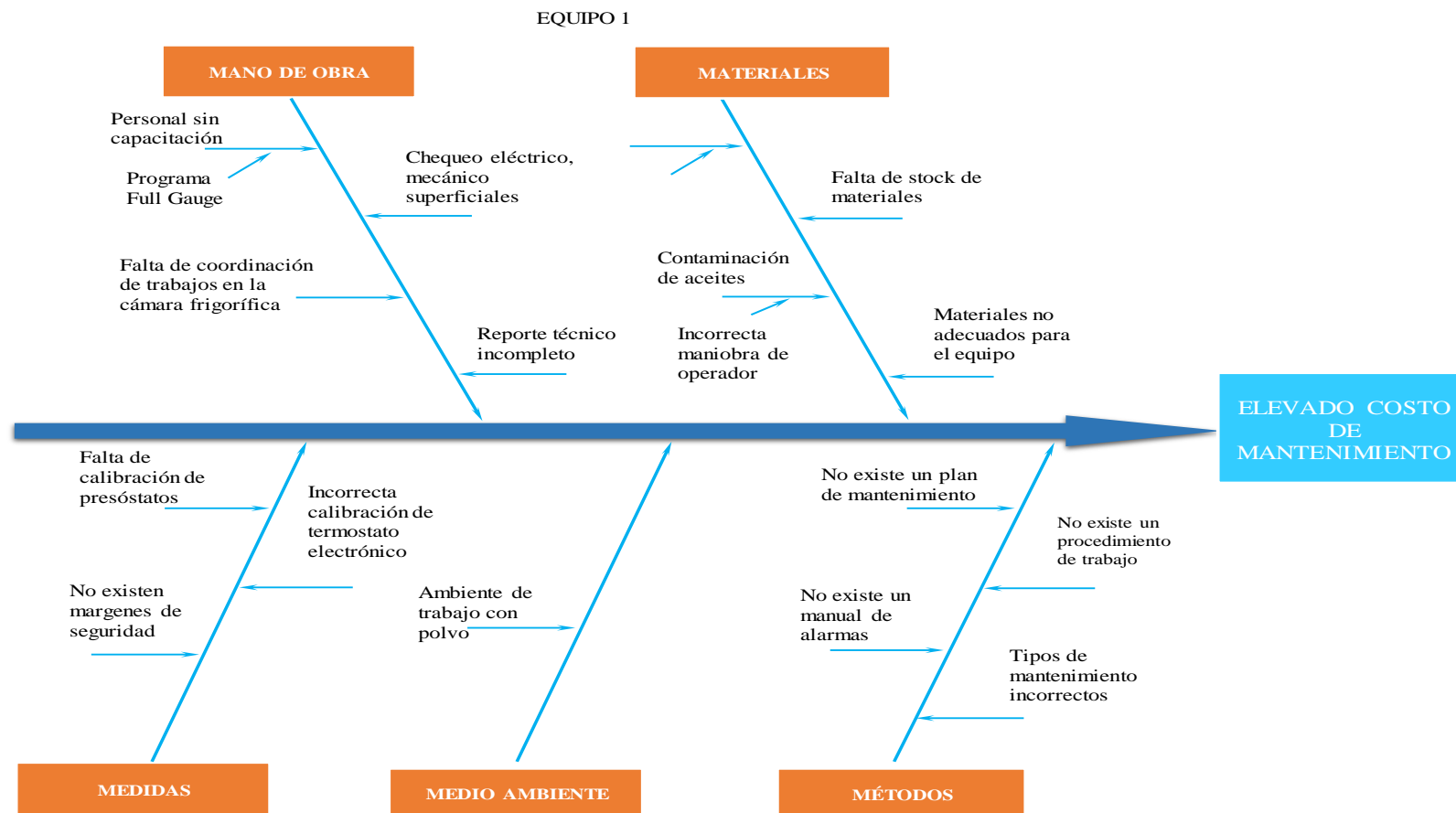
Medidas.- Los dispositivos de control que poseen los equipos de refrigeración deben estar calibrados correctamente como los presóstatos que sirven para el encendido y apagado del compresor, al estar descalibrados hacen que el compresor funcione con arranques continuos generando más costos.

Medio ambiente.- Con respecto al medio ambiente este equipo se encuentra trabajando en un lugar cerrado donde la temperatura de condensación de los equipos se concentra y no tiene mucha ventilación para disipar todo el calor extraído de la cámara frigorífica.

Métodos.- Para realizar los trabajos de mantenimiento no existe una planificación adecuada a seguir, cada mes se hace una visita de mantenimiento preventivo según un contrato firmado.

Los equipos de refrigeración no cuentan con un manual de operación, el Técnico eléctrico de Josarflor solo apaga el equipo desde el breaker cuando tiene problemas algún equipo.

No existe un manual de alarmas, cuando aparece alguna alarma en los equipos como cuando el protector térmico de los compresores se abre y apaga el compresor o cuando los presóstatos de alta, baja presión se abren y el equipo permanece apagado hasta que el personal de mantenimiento llegue.



**Figura 16 :** Análisis Ishikawa equipo 1.

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis Ishikawa Equipo N° 1**

El análisis de este equipo realizado mediante las 5M como se muestra en la fig. 16 da a conocer las causas del elevado costo de mantenimiento, a continuación se detalla cada una de ellas.

**Mano de obra.-** Una de las causas que generan el costo de mantenimiento es con respecto al personal que realiza los mantenimientos, no están capacitados correctamente, los trabajos los realizan de acuerdo a la experiencia adquirida o tal vez porque así lo hicieron anteriormente en algún otro equipo y les funcionó, no siempre las improvisaciones resultan y en muchos de los casos dejan abiertos ciertos problemas que desembocan en uno mayor y más costoso para Josarflor.

**Materiales.-** Los materiales que se utilizan no siempre son los adecuados para los equipos de refrigeración tanto en la parte operativa como en el diseño, dando lugar a que se hagan adaptaciones que afectan al diseño original del equipo.

En algunos casos los equipos deben permanecer inoperantes porque no cuentan con el stock necesario de materiales para los equipos, y se hace el cambio con materiales no adecuados para el equipo como por ejemplo válvulas solenoides de distinta forma y tamaño.

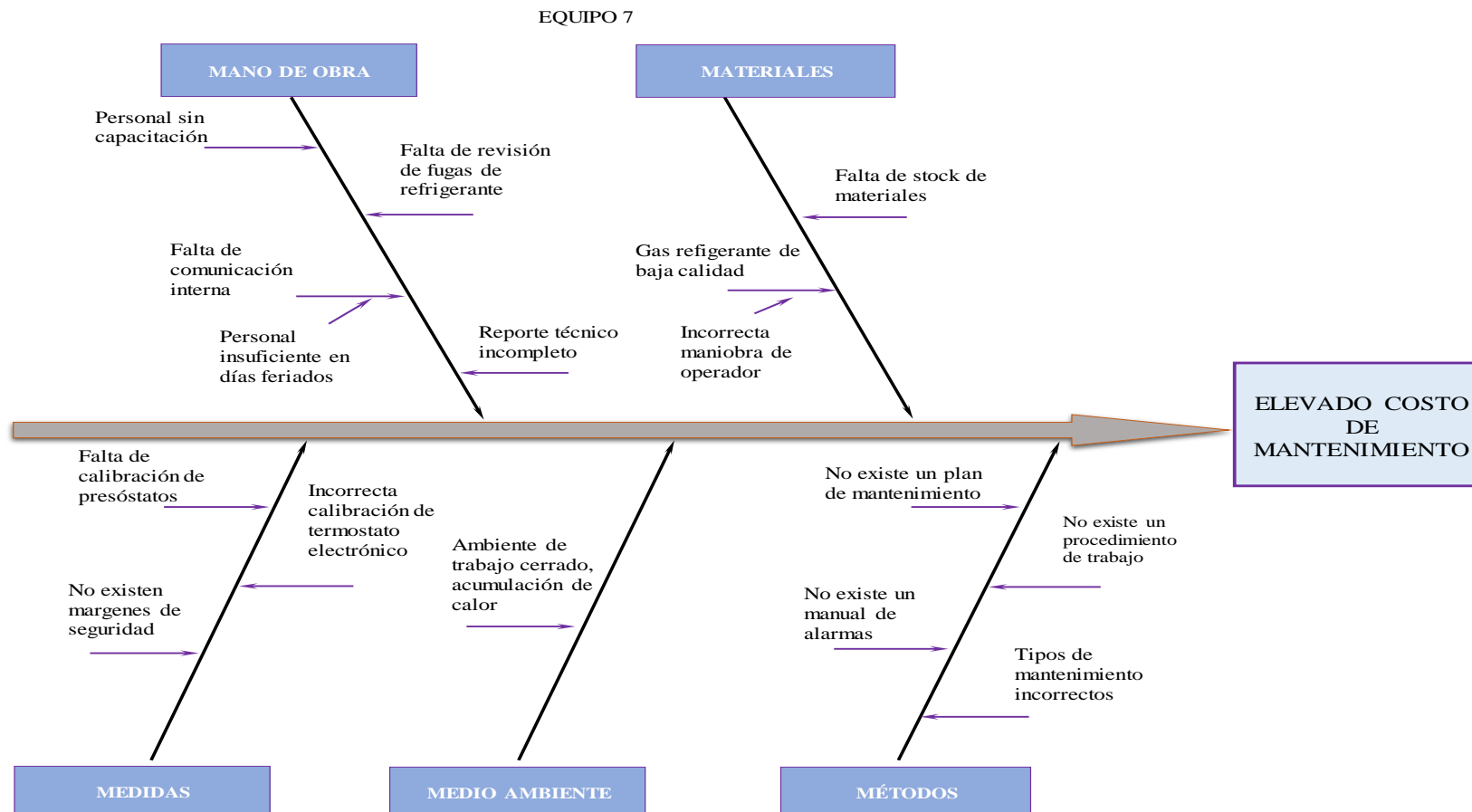
**Medidas.-** El termostato que controla la operación del compresor no está calibrado con márgenes de seguridad para evitar arranques innecesarios del compresor. Los presóstatos de alta y baja presión no están calibrados con márgenes de seguridad para proteger correctamente al compresor.

**Medio ambiente.-** Este equipo se encuentra operando al aire libre en un ambiente lleno de polvo

Métodos.- El tipo de mantenimiento para este equipo no es el adecuado porque solo se revisa visualmente su funcionamiento y no se toman medidas de presión, temperatura para tener conocimiento si se encuentran funcionando dentro de sus parámetros normales.

Cuando saltan las alarmas ya sea de presión, temperatura el Técnico de Josarflor no cuenta con un instructivo para resetear las mismas y restablecer el equipo.

Los mantenimientos se realizan mensualmente sin un plan que garantice el funcionamiento eficiente de los equipos de refrigeración.



**Figura 17 :** Análisis Ishikawa equipo 7.

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador

## **Análisis Ishikawa Equipo N° 7**

Según la fig. 17 en el diagrama se muestra las causas que generan el alto costo de mantenimiento, a continuación el análisis de las mismas.

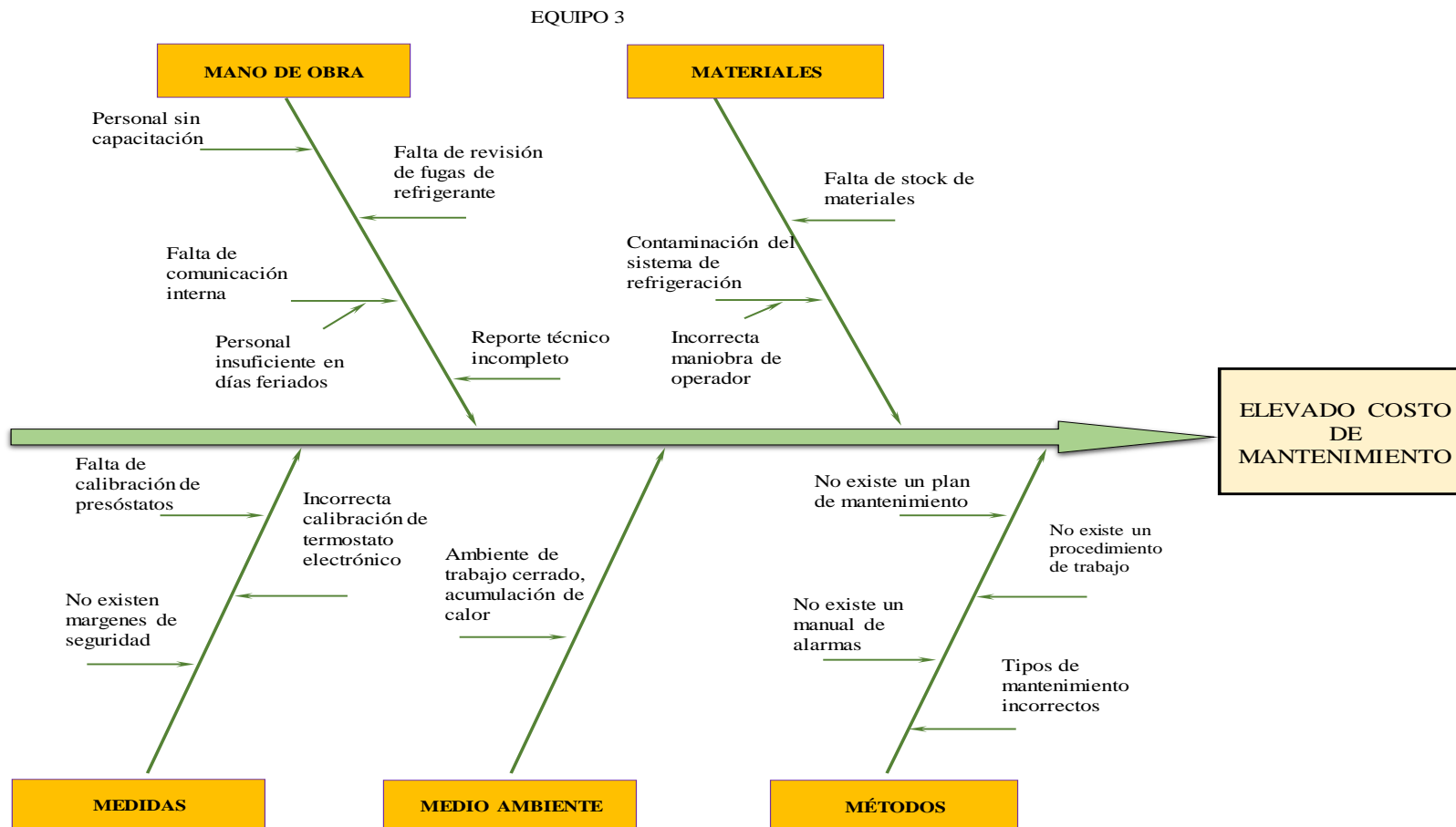
**Mano de obra.-** Dentro de los trabajos realizados a este equipo está la revisión de presiones de gas refrigerante y calibración realizado dos veces al año, sin embargo un sistema de refrigeración debe estar herméticamente sellado por lo que no sería necesario cargar continuamente el gas refrigerante a menos que haya una fuga de gas mínima que el personal que realiza el mantenimiento no detectó a tiempo.

