



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

**CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE  
REFRIGERACIÓN EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN.**

**Lester Salomon Cabrera Dimas**

Asesorado por el Ing. Alejandro Estrada Martínez

Guatemala, octubre de 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE  
REFRIGERACIÓN EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN.**

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**LESTER SALOMON CABRERA DIMAS**  
ASESORADO POR EL ING. ALEJANDRO ESTRADA MARTÍNEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO MECÁNICO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, OCTUBRE DE 2011

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing.	Murphy Olympos Paiz Recinos
VOCAL I	Ing.	Alfredo Enrique Beber Aceituno
VOCAL II	Ing.	Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL III	Ing.	Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br.	Juan Carlos Molina Jiménez
VOCAL V	Br.	Mario Maldonado Muralles
SECRETARIO	Ing.	Hugo Humberto Rivera Pérez

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing.	Murphy Olympos Paiz Recinos
EXAMINADORA	Inga.	Helen Rocío Ramírez Lucas
EXAMINADOR	Ing.	Jaime Humberto Baten Esquivel
EXAMINADOR	Ing.	Javier Mauricio Reyes Paredes
SECRETARIO	Ing.	Hugo Humberto Rivera Pérez

## HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

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

### CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN

Tema que me fuera asignado por la dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha de 29 de mayo de 2009.



**Lester Salomon Cabrera Dimas.**

Guatemala, 14 de febrero de 2011

Ingeniero  
César Ernesto Urquizú Rodas, Director  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala  
Presente

Ingeniero Urquizú:

Atentamente me dirijo a usted con el propósito de presentarle el trabajo de graduación titulado **CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN** elaborado por el estudiante Lester Salomon Cabrera Dimas.


En mi calidad de asesor, considero que el trabajo presentado cumple con todos los requisitos.

Con base a lo anterior ruego a usted se sirva dar el visto bueno para que este trabajo sea presentado ante las máximas autoridades de la Facultad, a fin de que emitan el dictamen correspondiente y si así lo consideran, extiendan el título correspondiente al estudiante mencionado.

Agradeciendo su atención a la presente, aprovecho la oportunidad para reiterarle las muestras de consideración.

Atentamente,

**INGENIERO  
ALEJANDRO ESTRADA  
COLEGIADO 5305**



Ing. Alejandro Estrada Martínez

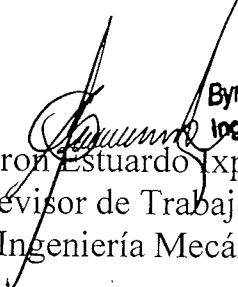
Colegiado No. 5305



REF.REV.EMI.026.011

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN**, presentado por el estudiante universitario **Lester Salomón Cabrera Dimas**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

  
Byron Estuardo Ixpata Reyes  
Ingeniero Mecánico Industrial  
Colegiado No. 6791  
Ing. Byron Estuardo Ixpata Reyes  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, febrero de 2011.

/mgp



El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN**, presentado por el estudiante universitario **Lester Salomon Cabrera Dimas**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

  
Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
**DIRECTOR**  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



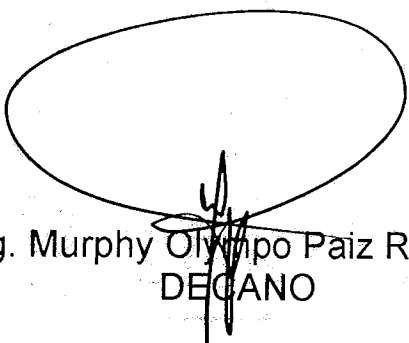
Guatemala, octubre de 2011.


/mgp



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de *conocer* la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN Y DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN EN UNA EMPACADORA DE CAMARÓN**, presentado por el estudiante universitario: **Lester Salomón Cabrera Dimas**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

  
Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos  
DECANO



Guatemala, octubre de 2011



## **ACTO QUE DEDICO A:**

### **YAHVÉH**

Porque en su infinita benevolencia tuvo a bien brindarme la sabiduría e inteligencia necesaria para poder transformar este sueño en realidad.

### **Mis padres**

Marta Alicia Dimas De Cabrera,  
Federico Salomón Cabrera Vásquez  
Por su amor, comprensión y apoyo sin condiciones ni medidas. Gracias por guiarme sobre el camino correcto.

### **Mis tíos**

Por sus consejos y apoyo incondicional en el transcurso de mi vida, en especial a Alfonso Monroy y Natalia Dimas.

### **Mis hermanos**

Por su apoyo y cariño que siempre me han acompañado, en especial a Douglas Cabrera.

### **Mi familia**

Con quienes he compartido muchos momentos trascendentales de mi vida.

**Mis amigos**

Apoyo que Dios ha puesto en mi vida por su confianza y lealtad.

**Belsi Zuñiga**

Por el amor y el apoyo brindado, gracias por compartir momentos hermosos

**Universidad de San Carlos de Guatemala**

Mi casa de estudios en donde pase los mejores años de mi vida, la cual llevo con orgullo y represento dignamente.

**Mi país**

Porque espera lo mejor de mí.

## **AGRADECIMIENTO A:**

**Ing. Alejandro Estrada**

Por la confianza, orientación y el tiempo dedicado a la realización de este trabajo de graduación.

**Mis amigos**

Rony Amado, Silvia Torres, Walter Ramírez, Josué Estrada, Erick Rodríguez, Joel Ávila, Alejandra Estrada, compañeros y amigos que de una u otra forma me motivaron a culminar mi carrera de ingeniería mecánica industrial.

**Manolo López**

Por el apoyo mostrado y la confianza en la facilitación de datos para la realización de dicho trabajo de graduación.



	1.9.2.1.3.	Costo de evaluación para soldadura en tuberías.....	17
	1.9.2.2.	Costos de mantenimiento correctivo.....	18
	1.9.2.2.1.	Costo planificado.....	19
	1.9.2.2.2.	Costo no planificado.....	19
	1.9.2.3.	Mantenimiento predictivo.....	20
	1.9.2.3.1.	Costo de evaluación por termografía infrarroja.....	22
	1.9.3.	Resumen de costos para mantenimiento.....	23
	1.9.4.	Costo de producción.....	26
	1.9.4.1.	Costos de materia prima.....	27
	1.9.4.2.	Costos de mano de obra.....	29
	1.9.4.3.	Costo de fabricación.....	30
	1.9.5.	Productividad.....	30
	1.9.6.	Ciclos de refrigeración.....	32
2.		DISEÑO DE CONTROLES PARA LA PRODUCCIÓN.....	35
	2.1.	Materia prima.....	35
	2.2.	Departamento de producción.....	39
	2.3.	Funciones del departamento de producción.....	40
	2.4.	Diagrama de procesos.....	42
	2.4.1.	Flujograma de operaciones.....	42
	2.4.2.	Diagrama de recorrido.....	49
	2.5.	Estudio de tiempos.....	51
	2.5.1.	Determinación del cuello de botella.....	51
	2.6.	Balance de líneas .....	53
	2.7.	Departamento de mantenimiento.....	55

2.7.1.	Funciones del departamento de mantenimiento.....	56
2.8.	Control de la producción.....	57
2.8.1.	Planificación de la producción.....	58
2.8.2.	Puntos críticos del proceso.....	58
3.	DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	61
3.1.	Cuartos refrigerados.....	61
3.1.1.	Trabajo de reconocimiento.....	64
3.1.1.1.	Temperatura ambiente de diseño.....	64
3.1.1.2.	Temperatura de almacenamiento y requerimiento de humedad.....	64
3.1.1.3.	Costos de materiales aislantes.....	67
3.1.1.3.1.	El corcho.....	68
3.1.1.3.2.	Lana de vidrio.....	70
3.1.1.3.3.	Madera aislante.....	71
3.1.1.3.4.	Poliestireno.....	71
3.1.1.3.5.	Poliuretano.....	72
3.1.1.4.	Requerimientos de almacenaje.....	73
3.1.1.4.1.	Tipo de producto.....	74
3.1.1.4.2.	Peso.....	74
3.1.1.4.3.	Temperatura de entrada.....	75
3.1.1.4.4.	Tiempo de disminución.....	76
3.1.1.5.	Cargas térmicas.....	76
3.1.1.5.1.	Cargas por transmisión.....	77
3.1.1.5.2.	Cargas por cambios de aire.....	78
3.1.1.5.3.	Carga miscelánea.....	81
3.1.1.5.4.	Carga del producto.....	84

3.2.	Cálculo para la carga de refrigeración.....	85
3.2.1.	Ganancia de calor por transmisión.....	89
3.2.2.	Ganancia de calor por cambios de aire.....	92
3.2.3.	Ganancia de calor por cargas misceláneas.....	94
3.2.4.	Ganancia de calor por el producto.....	95
3.2.4.1.	Calor específico.....	97
3.2.4.2.	Calor latente.....	97
3.2.4.3.	Respiración del producto.....	98
3.2.4.4.	Tiempo de abatimiento.....	100
3.2.4.5.	Factor de seguridad.....	100
3.2.4.6.	Carga térmica por hora.....	100
3.2.5.	Resumen de cargas.....	101
3.3.	Cálculo de aislamiento.....	108
3.3.1.	Transmisión de calor.....	113
3.3.1.1.	Conducción.....	113
3.3.1.2.	Convección.....	113
3.3.1.3.	Radiación.....	114
3.3.2.	Conductividad térmica.....	114
3.3.3.	Resistencia térmica.....	114
3.3.4.	Transferencia de calor.....	115
4.	IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO.....	117
4.1.	Instalación de cámaras refrigeradas.....	117
4.1.1.	Tratamiento de pisos.....	119
4.1.2.	Instalación de paredes.....	121
4.1.2.1.	Esquineros.....	123
4.1.2.2.	Molduras.....	124
4.1.2.3.	Soportes.....	126

4.2.	Selección de equipo y planos de instalación.....	127
4.3.	Programa de mantenimiento.....	133
4.3.1.	Mantenimiento preventivo de equipos de refrigeración	134
4.3.2.	Mantenimiento preventivo de paneles aislantes.....	137
4.3.3.	Mantenimiento de válvulas y tuberías.....	138
4.3.4.	Procedimientos de trabajo.....	138
4.3.4.1.	Prioridades de mantenimiento.....	142
4.3.4.1.1.	Equipos de refrigeración.....	142
4.3.4.2.	Cronograma de actividades.....	142
4.3.5.	Equipo de utilización.....	143
4.3.5.1.	Condensador.....	147
4.3.5.2.	Evaporador.....	148
4.3.5.3.	Circuito de funcionamiento.....	149
4.4.	Costos en el mantenimiento preventivo.....	150
4.4.1.	Costos por mano de obra.....	150
4.4.2.	Costos por equipo y herramientas.....	151
4.5.	Costos en el mantenimiento correctivo.....	153
4.5.1.	Costos por inventario de materiales y repuestos.....	153
4.6.	Costos de producción.....	155
4.6.1.	Costos por cultivo de camarón.....	157
4.6.2.	Costos por mano de obra.....	162
4.6.3.	Costos por transporte.....	162
4.7.	Controles de puntos críticos del proceso.....	166
4.7.1	Gráfico de control para temperatura de entrada.....	175



5.	MEDIO AMBIENTE.....	179
5.1.	Evaluación de impacto al medio ambiente.....	179
5.1.1.	Leyes de protección y mejoramiento del medio ambiente.....	180
5.1.2.	Evaluación de riesgos .....	183
5.1.2.1.	Nivel de ruido.....	183
5.1.2.2.	Nivel de gases tóxicos.....	184
5.1.2.3.	Nivel de olores.....	186
5.1.3.	Medidas de mitigación.....	187
5.1.3.1.	Sistema de control de ruidos.....	187
5.1.3.1.1.	Aislamiento de maquinaria.....	189
5.1.3.1.2.	Colocación de paneles aéreos....	190
5.1.3.1.3.	Espuma acústica.....	190
5.1.3.2.	Sistemas de control de gases tóxicos.....	191
5.1.3.2.1.	Revisión periódica de tuberías....	193
5.1.3.3.	Sistema de control de olores.....	193
5.1.3.3.1.	Filtrado y extracción de olores....	194
6.	MEJORA CONTINUA.....	195
6.1.	Capacitación del personal.....	195
6.1.1.	Buenas prácticas de manufactura.....	197
6.1.2.	Sistema de calidad total.....	198
6.1.3.	Equipo de protección personal.....	200
6.2.	Reevaluación de condiciones laborales.....	201
6.3.	Mejora de procesos.....	203
6.3.1.	Aprovechamiento de materia prima.....	204
6.3.2.	Reprocesamiento de cascara de camarón.....	204
6.3.2.1.	Proceso molienda de cascara de camarón....	206

6.3.3. Controladores de temperatura.....	208
CONCLUSIONES.....	209
RECOMENDACIONES.....	211
BIBLIOGRAFÍA.....	213
ANEXO.....	214



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1. Organigrama estructural.....	6
2. Condensador y compresor reciprocante.....	14
3. Evaporador.....	16
4. Diagrama T-S ciclo invertido de carnot.....	33
5. Camarón litopenaeus vannamei.....	36
6. Principales países productores de Penaeus vannamei.....	37
7. Ciclo vital del camarón peneido típico.....	39
8. Organigrama del departamento de producción.....	40
9. Flujograma de operaciones empacado de camarón Head-on.....	44
10. Flujograma de operaciones empaque de colas (Shell-on).....	45
11. Flujograma de operaciones empacado (PUD T-ON U T-OFF).....	46
12. Flujograma de operaciones empacado (P&D T-ON U T-OFF).....	47
13. Flujograma de operaciones empacado (PPV).....	48
14. Diagrama de recorrido para el empacado de camarón Head-on.....	49
15. Diagrama de recorrido empacado de cola de camarón.....	50
16. Organigrama del departamento de mantenimiento.....	56
17. Secuencia lógica para la aplicación del sistema Haccp.....	60
18. Cuestionario requerimientos de diseño.....	63
19. Cámaras de refrigeración.....	87
20. Perfil de panel.....	110
21. Sistema de aireación natural.....	120
22. Sistema de calefacción artificial.....	121

23.	Instalación de paneles.....	122
24.	Esquinero interior para cámaras refrigeradas.....	123
25.	Esquinero exterior para cámaras refrigerada.....	124
26.	Canal inferior interior o canal "U".....	124
27.	Moldura tipo omega.....	125
28.	Moldura tipo "T".....	125
29.	Placa de fijación para techos.....	126
30.	Instalación correcta de techo.....	127
31.	Plano de instalación para equipos.....	132
32.	Nomenclatura equipo de refrigeración.....	147
33.	Evaporadores.....	148
34.	Circuito de funcionamiento con compresor recíprocante.....	149
35.	Gráfico de producción.....	165
36.	Gráfico X de control para temperatura de entrada.....	177
37.	Gráfico R de control para temperatura de entrada.....	178
38.	Tapones auditivos.....	188
39.	Orejeras utilizadas.....	189
40.	Flujograma de operaciones para proceso de harina.....	207
41.	Termómetro análogo para cámaras refrigeradas.....	208
42.	Termómetro digital para cámaras refrigeradas.....	208

## TABLAS

I.	Ventajas del Mantenimiento Preventivo.....	12
II.	Etapas larvarias de <i>penaeus vannamei</i> .....	38
III.	Descripción del producto.....	43
IV.	Toma de tiempo para rotulación y empaque.....	52
V.	Balance línea para rotulación y empaque.....	54
VI.	Requerimientos y propiedades de almacenamiento.....	65

VII.	Costo de exportación para paneles de poliuretano.....	73
VIII.	Requerimientos de almacenaje para el camarón.....	74
IX.	Cargas de calor en pared.....	77
X.	Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32 °F (0 °C) debido a la apertura de puertas e infiltración.....	79
XI.	Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento abajo de 32 °F (0 °C) debido a la apertura de puertas e infiltración.....	79
XII.	Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento (BTU por pie <sup>3</sup> ).....	80
XIII.	Calor equivalente de motores eléctricos.....	82
XIV.	Calor equivalente de ocupación.....	84
XV.	Calor de respiración (aprox.).....	88
XVI.	Bases para el cálculo de las cargas térmicas para la cámara de proceso.....	89
XVII.	Cálculo de transmisión por cargas (cámara de proceso).....	90
XVIII.	Bases para el cálculo de las cargas térmicas para la cámara de congelación (blast freezer).....	90
XIX.	Cálculo de transmisión por cargas (cámara de congelación).....	91
XX.	Bases para el cálculo de las cargas térmicas para la cámara de almacenamiento (holding).....	91
XXI.	Cálculo de transmisión por cargas (cámara de almacenamiento).....	92
XXII.	Cálculo por cambios de aire (cámara de proceso).....	93
XXIII.	Cálculo por cambios de aire (cámara de congelación).....	93
XXIV.	Cálculo por cambios de aire (cámara de almacenamiento).....	93
XXV.	Cálculo por cargas misceláneas (cámara de proceso).....	94

XXVI.	Cálculo por cargas misceláneas (cámara de congelación).....	94
XXVII.	Cálculo por cargas misceláneas (cámara de almacenamiento)....	95
XXVIII.	Cálculo por cargas del producto (cámara de proceso).....	95
XXIX.	Cálculo por cargas del producto (cámara de congelación).....	96
XXX.	Cálculo por cargas del producto (cámara de almacenamiento)....	96
XXXI.	Calor de respiración (aprox.).....	99
XXXII.	Resumen de cargas (cámara de proceso).....	102
XXXIII.	Resumen de cargas (cámara de congelación blast freezer).....	104
XXXIV.	Resumen de cargas (cámara de almacenamiento holding).....	106
XXXV.	Requerimientos de paneles para las cámaras.....	108
XXXVI.	Especificación de paneles.....	109
XXXVII.	Espesores ideales para cámara.....	112
XXXVIII.	Espesores mínimos recomendados.....	117
XXXIX.	Capacidades de carga uniforme.....	118
XL.	Cambios de aire recomendados por hora.....	130
XLI.	Selección de equipos.....	131
XLII.	Mantenimiento preventivo de los equipos de refrigeración.....	136
XLIII.	Formato para mantenimiento preventivo diario.....	139
XLIV.	Formato para mantenimiento preventivo semanal.....	140
XLV.	Formato para mantenimiento preventivo semestral.....	141
XLVI.	Cronograma de actividades de mantenimiento.....	143
XLVII.	Formato de ficha técnica.....	144
XLVIII.	Formato de orden de trabajo.....	145
XLIX.	Formato de control de ordenes.....	146
L.	Personal necesario para el plan de mantenimiento.....	151

LI.	Herramientas necesarias para el plan de mantenimiento.....	152
LII.	Equipo necesario para implantar un mantenimiento preventivo.....	152
LIII.	Inventario de repuestos necesarios.....	154
LIV.	Datos técnicos de cosecha.....	160
LV.	Datos sobre costos fijos y variables.....	161
LVI.	Costo de transporte por kilometro.....	163
LVII.	Costos históricos de producción.....	164
LVIII.	Análisis de peligros.....	168
LIX.	Medidas preventivas.....	171
LX.	Control y monitoreo HACCP 1PCC.....	173
LXI.	Control y monitoreo HACCP 2 PCC.....	174
LXII.	Toma de muestra para la temperatura de entrada.....	175
LXIII.	Tolerancia a la exposición de ruido.....	184
LXIV.	Datos técnicos para el refrigerante R 507.....	192
LXV.	Capacitación propuesta en la planta empacadora de camarón.....	196
LXVI.	Capacitación propuesta BPM.....	198
LXVII.	Costo de equipo de protección personal.....	198





## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Cm</b>	Centímetro
<b>DT</b>	Diferencial de temperatura
<b>\$</b>	Dólar de Estados Unidos de América
<b>CFM</b>	Flujo de aire medido en pies cúbicos por minuto
<b>°C</b>	Grado centígrado
<b>°F</b>	Grado Fahrenheit. Unidad de Temperatura
<b>°K</b>	Grado Kelvin
<b>g</b>	Gramos
<b>h</b>	Hora
<b>HR</b>	Humedad relativa
<b>Kgf</b>	Kilogramo fuerza

**kW**

Kilowatt

**%**

Porcentaje

## GLOSARIO

### **Acción correctiva**

Son las acciones de la organización que debe tomar para eliminar la causa de las no conformidades con el objetivo de prevenir que vuelva a ocurrir.