**Materiales.-** En el momento que el personal que realiza el mantenimiento abre el sistema de refrigeración para cargar el gas refrigerante, no opera correctamente y deja ingresar aire al sistema lo que ocasiona un deterioro en el aceite del compresor por la humedad ingresada al sistema, además de mezclar un nuevo gas refrigerante de baja calidad con el antiguo dando lugar a un problema futuro en el compresor.

**Medidas.-** La falta de calibración del termostato electrónico hace que el compresor tenga arranques continuos sin necesidad. Los presóstatos de alta y baja presión no están calibrados correctamente haciendo que el compresor sufra en las paradas y arranques con alta presión ocasionando mayores costos en la planilla eléctrica.

**Medio ambiente.-** Este equipo se encuentra funcionando en un ambiente cerrado donde se acumula el calor disipado de los demás equipos posee poca ventilación dificultando así la correcta operación del compresor por su excesiva presión y temperatura a la cual se encuentra trabajando.

**Métodos.-** este equipo no cuenta con tareas definidas para el mantenimiento preventivo.



**Figura 18 :** Análisis Ishikawa equipo 3.

**Fuente:** Observación directa

**Elaborado por:** El Investigador



### **Análisis Ishikawa Equipo N° 3**

Como se muestra en la fig. 18 se realiza un análisis de las causas que generan el elevado costo de mantenimiento, a continuación se detallan las causas

**Mano de obra.-** Cuando un equipo se para el personal que realiza el mantenimiento no acude de inmediato a solucionar el problema, si coincide con los fines de semana o días feriados el equipo permanece apagado hasta que retomen las actividades. Dentro del reporte técnico emitido a Josarflor no existen datos o un historial que permita identificar la eficiencia del equipo, los datos que constan en las órdenes de trabajo son superficiales.

**Materiales.-** Los materiales utilizados para los trabajos no son adecuados para los equipos de Josarflor, son de baja calidad como el gas refrigerante que al ser mezclado con el antiguo ocasiona reacciones internas en el sistema afectando a largo plazo la vida útil del compresor.

**Medidas.-** La calibración de los elementos de control del sistema de refrigeración no son los adecuados, no mantienen márgenes de seguridad para la operación del compresor por lo que mantiene arranque innecesarios y con alta presión generando altos costos en las planillas eléctricas.

**Medio ambiente.-** Este equipo se encuentra funcionando en un lugar cerrado lo que dificulta la disipación de calor del condensador haciendo que el compresor trabaje en temperaturas y presiones de gas refrigerante altas lo cual va reduciendo la vida útil del compresor y generando más costos porque el compresor permanece más tiempo en operación.

**Métodos.-** Los mantenimientos realizados a estos equipos no son los correctos, se hace un lavado de los condensadores y evaporadores con detergentes dos veces al año y el resto del tiempo solo se hacen revisiones visuales.

## **Análisis de resultados de los diagramas Ishikawa**

Mediante los diagramas Ishikawa se pudo determinar las causas que generan el elevado costo de mantenimiento en los equipos N° 2, 9, 1, 7, 3 los cuales tienen los costos más altos de acuerdo al análisis de Pareto.

En la mayoría de los equipos se observa que tienen casi las mismas causas sin embargo se hizo el análisis de los cinco equipos porque existen mínimas diferencias entre ellos, como por ejemplo en el aspecto medio ambiente los equipos N° 9 y 7 tienen poca ventilación para la transferencia de calor en el condensador reduciendo así la eficiencia de estos equipos.

En el análisis por equipo se observó que en los equipos N° 2 y 9 se reemplazaron los compresores, con el análisis Ishikawa en el aspecto de materiales una de las causas es la baja calidad de los compresores mismos que en la toma de datos en el campo se observó que estos compresores son de origen Chino y de una marca sin trayectoria en el mercado Ecuatoriano.

Con respecto a la mano de obra en el análisis se observa que entre las posibles causas están la baja capacitación del personal para atacar los problemas de raíz limitándose solo a reemplazar el elemento averiado sin tener en cuenta que el equipo tiene todo un proceso en el que están inmersos elementos que funcionan en secuencia, con la avería se pudieron afectar y posiblemente presentaran fallos en el futuro.

En general el análisis Ishikawa ha permitido conocer las posibles causas en cada aspecto de las 5 M que originan los altos costos de mantenimiento, estas causas son importantes para continuar con el desarrollo de la presente investigación para diseñar un plan de mantenimiento que ataque estas causas y su origen para mantener los equipos operando eficientemente. El mantenimiento preventivo debe ser oportuno y eficaz para evitar reemplazar elementos del sistema de refrigeración que aún no han cumplido su ciclo de vida.

## Costos de operación

Son los gastos que Josarflor debe cubrir para mantener la flor refrigerada, la operación tiene otros costos a parte del mantenimiento, estos costos se denominan costos fijos que son los que se generan mensualmente.

**Tabla 20.** Costos fijos de operación mensual

COSTO FIJO MENSUAL DE OPERACIÓN		
MES	COSTOS FIJOS	
1	Mano de obra (5) operarios	\$ 2.723,19
	Energía eléctrica (9) equipos	\$ 2.810,00
	Iluminación cámara	\$ 54,38
	Servicios básicos	\$ 50,00
	Varios, (operarios)	\$ 400,00
	<b>TOTAL</b>	<b>\$ 6.037,57</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

En la tabla 20 se muestra los costos fijos que tiene la cámara frigorífica, este costo es un valor promedio de todos los meses ya que el número de operarios que trabaja en la operación varía según la producción y la necesidad de la planta, se han tomado en cuenta como costos fijos por que se generan mensualmente, el costo total es de \$ 6.037,57.

El costo de operación total está compuesto por la sumatoria de los costos mensuales de mantenimiento más los costos fijos que Josarflor debe pagar mensualmente como se muestra a continuación en la tabla 21.

**Tabla 21.** Costos de mantenimiento mensual

<b>COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>			
Mes	Preventivo	Correctivo	Total general
Enero	\$ 450,00		\$ 450,00
Febrero	\$ 450,00	\$ 165,30	\$ 615,30
Marzo	\$ 630,00		\$ 630,00
Mayo	\$ 515,00	\$ 570,00	\$ 1.085,00
Junio	\$ 450,00		\$ 450,00
Agosto	\$ 455,00	\$ 3.175,84	\$ 3.630,84
Septiembre	\$ 630,00		\$ 630,00
Octubre	\$ 660,00		\$ 660,00
Noviembre	\$ 630,00	\$ 402,08	\$ 1.032,08
Diciembre	\$ 450,00	\$ 3.530,97	\$ 3.980,97
<b>Total general</b>	<b>\$ 5.320,00</b>	<b>\$ 7.844,19</b>	<b>\$ 13.164,19</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

### **Verificación de hipótesis**

A continuación se procede a la verificación de la hipótesis, para lo cual se realiza un análisis mediante el método de los mínimos cuadrados y para la correlación se utiliza el método de Pearson para determinar la aproximación a la recta. Para realizar los cálculos se toman los valores de la tabla 22 que contiene el número de mantenimientos correctivos en el año 2017 como la variable (x) y los costos de operación como la variable (y).

## Correlación de variables

**Tabla 22.** Costos de mantenimiento y operación

<b>RESUMEN, NÚMERO DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS Y COSTOS DE OPERACIÓN</b>		
MES	NÚMERO DE MANTENIMIENTOS CORRECTIVOS (X)	COSTO OPERACIÓN (costo mant. + costo fijo) (Y)
Enero	<b>1,00</b>	\$ 6.487,57
Febrero	<b>2,00</b>	\$ 6.652,87
Marzo	<b>1,00</b>	\$ 6.667,57
Mayo	<b>9,00</b>	\$ 7.122,57
Junio	<b>1,00</b>	\$ 6.487,57
Agosto	<b>9,00</b>	\$ 9.668,41
Septiembre	<b>1,00</b>	\$ 6.667,57
Octubre	<b>1,00</b>	\$ 6.697,57
Noviembre	<b>1,00</b>	\$ 7.069,65
Diciembre	<b>2,00</b>	\$ 10.018,54
<b>TOTAL</b>	<b>28,00</b>	<b>\$ 73.539,89</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

Ecuación de Pearson:

$$S = (Y - Y_c)^2 \quad (3)$$

Se representa  $Y_c$  en una ecuación de la recta de primer grado

$$Y_c = a * x + b \quad (4)$$

Reemplazando la ecuación (2) en (1)

$$S = (Y - a * x - b)^2 \quad (5)$$

Utilizando el método de Pearson se deriva la ecuación (5) con respecto a los valores de **a** y **b**

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0 = -2 (Y - a * x - b) \quad (6)$$

$$\frac{\partial S}{\partial b} = 0 = -2 (Y - a * x - b) \quad (7)$$

Luego de resolver las ecuaciones (4) y (5) se obtiene:

$$a \quad x^2 + b \quad x = y * x \quad (8)$$

$$a \quad x + n * b = y \quad (9)$$

Donde el valor de  $n = 10$  es el número de datos

Resolviendo las ecuaciones mediante Microsoft Excel las ecuaciones 6, 7 se obtiene los valores de a y b como se muestra en la Tabla 23.

**Tabla 23.** Matriz para calcular los valores de a y b en Microsoft Excel.

a	b	I
176,00	28,0	224539,14
28,0	10	73539,9

<b>a</b>	176,00	28,00
	28,0	10
<b>ax</b>	224539,1	28,00
	73539,9	10,0
<b>ay</b>	176,00	224539,14
	28,0	73539,9

<b>a=</b>	190,855
<b>b=</b>	6819,595

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

**Tabla 24.** Correlación de las variables independiente y dependiente

**Pearson**

N	Meses	Número de mantenimientos correctivos	Costo total de operación	$X^2$	$X*Y$	$Y_c$	$(Y-Y_c)^2$	$(Y-Y_m)^2$
		X	Y					
1	ENE	1,00	6487,57	1,00	6487,57	7010,45	273403,49	750681,88
2	FEB	2,00	6652,87	4,00	13305,74	7201,31	300780,95	491567,85
3	MAR	1,00	6667,57	1,00	6667,57	7010,45	117566,69	471171,04
4	MAY	9,00	7122,57	81,00	64103,13	8537,29	2001432,68	53554,75
5	JUN	1,00	6487,57	1,00	6487,57	7010,45	273403,49	750681,88
6	AGO	9,00	9668,41	81,00	87015,69	8537,29	1279432,45	5356544,57
7	SEP	1,00	6667,57	1,00	6667,57	7010,45	117566,69	471171,04
8	OCT	1,00	6697,57	1,00	6697,57	7010,45	97893,89	430885,90
9	NOV	1,00	7069,65	1,00	7069,65	7010,45	3504,64	80848,67
10	DIC	2,00	10018,54	4,00	20037,08	7201,31	7936813,05	7099832,03
<b>Total datos</b>	<b>10</b>	Total	<b>28,00</b>	<b>176,00</b>	<b>224539,14</b>		<b>12401798,04</b>	<b>15956939,63</b>
			<b>Ym</b>	<b>7353,99</b>				