### **Acción preventiva**

Son las acciones que se deben realizar para eliminar las causas de las no conformidades potenciales para prevenir que ocurran.

### **Auditoria**

Proceso sistemático, independiente y documentado que tiene como objetivo realizar la evaluación de un sistema de gestión de calidad.

### **Acumulador de succión**

Recipiente a presión en la línea de succión que sirve para separar el refrigerante líquido arrastrado en la succión del gas.

<b>Balanza</b>	Es un instrumento empleado para pesar masas.
<b>Caída de presión</b>	Perdida de presión desde un extremo a otro en una tubería de refrigeración, debido a la fricción.
<b>Calor de respiración</b>	Calor producido por la maduración de las frutas y verduras.
<b>Carga de refrigeración</b>	La cantidad de captación de calor entregado por el medio o espacio refrigerado, o la cantidad requerida de remoción de calor.
<b>Calor específico</b>	Energía por unidad de masa que se requiere para producir un aumento temperatura en un grado.
<b>Calor latente</b>	Calor caracterizado por el cambio de estado de la sustancia, para una presión dada y a temperatura constante para una sustancia pura.

**Deshumidificación**

Condensación de vapor de agua del aire por enfriamiento abajo del punto de rocío.

**Efecto de refrigeración**

La cantidad de calor absorbida por el refrigerante en un sistema de refrigeración.

**Grado Celsius**

El grado Celsius es un nombre especial del grado Kelvin.

**Grado Kelvin**

Es la unidad de medida del sistema Internacional de Unidades, representa la fracción  $1/273.16$  de la temperatura termodinámica del punto triple del agua.

**Grado Rankine**

Es la unidad de medida de la temperatura utilizada en el sistema Ingles Absoluto.

**Holocarburos**

Es un grupo de sustancias de estructura química similar, utilizada a menudo como refrigerante.

**Línea de succión**

tubo o tubería la cual transporta el refrigerante en estado de vapor, desde el evaporador a la entrada del compresor.

**Metabisulfito de sodio**

Químico preservante que se le agrega al camarón para alargar su periodo de vida.

***Penaeus vannamei***

Clase de camarón nativo de las costas del pacífico, su adaptación y resistencia a enfermedades es el más cultivado.

**Punto de rocío**

Temperatura a la cual inicia la condensación, si el aire húmedo es enfriado a una presión constante sin pérdida.

**Refrigeración**

La remoción de calor (enfriamiento) de una sustancia y mantenerla a una temperatura relativamente baja.

**Sistema de refrigeración**

Combinación de interconexiones que contienen partes en las cuales un refrigerante está circulando con propósito de calor.

**Toneladas de refrigeración**

Unidad que mide la cantidad de energía térmica, equivale a 12,000 BTU/hora.

**Unidad térmica británica**

(BTU) Unidad de energía térmica, es el calor necesario para elevar en un grado Fahrenheit la temperatura de una libra de agua a 60°F.





## **RESUMEN**

En el presente trabajo de graduación elaborado en la finca camaronera Mar Azul, ubicada en el departamento de Retalhuleu, se da a conocer un total de seis capítulos, los cuales tienen como objetivo la implementación de controles para una producción de calidad y el diseño de un sistema de refrigeración que cumpla con las necesidades de producción y la capacidad de inversión de la empresa, con el fin de establecer las bases sólidas para implementar una empacadora de camarón que cumpla estándares de calidad.

En el capítulo uno se encuentran todas las generalidades y datos importantes de la empresa; en el capítulo dos se da a conocer toda la información para diseñar los controles para una producción de calidad, encaminada a la implementación a los controles sobre los puntos críticos en el proceso de empacado del camarón, logrando con ello diseñar en el capítulo tres, un sistema de refrigeración adecuado en referencia a la cantidad de producción y la capacidad de la empresa en invertir en un proyecto de esta magnitud.

En el capítulo cuatro se presenta la realización o implantación del proyecto, el cual comprende una guía para la instalación de las cámaras refrigeradas, la mejor selección de los equipos de refrigeración en cuanto a costos y capacidades, los mantenimientos necesarios para contar con los equipos y estructura en buenas condiciones asegurando que las actividades sean rentables para la empresa.

En el capítulo cinco se evalúan los riesgos que se podrían generar con la implementación del proyecto y se proponen medidas de mitigación con el propósito de plantear soluciones a los posibles problemas, en el capítulo seis se proponen mejoras para asegurar que el proyecto este encaminado a la mejora continua.

# OBJETIVOS

## General

Diseñar un sistema de refrigeración y los controles para la producción en una empacadora de camarón.

## Específicos

1. Establecer por medio de un estudio técnico los beneficios y avances que se obtienen en la realización de dicho proyecto.
2. Establecer por medio de un estudio termodinámico los equipos necesarios para dicho proyecto.
3. Establecer un programa de mantenimiento industrial adecuado a las necesidades de los equipos.
4. Desarrollar herramientas de referencia para personas interesadas en implementar un proyecto de esta magnitud.
5. Establecer índices para medir la productividad en el proceso de empaclado.
6. Determinar los factores importantes para implantar un plan de mantenimiento industrial.

7. Determinar los puntos críticos del proceso para mejorar la productividad.

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad la industria camaronera ha mostrado un incremento significativo y en especial el cultivo del camarón *penaeus vannamei*, por ser una especie que se adapta a un buen rango de temperaturas y con una buena respuesta a enfermedades a logrado generar mejores ganancias que otras clases de camarón.

El presente trabajo de graduación será de mucha utilidad al estudiante universitario o profesional que esté interesado en incursionar en el negocio de la exportación de camarón, proveyéndole de conocimientos para establecer las bases y controles necesarios en la implementación de una empacadora, como también los conocimientos necesarios para la selección adecuada del equipo de refrigeración.

Tener el conocimiento y las herramientas adecuadas para la implementación de los controles y análisis de puntos críticos del proceso, incrementa la capacidad de competencia de cualquier empresa, teniendo en cuenta que el aseguramiento de la calidad de los productos es un desafío para cualquier organización. HACCP es un sistema que analiza la materia prima en todo el recorrido asegurando que el producto final sea de calidad con los mejores estándares de inocuidad.



# **1. ASPECTOS Y CONCEPTOS GENERALES**

## **1.1. Antecedentes**

Finca Mar Azul es una empresa dedicada al cultivo y venta de camarones en el área de la costa sur en el departamento de Retalhuleu, la experiencia de 12 años en la crianza de camarón le ha brindado a la empresa la oportunidad de exportar camarón a países donde el consumo de este producto va en aumento, lo que ha influenciado para que la empresa busque nuevos métodos para obtener producciones más eficientes con la calidad adecuada, uno de los objetivos es tener su propia empacadora, con un sistema de refrigeración capaz de proporcionar confiabilidad cumpliendo con estándares establecidos a nivel internacional.

En los primeros años de funcionamiento la empresa para cultivar camarón confiaba mucho en los recursos naturales como las postlarvas silvestres, los embalses seminaturales, los alimentos naturales y el uso de grandes ecosistemas colindantes para absorber los afluentes.

Esta gran confianza en los recursos naturales condujo a problemas de impacto ambiental, a medida que se fue avanzando en la explotación los recursos naturales fueron disminuyendo progresivamente a favor de un mejor control, eficiencia y sostenibilidad. En la actualidad se está trabajando para mejorar la eficiencia y reducir costos de producción, aumentando la capacidad de crecimiento de la empresa.



## **1.2. Actividades de la empresa**

La empresa se ha dedicado por más de 12 años a la transformación, congelado y refrigerado de camarón de cultivo para venta a nivel nacional e internacional. La empresa cultivaba camarón por medio de los recursos naturales, pero en la década de los 90 específicamente en 1997 las costas se vieron afectadas por las corrientes generadas por el fenómeno del Niño por lo que las capturas de camarón disminuyeron en enorme cantidad, siendo esta la razón por la cual la empresa decide trabajar con técnicas de cultivo intensivo alimentando los *Penaeus* artificialmente y proporcionando aireación dentro de los estanques por medio de aireadores que permitan mantener condiciones adecuadas de oxígeno en el cultivo.

La densidad final esperada de este sistema es de 10 animales/m<sup>2</sup>; la mortalidad prevista es del 25% en los 105 días de cultivo. El uso de fertilizantes oscilará entre 20–40 kg/ha/mes, estimando una utilización de 20 kg/ha/aplicación, el alimento se suministra dos veces por día, se utiliza un recambio de agua del 10 al 20% y se utilizarán aireadores 24 horas al día.

## **1.3. Misión**

Es una organización sustentable dedicada a procesar y comercializar camarones creados en cautiverio haciendo uso de materiales no tóxicos y compatibles con el medio ambiente. Es dirigida por profesionales progresivos calificados y operada por personal especializado en las distintas aéreas, aplicando las mejores técnicas de calidad y control de procesos para lograr la seguridad y trazabilidad de sus productos con respecto al medio ambiente, cumpliendo con las necesidades y expectativas de sus clientes.

#### **1.4. Visión**

Mantener una posición de liderazgo en la industria camaronera de Guatemala, gracias a un proceso eficiente que permita ofrecer la mejor calidad de sus productos a precios competitivos, retribuyendo a sus accionistas con dividendos adecuados y basados en un trato justo para sus empleados y colaboradores, en cumplimiento con las normas legales así como una innovación constante en productos y procesos para poder brindar el mejor servicio a sus clientes.

#### **1.5. Ventajas competitivas**

- Costos competitivos a nivel nacional e internacional que permitan superar a distintas camaroneras nacionales e internacionales.
- Capacidad de producción bajo condiciones de tamaño, peso y calidad.
- Ubicación estratégica para el despacho de producto en el menor tiempo posible, aumentando las probabilidades de cumplir con los pedidos en el tiempo requerido.
- Utilización de productos no tóxicos en el cultivo de camarón dando como resultado un producto seguro para el consumo, utilizando las mejores técnicas de calidad.

## **1.6. Políticas de calidad**

“Es nuestra política ofrecer productos que nuestros clientes reconozcan por su excelente valor. Nuestra meta es administrar nuestros procesos de forma que las tareas se hagan bien desde la primera vez. Todos somos responsables de la calidad, y contribuimos a ella trabajando en equipo y sintiéndonos orgullosos de nuestro trabajo. Debemos mejorar constantemente nuestros productos y procesos.

Los procesos deben ser realizados en todas las áreas de la organización de forma que se pueda medir nuestra calidad e identificar áreas para mejorar utilizando métodos confiables. Esperando el mismo compromiso de parte de nuestros proveedores, logrando así ofrecer un producto de alta calidad.

Para garantizar y mantener la calidad que se requiere en este tipo de productos contamos con un laboratorio de calidad dedicado a velar para que se cumplan los estándares en cada uno de nuestros productos.”

### **1.7. Funciones principales**

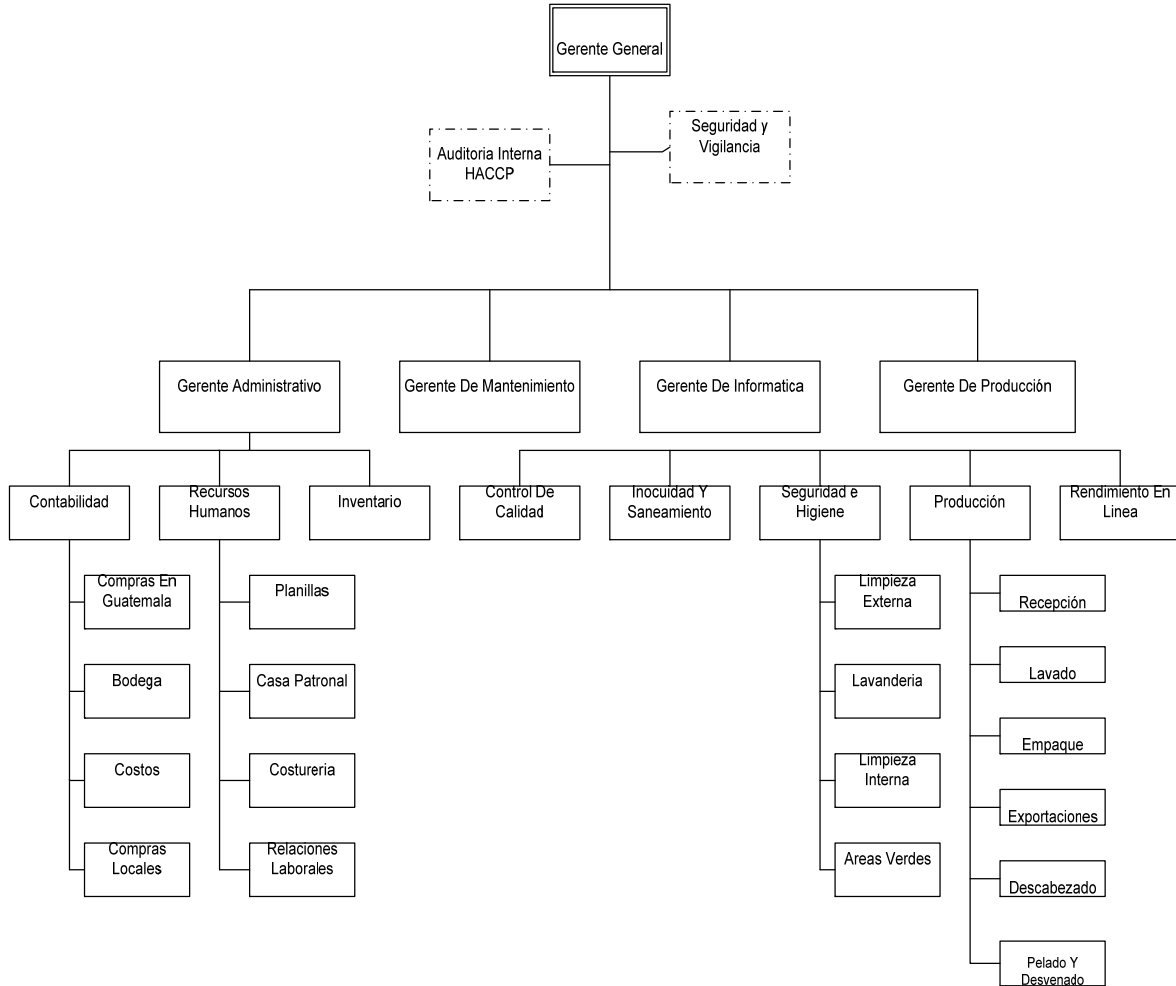
Las funciones principales de la empresa son: el cultivo y procesamiento de camarón ofreciendo los siguientes productos:

- Camarón entero fresco crudo congelado (Head –on).
- Colas frescas de camarón cruda congeladas, en forma de bloque (Shell-on).
- Colas peladas frescas de camarón cruda congeladas en forma de bloque (PUD T-ON u T-OFF).
- Colas peladas y desvenadas con cuchilla de camarón crudas congeladas en bloques (P&D T-ON u T-OFF).
- Colas peladas y desvenadas con palillo de camarón crudas congeladas en bloques (PPV).

### **1.8. Estructura organizacional**

El éxito de una empresa se basa en muchas ocasiones en una buena estructura organizacional, por lo cual a continuación se presenta la estructura organizacional de la finca Mar Azul.

Figura 1. Organigrama estructural



Fuente: Finca Mar Azul. Manual de procedimientos. p. 2

#### A. Integrantes del equipo administrativo

- Gerente general: es quien analiza, planifica y autoriza las mejoras en la planta, recibe las sugerencias y observaciones de los clientes y proveedores.
- Gerente administrativo: es el encargado de administrar y vigilar las actividades de la planta, coordina las operaciones contables, recursos humanos, inventarios, compra y recepción de la materia prima, informa al personal sobre lineamientos provenientes de la gerencia general.
- Gerente de producción: es el encargado de organizar y supervisar al personal para asegurar que el proceso del producto sea acorde con las normas establecidas, garantizando así que el producto sea sano, seguro y de buena calidad. Debe elaborar informes para el gerente general y para el gerente administrativo sobre el rendimiento y confiabilidad del producto empacado.
- Auditor interno de HACCP: vigila y asegura la efectividad del plan HACCP, verifica que la información pertinente del proceso se recopile correctamente asegurando la trazabilidad del producto, y asegurándose que las medidas correctivas sean resultados confiables.
- Encargado de control de calidad: atiende el protocolo de calidad del producto empacado desde la recepción hasta la exportación, se encarga de vigilar que toda materia prima que esté relacionado con el empaque sea de mejor calidad.

- Encargado de la inocuidad: es el encargado de vigilar por medio de análisis de laboratorio, que el producto se trabaje dentro de los parámetros de tiempo y temperatura para asegurar que el producto sea confiable y sano.
- Gerente de mantenimiento: es el encargado del mantenimiento de la infraestructura y el equipo de la planta, así también tiene a su cargo la implementación de nuevos proyectos.
- Gerente de informática: es el encargado del sistema informático, responsable de la implementación y mantenimiento del sistema de cómputo de la planta.

## **1.9. Conceptos generales**

La utilización del frío es un proceso conocido por las civilizaciones antiguas, cuando se disponía de la refrigeración en forma natural, los emperadores romanos hacían que los esclavos transportaran el hielo y la nieve desde las montañas con el fin de utilizarlo en la preservación de los alimentos y disponer de bebidas frías en las épocas cálidas.

En el siglo XIII los chinos utilizaban mezclas de salitre con el fin de enfriar agua; los árabes en el siglo XIII utilizaban métodos químicos de producción de frío mediante mezclas, en los siglos XVI y XVII, investigadores como Boyle, Faraday (con sus experimentos sobre la vaporización del amoníaco), hacen los primeros intentos prácticos de producción de frío. En 1834, Pekins desarrolla su patente de máquina frigorífica de compresión de éter y en 1835 Thilorier fabrica nieve carbónica por expansión; Tellier construyó la primera máquina de compresión con fines comerciales.

Desde el punto de vista de sus aplicaciones, la técnica de fabricación de frío reviste un gran interés dentro de la evolución industrial obligado por la continua alza de la vida.

La refrigeración tiene un amplio campo en lo que respecta a la conservación de alimentos (barcos congeladores de pescado en alta mar, plantas refrigeradoras de carnes y verduras, productos farmacéuticos y materias para la industria, plantas productoras de hielo, unidades de transporte de productos congelados, aviones, trenes camiones, sistemas de acondicionamiento de aire y calefacción) esto nos da una idea del grandísimo interés universal que reviste la refrigeración industrial desde el punto de vista económico, humano y social.

### **1.9.1. Eliminación de calor**

Hablar de producción de frío es tanto como hablar de extracción de calor, existen diversos procedimientos que permiten su obtención, basados en el hecho de que si entre dos cuerpos existe una diferencia de temperatura, la transmisión de calor de uno a otro se puede efectuar por conducción y radiación.

Existen dos diferentes procesos de extraer calor: procedimientos químicos y procedimientos físicos.

- Procedimientos químicos: está basado en el uso de determinadas mezclas y disoluciones que absorben el calor.
- Procedimientos físicos: se puede conseguir un descenso de temperatura mediante procesos físicos, como la expansión de un fluido refrigerante en elementos expansores y en válvulas de estrangulamiento.



### **1.9.2. Tipos de mantenimientos**

Las actividades de mantenimiento pueden realizarse por diferentes métodos, sistemas, características de los bienes y criterios.

Las actividades de mantenimiento pueden agruparse en cuatro clases:

- Mantenimiento directo: se aplica al equipo que está directamente relacionado con la producción, como los tanques de lavado, bandas transportadoras, mesas de descabezado.
- Mantenimiento indirecto: comprende las actividades de modificación o modernización del equipo e instalaciones. Estos ayudan a evitar y reducir fallas, mejorar las condiciones de operación o prolongando su vida útil.
- Mantenimiento general: abarca todo el trabajo de mantenimiento rutinario que se aplica a las instalaciones, edificios y estructuras, este mantenimiento general no se aplica al equipo de producción.
- Mantenimiento de aseo: incluye los trabajos rutinarios necesarios para conservar el equipo o el inmueble en razonables condiciones de higiene apariencia.

Para que los trabajos de mantenimiento sean eficientes son necesarios:

- El control.
- La planeación del trabajo.
- La distribución correcta del elemento humano (mano de obra).

Para ejecutar lo anterior se hace una división de tres grandes tipos de mantenimiento:

- Mantenimiento correctivo: se efectúa cuando las fallas han ocurrido, su proximidad es evidente.
- Mantenimiento preventivo: se efectúa para prever las fallas con base en parámetros de diseño y condiciones de trabajo supuestas.
- Mantenimiento predictivo: prevé las fallas con base en observaciones que indican tendencias.

Muchas personas consideran a los dos últimos como uno, ya que la línea que los separa es muy sutil. A continuación se enfatiza más en los 3 tipos de mantenimiento.

#### **1.9.2.1. Costos de mantenimiento preventivo**

A principios del siglo se presentaron los primeros indicios de utilización de este mantenimiento, que por lo general su principal objetivo es detectar las fallas en su fase inicial y corregirlas en el momento oportuno. Se conoce como mantenimiento preventivo directo o periódico por cuanto sus actividades están controladas por el tiempo. Se basa en la confiabilidad de los equipos sin considerar las peculiaridades de una instalación dada. Ejemplos: limpieza, lubricación y recambios programados.

Tabla I. **Ventajas del Mantenimiento Preventivo**

ASPECTO	VENTAJA
Seguridad	Las obras e instalaciones sujetas a mantenimiento preventivo operan en mejores condiciones de seguridad.
Vida útil	Una instalación tiene una vida útil mucho mayor que la que tendría con un sistema de mantenimiento correctivo.
Costo de Reparaciones	Es posible reducir el costo de reparaciones si se utiliza el mantenimiento preventivo. Ya que al prever las fallas nos ahorramos recursos no planificados.
Inventarios	También es posible reducir el costo de los inventarios empleando el sistema de mantenimiento preventivo.
Carga de trabajo	La carga de trabajo para el personal de mantenimiento preventivo es más uniforme que en un sistema de mantenimiento correctivo.
Aplicabilidad	Mientras más complejas sean las instalaciones y más confiabilidad se requiera, mayor será la necesidad del mantenimiento preventivo.

Fuente: elaboración propia.

Evidentemente, ningún sistema puede anticiparse a las fallas que no avisan por algún medio o forma de predecir algún problema o desperfecto mecánico, sin embargo la implementación de un programa de mantenimiento preventivo, muchas veces es difícilmente aceptada debido a que inicialmente refleja una elevación de costos, por eso es de vital importancia tomar la decisión de cómo y dónde empezar.

Generalmente un sistema de mantenimiento preventivo se realiza en cuatro etapas, las cuales son: visitas, revisiones, lubricación periódica y limpieza de maquinaria, pero esto implica un costo que está relacionado directamente con el mantenimiento. El costo global de mantenimiento viene dado por lo siguiente:

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{CR}$$

CGM= costo global de mantenimiento

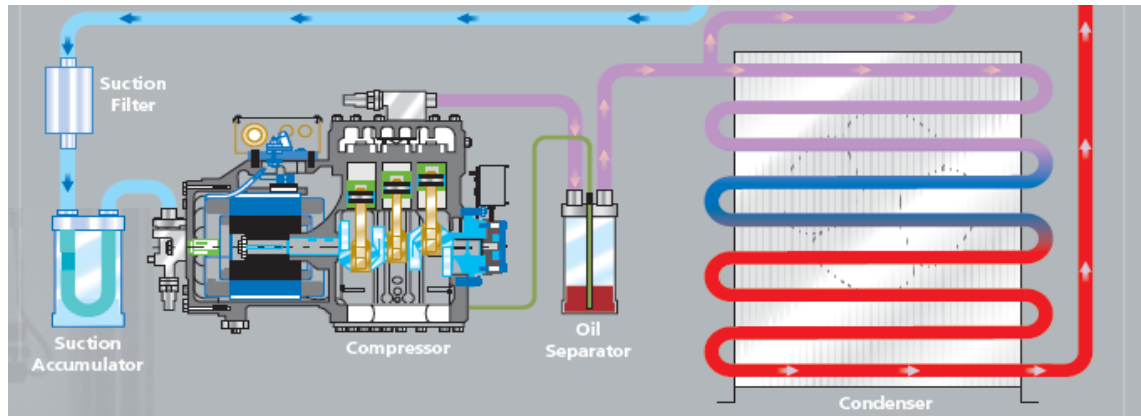
- Costo de intervenciones de mantención (CIM);
- Costo de fallas de mantención (CFM);
- Costo de almacenamiento de mantención (CAM);
- Costo de repuestos (CR).

Los costos que están relacionados con el mantenimiento preventivo son los costos de intervención de mantenimiento (CIM) y el costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM).

#### **1.9.2.1.1. Costo de evaluación del condensador**

El compresor tiene varias funciones importantes dentro de un sistema de refrigeración, como la de comprimir y elevar la presión de un gas en este caso un refrigerante, para que pueda ser realizado el trabajo de extraer el calor del cuarto refrigerado, en el caso del condensador este condensa el refrigerante convirtiendo de estado gaseoso a líquido.

Figura 2. **Condensador y compresor recíprocente**



Fuente: Heatcraf. Manual de ingeniería. p. 2.

- **Visitas:** son inspecciones o verificaciones que se ejecutan periódicamente, en este caso se hace una inspección visual del lugar de trabajo, no se desarma ningún elemento, se verifica el nivel de temperatura y se utiliza en lo menos posible métodos no destructivos.
- **Revisiones:** son intervenciones que se realizan en las máquinas para confirmar las anomalías localizadas durante la visita previa, revisamos el filtro de succión y acumulador de succión, es de vital importancia que el acumulador de succión atrape las partículas de refrigerante líquido porque causaría un enorme daño al compresor, se revisa el separador de aceite y el funcionamiento del condensador.

- Lubricación periódica: es una de las actividades más importantes en el mantenimiento preventivo. La vida útil del equipo depende en gran parte de una correcta lubricación pues un alto porcentaje de fallas son consecuencia de lubricación defectuosa.

La planificación de la lubricación parte de la información dada por el fabricante de los equipos en cuando la localización de puntos que necesitan lubricación, periodicidad de lubricación, cambio y limpieza, tipo de lubricante y viscosidad.

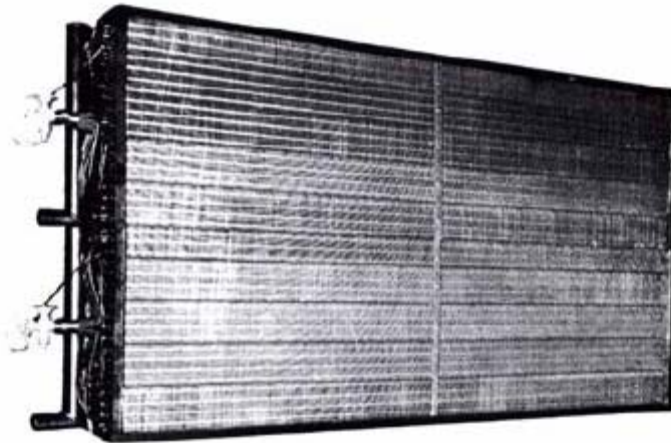
- Limpieza: son acciones que incluyen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento y prevención contra la corrosión, es de vital importancia que el condensador este en un ambiente abierto porque necesita expulsar el calor acumulado a la atmosfera.

#### **1.9.2.1.2. Costo de evaluación de evaporador**

Este dispositivo es donde el refrigerante cambia su estado líquido a gaseoso absorbiendo el calor del medio refrigerado. Para llevar a cabo la función, por lo general el evaporador esta arrollado en forma de serpentín donde circula el refrigerante, la velocidad que pueda llevar el refrigerante en el evaporador es esencial pues debe tener suficiente fuerza para vencer la fricción en las paredes del serpentín y así evitar que se adhiera una película de refrigerante y aceite lubricante ocasionando falla en las tuberías del serpentín.

El costo que interviene en la evaluación del evaporador viene dado por tres acciones las cuales nos indican cómo hacer un mantenimiento preventivo a un evaporador, estas son: Visitas, revisiones y limpieza.

Figura 3. **Evaporador**



Fuente: Copeland. Manual de refrigeración. p. 6.

- **Visita:** inspeccionamos el lugar de trabajo, verificamos que no exista alguna tubería rota o averiada y con una revisión visual nos aseguramos que el ciclo de descongelamiento este funcionando para evitar que dañe las aspas del ventilador si el descongelamiento es por aire.
- **Revisiones:** intervenimos la máquina para confirmar anomalías que se localizaron durante la visita previa, con una simple inspección nos aseguramos que el serpentín no esté dañado y que no exista fuga de refrigerante.
- **Limpieza:** es importante que en este tipo de maquinaria se realicen actividades de limpieza, conservación, señalización, acondicionamiento y prevención contra la corrosión. Otro aspecto a tomar muy en cuenta es el espacio libre que debe de tener el evaporador para realizar un buen funcionamiento.

### **1.9.2.1.3. Costo de evaluación para soldadura en tuberías**

La tubería es un dispositivo de conducción del fluido de trabajo, es la conexión entre los dispositivos que coordinados llevan a cabo el fenómeno de la refrigeración. La tubería puede ser:

- Blanda
- Liviana
- Pesada

La tubería blanda es un tubo de cobre que puede soportar presiones de hasta 120 psi. La tubería liviana es también un tubo de cobre que puede emplearse en presiones hasta de 400 psi. La tubería pesada tiene un diámetro de 2 ½" y soporta presiones de hasta 600 psi, por lo general esta tubería es de hierro negro y es usada en sistemas de refrigeración por amoníaco.

Entre las funciones que debe llevar a cabo un sistema de tuberías, se encuentran las siguientes:

- Proveer el flujo adecuado del refrigerante
- Evitar una excesiva caída de presión
- Evitar la entrada al compresor de refrigerante líquido
- Proveer el retorno al cárter del aceite lubricante

El diámetro de la tubería debe ser el adecuado a la función, a fin de evitar restricción del flujo de refrigerante. Tampoco debe tener una longitud innecesaria, ni cambios en la dirección u otras restricciones que puedan afectar adversamente el flujo.



El diámetro de la tubería, su longitud y accesorios no deben ocasionar una excesiva caída de presión, ya que esta representa una pérdida de energía. Las caídas de presión tanto en la línea de succión como en la línea de gas caliente, hacen necesario un aumento en la potencia del compresor haciéndolo trabajar más. Un exceso en la caída de presión en la línea de líquido, puede dar como resultado la formación del gas de vaporización súbita, antes de llegar a la válvula de expansión. Esta condición reducirá la capacidad del sistema y causara así mismo un funcionamiento errático.

El costo que interviene en el mantenimiento preventivo del sistema de tuberías esta dado por el costo de intervención de mantenimiento el cual se ve afectado por tres sub costos que son: mano de obra interna o externa

- Repuestos de bodega, o comprados para una intervención
- Material fungible requerido para la intervención

#### **1.9.2.2. Costos de mantenimiento correctivo**

La principal característica del mantenimiento correctivo es solucionar las fallas a medida que éstas se presentan. Este tipo de mantenimiento es aplicado en ocasiones en las cuales es muy difícil determinar cuando alguna máquina, herramienta o proceso va a fallar, Este mantenimiento se ve afectado por tres tipos de costos los cuales son:

- Costo de fallas de mantención (CFM)
- Costo de almacenamiento de mantención (CAM)
- Costo de repuestos (CR)

#### **1.9.2.2.1. Costo planificado**

Se sabe con anticipación qué es lo que debe hacerse, de modo que cuando se pare el equipo para efectuar la reparación, se disponga del personal, repuesto y documentos técnicos necesarios para realizarla correctamente.

A diferencia del no planificado, en este método los trabajos pueden ser programados para ser realizados en un futuro normalmente próximo y programar la detención del equipo, pero antes de hacerlo, vamos acumulando tareas a realizar sobre el mismo y programando su ejecución en dicha oportunidad, aprovechando para ejecutar toda tarea que no se podría hacer con el equipo en funcionamiento. Lógicamente, aprovecharemos horas en contra turno, períodos de baja demanda, fines de semana y períodos de vacaciones.

Los costo de almacenamiento y los costos de repuesto están relacionados directamente con el mantenimiento correctivo planificado, si planificamos el mantenimiento de algún equipo de refrigeración entonces tendremos que tener un costo en repuesto que también influye en un costo de almacenaje.

#### **1.9.2.2.2. Costo no planificado**

El costo del mantenimiento correctivo no planificado que más influye, es el costo de fallas de mantenimiento o de emergencia, que implica actuar lo más rápidamente posible con el objetivo de evitar daños materiales y/o humanos mayores. Debe efectuarse con urgencia ya sea por una avería imprevista a reparar lo más pronto posible o por una condición imperativa por satisfacer problemas de seguridad, de contaminación y de aplicación de normas legales.

Un ejemplo podría ser la detección de la fuga de gas que compromete a la gerencia a tomar la decisión de reparar la pérdida de gas, actuando ante una emergencia (generalmente la detección de un gas tóxico, implica la existencia de una concentración peligrosa en el aire ambiente, la cual es explosiva). Este sistema resulta aplicable en sistemas complejos, normalmente componentes electrónicos o en los que es imposible predecir las fallas y en los procesos que admiten ser interrumpidos en cualquier momento y durante cualquier tiempo, sin afectar la seguridad.

Los inconvenientes para equipos que ya cuentan con cierta antigüedad son las fallas que pueden sobrevenir en cualquier momento, muchas veces suceden en el momento menos oportuno, esto suele suceder cuando se necesita mayor capacidad de producción y se somete al equipo a un mayor esfuerzo.

Otro inconveniente de este sistema, es que debe invertirse en un inventario mínimo de seguridad importante, este inventario requiere una gestión de compra y entrega no compatible en tiempo, ya que en su mayoría los repuestos para equipos antiguos están descontinuados, partes importadas, desaparición del fabricante.

### **1.9.2.3. Mantenimiento predictivo**

Este tipo de mantenimiento se basa en predecir la falla antes que se produzca; se trata de conseguir adelantarse a la falla o el momento en que el equipo o elemento deja de trabajar en sus condiciones óptimas.

Para conseguir esto se utilizan herramientas y técnicas de monitoreo para parámetros estadísticos, tratando de extrapolar el comportamiento de esas piezas o componentes y determinar el punto exacto de cambio. El mantenimiento predictivo basado en la confiabilidad o la forma sistemática de como preservar el rendimiento requerido basándose en las características físicas, la forma como se utiliza, especialmente de cómo puede fallar y evaluando sus consecuencias para aplicar las tareas adecuadas de mantenimiento.

Detectar las fallas antes de que se desarrollen en una rotura u otras interferencias en producción, está basado en inspecciones, medidas y control del nivel de condición de los equipos.

En realidad, el mantenimiento predictivo permite decidir cuándo hacer el mantenimiento preventivo. En algunos casos, arrojan indicios evidentes de una futura falla, indicios que pueden advertirse simplemente. En otros casos, es posible advertir la tendencia a entrar en falla de un equipo y/o maquinaria mediante el monitoreo de condición, es decir, mediante la elección, medición y seguimiento de algunos parámetros relevantes que representan el buen funcionamiento del equipo en análisis. Hay que aclarar que muchas veces, las fallas no están vinculadas con la edad del elemento o elementos analizados. En otras palabras, con este método, se trata de acompañar o seguir, la evolución de las futuras fallas.

Los aparatos e instrumentos que se utilizan son de naturaleza variada y pueden encontrarse incorporados en los equipos de control de procesos, a través de equipos de captura de datos o mediante la operación manual de instrumental específico.

Actualmente, existen aparatos de medición sumamente precisos, que permiten analizar ruidos y vibraciones, aceites aislantes o espesores de chapa, mediante las aplicaciones de la electrónica en equipos de ultrasonidos, cromatografía líquida y gaseosa.

#### **1.9.2.3.1. Costo de evaluación por termografía Infrarroja**

La termografía infrarroja es una técnica que permite a distancia y sin ningún contacto medir y visualizar temperaturas de superficie con precisión.

La gran mayoría de los problemas y averías en el entorno industrial, ya sea de tipo mecánico, eléctrico y de fabricación. Están precedidos por cambios de temperatura que pueden ser detectados mediante la monitorización de temperatura con sistema de Termovisión por Infrarrojos. La implementación de programas de inspecciones termográficas en instalaciones, maquinaria y cuadros eléctricos, permite minimizar el riesgo de un falla en equipos y sus consecuencias.

El análisis mediante termografía infrarroja debe complementarse con otras técnicas y sistemas de ensayo conocidos, como pueden ser el análisis de aceites lubricantes, el análisis de vibraciones, los ultrasonidos pasivos y el análisis predictivo en motores eléctricos. Pueden añadirse los ensayos no destructivos clásicos.

### 1.9.3 Resumen de costos para mantenimiento

Como encargados de la administración del mantenimiento una de las principales tareas será minimizar los costos de mantenimiento. Es entonces muy importante analizar cuáles son sus componentes.

- Costo global de mantención (CGM): es la suma de cuatro componentes
- Costo de intervenciones de mantención (CIM)
- Costo de fallas de mantención (CFM)
- Costo de almacenamiento de mantención (CAM)
- Costo de repuestos (CR)

$$\text{CGM} = \text{CIM} + \text{CFM} + \text{CAM} + \text{CR}.$$

- Costo de intervenciones de mantención (CIM)

El CIM incluye los gastos relacionados con la mantención preventiva y correctiva. No incluye gastos de inversión, ni aquellas relacionadas directamente con la producción.