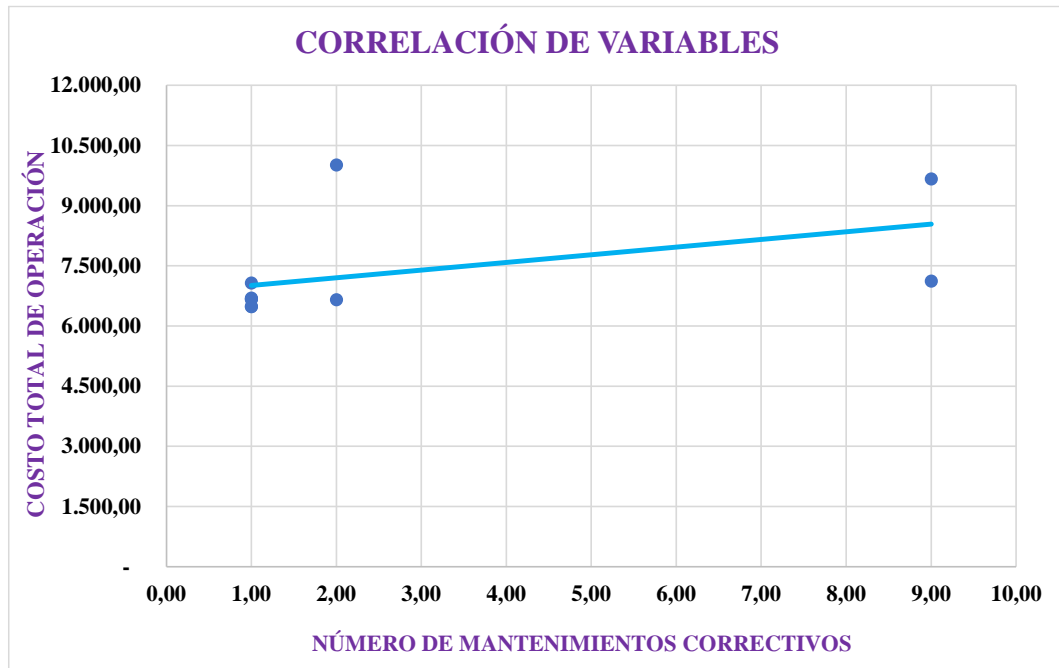
  

<b>R</b>	<b>0,472012663</b>
----------	--------------------

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

Según los cálculos realizados con el método de Pearson en Microsoft Excel como se muestra en la tabla 24, se obtiene el valor de  $R = 0,47$  este valor indica que la variable independiente y la variable dependiente tienen una correlación adecuada.



**Figura 19 :** Correlación de las variables.

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

En la figura 19 se muestra la correlación entre el costo total de operación y el número de mantenimientos correctivos obteniendo como resultado una recta que indica que, si aumenta el número de mantenimientos aumentan también los costos de operación, entonces la hipótesis es verdadera porque los mantenimientos inciden en los costos de operación.



## Conclusiones

Con el estudio realizado en los equipos de refrigeración de Josarflor se determina que durante el año 2017 se ejecutaron 72 mantenimientos preventivos y 28 mantenimientos correctivos siendo estos últimos los de menor número y mayor costo económico, el costo total anual del mantenimiento que Josarflor pagó es \$13.164,19. Mediante el análisis de Pareto se determina que los equipos N° 2, 9, 1, 7, 3 causan un elevado costo de mantenimiento, posteriormente se analiza con diagramas Ishikawa las posibles causas para que estos equipos generen un elevado costo de mantenimiento y aumente el costo de operación de Josarflor.

Con el análisis de las tablas de los mantenimientos se determina que los trabajos preventivos mensuales no están previniendo posibles fallos en los equipos no existe un estudio previo para justificar trabajos como el reemplazo de los compresores en los equipos n° 2 y 9 ni información sobre las causas de las averías, los técnicos que realizan el trabajo emiten información muy básica en las hojas de trabajo como la cantidad de repuestos utilizados y no permiten llevar un registro adecuado. Al no tener una idea clara de las posibles causas de las averías no se puede tomar medidas o acciones que permitan corregir el equipo con problemas ni los demás equipos que quizá estén funcionando con las mismas causas que generarán paros imprevistos en el futuro.

Josarflor pagó \$5.320,00 por trabajos de mantenimiento preventivo y \$7.844,19 por mantenimiento correctivo estos valores son adicionados a los costos fijos que la empresa genera para la operación con un valor mensual de \$6.037,57 dando como resultado final un costo de operación de \$73.539,89 en el año 2017.

Luego del estudio realizado se concluye que el mantenimiento actual no es el adecuado para los equipos de Josarflor, por lo que se propone diseñar un plan de mantenimiento acorde a los mismos con tareas de mantenimiento necesarias que reduzcan los mantenimientos correctivos y aumente la eficiencia de los equipos.

## **Recomendaciones**

Se recomienda desarrollar un plan de mantenimiento que reduzca los mantenimientos correctivos ya que estos en la mayoría de los casos requieren de reemplazo de componentes que encarecen los costos de mantenimiento.

Se recomienda llevar un registro adecuado de los trabajos realizados en los equipos de la cámara frigorífica, con datos y mediciones de los mismos como voltaje, amperaje, presión, temperatura, etc. Para poder detectar alguna anomalía en el funcionamiento o tomar alguna medida para mejorar la eficiencia.

Para mejorar la eficiencia de los equipos de refrigeración se debe realizar un mantenimiento preventivo en el que como su nombre lo indica prevenga cualquier problema que pueda presentarse a futuro en el sistema de refrigeración, disminuyendo así el número de mantenimientos correctivos que generan costos adicionales como paro del personal de producción, afectación en la calidad de la flor por variaciones amplias de temperatura.

Se recomienda diseñar un plan de mantenimiento que garantice el correcto funcionamiento de los equipos para mantener la refrigeración de la flor constante y de manera ininterrumpida, el plan debe estar acorde a los equipos de refrigeración de Josarflor ya que no todos los equipos son iguales y no se encuentran trabajando bajo las mismas condiciones, como es el caso de los equipos N° 6,7,8,9 que tienen los condensadores instalados en un corredor que no cuenta con suficiente ventilación para la transferencia de calor.

Se recomienda realizar calibraciones continuas en los equipos, esto permitirá disminuir arranques de los compresores y ventiladores del condensador ya que en el momento del arranque estos consumen energía eléctrica hasta cinco veces más que su valor nominal dependiendo del tipo de voltaje de trabajo.

## CAPÍTULO V

### PROPUESTA

#### Tema

“DISEÑO DE UN PLAN DE MANTENIMIENTO PARA LOS EQUIPOS DE REFRIGERACIÓN DE LA CÁMARA FRIGORÍFICA DE LA EMPRESA JOSARFLOR”

#### Datos informativos



**Figura 20 :** Ubicación geo referenciada de Josarflor

**Fuente:** Google maps

**Elaborado por:** El Investigador

**Ubicación:** JOSARFLOR, Panamericana Norte S/N, entrada a Molinos La Unión. Cayambe, Ecuador, fig. 20

### **Beneficiarios:**

**Directos.-** Como beneficiario directo de la propuesta planteada es la empresa florícola Josarflor, al aplicar el nuevo plan de mantenimiento a sus equipos tendrá mayor confiabilidad de que sus equipos estarán funcionando sin tener paros imprevistos que afecten a su producción, además obtendrá una reducción en los costos de operación.

**Indirectos.-** Los beneficiarios indirectos con la propuesta planteada son los estudiantes y sociedad en general porque el estudio realizado posee información con datos reales que servirán como fuente de consulta e investigación.

### **Antecedentes de la propuesta**

La empresa florícola Josarflor actualmente mantiene un contrato de mantenimiento con una empresa externa que realiza los trabajos en los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica, mismo que tiene un costo elevado que afecta al costo total de operación.

La cámara frigorífica debe permanecer con una temperatura interna de 2°C a 6°C para conservar la flor sin afectar su ciclo normal, para ello la cámara frigorífica debe mantener sus nueve equipos de refrigeración en funcionamiento, esto se logrará poniéndolos a punto para que trabajen eficientemente.

Para garantizar el funcionamiento de un equipo de refrigeración se debe calibrar todos los elementos del sistema para obtener un rendimiento eficiente del mismo, mediante una plan de trabajo se puede programar los trabajos necesarios en un determinado tiempo.

## **Objetivos**

### **General**

Diseñar un plan de mantenimiento para los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica de Josarflor.

### **Específicos**

Planificar los mantenimientos preventivos, correctivos de acuerdo a los requerimientos de los equipos de refrigeración de Josarflor.

Obtener un registro de datos de los trabajos de mantenimiento, realizados en cada equipo para llevar un control de los mismos

Diseñar un plan de mantenimiento con tareas específicas y necesarias acorde a los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica de Josarflor

Garantizar el correcto funcionamiento de los equipos de refrigeración dentro de sus parámetros de diseño, para evitar daños que generen aumentos en los costos de operación

## **Justificación de la propuesta**

La empresa Josarflor debe garantizar que sus rosas cumplan con los estándares de calidad para exportar hacia los mercados Americano y Europeo, esto se logra cumpliendo todos los procesos desde la siembra de la semilla hasta la etapa de corte en la cual se ve el fruto de todo el proceso de cultivo, posteriormente es llevada a la postcosecha en donde se debe reducir la temperatura que adquirió en el invernadero, la cual está entre 20 °C a 25 °C. En esta etapa empieza la carrera contra el tiempo para Josarflor porque la calidad y la vida útil de la flor dependerán en

gran medida de la rapidez con que se reduzca la temperatura de la flor y el tratamiento químico que se le realice antes de que aparezcan las enfermedades en la flor.

La temperatura de 2 °C es ideal para la refrigeración de la flor, la cámara frigorífica debe trabajar con todos sus equipos para satisfacer la demanda de frío y mantener la temperatura de trabajo de 2 °C a 4 °C, al fallar los equipos de refrigeración la cámara disminuye su potencia frigorífica y su temperatura varía afectando así la calidad de la flor que ya no estará apta para exportación, generándose así una pérdida económica para la compañía, para ello todos los equipos deberán estar funcionando eficientemente dentro de los parámetros de funcionamiento.

En la actualidad la empresa Josarflor no cuenta con datos históricos de los equipos, solo posee ordenes de trabajo en las que se detallan el trabajo que realizó el técnico y los elementos reemplazados, información muy básica que no permite llevar un registro para determinar las posibles causas para que un determinado motor o dispositivo haya fallado en su operación, además no se puede saber con exactitud la eficiencia o tiempo de duración del nuevo elemento o el tiempo de trabajo de los componentes del sistema de refrigeración que requieran ser reemplazados por cumplir su tiempo de servicio. Por esta razón la propuesta planteada será de mucho beneficio para la empresa, porque facilitará la obtención de datos que generen los equipos, mediante las hojas de reporte como se muestra en el anexo 1 se obtendrán datos técnicos de los componentes de cada equipo de refrigeración con el levantamiento de información se puede definir con exactitud el estado de funcionamiento de los mismos, además se empezará a construir los históricos de los equipos con datos de los elementos reemplazados de esta manera Josarflor mantendrá el control de sus equipos, el estado del mantenimiento, frecuencias de cambio de elementos defectuosos y costos que estos representen para no pagar por un servicio deficiente o trabajos innecesarios.

Actualmente Josarflor mantiene un contrato de mantenimiento realizado cada mes según los datos obtenidos en la etapa de investigación del presente estudio, estos valores no justifican los trabajos realizados y existen trabajos que son innecesarios, con la propuesta se plantea diseñar un mantenimiento basado en los requerimientos de los equipos de Josarflor, es decir se va atacar a las posibles causas que generan los altos costos de mantenimiento analizados con los Ishikawa de los equipos, de esta manera los costos de mantenimientos correctivos se reducirán y los mantenimientos preventivos tendrán tareas necesarias que garanticen la operatividad de los equipos de refrigeración, con la reducción de estos costos la empresa a su vez reducirá los costos de operación obteniendo así mayor rentabilidad.

## **Desarrollo de la propuesta**

### **Factibilidad**

La empresa florícola Josarflor ha brindado la apertura total de los documentos e información de los equipos de la cámara frigorífica, para el desarrollo de la presente investigación, así como también ha dado las facilidades necesarias para realizar visitas de campo, en donde se recopilaron datos, fotografías y mediciones de parámetros técnicos de los equipos. Esta información ha permitido realizar el procesamiento de datos acerca de los trabajos y costos de mantenimiento que fueron analizados en el capítulo IV.

### **Factibilidad organizacional**

La empresa Josarflor ha demostrado interés en cuanto al desarrollo y propuesta de la presente, porque requiere mantener sus equipos de refrigeración trabajando eficientemente para complementar todos sus procesos, desde el cultivo de la flor hasta el momento del embarque para la exportación.

Con la implementación de la propuesta planteada, Josarflor mantendrá trabajando sus equipos de refrigeración dentro de los parámetros normales de funcionamiento para garantizar un producto de calidad.

### Factibilidad económica

El plan de mantenimiento propuesto tiene la finalidad de reducir los costos económicos que ha venido pagando la empresa Josarflor por concepto de mantenimiento a sus equipos de refrigeración como se va a demostrar más adelante con el cálculo del TIR y VAN.