El CIM puede ser descompuesto en:

- Mano de obra interna o externa
- Repuestos de bodega, o comprados para una intervención
- Material fungible requerido para la intervención
- Amortización de equipos y herramientas

- Costo de fallas de mantenimiento (CFM)

Estos costos corresponden a las pérdidas de margen de explotación debidas a un problema de mantención que haya producido una reducción en la tasa de producción de productos en buen estado. La pérdida de margen de explotación puede incluir aumento de los costos de explotación o una pérdida de negocios.

El interés de poner en relieve los costos de falla por función y de no reagruparlos bajo el centro de costos de mantención es de poder sensibilizar al conjunto de responsables de las funciones concernientes a los sobre-costos generados y de permitirles tomar medidas correctivas eficaces.

Para evaluar el CFM es necesario tomar 3 casos:

- El volumen de producción programado puede ser alcanzado
- El volumen de producción programado no puede ser alcanzado dado que la planta opera 24 horas al día los 365 días del año
- La producción, siendo de menor calidad, es degradada

En el primer caso, el costo de falla de mantención corresponde a los gastos necesarios para re atrapar la producción perdida. Estos gastos son esencialmente:

- La energía necesaria para la producción
- Las materias primas
- Los fungibles
- Los gastos de servicios tales como calidad, compras y mantención

Si la producción programada no puede ser alcanzada, el costo de falla de mantención corresponde a la pérdida de ingresos menos el costo de las materias primas y productos consumibles que no fueron utilizados durante la parada.

Si la producción ha perdido calidad y su precio es menor que el nominal, la falla de mantención corresponde a la pérdida de ingresos asociada.

- Costo de almacenamiento de mantenimiento (CAM)

Este costo representa los gastos incurridos en financiar y manejar el stock de piezas de recambio e insumos necesarios para la función de mantención que incluye:

- El interés financiero del capital inmovilizado por el stock
- Los gastos en mano de obra dedicada a la gestión y manejo del stock
- Los costos de explotación de edificios
- Amortización de sistemas adjuntos
- Gastos de seguro por el stock
- La depreciación comercial de repuestos

Es importante no considerar los salarios del personal de bodega en el costo de intervención de mantenimiento y sí hacerlo en el costo de almacenamiento de mantenimiento.



- Costo de repuestos (CR)

A fin de realizar un análisis técnico-económico inteligente es necesario distinguir el costo técnico del costo contable:

- El costo técnico corresponde al valor de compra de la pieza al día de su utilización. Al utilizar en el análisis.
- El costo contable corresponde al valor utilizado para valorizar el inventario contable. Por razones financieras este precio puede ser reducido por depreciación.

No se trata de hacer contabilidad, sino a realizar análisis técnico-económicos que permitan reducir el costo global de mantención.

#### **1.9.4. Costo de producción**

Los costos de producción (también llamados costos de operación) son los gastos necesarios para mantener un proyecto, línea de procesamiento o un equipo en funcionamiento. En una compañía estándar, la diferencia entre el ingreso (por ventas y otras entradas) y el costo de producción indica el beneficio bruto.

Esto significa que el destino económico de una empresa está asociado con: el ingreso (por ej. Los bienes vendidos en el mercado y el precio obtenido) y el costo de producción de los bienes vendidos. Mientras que el ingreso, particularmente el ingreso por ventas, está asociado al sector de comercialización de la empresa, el costo de producción está estrechamente relacionado con el sector tecnológico.

El costo de producción tiene dos características opuestas, que algunas veces no están bien entendidas en los países en vías de desarrollo. La primera es que para producir bienes uno debe gastar, esto significa generar un costo, la segunda característica es que los costos deberían ser mantenidos tan bajos como sea posible y eliminar los innecesarios. Esto no significa el corte o la eliminación de los costos indiscriminadamente.

Por ejemplo, no tiene sentido que no se posea un programa correcto de mantenimiento de equipos, simplemente para evitar los costos de mantenimiento. Sería más recomendable tener un esquema de mantenimiento aceptable el cual, eliminaría, quizás, el 80-90% de los riesgos de roturas, igualmente no es aconsejable la compra de materias primas de calidad marginal para reducir el costo del producto. La acción correcta sería tener un esquema adecuado de compra de materia prima según los requerimientos del mercado y los costos.

#### **1.9.4.1. Costo de materia prima**

Podríamos definir como costos de materia prima a todos aquellos elementos físicos susceptibles de almacenamiento ó stock. Contablemente se ubicará dentro del rubro de bienes de cambio y su naturaleza podrá variar según el elemento a producir, pero es el único elemento del costo de fabricación que es variable.

Para mantener una inversión en existencias debidamente equilibrada, se requiere una labor de planeación y control. Un inventario excesivo ocasiona mayores costos incluyendo pérdidas debidas a deterioros, espacio de almacenamiento adicional y el costo de oportunidad del capital. La escasez de existencias produce interrupciones en la producción, excesivos costos de preparación de máquinas y elevadas costos de procesamiento de facturas y pedidos.

En su recorrido por la empresa, la materia prima presenta diversas etapas.

- **Compra:** el volumen ideal de compra estará determinado por el lote óptimo que será el punto donde se igualan los costos de pedido con los de tenencia. Este punto puede encontrarse a través de diversos métodos pero el más utilizado es el que analiza la cantidad de pedidos mensuales y el costo de pedidos de emisión.
- **Recepción:** circuito administrativo de la empresa que implica, entre otras cosas, el control de calidad y requerirá de formularios internos como las facturas, remitos y recibos. Es fundamental considerar que la recepción de la mercadería no implica una deuda para la empresa sino hasta la recepción de la factura, de lo contrario deberá registrarse una provisión por compra de materia prima que se cancelará cuando se registre la deuda. La materia prima ingresa al stock al precio de adquisición con todas las erogaciones necesarias para su compra y manipulación anteriores al ingreso a la empresa, siempre y cuando pueda identificarse con una partida en particular.

- Almacenamiento: será la acción de colocar la materia prima en un lugar físico para su control y mantenimiento del stock. Su control podrá realizarse a través de diversos métodos siendo el más aconsejable la ficha de inventario permanente con verificaciones periódicas que permitan su control.
- Entregas: implican el traslado de la materia prima del almacén a la línea de producción para la fabricación de un producto.
- Devoluciones: constituyen en ingreso a almacenes de la materia prima no utilizada en la línea de producción. Esta mercadería puede ingresar en el mismo estado en el que se la entregó ó con alguna deficiencia en virtud de la cual deberá registrarse independientemente de la materia prima en buenas condiciones.

#### **1.9.4.2. Costo de mano de obra**

El costo de mano de obra se define como el pago al esfuerzo humano para transformar la materia prima en producto terminado. El costo de mano de obra directa se puede describir como la remuneración que se hace o se paga a los trabajadores que intervienen directamente en la transformación de la materia prima. Mientras que el costo de mano de obra indirecta son los pagos que se hacen a los trabajadores que hacen actividades que no tienen relación directa con el producto.

### **1.9.4.3. Costo de fabricación**

Son todos aquellos costos que se acumulan de los materiales y la mano de obra indirectos mas todos los incurridos en la producción pero que en el momento de obtener el costo del producto terminado no son fácilmente identificables de forma directa con el mismo.

Los costos indirectos de fabricación puede subdividirse según el objeto de gasto en tres categorías:

- materiales indirectos
- mano de obra indirecta
- costos indirectos generales de fabricación.

Además de los materiales indirectos y la mano de obra indirecta, las cargas fabriles incluyen el costo de la adquisición y mantenimiento de las instalaciones para la producción y varios otros costos de fábrica. Incluidos dentro de esta categoría tenemos la depreciación de la planta y la amortización de las instalaciones, la renta, calefacción, luz, fuerza motriz, impuestos inmobiliarios, seguros, teléfonos y viajes.

### **1.9.5. Productividad**

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

Productividad en términos de empleados es sinónimo de rendimiento. En un enfoque sistemático decimos que algo o alguien es productivo con una cantidad de recursos (insumos) en un periodo de tiempo dado se obtiene el máximo de productos.

La productividad en las máquinas y equipos está dada como parte de sus características técnicas. No así con el recurso humano o los trabajadores, se debe considerar factores que influyen. Además de la relación de cantidad producida por recursos utilizados, en la productividad entran a juego otros aspectos muy importantes como la calidad.

Productividad = Salida/ Entradas

Entradas: mano de obra, materia prima, maquinaria, energía eléctrica, capital.

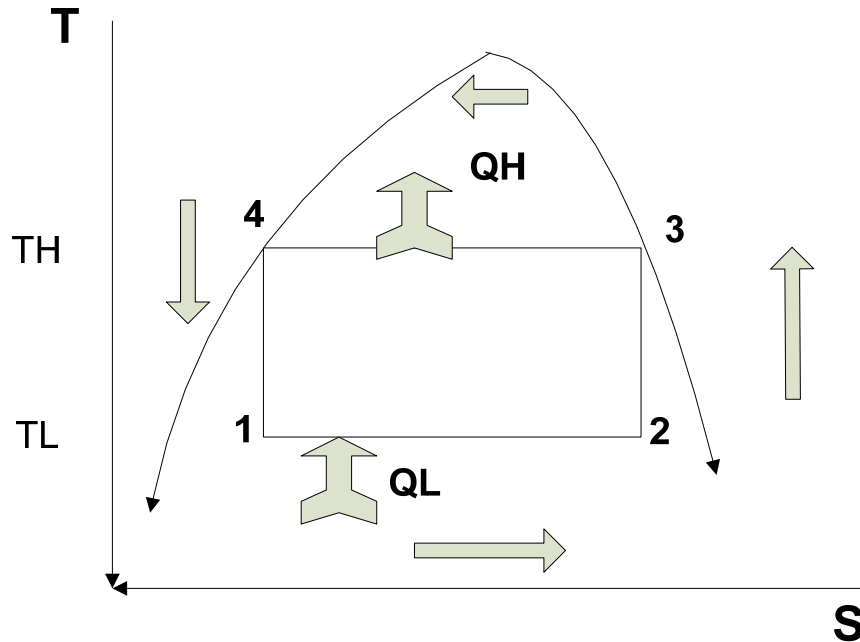
Salidas: productos.

### **1.9.6. Ciclos de refrigeración**

Conocemos por refrigeración a la transferencia de calor de una región o cuerpo, de temperatura inferior hacia una temperatura superior. Los dispositivos que producen refrigeración se llaman refrigeradores y los ciclos en los que operan se denominan ciclos de refrigeración de compresión de vapor, donde el refrigerante se evapora y condensa alternadamente, para luego comprimirse en la fase de vapor. Otro ciclo de refrigeración bien conocido es el ciclo de refrigeración de gas en el que el refrigerante permanece todo el tiempo en la fase gaseosa. Otro ciclo de refrigeración bien conocido es el ciclo de refrigeración en cascada.

- Ciclo invertido de carnot: el ciclo de carnot es totalmente reversible y se compone de dos procesos isotérmicos reversibles y de dos procesos isoentrópicos, tiene la máxima eficiencia térmica para determinar los límites de temperatura y sirve como un estándar contra el cual los ciclos de potencia reales se comparan, los cuatro procesos que comprenden el ciclo de carnot pueden invertirse, pero al hacerlo también se invertirán las direcciones de todas las interacciones térmicas y de trabajo. A lo que da como resultado un ciclo que opera en dirección contraria a las manecillas del reloj y se llama ciclo invertido de carnot.

Figura 4. Diagrama T-S ciclo invertido de carnot



Fuente: Yunus A. Cengel. Termodinámica. p. 550.

- Proceso 1-2: el refrigerante absorbe calor isotérmicamente de una fuente de baja temperatura a  $T_L$  en la cantidad  $Q_L$ .
- Proceso 2-3: se comprime isotérmicamente, la temperatura aumenta hasta  $T_H$ .
- Proceso 3-4: rechaza calor isotérmicamente en un sumidero de alta temperatura a  $T_H$  en la cantidad de  $Q_H$ . El refrigerante cambia de un estado de vapor saturado a un estado de líquido saturado en el condensador.
- Proceso 4-1: se expande isoentrópicamente.





## **2. DISEÑO DE CONTROLES PARA LA PRODUCCION**

### **2.1. Materia prima**

Uno de los crustáceos que ha sido muy exitoso en su manejo en condiciones controladas es el camarón peneido y la especie más cultivada en el mundo en la actualidad es el *Litopenaeus vannamei*. La primera reproducción artificial de esta especie se logró en Florida en el año de 1973 a partir de nauplios procedentes de una hembra ovada silvestre capturada en la costa de Panamá. Tras los resultados positivos obtenidos en estanques y el descubrimiento de la ablación unilateral y la nutrición adecuada para promover la maduración, el cultivo comercial de *litopenaeus vannamei* se inició en Centro y Sudamérica, Estados Unidos, México y Asia en la década de 1980.

Desde ese momento, el cultivo comercial de esta especie en América Latina mostró una tendencia de rápido crecimiento (con picos cada 3 ó 4 años, en los años cálidos y húmedos de presencia de “El Niño”), y declives coincidentes con la irrupción de enfermedades durante los años fríos de presencia de “La Niña”. A pesar de estos problemas, la producción de *P. vannamei* en el continente americano ha continuado incrementándose. Después de su declive en 1998 en que se alcanzó un volumen pico de 193 000 toneladas, descendiendo a 143 000 toneladas en 2000, la producción volvió a aumentar a 270 000 toneladas en 2004.

Figura 5. **Camarón *litopenaeus vannamei***



Fuente: finca Mar Azul Retalhuleu.

Los principales países productores de *Penaeus vannamei* se muestran en la figura 6, mientras que la lista completa de países incluye: China, Tailandia, Indonesia, Brasil, Ecuador, México, Venezuela, Honduras, Guatemala, Nicaragua, Belice, Malasia, Taiwán, Islas del Pacífico, Perú, Colombia, Costa Rica, Panamá, El Salvador, Estados Unidos de América, India, Filipinas, Camboya, Surinam, Jamaica, Cuba, República Dominicana y Bahamas.

Figura 6. Principales países productores de *Penaeus vannamei*



Fuente: [www.fao.org](http://www.fao.org)

El camarón *vannamei* es nativo de la costa del Océano Pacífico, desde Sonora, México al Norte, hacia Centro y Sudamérica hasta Tumbes en Perú, en aguas cuya temperatura es normalmente superior a 20 °C durante todo el año, el *Penaeus Vannamei* se encuentra en hábitats marinos tropicales. Los adultos viven y se reproducen en mar abierto, mientras que la postlarva migra a las costas a pasar la etapa juvenil, la etapa adolescente y pre adulta en estuarios, lagunas costeras y manglares. Los machos maduran a partir de los 20 g y las hembras a partir de los 28 g en una edad de entre 6 y 7 meses. Cuando el *Vannamei* pesa entre 30 y 45 g libera entre 100 000 y 250 000 huevos de aproximadamente 0,22 mm de diámetro.

La incubación ocurre aproximadamente 16 horas después del desove y la fertilización. En la primera etapa, la larva, denominada nauplio, nada intermitentemente y es fototáctica positiva.

Los nauplios no requieren alimentación, sino que se nutren de su reserva embrionaria, las siguientes etapas larvarias (protozoa, mysis y postlarva temprana respectivamente) continúan siendo planctónicas por algún tiempo, se alimentan del fitoplancton y del zooplancton, y son transportados a la costa por las corrientes mareales. Las postlarvas (PL) cambian sus hábitos planctónicos unos 5 días después de su metamorfosis a PL, se trasladan a la costa y empiezan a alimentarse de detritos bénticos, gusanos y crustáceos.

Tabla II. **Etapas larvarias de penaeus vannamei**

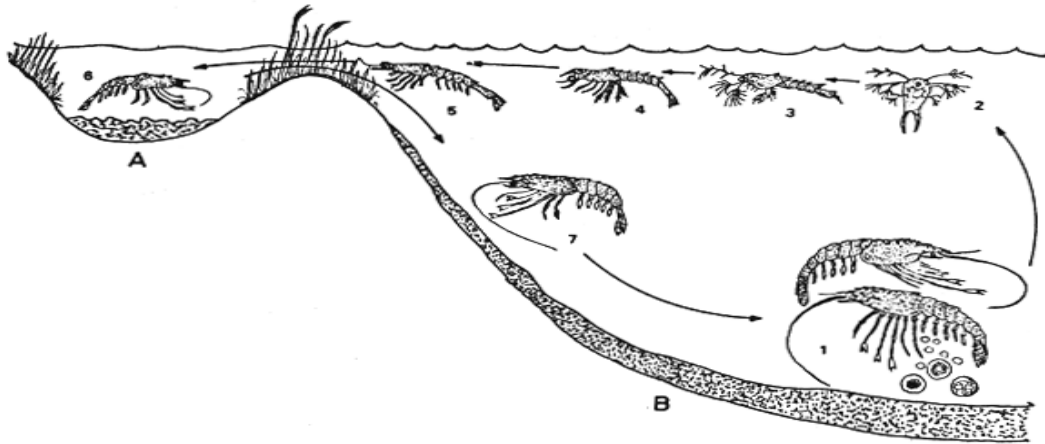
ESTADIO	ALIMENTACION PRINCIPAL	COMPORTAMIENTO
Huevo	-	Flota, tendencia a depositarse en el fondo
Nauplius	Sus propias reservas	Locomoción por antenas, planctónicas
Protozoa	Fitoplancton	Planctónicas, natación por apéndices cefálicos
Mysis	Zooplancton	Planctónicas, natación por apéndices del tórax
Postlarvas	Zooplancton y posteriormente alimentación omnívora	Los primeros estadios son planctónicos, luego de hábitos bentónicos, natación por pleópodos

Fuente: Boschi. Manual acuicultor. p. 169.

El Ciclo vital de un camarón peneido típico es:

- Maduración y reproducción
- Nauplii
- Protozoas
- Mysis
- Postlarvas
- Juveniles
- Adultos

Figura 7. **Ciclo vital del camarón peneido típico**

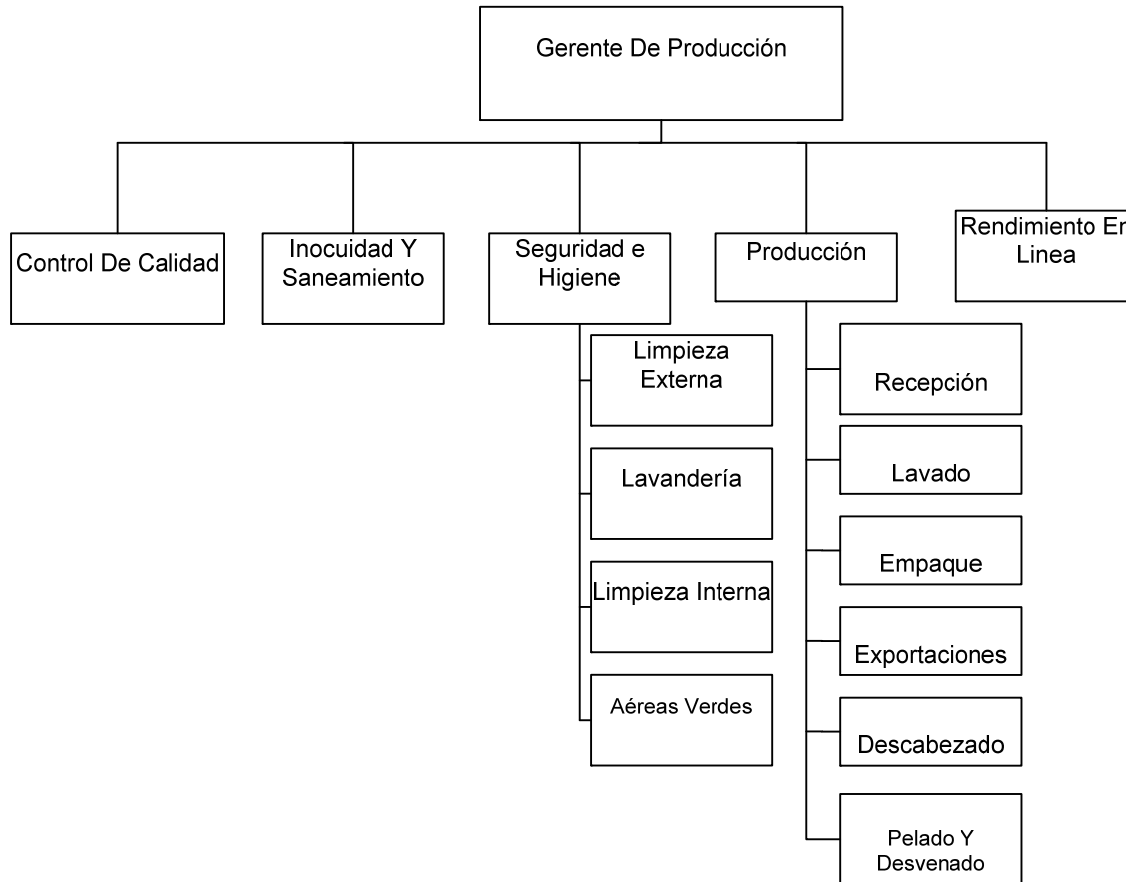


Fuente: Boschi. Manual acuicultor. p. 47.

## 2.2. Departamento de producción

En el departamento de producción se organiza las tareas a realizar para asegurar que el proceso del producto cumpla las normas establecidas, para garantizar que el producto cuente con la más alta calidad, para lograrlo está organizado de la siguiente manera.

Figura 8. **Organigrama del departamento de producción**



Fuente: Finca Mar Azul. Manual de procesosl. p. 2.

### 2.3. **Funciones del departamento de producción**

El departamento de producción, cuenta con cinco sub departamentos en los cuales se elabora la transformación del producto en este caso camarón, todos los sub departamentos tienen designados una tarea en específico que contribuye a que el proceso y funcionamiento de la empresa sea el mejor.

- Control de calidad: este sub departamento es el responsable de asegurar que el producto terminado haya cumplido con las normas establecidas desde la recepción del producto hasta la exportación.
- Inocuidad y saneamiento: sub departamento encargado de vigilar y controlar por medio de análisis de laboratorio, que el producto se trabaje dentro de los parámetros de tiempo y temperatura para asegurar que el producto sea confiable y sano.
- Seguridad e higiene: en este sub departamento se controla para que el proceso sea sin ningún riesgo, tanto para los colaboradores como para el producto, evitando contaminación cruzada por malos procedimientos y se encarga de velar por la limpieza externa e interna previniendo y eliminando posibles brotes de plagas.
- Producción: sub departamento que se encarga de procesar la materia prima, desde el ingreso hasta que el producto esté listo para la exportación respetando las normas y estándares calidad propuestos por la empresa.
- Rendimiento en línea: este sub departamento es el encargado de velar por el rendimiento del producto en la línea de producción, evitando pérdida de materia prima por malos procedimiento o por negligencia de los trabajadores.



## **2.4. Diagrama de procesos**

Esta herramienta analítica se emplea para representar gráficamente los pasos que se siguen en una secuencia de actividades que forman un proceso, en nuestro estudio es el procesamiento de camarón en distintas presentaciones, donde representamos a través de símbolos de acuerdo con la naturaleza de la actividad, además podemos incluir toda la información que se considere necesaria para el análisis, tal como distancia y tiempo requerido.

### **2.4.1 Flujograma de operaciones**

Las operaciones de un proceso, se pueden ordenar en un diagrama que se conoce como flujograma de operaciones, este diagrama tiene el objetivo de facilitar y ordenar las actividades en un proceso. El proceso de empaçado de camarón requiere de un especial cuidado en los parámetros de temperatura por lo que se presenta la siguiente tabla con las actividades en el proceso de recepción, lavado, seleccionado, clasificado, empaçado y congelación

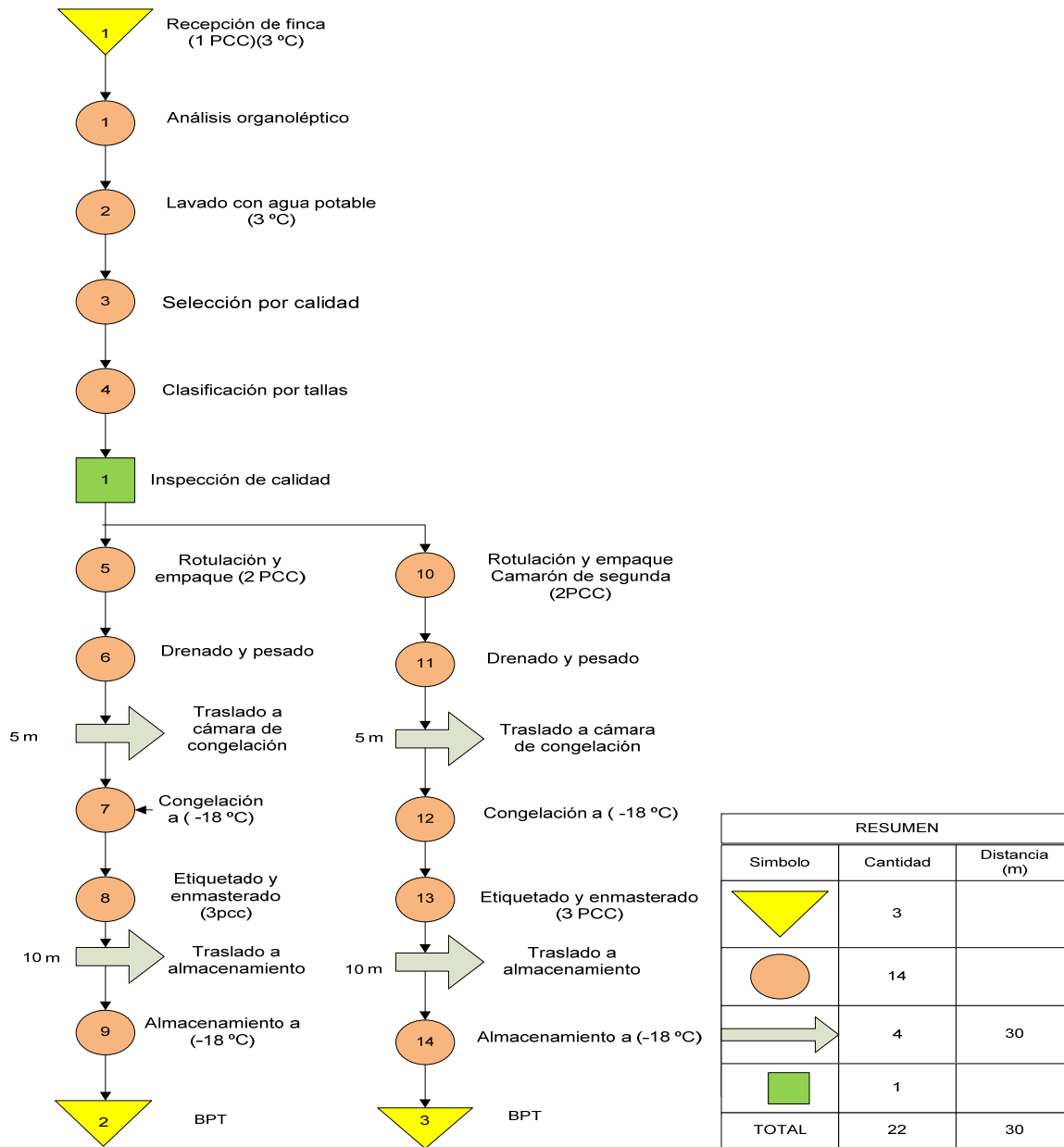
Tabla III. Descripción del producto

DESCRIPCION DEL PRODUCTO	
Producto Terminado  Nombre Del Producto	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Camarón entero fresco crudo congelado; tratado con metabisulfito de sodio, en forma de bloque (Head-on)</li> <li>2. Colas frescas de camarón cruda congeladas, en forma de bloque (Shell-on)</li> <li>3. Colas peladas frescas de camarón cruda congeladas (con o sin colita), en forma de bloque (PUD T-ON U T-OFF)</li> <li>4. Colas peladas y desvenadas con cuchilla de camarón crudas congeladas en bloques con o sin colillas (P&amp;D T-ON UT-OFF)</li> <li>5. Colas peladas y desvenadas con palillo de camarón crudas congeladas en bloque (PPV).</li> </ol>
Características importantes del producto terminado	El producto debe de mantenerse a temperaturas de -18 °C .
Materia prima	Camarón cultivado en granjas camaroneras de especie: <i>Litopenaeus vannamei</i> .
Proceso	Recepción, lavado, selección, clasificación, empaque individual, congelamiento, empaque final, almacenamiento y despacho en contenedores de camarón entero(head-on), cola (shell-on), pelado sin desvenar (PUD), pelado y desvenado (P&D) y (PPV)
Empacado	Empacado primario: Cajas de 2 kilos, 4 y 5 libras. Empacado secundario: 20 kilos, 40 y 50 libras.
Embarque	El producto empacado es transportado de la planta a: <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Puerto Santo Tomas, en Puerto Barrios (Océano pacifico)</li> <li>2. Puerto Quetzal en Escuintla (océano pacifico)</li> <li>3. Aduana Tecún (frontera México)</li> <li>4. A frigoríficos nacionales. Todos son transportados en contenedores con sistema de congelación incorporado (-18 °C), estos son embarcados en buques mercantes que los transportan hacia EEUU y Europa y por vía terrestre al vecino país.</li> </ol>
Preservantes	Se utiliza Metabisulfito de sodio en camarón entero, respetando los límites máximos residuales requeridos por los mercados internacionales, para pelado se utiliza Tripolito fosfato de sodio, a solicitud del comprador.
Tiempo de vida	Dos años, siempre que se mantenga a temperatura de -18 °C temperatura constante
Instrucciones en la Etiqueta	Manténgase en congelación a -18 °C, una vez descongelado no volver a congelar. Aditivos: metabisulfito de sodio.
Forma de uso del producto alimenticio	Descongelar y cocinar antes de consumir.
Destino final	A empresas extranjeras (mayoristas y minoristas) y en el mercado nacional.
Consumidor final	Público en general.

Fuente: elaboración propia.

Figura 9. Flujograma de operaciones empaqueo de camarón Head-on

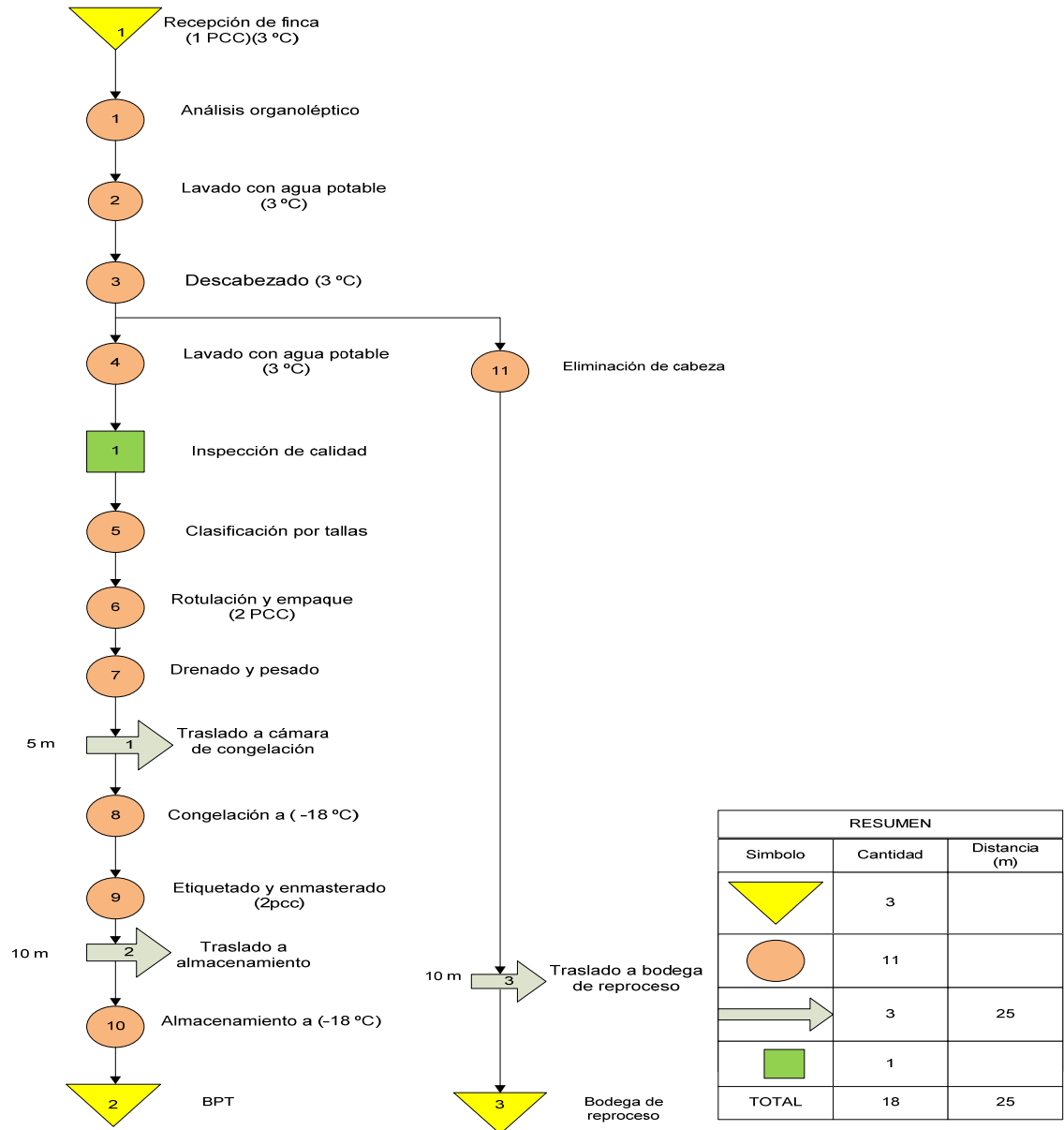
<b>Nombre de la empresa:</b> Finca Mar Azul S.A.		No. Página: 1/1
<b>Nombre del proceso:</b> Empacado de camarón entero fresco crudo congelado (Head-on)		
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Lester Cabrera	<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2010
<b>Inicia en:</b> Bodega de recepción		<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado



Fuente: elaboración propia.

Figura 10. **Flujograma de operaciones empaque de colas (Shell-on)**

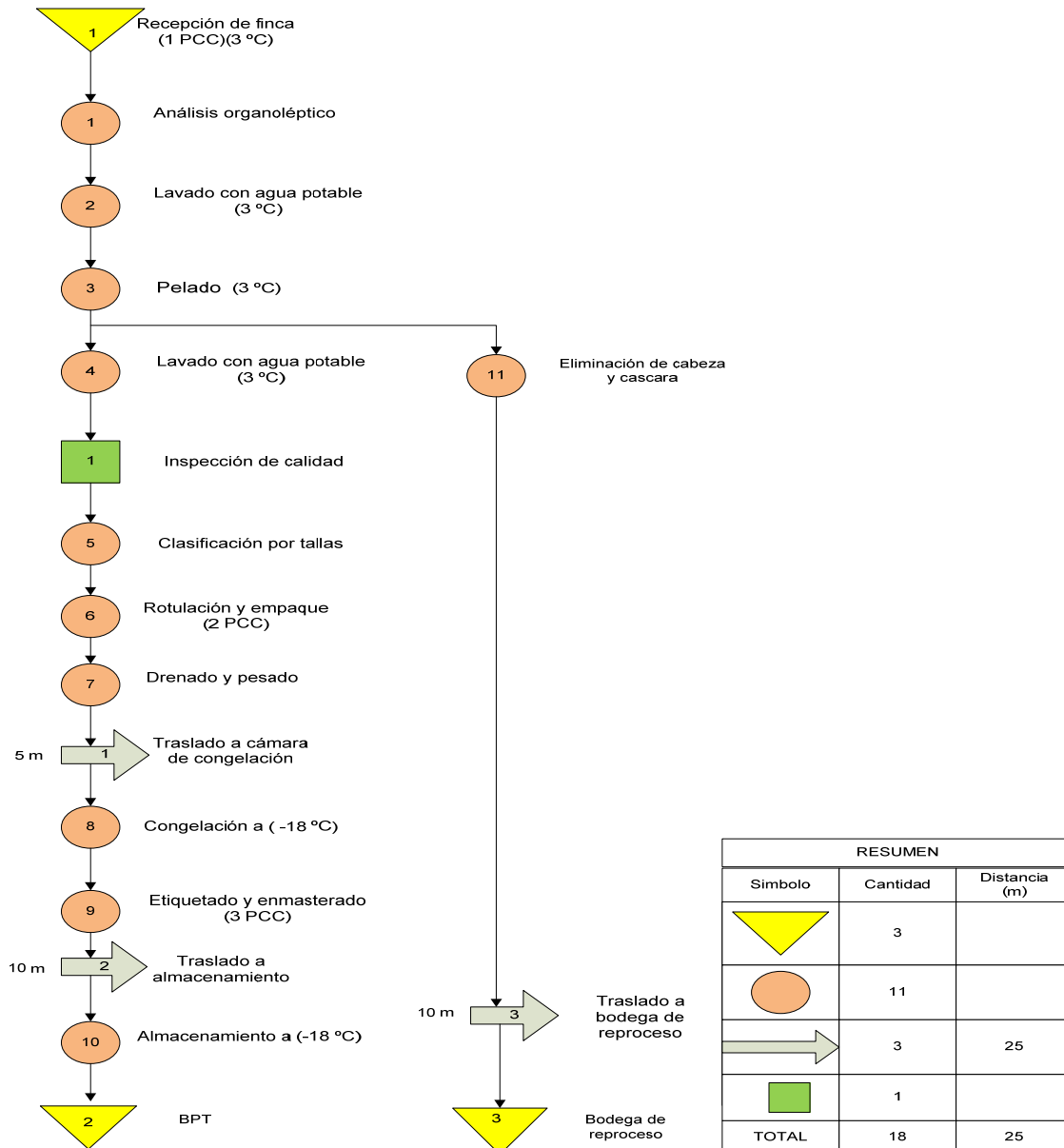
<b>Nombre de la empresa:</b> Finca Mar Azul S.A.		<b>No. Página:</b> 1/1
<b>Nombre del proceso:</b> Empacado de camarón en cola crudo congelado en block (Shell-on)		
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Lester Cabrera	<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2010
<b>Inicia en:</b> Bodega de recepción	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado	



Fuente: elaboración propia.