### Metodología

Cronograma de actividades.- Mediante la tabla 25 se describe el plan de trabajo a seguir para el desarrollo de la propuesta

**Tabla 25.** Cronograma de actividades.

N°	ACTIVIDADES	Nov. 2017	Dic. 2017	Ene. 2018	Feb. 2018	Mar. 2018							
		Semanas				Semanas				Semanas			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	Investigación bibliográfica	■											
2	Recolección de información		■										
3	Visitas de campo			■									
4	Toma de datos				■								
5	Análisis de resultados					■	■	■					
6	Planteamiento de la propuesta								■				
7	Presentación y aprobación de la propuesta									■			
8	Comparación de resultados finales										■	■	
9	Evaluación de impacto financiero											■	■

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

### Diagnóstico de la situación actual

Según la tabla 26 Josarflor pagó en el año 2017, por concepto de mantenimiento de la cámara frigorífica un valor total de \$13.164,19, como se puede observar los



costos de mantenimiento correctivo son mayores que los costos de mantenimiento preventivo.

**Tabla 26.** Resumen de los costos de mantenimiento 2017

<b>RESUMEN COSTOS DE MANTENIMIENTO</b>			
2017	Preventivo	Correctivo	Total general
Total general	\$ 5.320,00	\$ 7.844,19	<b>\$ 13.164,19</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

En la tabla 27 se presenta el resumen de los costos totales de operación del año 2017, el costo es \$ 73.593,89 este costo es la sumatoria del costo total de mantenimiento más los costos fijos de operación de refrigeración de la cámara frigorífica.

**Tabla 27.** Resumen de los costos totales de operación del año 2017

MES	COSTO DE MANTENIMIENTO	COSTO OPERACIÓN costo mant + costo fijo
TOTAL	\$ 13.164,19	<b>\$ 73.539,89</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

A continuación se detallan los equipos existentes, instalados en la cámara frigorífica para la refrigeración de la flor, existen dos tipos de equipos; Weber y Goedhart

### **Ficha técnica de los equipos**

La ficha técnica es un documento en el cual se detalla las características de un de un equipo, objeto, material o proceso. En la tabla 28 se muestra las características técnicas de los equipos N° 1, 2, 5, 6, 7, 8, 9 instalados para la cámara frigorífica.

**Tabla 28.** Ficha técnica equipo Weber

Especificaciones técnicas del equipo	
Marca	WEBER
Modelo	Wb1225
Potencia nominal	12 KW
Voltaje nominal	230 V.
Amperaje nominal	50 Amp
Compresor Copeland	10 HP.
Motor ventilador condensador	2 HP
Motor ventilador evaporador	4 HP
Gas refrigerante	R 22

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

En la tabla 29 se muestra los componentes mecánicos del sistema de refrigeración de cada equipo Weber de refrigeración

**Tabla 29.** Listado de los componentes mecánicos de un equipo Weber

COMPONENTES MECÁNICOS EQUIPO WEBER	
Compresor	1
Motor ventilador de condensador	2
Filtro deshidratador	1
Visor de líquido	1
Válvula solenoide	1
Tanque receptor de líquido	1
Motor ventilador de evaporador	2
Válvula termostática de expansión	1
Presostato de baja y alta presión	1

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

**Tabla 30.** Listado de los componentes del sistema eléctrico del equipo

<b>TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL WEBER</b>	
Gabinete metálico de 40*40*20 cm.	1
Termostato electrónico full gauge	1
Contactador de 50 Amp. 220 V	1
Relé térmico 40 – 60	1
Contactador de 32 Amp. 220V	1
Relé térmico 7 – 10	1
Breakermatic trifásico ( supervisor de voltaje)	1
Breaker 3 *60	1
Sitrad monitoreo	1

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

En la tabla 31 se muestran las especificaciones técnicas de los equipos N° 3,4

**Tabla 31.** Ficha técnica del equipo Goedhart

<b>ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL EQUIPO</b>	
Marca	GOEDHART
Modelo	FC38D
Potencia nominal	6 KW
Voltaje nominal	230 V.
Amperaje nominal	30
Compresor Bitzer	5 HP.
Motor ventilador condensador	1 HP
Motor ventilador evaporador	2 * 1.8 KW
Control de temperatura Full gauge	TC
Gas refrigerante	R 22

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

**Tabla 32.** Listado componentes del equipo Goedhart

<b>COMPONENTES MECÁNICOS EQUIPO GOEDHART</b>	
Compresor	1
Motor ventilador de condensador	2
Filtro deshidratador	1
Visor de líquido	1
Válvula solenoide	1
Tanque recibidor de líquido	1
Motor ventilador de evaporador	2
Válvula de expansión termostática	1
Eliminador de vibración	1

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

En la tabla 33 se muestra los elementos del tablero eléctrico de control

**Tabla 33.** Listado componentes eléctricos del equipo Goedhart

<b>TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL EQUIPO GOEDHART</b>	
Gabinete metálico de 40*40*20 cm.	1
Termostato electrónico full gauge	1
Contactador de 50 Amp. 220 V	1
Relé térmico 40 – 60	1
Contactador de 32 Amp. 220V	1
Relé térmico 7 – 10	1
Breakermatic trifásico ( supervisor de voltaje)	1
Breaker 3 *40	1
Sitrad monitoreo	1

**Fuente** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

## **Diseño del plan de mantenimiento**

Luego de haber realizado el análisis de las fallas de cada uno de los equipos de refrigeración en el capítulo IV, se puede observar que los costos más altos son los de mantenimiento correctivo a pesar de que se realiza mantenimiento preventivo mensual, también se encontró que existen tareas rutinarias innecesarias para los equipos y no se ataca a las posibles causas que generen fallos a futuro.

## **Diseño del mantenimiento RCM**

Los trabajos de mantenimiento no se pueden hacer de manera desordenada o arbitraria solo por cumplir un contrato de mantenimiento, existen equipos y maquinaria que requieren de trabajos de mantenimiento específicos con una frecuencia determinada, por esta razón se propone desarrollar un plan de mantenimiento basado en el RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) con el cual se va a definir; periodos, acciones y tipos de mantenimiento que se deben realizar en los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica para garantizar su funcionabilidad en base a la confiabilidad.

## **FMECA**

Para elaborar un plan de mantenimiento basado en la fiabilidad de los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica se parte de un FMECA (efectos del modo de fallo y análisis de criticidad), este análisis permitirá identificar los efectos del modo de fallo de cada equipo y la criticidad de los mismos.

El análisis se realiza a “nivel de equipo” para obtener información detallada acerca de los componentes del sistema de refrigeración como:

- Compresor hermético
- Evaporador
- Condensador
- Válvulas
- Cámara
- Tablero eléctrico de control

En la tabla 34 se realiza la descripción de cada uno de ellos, la función que tiene dentro del sistema de refrigeración, el compresor es el encargado de comprimir y bombear el gas refrigerante en el sistema.

Posteriormente se detalla el fallo funcional, es el estado en el que se encuentra el equipo o es la avería que la Ingeniera de post cosecha observa en la cámara cuando la temperatura no está dentro de los parámetros requeridos.

La descripción de los modos de fallo es el evento que causa el fallo funcional, es decir son las posibles causas que desembocan en el fallo funcional

Finalmente se describe si estos están ocultos o visibles para el operador, necesario para el análisis de la planificación de las tareas de mantenimiento.

**Tabla 34.** Análisis FMECA

Análisis FMECA (efectos del modo de fallos y análisis de criticidad), de los equipos de refrigeración						
Descripción función		Descripción fallo funcional		Descripción modo de fallo		Evidencia del fallo
1	<b>Compresor hermético.</b> Comprimir el gas refrigerante para ser llevado por toda la cañería del sistema de refrigeración pasando por los diferentes elementos del mismo	1a	No refrigera las flores en el interior de la cámara frigorífica, la temperatura interna sube fuera del rango de temperatura permisible	1a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	Visible
				1a2	Fallo en los contactores	Visible
				1a3	Fallo en el termostato digital	Visible
				1a4	Fallo en los presóstatos	Oculto
				1a5	Fallo en el breaker de fuerza	Visible
				1a6	Fallo en el supervisor de voltaje	Visible
				1a7	Fallo en el voltaje de alimentación	Visible
				1a8	Fallo en los cables de alimentación	Visible
				1a9	Fallo en la lubricación del compresor hermético	Visible Oculto
				1a10	Fallo en los filtros	Oculto

**Tabla 34.** Continuación

Análisis FMECA (efectos del modo de fallos y análisis de criticidad), de los equipos de refrigeración						
Descripción función		Descripción fallo funcional		Descripción modo de fallo		Evidencia del fallo
2	<b>Evaporador.</b> Evapora el gas refrigerante expandido por la válvula de expansión	2a	Evaporador congelado, la temperatura interna de la cámara no baja, al contrario empieza a subir	2a1	Fallo en el serpentín, aparición de escarcha	Visible
				2a2	Fallo en los motores ventiladores	Visible
				2a3	Fallo en las cañerías	Visible
				2a4	Fallo en la suelda de las cañerías	Visible
				2a5	Fallo en la bandeja de drenaje	Visible
				2a6	Fallo en la transferencia de calor	Visible
		2b	Evaporador con ruido	2b1	Fallo en la carcasa y anclaje	Visible



**Tabla 34.** Continuación

Análisis FMECA (efectos del modo de fallos y análisis de criticidad), de los equipos de refrigeración						
Descripción función		Descripción fallo funcional		Descripción modo de fallo		Evidencia del fallo
3	<b>Condensador.</b> Recibe el refrigerante comprimido a alta temperatura para condensarlo en su serpentín, mediante aire forzado transfiere el calor al ambiente por medio de motores ventiladores	3a	Equipo apagado, sube la temperatura interna de la cámara frigorífica	3a1	Fallo en el breaker del compresor	Visible
				3a2	Fallo en las cañerías	Visible
				3a3	Fallo en la suelda de las cañerías	Visible
				3a4	Fallo en los motores ventiladores	Visible
				3a5	Fallo en la disipación de calor	Visible
				3a6	Fallo en la alimentación eléctrica	Visible
				3a7	Fallo en la transferencia de temperatura	Visible
		3b	Condensador escarchado	3b1	Fallo en las presiones de gas refrigerante	Visible

**Tabla 34.** Continuación

Análisis FMECA (efectos del modo de fallos y análisis de criticidad), de los equipos de refrigeración						
Descripción función		Descripción fallo funcional		Descripción modo de fallo		Evidencia del fallo
4	<b>Válvula expansión.</b> Expande el líquido refrigerante antes de ingresar al evaporador	4a	Reducción del frío en la cámara	4a1	Fallo en las cañerías de la válvula	Visible
				4a2	Fallo en el cuerpo de la válvula	Oculto
				4a3	Fallo en el ecualizador	Oculto
	<b>Válvula Solenoide.</b> Permite el cierre y apertura del gas refrigerante para el encendido y apagado del equipo	4b	El compresor tiene arranques continuos	4b1	Fallo en las cañerías de la válvula	Visible
				4b2	Fallo en el cuerpo de la válvula	Oculto
				4b3	Fallo en la bobina de la válvula	Visible
				4b4	Fallo en la alimentación eléctrica	Visible

**Tabla 34.** Continuación

Análisis FMECA (efectos del modo de fallos y análisis de criticidad), de los equipos de refrigeración						
Descripción función		Descripción fallo funcional		Descripción modo de fallo		Evidencia del fallo
5	<b>Cámara.</b> Cuarto aislado con paneles de poliuretano	5a	Temperatura de la cámara fuera del rango de trabajo	5a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	Visible
				5a2	Fallo en las puertas de la cámara	Visible
				5a3	Fallo en las cortinas de la cámara	Visible
6	<b>Tablero eléctrico de control.</b> Gabinete metálico en el que van instalados los elementos eléctricos para controlar la cámara frigorífica	6a	Elementos averiados como contactores, breaker, protector de voltaje, control de temperatura electrónico	6a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	Visible
				6a2	Fallo en la alimentación eléctrica	Visible
				6a3	Fallo en el termostato electrónico	Visible

**Fuente:** El Investigador

**Elaborado por:** El Investigador

## **Causa de los fallos de los equipos**

A continuación se realiza el análisis de la avería que genera el modo de fallo y las causas probables que los generan como se muestra en la Tabla 35

El análisis se realiza con cada equipo que conforman el sistema de refrigeración como:

- Compresor hermético
- Evaporador
- Condensador
- Válvulas
- Cámara
- Tablero eléctrico de control

En la tabla 35 se detallan las causas probables de cada avería con respecto al análisis del compresor cabe aclarar que los compresores utilizados en Josarflor son de tipo hermético y no todos cuentan con visor de aceite en el cárter.

**Tabla 35.** Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración

Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración					
COMPRESOR HERMÉTICO					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
1a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	1	El compresor no arranca	1a	Falta de alimentación eléctrica al compresor
				1b	Voltaje de alimentación alto o bajo
				1c	Sobrecarga al compresor
				1d	Ausencia de una fase en el voltaje de alimentación
				1e	Bobinado del motor en cortocircuito
				1f	Bobinado con contacto a masa
				1g	Presóstato de alta presión abierto
		2	Compresor en funcionamiento, temperatura alta en la cámara frigorífica	1h	Presóstato de baja presión abierto
				1i	Contactador averiado
				2a	Fuga de gas refrigerante
				2b	Termostato descalibrado
				2c	Sobrecarga de producto en la cámara
				2d	Puertas de la cámara abiertas

**Tabla 35.** Continuación

Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración					
COMPRESOR HERMÉTICO					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
1a2	Fallo en los contactores	3	Terminales recalentados	3a	Tornillos de conexión flojos
1a3	Fallo en el termostato digital	4	Salida para compresor abierta	4a	salida del termostato para el compresor averiada
1a4	Fallo en los presóstatos	5	Presostatos contacto abierto	5a	Baja o alta presión de gas refrigerante
1a5	Fallo en el breaker de fuerza	6	Breaker terminales quemados	6a	Tornillos de conexión flojos
1a6	Fallo en el supervisor de voltaje	7	Supervisor de voltaje en espera	7a	Alto o bajo voltaje
1a7	Fallo en el voltaje de alimentación	8	Voltaje incorrecto	8a	Ausencia de fases
1a8	Fallo en los cables de alimentación	9	Cables recalentados	9a	Sobrecarga
1a9	Fallo en la lubricación del compresor hermético	10	Fuga de aceite	10a	Fisuras en la cañería
1a10	Fallo en los filtros	11	Variación de presiones	11a	Filtros saturados

**Tabla 35.** Continuación

Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración					
EVAPORADOR					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
2a1	Fallo en el serpentín, aparición de escarcha	12	Motores ventiladores no arrancan	12a	Falta de alimentación eléctrica a los motores ventiladores
2a2	Fallo en los motores ventiladores			12b	Voltaje de alimentación alto o bajo
				12c	Ausencia de una fase en el voltaje de alimentación
				12d	Bobinado del motor en cortocircuito
				12e	Bobinado con contacto a masa
				12f	Aspas de ventilador rotas
		12g	Contactor dañado		
2a3	Fallo en las cañerías	13	Aparición de hielo	13a	Serpentín sucio
2a4	Fallo en la suelda de las cañerías			13b	Presóstato de baja presión disparado
				13c	Baja o alta carga de gas refrigerante
2a5	Fallo en la bandeja de drenaje			13d	Exceso de humedad en la cámara frigorífica
				13e	Sobrecarga de producto en la cámara
				13f	Válvula de expansión

**Tabla 35.** Continuación

<b>Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración</b>					
<b>EVAPORADOR</b>					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
2a6	Fallo en la transferencia de calor	14	Evaporador bloqueado	14a	Evaporador bloqueado con cajas de cartón
2b1	Fallo en la carcasa y anclaje			14b	Tornillos flojos, tapas del equipo flojas
<b>CONDENSADOR</b>					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
3a1	Fallo en el breaker del compresor	15	Breaker en corto circuito	15a	Compresor o motores del condensador en corto circuito
3a2	Fallo en las cañerías	16	Fuga de gas refrigerante	16a	Vibración anormal de cañerías
3a3	Fallo en la suelda de las cañerías			16b	Esfuerzo anormal de cañería
3a4	Fallo en los motores ventiladores	17	Motores fuera de servicio	17a	Motores en corto circuito
				17b	Protección térmica del compresor abierta
				17c	Protección térmica del condensador abierta



**Tabla 35.** Continuación

<b>Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración</b>					
<b>CONDENSADOR</b>					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
3a5	Fallo en la disipación de calor	18	Temperatura alta en el condensador	18a	Condensador bloqueado con cartones
3a6	Fallo en la alimentación eléctrica	19	Motores fuera de servicio	19a	Motor en corto circuito
3a7	Fallo en la transferencia de temperatura	20	Presión de alta elevada	20a	Presostato de alta disparado
3b1	Fallo en las presiones de gas refrigerante			20b	Ambiente cerrado sin ventilación
				20c	Serpentín lleno de polvo
				20d	
<b>VÁLVULAS</b>					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
4a1	Fallo en las cañerías de la válvula de expansión	21	El compresor no arranca	21a	Válvula de expansión taponada
4a2	Fallo en el cuerpo de la válvula de expansión	22	Válvula congelada	21b	Baja presión de refrigerante
				22a	Válvula de expansión con fuga de refrigerante
4a3	Fallo en el ecualizador			22b	Válvula de expansión congelada
				22c	Cañería de ecualizador rota

**Tabla 35.** Continuación

<b>Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración</b>					
<b>VÁLVULAS</b>					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
4b1	Fallo en las cañerías de la válvula solenoide	23	El compresor no arranca	23a	Cañerías obstruidas
4b2	Fallo en el cuerpo de la válvula solenoide			23b	Fuelle interno averiado, posición cerrada
4b3	Fallo en la bobina de la válvula solenoide			23c	Bobina quemada
4b4	Fallo en la alimentación eléctrica	24	Breaker del compresor disparado	24a	Breaker en cortocircuito
<b>CÁMARA</b>					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
5a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	25	Aumento de temperatura	25a	Tiempo excesivo de apertura de puertas
				25b	Tiempo excesivo de paro de la cámara ( paneles calientes)
				25c	Paneles con golpes, rotos

**Tabla 35.** Continuación

Análisis causa de los fallos en los equipos de refrigeración					
CÁMARA					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
5a2	Fallo en las puertas de la cámara	26	Puertas con desgaste	26a	Empaques de la puerta con desgaste
5a3	Fallo en las cortinas eléctricas de la cámara			26b	Puertas con golpes
				26c	Puertas descentradas
				26d	Cortinas eléctricas averiadas
TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL					
Modo de fallo		Avería		Causa probable	
6a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara	27	Equipo apagado	27a	Breaker averiado
6a2	Fallo en la alimentación eléctrica			27b	Supervisor de voltaje averiado
				27c	Contactores averiados
6a3	Fallo en el termostato electrónico	28	Termostato Full gauge fuera de servicio	28a	Termostato en cortocircuito

**Fuente:** El Investigador

**Elaborado por:** El Investigador

## **Efectos sobre el sistema de refrigeración**

Luego de haber enumerado las averías en; compresor hermético, evaporador, condensador, válvulas, cámara y tablero eléctrico de control, se puede observar cómo estas averías pueden dar paso a la aparición de los modos de fallo.

Como se observa en la tabla 36 se realiza un análisis sobre los efectos que producen los modos de fallo en el sistema de refrigeración, cada uno de estos generan alteraciones en los elementos del sistema de refrigeración.

Los efectos sobre la cámara frigorífica y los costos de operación son causados por los modos de fallo, con respecto a los costos estos se ven afectados directamente y aumentan cuando los motores tienen problemas en el arranque.

La severidad de los modos de fallo están clasificados de acuerdo al aspecto económico es decir, si ocurriera el modo de fallo la empresa tendría pérdidas económicas según la clasificación mostrada en la tabla 37.

**Tabla 36.** Efectos sobre el sistema de refrigeración

<b>EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>				
<b>Modo de fallo</b>		<b>Efecto sobre el sistema de refrigeración</b>	<b>Efecto sobre la cámara frigorífica y costo de operación</b>	<b>Severidad</b>
1a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	El equipo no alcanza los parámetros de temperatura de 2° C a 4 °C.	La temperatura de la cámara es afectada por que sobrepasa los 4 °C requeridos para mantener la flor.	Catastrófico
1a2	Fallo contactores	No enciende el compresor y motores ventiladores.		Catastrófico
1a3	Fallo termostato digital	El equipo se apaga.		Catastrófico
1a4	Fallo de presóstatos	Funcionamiento del compresor intermitente.	Aumento del costo de energía eléctrica por los arranques continuos de los motores.	Crítico
1a5	Fallo en el breaker de fuerza	El equipo se apaga.		Crítico
1a6	Fallo en el supervisor de voltaje	Valores de voltaje fuera de rango		Crítico

**Tabla 36.** Continuación

<b>EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>				
<b>Modo de fallo</b>		<b>Efecto sobre el sistema de refrigeración</b>	<b>Efecto sobre la cámara frigorífica y costo de operación</b>	<b>Severidad</b>
1a7	Fallo en el voltaje de alimentación	El equipo se apaga	La cámara sale de servicio, la temperatura de las flores aumenta.	Crítico
1a8	Fallo en los cables de alimentación			
1a9	Fallo en la lubricación del compresor hermético			
1a10	Fallo en los filtros			
2a1	Fallo en el serpentín, aparición de escarcha	La presión de baja sufre un descenso, retorna líquido al compresor.	Retorno de líquido hacia las válvulas, pistones del compresor, daño mecánico, paro del equipo. Reparación del compresor	Crítico
2a2	Fallo en los motores ventiladores	Congelación del evaporador		Crítico

**Tabla 36.** Continuación

<b>EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>				
<b>Modo de fallo</b>		<b>Efecto sobre el sistema de refrigeración</b>	<b>Efecto sobre la cámara frigorífica y costo de operación</b>	<b>Severidad</b>
2a3	Fallo en las cañerías	Cambio de presiones.	El agua cae sobre la flor, la misma que es dada de baja por la afectación en sus pétalos y posterior presentación	Crítico
2a4	Fallo en las suelda de las cañerías	Fuga de gas refrigerante, cambia parámetros de presión.		Crítico
2a5	Fallo en la bandeja de drenaje	Congelación del agua de descongelamiento en la bandeja.		Crítico
2a6	Fallo en la transferencia de calor	Refrigerante no se evapora correctamente.		Crítico
2b1	Fallo en la carcasa y anclaje			Crítico
3a1	Fallo en el breaker del compresor	Equipo apagado.		Reducción de la eficiencia de la cámara
3a2	Fallo en las cañerías	Fuga de gas refrigerante, cambia parámetros de presiones.	Crítico	

**Tabla 36.** Continuación

EFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN			
Modo de fallo	Efecto sobre el sistema de refrigeración	Efecto sobre la cámara frigorífica y costo de operación	Severidad
3a3	Fallo en la suelda de las cañerías	La temperatura de la cámara es afectada por que sobrepasa los 4 °C requeridos para mantener la flor.	Crítico
3a4	Fallo en los motores ventiladores		Crítico
3a5	Fallo en la disipación de calor		Crítico
3a6	Fallo en la alimentación eléctrica		Crítico
3a7	Fallo en la transferencia de temperatura		Crítico
3b1	Fallo en las presiones de gas refrigerante		Crítico
4a1	Fallo en las cañerías de la válvula		Crítico



**Tabla 36.** Continuación

<b>EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>				
<b>Modo de fallo</b>		<b>Efecto sobre el sistema de refrigeración</b>	<b>Efecto sobre la cámara frigorífica y costo de operación</b>	<b>Severidad</b>
4a2	Fallo en el cuerpo de la válvula	Cambio de presiones de gas refrigerante.		Crítico
4a3	Fallo en el ecualizador	El compresor no se apaga en ningún momento y empieza a retornar demasiado líquido al mismo.	Reducción en la eficiencia de la cámara, la temperatura interna sobrepasa el límite requerido de 2 °C a 4 °C dando lugar a la aparición de la Botritis en la flor	Crítico
4b1	Fallo en las cañerías de la válvula	Reducción o aumento en la presión de succión.		Crítico
4b2	Fallo en el cuerpo de la válvula			Crítico
4b3	Fallo en la bobina de la válvula	El compresor se apaga		Catastrófico
4b4	Fallo en la alimentación eléctrica			Crítico

**Tabla 36.** Continuación

<b>EFFECTOS SOBRE EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN</b>				
<b>Modo de fallo</b>		<b>Efecto sobre el sistema de refrigeración</b>	<b>Efecto sobre la cámara frigorífica y costo de operación</b>	<b>Severidad</b>
5a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	Cambio en las presiones de gas refrigerante		Crítico
5a2	Fallo en las puertas de la cámara			Crítico
5a3	Fallo en las cortinas de la cámara	Congelación de evaporadores		Crítico
6a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica		Incremento en la temperatura de la cámara superior al rango de trabajo 2°C a 4 °C	Crítico
6a2	Fallo en la alimentación eléctrica	Cámara fuera de servicio		Catastrófico
6a3	Fallo en el termostato electrónico			Catastrófico

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

## Procedimiento de obtención del riesgo

Después de analizar los efectos que generan los modos de fallo en el sistema de refrigeración y cámara frigorífica, se analiza la severidad de cada uno como se muestra en la tabla 37.

Para obtener la severidad de los modos de fallo, se calcula la probabilidad de que ocurra el fallo, para posteriormente definir el riesgo según la matriz de criticidad, existe un código de colores que indican; rojo (alto), amarillo (medio), bajo (verde).

**Tabla 37.** Matriz de criticidad

Severidad	FRECUENCIA ( PF : probabilidad de fallo )				
	(A) FRECUENTE $PF > 10^{-1}$	(B) PROBABLE $10^{-2} < PF \leq 10^{-1}$	(C) OCASIONAL $10^{-3} < PF \leq 10^{-2}$	(D) REMOTO $10^{-4} < PF \leq 10^{-3}$	(E) IMPROBABLE $PF < 10^{-4}$
CATASTRÓFICO (I) Daños valorados > 50.000 dólares					
CRÍTICO (II) Daños valorados $\leq 50.000$ dólares					
MARGINAL (I) Daños valorados $\leq 6.000$ dólares					
DESPRECIABLE (I) Daños valorados $\leq 2.000$ dólares					

**Fuente:** Ministerio de trabajo y asuntos sociales España.

**Elaborado por:** El Investigador

Como se muestra en la tabla 37 la severidad se divide en cuatro niveles según los criterios de Josarflor, esta clasificación tiene sus niveles según la pérdida económica que podría generar en el caso que la cámara frigorífica salga de operación con la flor en su interior o se mantenga funcionando fuera de los rangos de temperatura definidos.