Figura 11. **Flujograma de operaciones empacado (PUD T-ON U T-OFF)**

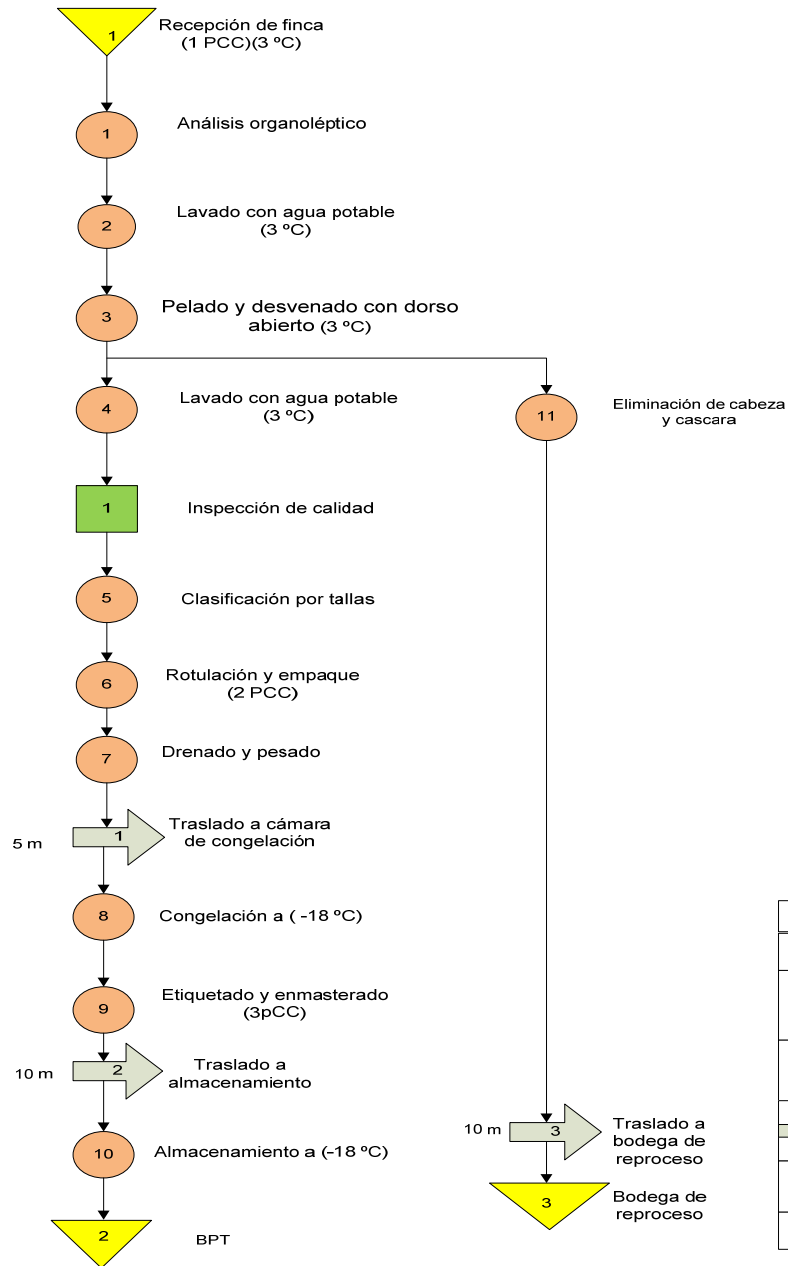
<b>Nombre de la empresa:</b> Finca Mar Azul S.A.		<b>No. Página:</b> 1/1
<b>Nombre del proceso:</b> Empacado de camarón en cola Pud crudo congelado en block (PUD T-ON U T-OFF)		
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Lester Cabrera	<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2010
<b>Inicia en:</b> Bodega de recepción		<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado







Fuente: elaboración propia.

Figura 12. **Flujograma de operaciones empacado (P&D T-ON U T-OFF)**

<b>Nombre de la empresa:</b> Finca Mar Azul S.A.		<b>No. Página:</b> 1/1
<b>Nombre del proceso:</b> Empacado de camarón en cola P&D crudo congelado en block (P&D T-ON U T-OFF)		
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Lester Cabrera	<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2010
<b>Inicia en:</b> Bodega de recepción	<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado	

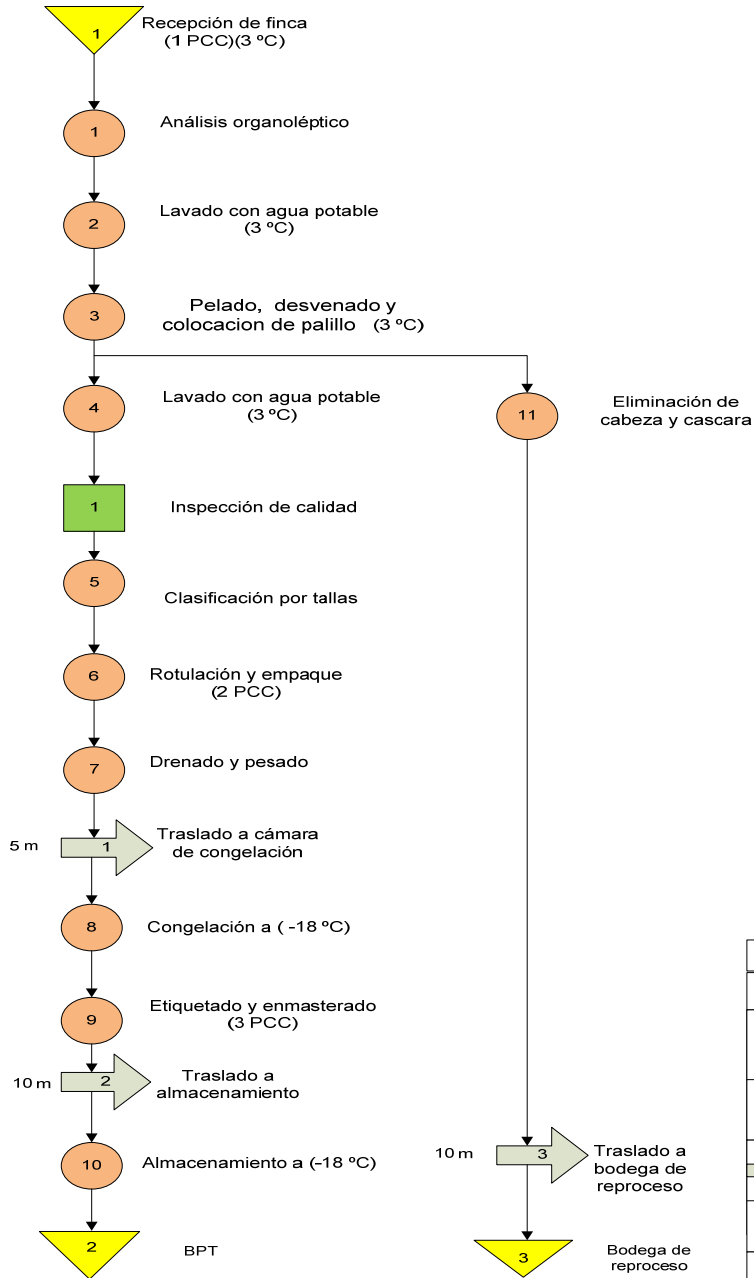


RESUMEN		
Simbolo	Cantidad	Distancia (m)
	3	
	11	
	3	25
	1	
TOTAL	18	25

Fuente: elaboración propia.

**Figura 13. Flujograma de operaciones empacado (PPV)**

<b>Nombre de la empresa:</b> Finca Mar Azul S.A.		<b>No. Página:</b> 1/1
<b>Nombre del proceso:</b> Empacado de camarón en cola PPV crudo congelado con palillo en block (PPV)		
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Lester Cabrera	<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2010
<b>Inicia en:</b> Bodega de recepción		<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado




RESUMEN		
Simbolo	Cantidad	Distancia (m)
	3	
	11	
	3	25
	1	
TOTAL	18	25

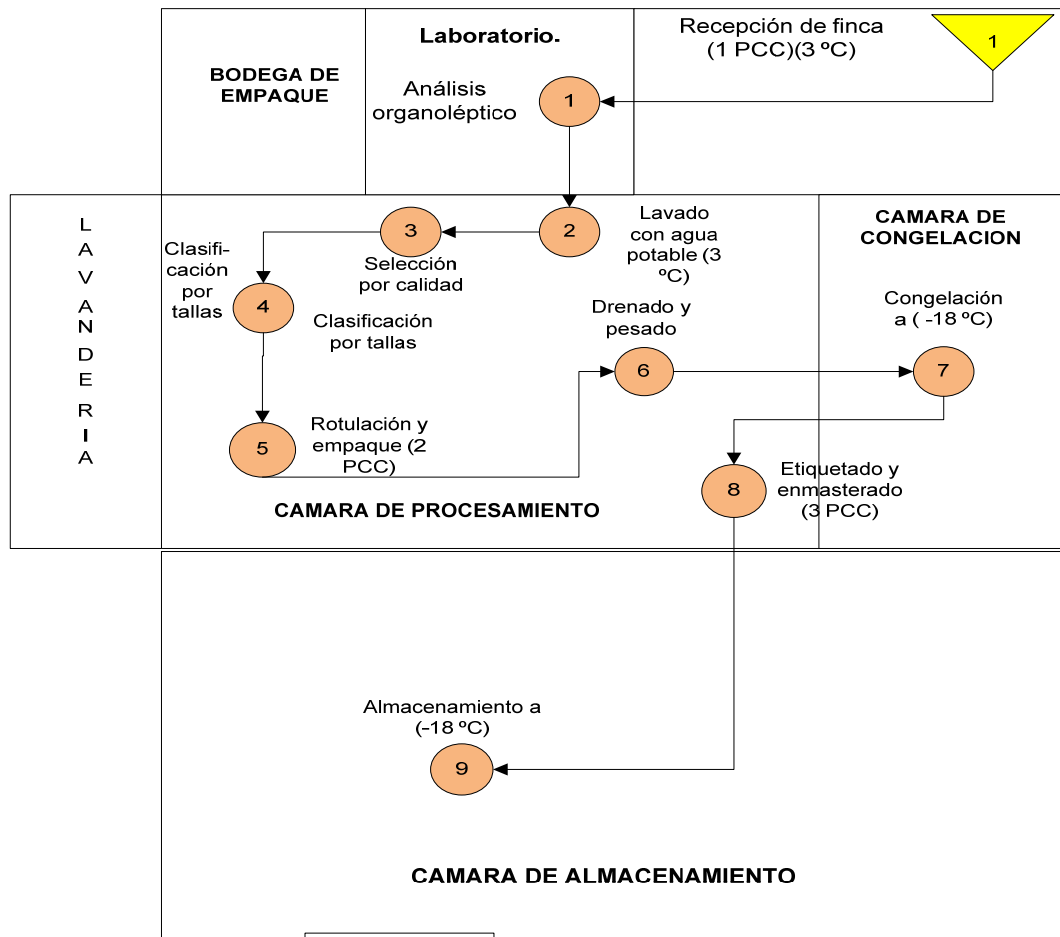
Fuente: elaboración propia.

## 2.4.2. Diagrama de recorrido

El proceso de transformación que requiere la materia prima en la actualidad esta de la siguiente manera.

**Figura 14. Diagrama de recorrido para el empaqueo de camaron Head-on**


<b>Nombre de la empresa:</b> Finca Mar Azul S.A.		<b>No. Página:</b> 1/1	
<b>Nombre del proceso:</b> Empacado de camarón entero fresco crudo congelado (Head-on)			
<b>Situación:</b> Actual	<b>Realizado por:</b> Lester Cabrera	<b>Fecha de realización:</b> Febrero de 2010	
<b>Inicia en:</b> Bodega de recepción		<b>Termina en:</b> Bodega de producto terminado	

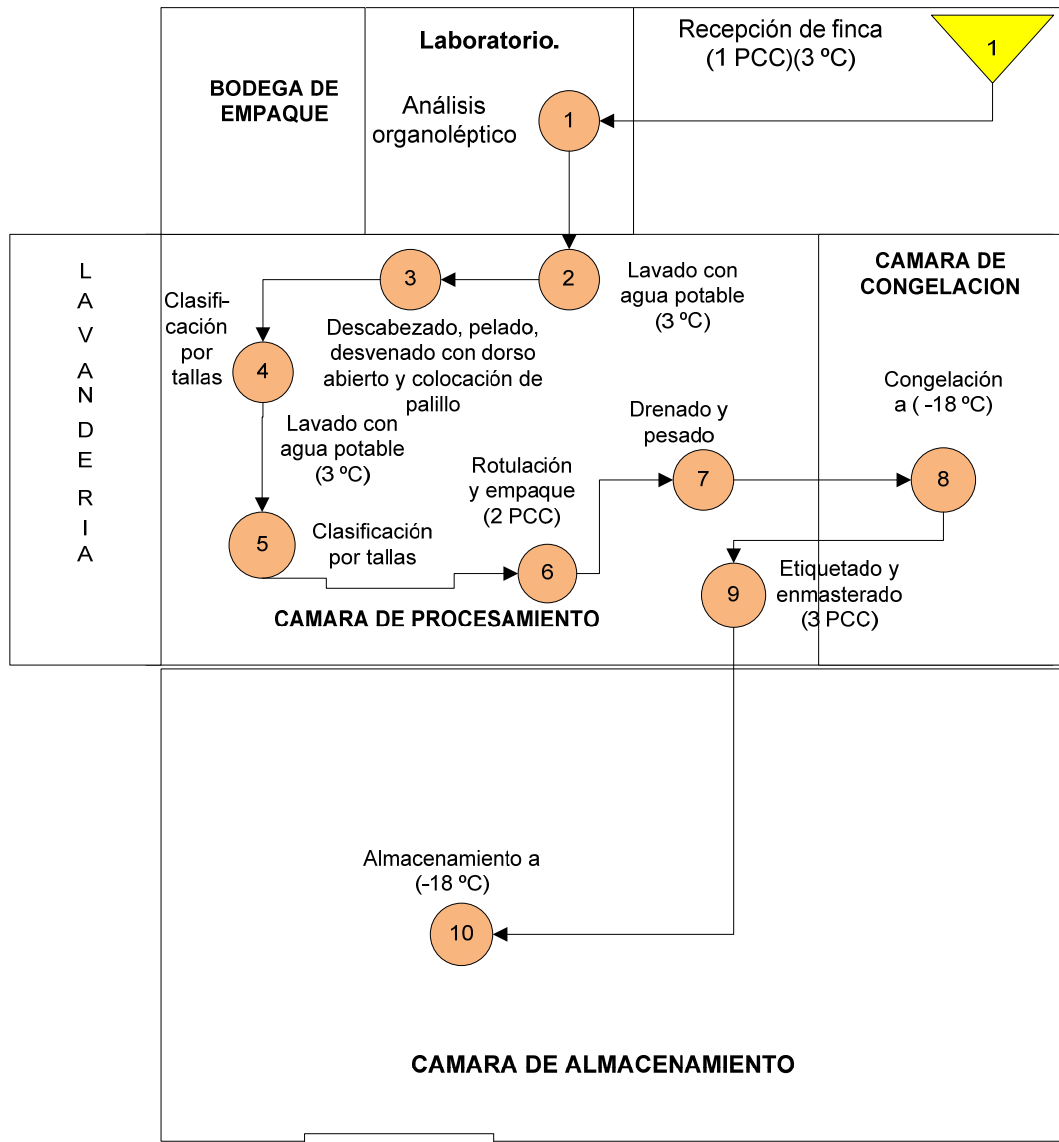


Fuente: elaboración propia.



Figura 15. Diagrama de recorrido empacado de cola de camarón

Nombre de la empresa: Finca Mar Azul S.A.		No. Página: 1/1
Nombre del proceso: Empacado de camarón entero fresco y crudo.		
Situación: Actual	Realizado por: Lester Cabrera	Fecha de realización: Febrero de 2010
Inicia en: Bodega de recepción	Termina en: Bodega de producto terminado	



Fuente: elaboración propia.

## **2.5. Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos es un método investigativo, que aplica diversas técnicas para determinar el tiempo oportuno o adecuado que debe tener la realización de una tarea determinada en un proceso, hacemos este estudio con el objetivo de incrementar la eficiencia del trabajo, aunque el estudio depende del proceso que estamos midiendo.

El empacado de camarón se realiza cuando se empieza a cultivar determinados estanques, aunque no en todos los meses del año se puede cultivar dependiendo el sistema que utilizamos, generalmente se utiliza un sistema extensivo o semi intensivo con un cultivo 2 o 3 veces por año, otro objetivo de este estudio es proporcionar estándares de tiempo que servirán de información a otros sistemas de la empresa, como el de costos de programación de la producción, supervisión y otros.

### **2.5.1. Determinación del cuello de botella**

Los cuellos de botella en un proceso son actividades que disminuyen la velocidad del proceso, reducen la productividad e incrementan los tiempos de espera, trayendo como consecuencia el incremento de los costos de producción.

Si consideramos a las organizaciones como un gran sistema en cadena donde cada eslabón es una actividad, por consiguiente, los procesos de cualquier ámbito, sólo se mueven a la velocidad del paso del eslabón más lento, precisamente este eslabón débil es el cuello de botella que si logrando que trabaje hasta el límite de su capacidad, se producirán mejoras significativas en las operaciones de toda la organización.

Los cuellos de botella pueden ser un trabajador mal capacitado, un equipo o maquinaria en mal estado debido al mantenimiento erróneo, o una mala política organizacional. En general, los cuellos de botella pueden ser de dos tipos: físicos y políticos. Los primeros tienen que ver con restricciones de mercado, de materiales, de capacidad operativa o productiva y de logística, mientras que los segundos pueden ser administrativos o de comportamiento.

En La finca de cultivo de camarón Mar Azul se realizó un estudio de tiempos para determinar las operaciones más lentas y se encontró que la operación más lenta es la rotulación y empaque.

Tabla IV. **Toma de tiempo para rotulación y empaque**

Observaciones	Alcanza y posiciona caja		Armado De Caja		Empacado de camarón		Mover y soltar caja	
	T	L	T	L	T	L	T	L
1	11		20		80		5	
2	13		21		84		6	
3	9		22		83		5	
4	14		19		83		6	
5	10		18		82		7	
6	12		21		79		8	
7	11		23		81		7	
8	12		21		81		6	
9	13		20		82		7	
10	11		20		80		5	
$\Sigma T$	116		205		815		62	
N	10		10		10		10	
TX	11.6		20.5		81.5		6.2	
TC	119.80 segundos.							

Fuente: elaboración propia.

Donde:

$\Sigma T$ = Sumatoria de tiempos.

N= numero de tomas.

TX= Promedio de tiempos.

TC= Tiempo cronometrado.

FC= Factor de calificación.

TN= Tiempo normal.

TN= TC x FC.

TE= tiempo estándar.

TE= TN (1+ % tolerancia)

## **2.6. Balance de líneas**

A una línea de producción se le conoce como el principal medio para fabricar a bajo costo grandes cantidades o series de elementos normalizados, pero es importante que esta línea este balanceada o saber la capacidad de producción para poder programar producciones, para balancear una línea lo primero que debemos conocer es que línea o actividad requiere un estudio y que la línea nos permita hacer el estudio, hay que recordar que el balance de línea podemos obtenerlo en base a un pedido de producción o en base a nuestra operación más lenta o cuello de botella. Para nuestro estudio se comprobó que la operación que necesita este estudio es rotulación y empaque que a continuación se presenta.

Tabla V. **Balance línea para rotulación y empaque**

OPERACIÓN	Tiempo estándar para realizar la operación (min)	Tiempo de espera según el operario más lento (min)	Tiempo estándar permitidos (min)
1) Alcanza y posiciona caja	0,20358	0,6	0,5
2) Armado de caja	0,36	0,4	0,5
3) Empacado de camarón	1,43032	0,9	1,5
4) Mover y soltar caja	0,1088	0,45	0,5
TOTAL	2,1027		3

Fuente: elaboración propia.

La eficiencia de esta línea se puede calcular como la razón de los minutos estándar reales totales entre los minutos estándar permitidos totales, es decir:

$$E = \Sigma ME \div \Sigma MP$$

$$E = 2.1027 \div 3 = 70\%$$

El porcentaje de tiempo ocioso (%inactividad):

$$\% \text{ de inactividad} = 100 - E = 30\%$$

Donde:

E = eficiencia

ME = minutos estándar por operación,

MP = minutos estándar permitidos por operación

El número de trabajadores necesarios para la tasa de producción requerida es igual a:

$$N = R \times \sum MP$$

Donde: N = número de operaciones necesarias en la línea.

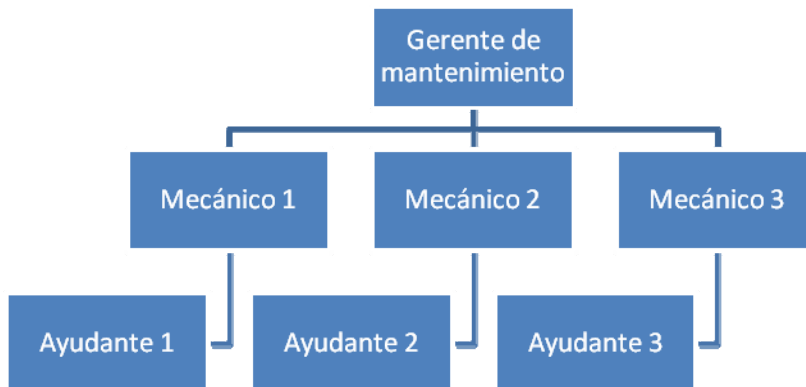
R = tasa de producción deseada.

Conclusión del análisis: la tasa de inactividad es alta, esto reduce drásticamente la eficiencia, para reducir la tasa de inactividad se debe de capacitar al operario que en ese momento es el cuello de botella en la línea, en este caso es en la operación de rotulación y empaque, otro método sería colocar dos personas en esa área.

## **2.7. Departamento de mantenimiento**

El objetivo del departamento de mantenimiento es mantener las instalaciones, equipo de la planta transformadora y sus alrededores seguros para su funcionamiento. Por lo que se cuenta con el siguiente organigrama del departamento de mantenimiento.

Figura 16. **Organigrama del departamento de mantenimiento**



Fuente: elaboración propia.

### **2.7.1. Funciones del departamento de mantenimiento**

El gerente de mantenimiento es la persona encargada de coordinar el mantenimiento a la infraestructura y el equipo de la planta, así también es responsable de la implementación de nuevos proyectos, los encargados de la realización del mantenimiento son los mecánicos que se encargan de la ejecutar la orden directa del gerente de mantenimiento, llevando un control sobre qué elemento requiere su respectivo mantenimiento, cada mecánico tiene un área específica designada en donde debe velar porque la maquinaria o estructura del edificio este en perfectas condiciones para el desempeño, si se localiza alguna anomalía tienen la responsabilidad de comunicarlo al gerente de mantenimiento para que se tome la decisión de cómo resolver el problema.

## **2.8. Control de la producción**

El objetivo primordial de un control de producción es verificar que la empresa este cumpliendo con la metas propuestas en la planeación y programación, reduciendo en un mínimo las diferencias del plan original con los resultados obtenidos. La producción de camarón depende mucho del sistema de cultivo, si nuestro sistema de cultivo es intensivo tendremos un procesamiento casi continuo, pero por lo regular un estanque con este sistema se cosecha de 2 a 3 veces por año, dependiendo del tamaño del camarón. Las funciones de un control de producción se presentan a continuación.

- Pronosticar la demanda del producto, indicando la cantidad en función del tiempo.
- Comprobar la demanda real, compararla con la planteada y corregir los planes si fuere necesario.
- Establecer volúmenes económicos de partidas de alimento que se han de comprar para alimentar el cultivo.
- Determinar las necesidades de producción y los niveles de existencias en determinados puntos de la dimensión del tiempo.
- Comprobar los niveles de existencias, comparándolas con los que se han previsto y revisar los planes de producción si fuere necesario.
- Elaborar programas de producción y Planear la distribución de productos.

El control de la producción trae algunas ventajas como son:

- Organización en la producción.
- Control del consumo de materia prima.
- Control de tiempo trabajado por operario.
- Se verifican las cantidades producidas.



### **2.8.1. Planificación de la producción**

En este proceso se determina para cada período qué se va a producir, cuánto se va a producir, en qué orden o secuencia, cuánta materia prima es necesaria para esta producción, cuánto se debe ordenar y cuántos recursos serán utilizados.

La planificación de la producción es parte de un proceso complejo que involucra la planificación a varios lapsos de tiempo. El proceso comienza con el estudio del largo plazo del mercado, que permite tomar decisiones estratégicas como la construcción de nuevas plantas. El proceso de planificación de largo plazo se materializa en planes anuales, conocidos como planificación agregada, una estimación de las capacidades de producción y las demandas esperadas cosecha a cosecha. Los planes agregados se convierten, finalmente, en programas detallados de producción.

### **2.8.2. Puntos críticos del proceso**

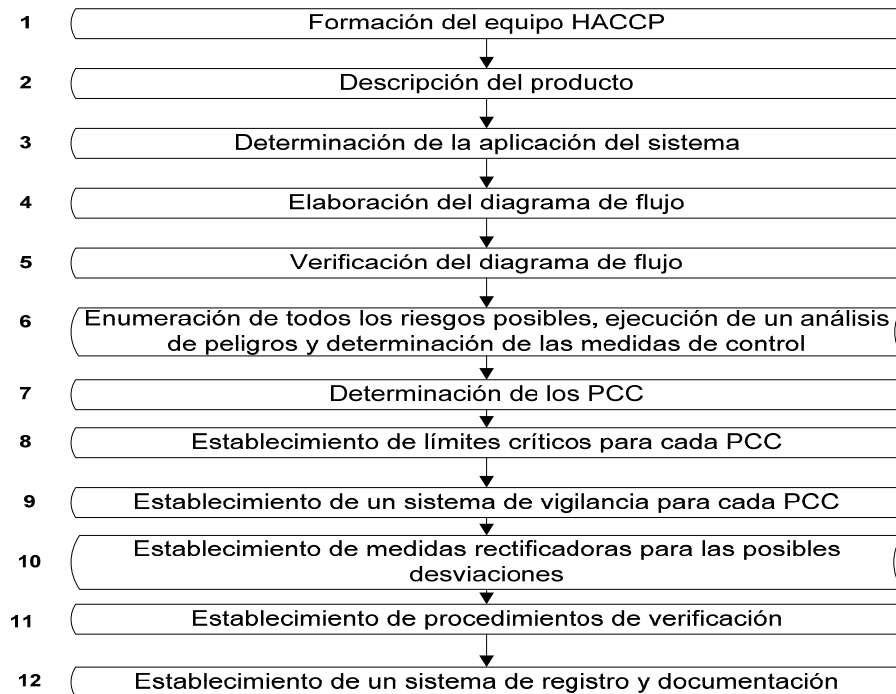
Los puntos críticos del proceso son fases en las que puede aplicarse un control y es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable. El objetivo de detectar los puntos críticos de un proceso es implementar acciones correctivas a problemas que puedan alterar un proceso, convirtiéndolo en no aceptable para el consumo humano.

La implementación de un sistema que permita identificar peligros específicos y medidas para su control en todo el proceso garantiza la inocuidad del producto, aportando una ventaja al productor como para el consumidor, uno de los sistemas más utilizados y con mejores resultados es el sistema Haccp (análisis de peligros y control de puntos críticos) que me permite identificar, evaluar y controlar los peligros significativos en un proceso. Existen siete principios que ayudan a la implementación de un sistema Haccp los cuales se presentan a continuación.

- Identificación y análisis de los peligros a lo largo de la cadena productiva
- Determinación de los puntos críticos de control de esos peligros
- Fijar los límites críticos del proceso en los puntos de control
- Establecer los procedimientos de monitoreo
- Implementar acciones correctivas en caso de desviación
- Implementar y mantener registros adecuados
- Establecer procedimientos de verificación del sistema

La aplicación de los principios del sistema de HACCP consta de las siguientes operaciones, que se identifican en la secuencia lógica presentada en el siguiente diagrama.

Figura 17. **Secuencia lógica para la aplicación del sistema Haccp**



Fuente: Finca Mar Azul. Manual de operaciones. p. 10.

La Finca Mar Azul ha identificado 3 puntos críticos de proceso, donde se ha comprobado que el producto requiere de mucho control para conservar la calidad, según los flujogramas de operaciones estos puntos críticos son:

- Recepción de materia prima de fincas
- Rotulación y empaque
- Etiquetado y enmaestrado

### 3. DISEÑO DEL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

#### 3.1. Cuartos refrigerados

En la actualidad los cuartos refrigerados son utilizados en muchos procesos, por la capacidad de mantener una gran cantidad de alimentos a ciertas temperaturas dependiendo la capacidad de diseño, es importante mencionar que se emplea el término refrigeración para indicar el mantenimiento de un cuerpo a una temperatura menor que la de sus alrededores.

La capacidad de un sistema de refrigeración se mide en toneladas de refrigeración. Una tonelada de refrigeración es la capacidad para eliminar calor de un cuerpo frío con una rapidez de 12,000 BTU/hr, 200 BTU/min o 3024 Kcal/hr.

Decimos entonces:

- 1 tonelada de refrigeración = 288,000 BTU de refrigeración/día.  
= 12,000 BTU de refrigeración /hr.  
= 200 BTU de refrigeración/min.  
= 3024 Kcal/hr.

El término “tonelada de refrigeración” se deriva del hecho que para fundir una tonelada de hielo a 32 °F (0 °C) en 24 horas, se necesita aproximadamente 288,000 BTU.

En unidades del sistema internacional de medidas (SI):

- 1 tonelada de refrigeración = 211 Kj /min  
= 3516 Kw

Las aplicaciones de la refrigeración se han dado en tres categorías diferentes: industrial y aire acondicionado, doméstica y comercial. La categoría más importante para este estudio es la industrial, pues es la que atiende a la industria alimenticia, la preparación y preservación a gran escala como por ejemplo las plantas de enfriamiento y congelación de alimentos, cuartos refrigerados, cervecerías, y lecherías, para citar unas pocas aplicaciones. Podemos mencionar a otras industrias que utilizan la refrigeración como las plantas que se dedican a la fabricación de hielo, refinerías de petróleo y laboratorios farmacéuticos.

Los cuartos refrigerados son congeladores a gran escala dependiendo de las necesidades de almacenaje, se busca tener espacio suficiente y con una capacidad de enfriamiento elevada, es importante tomar en cuenta las siguientes preguntas para la selección del aislante de los paneles y el espesor, hay que recordar que entre más baja sea la temperatura mayor será el espesor y por lo tanto influirá en los costos de fabricación.

Figura 18. **Cuestionario requerimientos de diseño**

1	¿Descripción del producto para almacenar?	
R.		
2	¿Cantidad de producto para procesar?	
R.		
3	¿Cantidad de producto almacenado?	
R.		
4	¿Tiempo de almacenamiento?	
R.		
5	¿Cuál es la forma de empaque el producto?	
R.		
6	¿Tipo de empaque utilizado?	
R.		
7	¿Dimensiones y peso de la tarima?	
R.		
8	¿Dimensiones de la cámara?	
R.		
9	¿Capacidad y radio de giro del montacargas?	
R.		
10	¿Espacio para edificar la cámara?	
R.		
11	¿Temperatura de entrada del producto?	
R.		
12	¿Tiempo de enfriamiento?	
R.		
13	¿Infiltración (cuantas veces se abrirá la puerta)?	
R.		
14	¿Temperatura interna de la cámara?	
R.		
15	¿Temperatura ambiente?	
R.		
16	¿Cuántas personas laboraran dentro de la cámara?	
R.		

Fuente: elaboración propia.

### **3.1.1. Trabajos de reconocimiento**

Las personas involucradas en los cálculos de transferencia de calor, necesitan información con el propósito de pronosticar con exactitud la carga térmica de una necesidad de refrigeración específica. Cuando se cuenta con la información más completa se obtendrán los mejores resultados de cálculo, un buen cálculo es el primer paso para asegurar la selección adecuada del equipo de refrigeración en un proyecto. El trabajo inicial de reconocimiento deberá ser tan completo como sea posible, muchas veces la falta de información tiene sus consecuencias como la selección de equipo con poca capacidad que luego de funcionar el cliente se da cuenta que no tiene un factor de seguridad.

#### **3.1.1.1. Temperaturas ambientes de diseño**

El ambiente de los alrededores de la cámara es necesario para el cálculo de las cargas térmicas. Otro ambiente que debe ser considerado es el de los alrededores de la unidad condensadora el cual afectara la selección del equipo.

#### **3.1.1.2. Temperatura de almacenaje y requerimientos de humedad**

Por naturaleza el equipo de refrigeración es un proceso de deshumidificación, con los trabajos de reconocimiento se trata de minimizar el efecto de secado debido al equipo, mediante la selección adecuada del diferencial de temperatura (DT) entre las temperatura de saturación de succión del evaporador y la temperatura del aire en la cámara.

Tabla VI. Requerimientos y propiedades de almacenamiento

Requerimientos y propiedades de almacenamiento para productos perecederos

Mercancía (Lista Alfabética)	Condiciones de Almacenamiento			Punto más alto de congelación °F	Calor Especifico Arriba del Punto de Congelación BTU / Lb °F	Calor Especifico Abajo del Punto de Congelación BTU/Lb°F	Calor Latente de Fusión BTU / Lb	Densidad Aprox. de la Carga del Producto Lb/ pie <sup>3</sup>
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de almacen					
Manzanas	30-40	90	3-8 meses	29.3	0.87	0.45	121	28
Espárragos	32-36	95	2-3 semanas	30.9	0.94	0.48	134	25
Aguacates	45-55	85-90	2-4 semanas	31.5	0.72	0.40	94	19
Plátanos	55-65	85-95	—	30.6	0.80	0.42	108	—
Habas	—	—	—	30.1	0.73	0.40	40	—
Secas	—	—	—	—	0.30	0.24	—	—
Frijol verde (Ejote)	40-45	90-95	7-10 días	30.7	0.91	0.47	128	14
Lima	32-40	90	1 semana	31.0	0.73	0.40	94	—
Cerveza Barril	35-40	—	3-8 semanas	28.0	0.92	—	129	—
botellas, latas	35-40	65 ó abajo	3-6 meses	28.0	0.92	—	129	—
Remolacha, Residuos	32	95-100	4-6 meses	30.1	0.90	0.46	126	23
Zarzamora	31-32	95	3 días	30.5	0.88	0.46	122	19
Pan	—	—	1-3 meses	16 a 20	0.70	0.34	46-53	—
Masa	35-40	85-90	3-72 horas	—	0.75	—	—	—
Brocoli brotado	32	95	10-14 días	29.0	0.92	0.47	130	—
Coles brotando	32	95	3-5 semanas	30.5	0.68	0.46	122	13
Col (mariposa de col)	32	95-100	3-4 meses	30.4	0.94	0.47	132	17
Zanahoria madura	32	98-100	5-9 meses	29.5	0.90	0.46	126	22
Coliflor	32	95	2-4 semanas	29.0	0.93	0.47	132	16
Apio	32	95	1-2 meses	31.1	0.95	0.48	135	30
Cereza agria	31-32	90-95	3-7 días	29.0	0.87	—	120	18
dulce	30-31	90-95	2-3 semanas	28.8	0.84	—	—	—
Chocolate	50-65	40-50	2-3 meses	95-85	0.30	0.55	40	—
Cocoa	32-40	50-70	1 año, más	—	—	—	—	—
Coco	32-35	80-85	1-2 meses	30.4	0.58	0.34	67	—
Café verde	35-37	80-85	2-4 meses	—	0.30	0.24	14-21	—
Collards	32	95	10-14 días	30.6	0.90	—	—	—
Maíz dulce (fresco)	32	95	4-8 días	30.9	0.79	0.42	106	16
Elotes	—	—	—	28.9	0.79	0.42	106	—
Pepino	50-55	90-95	10-14 días	31.1	0.97	0.49	137	20
Pasas, grosella	31-32	90-95	10-14 días	30.2	0.88	0.45	120	—
Productos lácteos								
Queso Cheddar	40	65-70	6 meses	8.0	0.50	0.31	53	40
Queso Procesado	40	65-70	12 meses	19.0	0.50	0.31	56	40
Mantequilla	40	75-85	1 mes	-4 a 31	0.50	0.25	23	—
Crema	35-40	—	2-3 semanas	31.0	0.66-0.80	0.36-0.42	79-107	—
Helado	-20 a -15	—	3-12 meses	21.0	0.66-0.70	0.37-0.39	86	25
Leche entera Líquida								
pasteurizada Grado A	32-34	—	2-4 meses	31.0	0.93	0.46	125	—
condensada, endulzada	40	—	15 meses	5.0	0.42	0.28	40	—
evaporada	40	—	24 meses	29.5	0.79	0.42	106	—
Datil secado	0 ó 32	75 ó menos	6-12 meses	3.7	0.36	0.26	29	24
Zarzamora	31-32	90-95	3 días	27.0	0.88	—	—	—
Frutas secas	32	50-60	9-12 meses	—	0.31-0.41	0.26	20-37	45
Berenjena	45-50	90-95	7-10 días	30.6	0.94	0.48	132	—
Huevo	29-31	80-85	5-6 meses	28.0	0.73	0.40	96	19
refrigerado en cultivo	50-55	70-75	2-3 semanas	28.0	0.73	0.40	96	19
congelado entero	0 ó abajo	—	1 año, más	28.0	0.73	0.42	106	41
Endivia (escarole)	32	95	2-3 semanas	31.9	0.94	0.48	132	—
Higo seco								
fresco	32-40	50-60	9-12 meses	—	0.39	0.27	34	45
—	31-32	85-90	7-10 días	27.6	0.82	0.43	112	21
Pescado fresco	30-35	90-95	5-15 días	28.0	0.70-0.86	0.38-0.45	89-122	—
Pescado congelado	-20-4	90-95	6-12 meses	28	0.76	0.41	101	—
En hielo	—	—	—	—	0.76	0.41	101	—
Abadejo, Bacalao	30-35	90-95	15 días	28	0.82	0.43	112	35
Salmón	30-35	90-95	15 días	28	0.71	0.39	92	33
Ahumado	40-50	50-60	6-8 meses	—	0.70	0.39	92	—
Camarón	31-34	95-100	12-14 días	28.	0.86	0.45	119	—
Cangrejos, langostas Mariscos Frescos	30-33	86-95	3-7 días	28.0	0.83-0.90	0.44-0.46	113-125	—
Atún	30-35	90-95	15 días	28	0.76	0.41	100	35
Forro de piel y Tejidos	34-40	45-55	muchos años	—	—	—	—	—
Ajo seco	32	65-70	6-7 meses	30.5	0.69	0.40	89	—
Grosella espinosa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.0	0.90	0.46	126	19
Toronja	50-60	85-90	4-6 semanas	30.0	0.91	0.46	126	30
Uvas tipo americana	31-32	85-90	2-8 semanas	29.7	0.86	0.44	116	29
tipo europea	30-31	90-95	3-6 meses	28.1	0.86	0.44	116	29
verdes frondosas	32	95	10-14 días	30.0	0.91	0.48	136	32
Guayaba	45-50	90	2-3 semanas	—	0.86	—	—	—
Miel	38-50	50-60	1 año, más	—	0.35	0.26	26	—
Rábano	30-32	95-100	10-12 meses	28.7	0.78	0.42	104	—
Col rizada	32	95	3-4 meses	31.1	0.89	0.46	124	—
Colinabo	32	95	2-4 semanas	30.2	0.92	0.47	128	—
Puerro verde	32	95	1-3 meses	30.7	0.88	0.46	126	—
Limones	32 ó 50-58	85-90	1-6 meses	29.4	0.91	0.46	127	33
Lechuga	32-34	95-100	2-3 semanas	31.7	0.96	0.48	136	25
Limas	48-50	85-90	6-8 semanas	29.1	0.89	0.46	122	32