Catastrófico.- Es considerado cuando los daños económicos son superiores a cincuenta mil dólares.

Crítico.- Es considerado cuando los daños económicos son menor o igual a cincuenta mil dólares.

Marginal.- Es considerado cuando los daños económicos son menor o igual a seis mil dólares.

Despreciable.- Es considerado cuando los daños económicos son menor o igual a dos mil dólares.

### **Probabilidad de fallo**

Las probabilidades de fallo se dividen en cinco niveles, cada nivel cuenta con un intervalo de posibilidad de fallo ( $\lambda(t)$ ):

- Frecuente:  $1 \cdot 10^{-1} \leq \lambda(t) \leq 1$ .
- Ocasional:  $1 \cdot 10^{-3} \leq \lambda(t) \leq 1 \cdot 10^{-2}$ .
- Probable:  $1 \cdot 10^{-2} \leq \lambda(t) \leq 1 \cdot 10^{-1}$ .
- Improbable:  $0 \leq \lambda(t) \leq 1 \cdot 10^{-6}$ .
- Remoto:  $1 \cdot 10^{-6} \leq \lambda(t) \leq 1 \cdot 10^{-3}$ .

Luego de conocer la severidad y la probabilidad de ocurrencia se calcular el riesgo mediante la matriz de criticidad, según la distribución de Weibull.

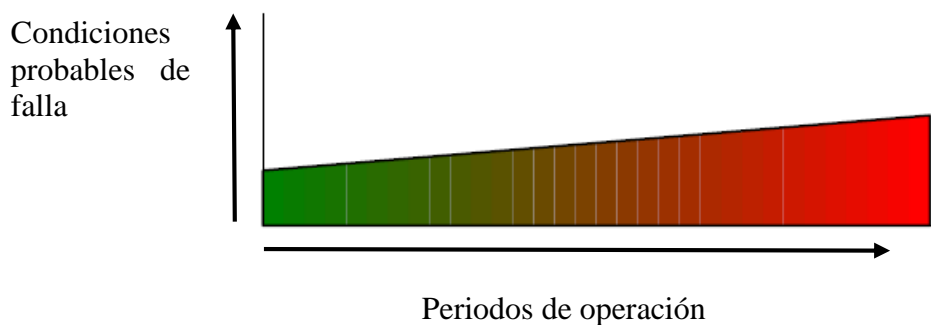
$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left[ \frac{(t-y)}{\eta} \right]^{\beta-1} \quad (10)$$

Donde:

- $\lambda(t)$  = Tasa instantánea de fallos.

- $T$  = Intervalo de tiempo en el cual se desea conocer la fiabilidad del equipo, partiendo de un periodo del instante  $t=0$ .
- $y$  = Parámetro de origen.
- $\beta$  = Parámetro de forma que, según la distribución de Weibull, relaciona el periodo de tiempo en el que se encuentra operando el equipo y el comportamiento del mismo ante la probabilidad de ocurrencia de fallos.
- $\eta$  = Parámetro de escala.

Para los cálculos de la tasa instantánea de fallos a cada equipo se le asigna un valor  $\beta$  de la distribución de Weibull. Como se muestra en la fig. 21 el patrón de fallo según Weibull  $\beta = 2$  por que el compresor es un equipo rotativo y tiene la probabilidad de fallo creciente.



**Figura 21** : Tasa de fallo lineal creciente.

**Fuente:** Ministerio de trabajo y asuntos sociales España

**Elaborado por:** El Investigador

### **Cálculo del tiempo medio entre fallas (MTBF)**

Según el Instituto nacional de seguridad e higiene en el trabajo del Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España, relaciona el  $\beta$  como la división entre el MTBF y  $\eta$ , la misma que se muestra en la tabla 38 utilizados para realizar los cálculos de la Tasa instantánea de fallos, severidad y riesgo de los equipos

**Tabla 38.** Fórmulas para el cálculo del MTBF

Tipo equipo	$\frac{MTBF}{\eta}$	Fórmulas para calcular $\lambda$
Equipos dinámicos $\beta = 2$	0.8862	$\lambda(t) = \frac{1.5707}{MTBF^2}$
Equipos estáticos $\beta = 3.5$	0.8998	$\lambda(t) = \frac{3.1493}{MTBF^2} \cdot \left(\frac{t - 0.8998}{MTBF}\right)^{2.5}$

**Fuente:** Observación directa.

**Elaborado por:** El Investigador

**Tabla 39.** Cálculo del MTBF

CÁLCULO DEL MTBF				
		$\lambda(t) = 2$	$\lambda(t) = 3,5$	
Nº Fallos	MTBF 12 meses / # fallos = horas funcionamiento	$1,5707/MTBF^2$		$*10^{-5}$
6	1440	7,60513E-05		
2	4320		4,56442E-07	4,56442E-05
2	4320		4,56442E-07	4,56442E-05
2	4320		4,56442E-07	4,56442E-05
6	1440		2,13457E-05	
2	4320		4,56442E-07	4,56442E-05
5	1728		1,12765E-05	
5	1728	5,28134E-05		
2	4320		4,56442E-07	4,56442E-05
2	4320		4,56442E-07	
4	2160		5,16406E-06	5,16406E-05
6	1440		2,13457E-05	
2	4320		4,56442E-07	4,56442E-05
6	1440	7,60513E-05		
4	2160		5,16406E-06	
2	4320		4,56442E-07	
2	4320		4,56442E-07	
2	4320		4,56442E-07	
1	8640		4,03442E-08	4,03442E-05
2	4320		4,56442E-07	
6	1440		2,13457E-05	
6	1440		2,13457E-05	

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

**Tabla 40.** Análisis, severidad, riesgo, tasa instantánea de fallos.

Modo de fallo		Nº fallos	Severidad	MTBF (h)	$\lambda(t)$ ( $10^{-5}$ )	Riesgo	$\beta$
1a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	6	Catastrófico	1440	7,60513	Alto	2
1a2	Fallo contactores	2	Catastrófico	4320	4,5644	Alto	3.5
1a3	Fallo termostato digital	2	Catastrófico	4320	4,5644	Alto	3.5
1a4	Fallo de presóstatos	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
1a5	Fallo en el breaker de fuerza	6	Crítico	1440	2,1345	Medio	3.5
1a6	Fallo en el supervisor de voltaje	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
1a7	Fallo en el voltaje de alimentación	4	Crítico	2160	5,1640	Medio	3.5
1a8	Fallo en los cables de alimentación	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5
1a9	Fallo en la lubricación del compresor hermético	2	Catastrófico	4320	4,5644	Alto	3.5
1a10	Fallo en los filtros	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
2a1	Fallo en el serpentín, aparición de escarcha	5	Crítico	1728	1,1276	Medio	3.5
2a2	Fallo en los motores ventiladores	5	Crítico	1728	5,2813	Medio	2
2a3	Fallo en las cañerías	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
2a4	Fallo en las suelda de las cañerías	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5

**Tabla 40.** Continuación

Modo de fallo		Nº fallos	Severidad	MTBF (h)	$\lambda(t)$ ( $10^{-5}$ )	Riesgo	$\beta$
2a5	Fallo en la bandeja de drenaje	4	Crítico	2160	5,1640	Medio	3.5
2a6	Fallo en la transferencia de calor	4	Crítico	2160	5,1640	Medio	3.5
2b1	Fallo en la carcasa y anclaje	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
3a1	Fallo en el breaker del compresor	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5
3a2	Fallo en las cañerías	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
3a3	Fallo en la suelda de las cañerías	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
3a4	Fallo en los motores ventiladores	6	Crítico	1440	7,6051	Medio	2
3a5	Fallo en la disipación de calor	4	Crítico	2160	5,1640	Medio	3.5
3a6	Fallo en la alimentación eléctrica	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5
3a7	Fallo en la transferencia de temperatura	4	Crítico	2160	5,1640	Medio	3.5
3b1	Fallo en las presiones de gas refrigerante	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5
4a1	Fallo en cañerías de la válvula de expansión	2	Crítico	4320	4,5644	Medio	3.5
4a2	Fallo en el cuerpo de la válvula de expansión	1	Crítico	8640	4,0344	Medio	3.5
4a3	Fallo en el ecualizador	2	Crítico	4320	4,5644	Alto	3.5
4b1	Fallo en las cañerías de la válvula solenoide	2	Crítico	4320	4,5644	Alto	3.5



**Tabla 40.** Continuación

Modo de fallo		Nº fallos	Severidad	MTBF (h)	$\lambda(t)$ ( $10^{-5}$ )	Riesgo	$\beta$
4b2	Fallo en el cuerpo de la válvula	1	Crítico	8640	4,0344	Medio	3.5
4b3	Fallo en la bobina de la válvula	2	Critico	4320	4,5644	Alto	3.5
4b4	Fallo en la alimentación eléctrica	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5
5a1	Fallo en la temperatura interna de la cámara	6	Critico	1440	2,1345	Medio	3.5
5a2	Fallo en las puertas de la cámara	4	Crítico	2160	5,1640	Medio	3.5
5a3	Fallo en las cortinas de la cámara	2	Critico	4320	4,5644	Alto	3.5
6a1	Fallo en la temperatura interior de la cámara frigorífica	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5
6a2	Fallo en la alimentación eléctrica	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5
6a3	Fallo en el termostato electrónico	6	Catastrófico	1440	2,1345	Alto	3.5

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

## **Selección de tareas de mantenimiento**

Luego de realizar el FMECA, se obtienen los resultados que permiten conocer todas las causas que generan el modo de fallo y los efectos que estos producen en el sistema de refrigeración y cámara frigorífica.

Para planificar los tipos de tarea que se van a realizar es importante tomar en cuenta los datos de los análisis realizados, como por ejemplo si el fallo es oculto o visible al operador del equipo, costos de mantenimiento y si al hacer el mantenimiento se reducen las probabilidades de fallo para un determinado componente del sistema de refrigeración.

Una vez planificado los tipos de trabajo a realizarse como se muestra en la tabla 41, se define la frecuencia con la que estos deben ser ejecutados, para lo cual se tomó en cuenta el riesgo de cada modo de fallo y el MTBF de cada elemento calculado en Microsoft Excel como se mostró anteriormente en la tabla 39.

Otro parámetro que se tomó en cuenta para la planificación de las tareas de mantenimiento son las especificaciones técnicas de los fabricantes en lo que se refiere a parámetros de funcionamiento y eficiencia.

**Tabla 41.** Selección de tareas de mantenimiento.

<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>COMPRESOR HERMÉTICO</b>					
	<b>Tarea</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Nº hombres</b>	<b>Horas trabajo</b>	<b>Total año</b>
<b>1</b>	Revisión de carcaza y anclaje	Semestral	1	0.25	0.50
<b>2</b>	Revisión de fugas de aceite y gas refrigerante en soldas y acoples del compresor	Mensual	1	0.15	1.8
<b>3</b>	Verificar nivel de aceite del compresor	Mensual	1	0.15	1.8
<b>4</b>	Cambio de aceite	2 años	2	3	1.5
<b>5</b>	Cambio filtro deshidratador y succión	2 años	1	2	1
<b>6</b>	Presión manómetro de baja	Mensual	1	0.20	2.4
<b>7</b>	Presión manómetro de alta	Mensual	1	0.20	2.4
<b>8</b>	Verificar ruidos extraños en el compresor	Cuatrimestral	1	0.15	0.45
<b>9</b>	Revisar el sistema eléctrico del compresor	Cuatrimestral	1	0.50	1.5
<b>10</b>	Revisión, cambio, reajuste de tornillos y terminales dañados	Mensual	1	0.20	2.4
<b>TOTAL</b>				7.1	<b>15.75</b>

**Tabla 41.** Continuación

<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>EVAPORADOR</b>					
	Tarea	Frecuencia	N° hombres	Horas trabajo	Total año
<b>1</b>	Revisión de carcasa y anclaje del evaporador	Semestral	1	0.25	0.50
<b>2</b>	Verificar fuga de gas refrigerante en conexiones (codos y acoples)	Mensual	1	0.15	1.8
<b>3</b>	Revisión de la corrosión en el evaporador, pintura	Anual	1	0.20	0.20
<b>4</b>	Revisión, reajuste de las bases y protecciones de los motores ventiladores	Cuatrimestral	1	0.50	1.5
<b>5</b>	Revisión y peinado de las aletas del evaporador	Anual	1	0.50	0.50
<b>6</b>	Revisión de la operación de los motores ventiladores	Mensual	1	0.15	1.8
<b>7</b>	Revisión del sistema eléctrico de los motores ventiladores	Mensual	1	0.15	1.8
<b>8</b>	Verificación de la bandeja de desagüe, destape	Bimestral	2	0.15*2 = 0.30	1.8
<b>9</b>	Limpieza de serpentín con agentes limpiadores de aluminio no tóxicos	Bimestral	2	0.40*2=0.80	4.8
<b>TOTAL</b>				3.55	14.7

**Tarea 41.** Continuación

<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>CONDENSADOR</b>					
	Tarea	Frecuencia	Nº hombres	Horas trabajo	Total año
<b>1</b>	Revisión y análisis de presiones de refrigerante en las cañerías de alta, en caso de tener sobrepresión revisar el sistema de enfriamiento del condensador	Bimensual	1	0.25	1.5
<b>2</b>	Verificar fuga de gas refrigerante en cañerías, conexiones, codos y acoples	Mensual	1	0.15	1.8
<b>3</b>	Revisión de corrosión y desgaste del serpentín	Anual	1	0.40	0.40
<b>4</b>	Revisión de exceso de vibración en los motores ventiladores	Trimestral	1	0.20	0.80
<b>5</b>	Revisión del estado de los presóstatos	Mensual	1	0.15	1.8
<b>6</b>	Lubricación de los motores ventiladores	Semestral	1	0.20	0.40
<b>7</b>	Revisión del sistema eléctrico, cambio de terminales, cables recalentados	Mensual	1	0.20	2.4
<b>8</b>	Limpieza de serpentín con agentes limpiadores de aluminio no tóxicos	Bimestral	2	0.20 * 2	2.4
<b>TOTAL</b>				3	11.5

**Tabla 41.** Continuación

<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>VÁLVULAS</b>					
	Tarea	Frecuencia	N° hombres	Horas trabajo	Total año
<b>1</b>	Pruebas de funcionamiento e inspección visual de la válvula de expansión ,revisión de presiones de gas refrigerante	Cuatrimestral	1	0.30	0.90
<b>2</b>	Pruebas de funcionamiento e inspección visual de la válvula solenoide ,revisión de presiones de gas refrigerante	Cuatrimestral	1	0.20	0.60
<b>TOTAL</b>				0.50	1.5
<b>CÁMARA</b>					
<b>1</b>	Revisión de sellos de las puertas de ingreso	Mensual	1	0.20	2.4
<b>2</b>	Revisión de estado general de paneles, puertas y pisos	Cuatrimestral	1	0.25	0.75
<b>3</b>	Revisión de iluminación de la cámara	Mensual	1	0.20	2.4
<b>TOTAL</b>				0.85	5.55

**Tabla 41.** Continuación

<b>TAREAS DE MANTENIMIENTO</b>					
<b>TABLERO ELÉCTRICO DE CONTROL</b>					
<b>Tarea</b>		<b>Frecuencia</b>	<b>Nº hombres</b>	<b>Horas trabajo</b>	<b>Total año</b>
<b>1</b>	Revisión de los breaker, revisión del Sitrad ( monitoreo en Pc)	Diaria	1	0.10	24
<b>2</b>	Revisión de los contactores	Cuatrimestral	1	0.20	0.60
<b>3</b>	Revisión del supervisor de voltaje	Cuatrimestral	1	0.10	0.30
<b>4</b>	Revisión, cambio, reajuste de tornillos y terminales	Mensual	1	0.25	3
<b>5</b>	Limpieza del gabinete	Cuatrimestral	1	0.10	0.60
<b>TOTAL</b>				1.60	28.5

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador.

Luego de hacer el listado de las tareas de mantenimiento a ejecutarse en los equipos de refrigeración de Josarflor se debe poner en marcha los trabajos designados a cada equipo según lo planificado como se muestra en la tabla 41.

El siguiente paso es obtener y registrar datos de los trabajos que se realicen en los equipos de acuerdo a la frecuencia según la tabla 41, este registro debe ser llevado en digital y en las hojas de reporte técnico como se muestra en el anexo 2 diseñado para los equipos de Josarflor, en el cual deben constar datos técnicos, calibración, reemplazo de elementos, etc. Así se va a empezar con el plan de mantenimiento basado en la confiabilidad de los equipos, estos registros deberán estar disponibles en el departamento de mantenimiento de la compañía para su respectivo seguimiento.

### **Costo del mantenimiento RCM**

Los costos totales del mantenimiento RCM (Mantenimiento centrado en la confiabilidad) se calculan con la siguiente ecuación:

$$\mathbf{CTM = CRCM} \quad (11)$$

Donde:

CTM = Costos totales de mantenimiento

CRCM = Costos del mantenimiento RCM

Los costos CRCM (Costos del mantenimiento centrado en la confiabilidad) se calculan mediante la siguiente ecuación:

$$\mathbf{CRCM = CMO + CV} \quad (12)$$

Donde:

CMO = Costos de mano de obra

CV = Costos varios



**Mano de obra.** - Para calcular el CMO (costo de la mano de obra) se utiliza el costo de la hora de trabajo de un técnico en el área de refrigeración \$ 5,00 h. necesario para realizar las tareas de mantenimiento, mediante la siguiente ecuación se calcula el costo de mano de obra

$$\text{CMO} = \text{horas técnico} * \text{costo horario técnico} \quad (13)$$

Con respecto a los costos varios CV se ha designado un valor estimado, materiales básicos que son necesarios para el mantenimiento preventivo según las tareas a realizar.

Los cálculos se realizan mediante Microsoft Excel, los resultados se muestran a Continuación en la tabla 42.

**Tabla 42.** Costos totales de mantenimiento RCM anual

<b>COSTO MANTENIMIENTO RCM ANUAL</b>					
<b>Tareas</b>	<b>Horas año</b>	<b>Costo hora \$ 5,00</b>	<b># Equipos 9</b>	<b>Costos varios</b>	<b>Costo total</b>
Compresor hermético	15,75	\$ 78,75	\$ 708,75	\$ 150,00	\$ 858,75
Evaporador	14,7	\$ 73,50	\$ 661,50	\$ 100,00	\$ 761,50
Condensador	11,5	\$ 57,50	\$ 517,50	\$ 100,00	\$ 617,50
Válvulas	1,5	\$ 7,50	\$ 67,50	\$ 100,00	\$ 167,50
Cámara	5,55	\$ 27,75	\$ 249,75	\$ 200,00	\$ 449,75
Tablero eléctrico de control	28,5	\$ 142,50	\$ 1.282,50	\$ 150,00	\$ 1.432,50
<b>TOTAL</b>	<b>77,5</b>	<b>\$ 387,50</b>	<b>\$ 3.487,50</b>	<b>\$ 800,00</b>	<b>\$ 4.287,50</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

El costo anual del mantenimiento RCM de la cámara frigorífica de Josarflor es \$4.287.50 dólares.

Luego de haber obtenido el valor del costo del plan de mantenimiento preventivo con RCM propuesto, se suman los costos fijos necesarios para la operación de refrigeración de la flor en la cámara frigorífica detallados en la tabla 20, a

continuación en la tabla 43 se muestra el resumen de estos costos de operación mensual.

**Tabla 43.** Costo de operación mensual

<b>RESUMEN COSTOS FIJOS DE OPERACIÓN</b>		
<b>Mes</b>	<b>COSTOS FIJOS</b>	
1	TOTAL	\$ 6.037,57

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

El valor de los costos fijos \$6.037,57 es el costo mensual de operación el cual se multiplica por los doce meses del año para obtener el valor anual como se observa en la tabla 43.

Por única vez se adicionan otros valores al costo del mantenimiento RCM como se muestra en la tabla 44 estos son: costo de diseño del plan de mantenimiento \$1.000,00 y consultorías de un Ingeniero especialista \$2.500,00 estos valores son anuales, una vez que se haya implementado el plan de mantenimiento con la consultoría del Ingeniero, el técnico responsable será quien lleve a cabo las tareas de mantenimiento en los equipos de refrigeración de esta manera se empezará a obtener registros de los mismos así como también se ejecutarán las tareas designadas en el plan de mantenimiento con su respectivo control.

**Tabla 44.** Costo implementación del mantenimiento RCM

<b>Costo total implementación RCM</b>	
Costo mantenimiento RCM	\$ 4.287,50
Diseño de plan de mantenimiento	\$ 1.000,00
Consultorias Ing. Especialista	\$ 2.500,00
<b>TOTAL</b>	<b>\$ 7.787,50</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

Sumados todos los costos se obtiene el costo total anual del mantenimiento RCM \$7.787,00 dólares. En la tabla 45 se muestra una comparación de los costos de operación, el mantenimiento actual tiene registros solo de 10 meses por lo que se tomó un valor promedio mensual (\$600,00) para completar los 12 meses y poder hacer la comparación con el mantenimiento RCM que contempla 12 meses.

El costo total de operación anual se obtiene de la sumatoria del costo fijo anual más el costo de mantenimiento, para el caso del mantenimiento actual se tiene \$14.364,19 dólares ya con el alcance mencionado anteriormente más \$72.450,84 del costo fijo se obtiene el costo total \$ 86.815,03 y el mantenimiento RCM \$7.787,50 más el costo fijo \$72.450,84 se obtiene el costo total \$80.238,34 dólares como se muestra en la tabla 45. El mantenimiento actual es superior al costo del mantenimiento con RCM propuesto \$81.381,89 dólares.

El mantenimiento con RCM tiene menor costo y mayor beneficio porque está enfocado a poner atención en las posibles causas que generen fallos a futuro y atacarlas con las tareas propuestas, de esta manera se reducirán los mantenimientos correctivos y sus costos elevados como se analizó anteriormente, Josarflor reducirá los costos de operación haciendo más competitivo su producto en el mercado.

**Tabla 45.** Comparación, costos de mantenimiento y mantenimiento RCM

<b>COMPARACIÓN DE COSTOS DE OPERACIÓN TOTAL ANUAL</b>			
	<b>COSTO DE MANTENIMIENTO ANUAL</b>	<b>COSTO FIJO (\$6.037,57 * 12 meses)</b>	<b>COSTO TOTAL, OPERACIÓN ANUAL</b>
<b>MANTENIMIENTO ACTUAL</b>	\$ 14.364,19	\$ 72.450,84	\$ <b>86.815,03</b>
<b>MANTENIMIENTO RCM</b>	\$ 7.787,50	\$ 72.450,84	\$ <b>80.238,34</b>

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

## Análisis financiero

El análisis financiero del plan de mantenimiento RCM de la cámara frigorífica de Josarflor se realiza mediante el cálculo del VAN (Valor actual neto) y TIR (Tasa interna de retorno) con Microsoft Excel se realizan los cálculos como se muestra en la tabla 46 el cálculo se realiza para cinco meses, el primer mes el valor es negativo porque es el mes donde se realiza la inversión para el proyecto

### Cálculo del VAN y TIR

**Tabla 46.** Cálculo del VAN y TIR del proyecto

CÁLCULO DEL VAN Y TIR						
	MES 00	MES 01	MES 02	MES 03	MES 04	MES 05
INGRESOS	0	15000	15000	15000	15000	15000
EGRESOS		-1500	-1500	-1787	-1500	-1500
INVERSION	-7787					
Flujo efectivo neto	-7787	13500	13500	13213	13500	13500
		ANUAL				
TASA BCE		0,12				
TASA INFLACION BCE		2,36%	PROMEDIO DE TODAS LAS INFLACIONES BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, i / 12 meses			
i tasa		14,470%	1,206%			
VNA		USD 56.451,91				
VAN		USD 48.664,91				
TIR		1,72				

**Fuente:** El Investigador.

**Elaborado por:** El Investigador

Como se muestra en la Tabla 46. El VAN tiene un valor positivo USD 48.664,91 con una tasa de 0,12 lo que indica que el proyecto es factible.

El TIR tiene un valor de 1,72 superior a la tasa del Banco Central del Ecuador (0.12), este valor es la tasa de retorno que está dentro de los parámetros utilizados por la empresa Josarflor para el retorno de su inversión.

## CONCLUSIONES

En esta investigación se diseñó un plan de mantenimiento centrado en la confiabilidad de los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica de Josarflor, mediante el análisis de los efectos del modo de fallo, análisis de criticidad, análisis de la causa de fallos, efectos sobre el sistema de refrigeración, se planifica las tareas de mantenimiento preventivo con una frecuencia adecuada basada en la severidad y riesgo de los posibles fallos acorde a los equipos de Josarflor.

Las tareas que se han planificado servirán para prevenir y atacar las posibles causas que generan los fallos imprevistos, de esta manera los equipos tendrán las condiciones necesarias para trabajar eficientemente.

Con la implementación del RCM, Josarflor obtendrá un mayor control del mantenimiento de los equipos, el técnico que esté a cargo deberá llevar un registro de las tareas en digital y en las hojas de reporte técnico diseñadas para Josarflor, en estas constarán los datos de cada equipo necesarios para llevar el control de los elementos reemplazados así como también los trabajos realizados para generar un histórico que servirá para la toma de decisiones y estudios posteriores.

Con el plan de mantenimiento RCM se eliminaron las tareas rutinarias e innecesarias para los equipos, los mantenimientos correctivos se reducirán progresivamente con la implementación y desarrollo del mismo hasta mantener un equilibrio y obtener resultados con la ejecución de las nuevas tareas de mantenimiento.

Josarflor obtendrá un ahorro económico al mantener funcionando sus equipos eficientemente sin paros imprevistos que afecten la calidad de la flor, con la ejecución de las tareas de mantenimiento preventivo propuesto a un costo de \$7.787,50 menor que el costo del mantenimiento actual \$14.364,19, la Empresa reducirá los costos de operación anual de \$86.815,03 a \$80.238,34.

## RECOMENDACIONES

Considerando los resultados obtenidos en la presente investigación desarrollada en la empresa florícola Josarflor con respecto al mantenimiento de los equipos de refrigeración de la cámara frigorífica se recomienda la implementación del Plan de mantenimiento RCM para mantener operativa la cámara frigorífica dentro de los parámetros de temperatura requerida para la flor, mediante la ejecución de las tareas de mantenimiento los equipos funcionarán eficientemente las 24 horas del día sin paros imprevistos.

Se recomienda el desarrollo del plan de mantenimiento RCM para atacar posibles fallos en los equipos y prevenir averías a futuro, con la planificación de los trabajos se va a garantizar la refrigeración de la flor sin interrupciones para conservar la calidad de exportación.

Se recomienda llevar el registro de los trabajos de mantenimiento RCM con la hoja de reporte técnico de cada equipo para empezar a generar una base de datos que permitirá conocer el estado de funcionamiento de los equipos, necesario para conocer el tiempo de trabajo de los elementos y tomar decisiones de reparación o reemplazo si ya cumplió su vida útil.

Se recomienda continuar con el estudio y realizar mejoras en el plan de mantenimiento según los resultados que se obtengan en los registros después de la implementación del RCM.

## BIBLIOGRAFÍA

- Alfonso García Cantú (2011). Productividad y Reducción de Costos para la pequeña y mediana industria (primera edición). México: Trillas
- Parra, Carlos. (1998). Course of Reliability-Centered Maintenance. Universidad de los Andes, Mérida. Venezuela.
- Jones, Richard B. (1995) .Risk-Based Management: A Reliability Centered Approach. Gulf Publishing Company.USA.
- R. Pascual. (2005). El arte de mantener, Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile, Edición 2.8. Santiago.
- A. Birolini. (2010). Reliability Engineering. Theory and practice. Springer, (Sexta edición), Italia.
- A. Jardine. (1973). Maintenance, replacement and reliability. Pitman Publishing, (Primera edición), Londres.
- V. Meruane (2011). Gestión de activos físicos. Apuntes para el curso ME-5701. Departamento de Ingeniería Mecánica de la Universidad de Chile. (Primera Edición), Santiago,
- Wireman, T. (1990). World Class Maintenance Management. Industrial. New York. USA.
- HEATCRAFT DO BRASIL Ltda. (2015). Bohn entrenamiento técnico avanzado – Aplicación, Mantenimiento y Operación.

- CENGEL (2002). Yunus A.; BOLES, Michael A. Termodinámica. (Quinta edición). McGraw-Hill.
- Fernández, F. J. (2005). Teoría y práctica del mantenimiento industrial avanzado. Fundación Confemetal. Madrid
- Stephen N. Chapman (2006). Planificación y Control de la Producción. (primera edición). México.
- GARRIDO, Santiago García, Organización y gestión integral de mantenimiento, España, Ed. Díaz de Santos, 2003
- [http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp\\_331.pdf](http://www.insht.es/InshtWeb/Contenidos/Documentacion/FichasTécnicas/NTP/Ficheros/301a400/ntp_331.pdf).
- [http://www.est.uc3m.es/esp/nueva\\_docencia/leganes/ing\\_industrial/estadistica\\_industrial/doc\\_grupo1/archivos/Fiabilidad%20apuntes%20PDF.pdf](http://www.est.uc3m.es/esp/nueva_docencia/leganes/ing_industrial/estadistica_industrial/doc_grupo1/archivos/Fiabilidad%20apuntes%20PDF.pdf).
- <https://www.gestiopolis.com/wp-content/uploads/2013/01/proceso-planif-progr1.jpg>.
- [https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/35117/14\\_Flujos\\_Costos\\_e\\_Ingresos.pdf](https://www.cepal.org/ilpes/noticias/paginas/7/35117/14_Flujos_Costos_e_Ingresos.pdf).



## **ANEXOS**

## Anexo 1. Ley de Weibull

DE WEIBULL:

$$R(t) = 1 - F(t) = \exp \left[ - \left( \frac{t}{\eta} \right)^\beta \right]$$

$$MTBF = m = E(t) = \eta \Gamma \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right)$$

$$\sigma^2 = \eta^2 \left[ \Gamma \left( 1 + \frac{2}{\beta} \right) - \Gamma^2 \left( 1 + \frac{1}{\beta} \right) \right]$$

$\beta$	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\eta$	$\beta$	$m/\eta = \Gamma(1+1/\beta)$	$\sigma/\eta$
0	$\infty$	$\infty$	2,0	0,8362	0,463
0,1	10!	$\sqrt{20! - (10!)^2}$	2,1	0,8857	0,44
0,2	120	1901	2,2	0,8856	0,42
0,3	9,2605	47	2,3	0,8859	0,41
0,4	3,3234	10,43	2,4	0,8865	0,39
0,5	2,0000	4,472	2,5	0,8873	0,38
0,6	1,5046	2,645	2,6	0,8882	0,37
0,7	1,2658	1,851	2,7	0,8893	0,36
0,8	1,1330	1,428	2,8	0,8905	0,34
0,9	1,0522	1,171	2,9	0,8917	0,33
1,0	1,0000	1,000	3,0	0,8938	0,32
1,1	0,9649	0,878	3,1	0,8943	0,315
1,2	0,9407	0,785	3,2	0,8957	0,31
1,3	0,9235	0,716	3,3	0,8970	0,30
1,4	0,9114	0,659	3,4	0,8984	0,29
1,5	0,9028	0,613	3,5	0,8998	0,28
1,6	0,8966	0,594	3,6	0,9011	0,27
1,7	0,8922	0,530	3,8	0,9038	0,26
1,8	0,8893	0,512	4,0	0,9064	0,25
1,9	0,8874	0,486			

Anexo 2. Reporte técnico de mantenimiento



# REFRITEHC

REFRIGERACIÓN - ELECTRICIDAD

Luis Alberto Quispe Molina RUC: 1714095112001

REPORTE TÉCNICO DE MANTENIMIENTO						Nº 001
CLIENTE:			TELÉFONO:			
SERVICIO DEL MES:			FECHA:			
DIRECCIÓN:						
DATOS DEL EQUIPO						
MARCA	SERIE		VOLTAJE			
MODELO	CAPACIDAD	B.T.U.	AMPERAJE			HZ
PRUEBAS ESTÁTICAS						
CONTACTORES		CONTACTORES				
BREAKER DE POTENCIA		CONECTORES Y CABLES				
BREAKER DE CONTROL		FUSIBLES				
CALIBRACIÓN DE ELEMENTOS DE CONTROL						
AJUSTE DE TEMP.		DIFERENCIAL				
AJUSTE DE HUMEDAD		ALARMA BAJA TEMP.				
ALARMA ALTA TEMP.		CALIBRACIÓN				
CALIBRACIÓN PRESÓSTATO BAJA			CALIBRACIÓN PRESÓSTATO ALTA			
THERMOSTATO ELECTRÓNICO			CALIBRACIÓN			
REVISIÓN DEL SISTEMA ELÉCTRICO						
MTO. A CONTACTOR COMPRESOR 1			AMP. COMPRESOR 1			
MTO. A CONTACTOR COMPRESOR 2			AMP. COMPRESOR 2			
MTO. A CONTACTOR EVAPORADOR			AMP. COMPRESOR EVAP.			
MTO. A CONTACTOR RESISTENCIAS			AMP. COMPRESOR RESIS.			
REVISIÓN MECÁNICA DEL EQUIPO						
SOPORTE COMPRESORES						
SOPORTE CONDENSADOR			AJUSTES			
SOPORTE EVAPORADOR			BANDEJA DRENAJE			
REVISIÓN FUGAS			TUBERIA DRENAJE			
LIMPIEZA Y ENGRASADO DEL EQUIPO						
LAVADO EVAPORADOR			LAVADO CONDENSADOR			
LAVADO BANDEJA DREN.			PINTURA			
LUBRICACIÓN MOTORES						
MATERIALES UTILIZADOS						
OBSERVACIONES						
FIRMA TECNICO				RESPONSABLE		



Fuente: El Investigador.

Elaborado por: El Investigador



Anexo 4. Extracto de factura de los trabajos de mantenimiento

Fecha: MAYO 22 DEL 2017 Documento Categorized NO  
 Cliente: FLORICULTURA JOSARFLOR R.U.C./C.I.: 1791905474001  
 Dirección: ENTRADA A LOS MOLINOS LA UNION PRINCIPL S/N Y PA Teléfono: 2127512

CANT.	DETALLE	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	REPORTE TECNICO 1890 Y 1897 MANTENIMIENTO PREVENTIVO PROGRAMADO CHEQUEO ELECTRICO Y MECANICO MES DE ABRIL	400.00	400.00
20	LIBRAS DE GAS R-22	8.00	160.00
1	SUELDA DE PLATA 5%	8.00	8.00
<p>JOSARFLOR S.A.                  CANCELADO                  ENTREGA                  MONEDA PAREDA: 86768                  FECHA: 2017-06-12</p>			
FORMA DE PAGO: Efectivo <input checked="" type="checkbox"/> Dinero Electrónico <input type="checkbox"/> Varios <input type="checkbox"/>			
SON: <b>SEISCIENTOS CUARENTA Y SIETE 52/100 DOLARES.</b>		SUBTOTAL	568.00
 RECIBI COMO MI CLIENTE		I.V.A. 14 %	79.52
 FOR R.U.C./C.I.		TOTAL US \$	647.52

Patron: Rolando Cabezas Sosa - DISEÑOS E IMPRESION LEO - Jul. 1948 - RUC: 170905474001 - Fecha Autorización Al Servo 2017 - OEE: 2421 AL 2725 - Vigencia su emisión hasta 31/05/2017 2017

# Anexo 5. Planilla de pago de energía eléctrica de Josarflor

Emisor: **Emisor**

Factura 001-999-001345903  
 Número de autorización: 2811201701200199900134590310960517211  
 Ambiente PRODUCCIÓN  
 Emisión EMISION NORMAL  
 Fecha de Autorización 30-11-2017 13:23:07

No. de 14684711-09  
 Valor a pagar: 5132.12

Fecha de Emisión: 28/11/2017

Fecha de 10/12/2017

## INFORMACIÓN DEL CONSUMIDOR

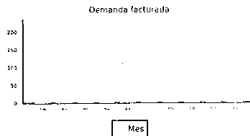
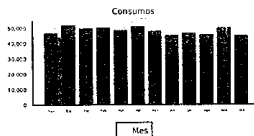
SUMINISTRO: 146847-2 FLORICULTURA JOSARFLOR S.A.  
 Código Único Eléctrico Nacional: 1300146847 Cédula / R.U. 1791905474001 Cod. 170203  
 Dirección: ISHIGTO ENTRADA A MODERNA AL Tarifa: 927-Ind.Demanda reg. 4 horarios (Media Tension)  
 Plan/Geocódigo: 95 98-15-687-0853  
 Provincia - Cantón: Pichincha - Cayambe - Juan Montalvo  
 Dirección notificación: Postal Geocódigo postal:  
 Ejecutivo de: NELSON RODRIGO RIASCOS GUERRON  
 Telfs: 2641268/2641269/2641200 ext. 2264  
 e-mail: rriascos@emelnorte.com

## FACTURACIÓN SERVICIO ELÉCTRICO Y ALUMBRADO PÚBLICO

Medidor T4R7099-ELS Desde 27/10/2017 Hast 27/11/2017 Días 31 Tipo Penalización Leído Constant 1.00  
 Factor de 100.00 Factor 0.50 Factor 0.95

Descripción	Actual	Anterior	Consumo	Unid.	Valores
Activa 08h00 - 18h00 (L-V) 08	4736.43	4427.37	309.06	kWh	
Activa 18h00 - 22h00 (L-V) 18	410.78	380.82	29.93	kWh	320.25
Activa 22h00 - 08h00 (L-V)* 2	1371.38	1282.24	109.12	kWh	818.4
Activa 18h00 - 22h00 (S-D-F)	167.49	150.15	17.34	kWh	161.26
Reactiva CUn - 24h (L-D)	1788.65	1617.90	150.75	kVArh	
Demanda 08h00 - 18h00 (L-V) 0	1.91		191	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (L-V) 1	0.91		91	kW	
Demanda 22h00 - 18h00 (L-V)*	1.25		125	kW	
Demanda 18h00 - 22h00 (S-D-F)	0.70		70	kW	
Máxima			191	kW	
Demanda Cliente			191	kW	

SERVICIO ELÉCTRICO	
VALOR CONSUMO	1289.91
DEMANDA	437.01
CONSUMO 08h-18h	2874.26
COMERCIALIZACION	1.11
SERVICIO ELÉCTRICO (1.1):	4612.59
ALUMBRADO PÚBLICO	497.03
ALUMBRADO PÚBLICO (1.2):	497.03
OTROS PAGOS SERVICIO ELÉCTRICO	
I.V.A. (0%)	0.00
OTROS (1.3):	0.00
<b>TOTAL (1.1 + 1.2 + 1.3):</b>	<b>5109.62</b>



SUBSIDIOS DEL GOBIERNO	
Tarifa Eléctrica	0.00
TOTAL:	0

EL GOBIERNO  
**SUBSIDIA**  
 ESTE SERVICIO

TOTAL	
Servicio Eléctrico y Alumbrado Público:	5109.62
<b>TOTAL SECTOR ELÉCTRICO (A):</b>	<b>5109.62</b>

## FORMA DE PAGO

EFFECTIVO	DINERO ELECTRONICO	TARJETA DE CREDITO/DEBITO	OTROS
			5109.62



*Nelson R. Riascos*  
 CLIENTE