Continuación tabla VI

Mercancía (Lista Alfabética)	Condiciones de Almacenamiento			Punto más alto de congelación °F	Calor Específico Arriba del Punto de Congelación BTU / Lb/ °F	Calor Específico Abajo del Punto de Congelación BTU/Lb/°F	Calor Latente de Fusión BTU / Lb	Densidad Aprox. de la Carga del Producto Lb/ pie <sup>3</sup>
	Temp. Almacenamiento °F	Humedad Relativa %	Vida* Aprox. de almacen					
Jarabe de Arce	75-80	60-65	1 año, más	—	0.24	0.21	7	—
Mangos	55	85-90	2-3 semanas	30.3	0.85	0.44	117	—
Carne								
Tocino curado estilo granja	60-65	85	4-6 meses	—	0.30-0.43	0.24-0.29	18-41	57
Carne de res	32-34	88-92	1-6 semanas	28-29	0.70-0.84	0.38-0.43	89-110	—
Jamones de pierna y espadilla	32-34	85-90	7-12 días	28-29	0.58-0.63	0.34-0.36	67-77	37
Curado	60-65	50-60	0-3 años	—	0.52-0.56	0.32-0.33	57-64	—
Cordero fresco	32-34	85-90	5-12 días	28-29	0.68-0.76	0.38-0.51	86-100	—
Higado congelado	-10-0	90-95	3-4 meses	—	—	0.41	100	—
Cerdo fresco	32-34	85-90	3-7 días	28-29	0.46-0.55	0.30-0.33	46-63	—
Embutido ahumado	40-45	85-90	6 meses	—	0.68	0.56	86	—
Fresco	32	85-90	1-2 semanas	26.0	0.89	0.56	93	—
Chuleta de ternera fresca	32-34	90-95	5-10 días	28-29	0.71-0.76	0.39-0.41	92-100	—
Melón cantalupo	36-40	90-95	5-15 días	29.9	0.93	0.48	132	25
Melón dulce	45-50	90-95	3-4 semanas	30.3	0.94	0.48	132	24
Sandía	40-50	80-90	2-3 semanas	31.3	0.97	0.48	132	27
Hongos , champiñon	32	90	3-4 días	30.4	0.93	0.47	130	—
Leche	34-40	—	7 días	31	0.93	0.49	124	64
Nectarinas	31-32	90	2-4 semanas	30.4	0.90	0.49	119	—
Nueces secas	32-50	65-75	8-12 meses	—	0.22-0.25	0.21-0.22	4-8	25
Margarina	35	60-70	1 año, más	—	0.38	.25	22	—
Aceituna fresca	45-50	85-90	4-6 semanas	29.4	0.80	0.42	108	—
Cebolla, cebolla estibada	32	65-70	1-6 meses	30.6	0.90	0.46	124	—
verde	32	95	3-4 semanas	30.4	0.91	—	—	22
Naranjas	32-48	85-90	3-12 semanas	30.6	0.90	0.46	124	34
Jugo de naranja	30-35	—	3-6 semanas	—	0.91	0.47	128	—
Papayas	45	85-90	1-3 semanas	30.4	0.82	0.47	130	—
Perejil	32	95	1-2 meses	30.0	0.88	0.45	122	—
Duraznos y nectarines	31-32	90	2-4 semanas	30.3	0.90	0.46	124	33
Peras	29-31	90-95	2-7 meses	29.2	0.86	0.45	118	47
Pimiento dulce	45-50	90-95	2-3 semanas	30.7	0.94	0.47	132	41
Pimientos, chile seco	32-50	60-70	6 meses	—	0.30	0.24	17	—
Piñas maduras	45	85-90	2-4 semanas	30.0	0.88	0.45	122	25
Ciruelas, incluye ciruela pasa	31-32	90-95	2-4 semanas	30.5	0.88	0.45	118	22
Granada	32	90	2-4 semanas	26.6	0.87	0.48	112	—
Semilla vegetal	32-50	50-65	10-12 meses	—	0.29	0.23	16	—
Maíz palomero	32-40	85	4-6 meses	—	0.31	0.24	19	—
Papas cosecha reciente	50-55	90	0-2 meses	30.9	0.85	0.44	116	42
cosecha anterior	38-50	90	5-8 meses	30.9	0.82	0.43	111	—
Aves pollo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.79	0.42	106	38
Aves congeladas	-10-0	90-95	12 meses	27.0	0.79	0.37	106	—
Ganso fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.57	0.34	67	—
pavo fresco	32	85-90	1 semana	27.0	0.64	0.37	79	25
Calabaza	50-55	70-75	2-3 meses	30.5	0.92	0.47	130	—
Membrillo	31-32	90	2-3 meses	28.4	0.88	0.45	122	—
Rábano preempacado	32	95	3-4 semanas	30.7	0.95	0.48	134	—
Pasa secas	40	60-70	9-12 meses	—	0.47	0.32	43	45
Conejo fresco	32-34	90-95	1-5 días	—	0.74	0.40	98	22
Frambuesa negra	31-32	90-95	2-3 días	30.0	0.84	0.44	122	—
roja	31-32	90-95	2-3 días	30.9	0.87	0.45	121	—
Colinabo, nabo sueco	32	98-100	4-6 meses	30.1	0.91	0.47	127	—
Salsifi	32	98-100	2-4 meses	30.0	0.83	0.44	113	—
Espinacas	32	95	10-14 días	31.5	0.94	0.48	132	31
Calabaza de verano	32-50	85-95	5-14 días	31.1	0.95	0.48	135	—
invierno	50-55	70-75	4-6 meses	30.3	0.91	0.48	127	—
Fresas frescas	31-32	90-95	5-7 días	30.6	0.92	0.42	129	40
Azúcar de maple	75-80	60-65	1 año, más	—	0.24	0.21	7	—
Papas dulces	55-60	85-90	4-7 meses	29.7	0.75	0.40	97	25
Jarabe de maple	31	60-70	1 año, más	—	0.48	0.31	51	—
Mandarinas	32-38	85-90	2-4 semanas	30.1	0.90	0.46	125	—
Tabaco, cigarros	35-46	50-55	6 meses	25.0	—	—	—	—
cigarros	35-50	60-65	2 meses	25.0	—	—	—	—
Tomates, verde maduro	55-70	85-90	1-3 semanas	31.0	0.95	0.48	134	25
maduro firme	45-50	85-90	4-7 días	31.1	0.94	0.48	134	21
Nabos raíz	32	95	4-5 meses	30.1	0.93	0.47	130	—
Verduras mixtas	32-40	90-95	1-4 semanas	30.0	0.90	0.45	130	25
Camotes	60	85-90	3-6 meses	28.5	0.79	0.40	105	—
Levadura comprimia de panadería	31-32	—	—	—	0.77	0.41	102	—

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 16.

### **3.1.1.3. Costos de materiales aislantes**

La forma más eficaz de reducir la transferencia de calor es el aislamiento, está formado por materiales que debido a su composición celular no permiten que la transferencia de calor suceda, en el mercado existen muchos productos que se acomodan a los requerimientos de cada aplicación, aunque unos tienen mejores propiedades que otros. Hay cinco formas disponibles de aislamientos.

- Material flojo
- Flexible
- Rígidos y semirrígidos
- Reflectivo
- En forma de espuma

El aislamiento flojo es muy utilizado principalmente en estructuras residenciales, los aislamientos flexibles tales como la fibra de vidrio tipo manta o el papel kraft que actúa como barrera de vapor usado especialmente en productos lácteos. Los materiales reflectivos son usados para reducir los efectos del calor radiante, los aislamientos rígidos y semirrígidos están fabricados de láminas de corcho, polietileno, fibra de vidrio y poliuretano, las cuales son fabricadas en diferentes dimensiones. Por lo general las más usadas en cuartos refrigerados tipo industriales son los paneles de poliuretano por sus especificaciones técnicas.

El agua es elemento conductor de calor muy importante y por lo tanto debemos asegurarnos que cuando se quiera instalar aislamiento en una cámara refrigerada se obtenga humedad cero, sin mencionar los problemas físicos en la estructura que ocasiona la humedad como oxidación en la lamina.

La elección de un aislamiento térmico, se relaciona siempre con una de las tres razones siguientes:

- Economía en los consumos de combustible.
- Exigencias técnicas de mantener una determinada temperatura, o hacer llegar un fluido con la mínima pérdida de calorías.
- Necesidad de obtener una conveniente protección contra reverberaciones caloríficas excesivas, con relación al ambiente.

#### **3.1.1.3.1. El corcho**

El corcho es un material natural que se deriva de la corteza del alcornoque, este crece generalmente en los países del mediterráneo y por ser una sustancia orgánica consiste en un gran número de pequeñas células, cuyas finas paredes son de madera, las paredes separan las células y estas están rellenas de aire.

Para aplicaciones de refrigeración donde se requiere una temperatura de almacenamiento sin variaciones, este material no es el adecuado aunque es utilizado como impermeable y aislante acústico pero se puede mencionar las siguientes cualidades de este material.

- Ligereza: se debe a que el 88% de su volumen es aire, lo que se traduce en una densidad baja, comprendida entre 0,12 y 0,24 Kg./litro.
- Elasticidad: la elasticidad es la capacidad de recuperar el volumen inicial tras sufrir una deformación que justifica, entre otras, su utilización en tapamiento.

- Coeficiente de rozamiento elevado: la superficie del corcho queda tapizada por microventosas que le permiten una gran adherencia y dificultan su deslizamiento.
- Alta impermeabilidad: la difusión de líquidos y gases a través del corcho es muy dificultosa, se efectúa rápidamente a través de los poros lenticelares y de forma extremadamente lenta a través de los plasmodesmos.
- Gran poder calorífico: la capacidad del corcho para generar calor es equivalente a la del carbón vegetal, alrededor de 7.000 Kcal/Kg.
- Aeroelasticidad: amortiguador de impactos. La aeroelasticidad supone que la zona afectada por la deformación no es tan sólo aquella en la que se contacta sino que se extiende el efecto a las zonas colindantes, lo que permite una buena amortiguación de impactos.
- Coeficiente de Poisson cero: cuando se reduce el volumen del corcho en una dirección no se produce deformación alguna en la dirección perpendicular, lo cual permite que absorba las deformaciones de los otros materiales en los que pudiera integrarse, como el caucho.
- Fácilmente manejable: modificando artificialmente el contenido en agua del corcho, mediante hervido por ejemplo, se facilitan los procesos industriales, principalmente los de corte, al volverse más blando y elástico.

- Bajo contenido en agua: la humedad de equilibrio del corcho con el ambiente, una vez eliminada la raspa, no supera el 9% de su peso, siendo normalmente del 6%. Esta baja humedad hace imposible la proliferación de microorganismos, lo que le confiere una durabilidad ilimitada.
- Aislante térmico: la función natural del corcho es proteger las partes vivas del árbol que lo genera. Su estructura alveolar (impidiendo circular el aire), el bajo contenido en agua y la falta de conductividad de sus compuestos le permiten cumplir su función de aislante de forma efectiva. Presenta una resistencia al paso del calor 30 veces superior a la del hormigón.

Costo /m<sup>2</sup> = Q40.00

### **3.1.1.3.2. Lana de vidrio**

Consiste en fibra de vidrio muy finas, este material tiene buena capacidad como aislante, no absorbe agua pero generalmente se construye como tela, su coeficiente de conductividad térmica está entre 0.065 a 0.056 W/m x K (0,056 a 0,049 Kcal/h x m x °C). El único inconveniente que se puede tener en la utilización de este material para construir cuartos refrigerados es la capacidad de carga.

Costo /m<sup>2</sup> = Q64.00

#### **3.1.1.3.3. Madera aislante**

Consiste en fibras de madera con propiedades aislantes, tratadas químicamente e impermeabilizadas. Este procedimiento de fibrado especial permite transformar grandes y resistentes hojas o tablas con un peso liviano, son más utilizadas en cámaras donde no se requiere de temperaturas muy bajas

$$\text{Costo /m}^2 = \text{Q72.00}$$

#### **3.1.1.3.4. Poliestireno**

Conocido comercialmente como “styropor” que es la materia prima antes de ser procesada y por “duroport” las laminas o material ya listo para su utilización; este material es un derivado del petróleo, se presenta en forma de moléculas o perlas que poseen en su interior un gas, generalmente pentano, el cual con un tratamiento térmico a una temperatura de 212 °F (100 °C) aproximadamente, ocurre una reacción que tiende a desalojar el gas produciendo una expansión de las moléculas.

Una de las ventajas que presenta este material es que puede ser moldeado y es excelente aislante térmico y eléctrico, de baja densidad, excelente estabilidad dimensional y baja absorción de humedad, su desventaja es que es quebradizo y no soporta grandes pesos. Este material se vende en paneles de 1 1/2" hasta 6" el panel de 2" es el más utilizado y es el costo que se presenta a continuación.

$$\text{Costo /m}^2 = \text{Q280.00}$$

### **3.1.1.3.5. Poliuretano**

El poliuretano es el material más utilizado en la construcción de cámaras industriales de refrigeración, congeladores, refrigeradores, hieleras, termos y paneles de construcción debido a sus excelentes propiedades térmicas.

Los uretanos, aunque constituyen tan solo una pequeña parte de la gran familia de los plásticos, son sin lugar a duda el grupo de polímeros más espectaculares y revolucionarios hasta hoy conocidos. Los uretanos se derivan de los isocianatos que fueron descubiertos en Alemania a finales del siglo pasado.

Uretano es el nombre común con el que se conoce el etil carbonato, cuando las moléculas poliméricas se usan entre sí a través de puentes de uretano, al polímero resultante se le da el nombre de poliuretano.

Para la formación de espuma de poliuretano, se aprovecha el calor generado en la reacción exotérmica entre el polioliol y el disocianato para volatizar un agente de soplado de bajo punto de ebullición previamente mezclado, y así se proporciona el efecto espumante. La formación de celdas dentro del polímero implica el uso de agentes tenso activos que determinan el tamaño y formula de las mismas y al mismo tiempo las estabilizan.

Tabla VII. Costo de exportación para paneles de poliuretano

P (Pulg)	A	B	C (m)	D (m)	E	F	G	H	I	J	K	L	M
2"	43	2	12	1.1	1,032	\$ 29.73	\$ 30,676.20	\$3,500.00	\$34,176.20	\$34,767.96	\$38,940.12	\$34.30	\$452.79
2.5"	35	2	12	1.1	840	\$ 31.03	\$ 26,061.00	\$3,500.00	\$29,561.00	\$30,106.61	\$33,719.40	\$36.49	\$481.71
3"	27	2	12	1.1	648	\$ 34.90	\$ 22,615.20	\$3,500.00	\$26,115.20	\$26,626.35	\$29,821.51	\$41.84	\$552.25
4"	21	2	12	1.1	504	\$ 40.06	\$ 20,191.50	\$3,500.00	\$23,691.50	\$24,178.42	\$27,079.83	\$48.85	\$644.76
5"	16	2	12	1.1	384	\$ 46.54	\$ 17,870.40	\$3,500.00	\$21,370.40	\$21,834.10	\$24,454.19	\$57.89	\$764.19
6"	13	2	12	1.1	312	\$ 53.00	\$ 16,536.00	\$3,500.00	\$20,036.00	\$20,486.36	\$22,944.72	\$66.86	\$882.49

A = Cantidad de paneles que se debe colocar en una columna.  
 B = Cantidad de columnas que caben en una plataforma.  
 C = Largo del panel medido en metros.  
 D = Ancho del panel medido en metros.  
 E = Metros lineales de cada panel según grosor.  
 F = Costo por metro lineal.  
 G = Costo total de metros lineales para cada grosor de panel.  
 H = Flete por cada lote de paneles  
 I = Costo de cada lote con flete incluido  
 J = Costo de cada lote con impuesto aduanal.  
 K = Venta de cada lote con IVA incluido  
 L = Costo por metro cuadrado con IVA incluido.  
 M = Costo de cada panel con IVA incluido.  
 P = Grosor del panel en pulgadas.

Fuente: elaboración propia.

### 3.1.1.4. Requerimientos de almacenaje

Los requerimientos de almacenaje que cada producto necesita varían de acuerdo con los siguientes requerimientos.

- Tipo de Producto
- Peso
- Temperatura de entrada
- Tiempo de disminución (abatimiento)



#### 3.1.1.4.1. Tipo de producto

El camarón es uno de los productos que por su valor nutritivo y sabor se ha incrementado el consumo, lo que ha obligado que las fincas camaroneras automaticen sus formas de producción haciendo más eficiente cada etapa, con las normas de calidad para este producto es necesario tener un control estricto sobre la temperatura, las condiciones de alimentación y tiempos de crecimiento, a continuación se presenta una tabla con algunos valores de temperatura.

Tabla VIII. **Requerimientos de almacenaje para el camarón**

Producto	Temperatura de almacenamiento °F	Humedad relativa %	Vida aprox. de almacenaje	Punto de congelación °F	Calor específico arriba del punto de congelación BTU/Lb/°F	Calor específico abajo del punto de congelación BTU/Lb/°F	porcentaje de agua %	Calor latente de fusión BTU/Lb
Camarón	31-34	95-100	12-14 días	28	0.86	0.45	70.6	119

Fuente: Pita, Edward. Principios y sistemas de refrigeración. p. 352.

#### 3.1.1.4.2. Peso

Uno de los datos importantes para poder calcular el equipo correcto para una determinada cámara es el peso que se va a refrigerar, por lo tanto podemos decir que la cantidad en libras o kilogramos determinas la capacidad que los equipos de refrigeración. La cantidad de libras que se piensa procesar en una temporada de cultivo es de 40,000 libras diarias, esto dura dependiendo el tamaño del estanque.

Otro factor a tomar en cuenta es el tipo de empaque para el producto, pero el más común en el mercado internacional son cajas de 4 a 5 libras de peso, entonces es correcto asegurar que podremos almacenar 800 cajas de producto diario.

#### **3.1.1.4.3. Temperatura de entrada**

La temperatura de entrada es otro factor a tomar en cuenta, si el producto entra a una temperatura ambiente y se desea llevarlo a temperaturas bajo cero, el trabajo que debe realizar el equipo es mayor si ese mismo producto ingresa con una temperatura cercana a cero, por lo tanto entre menor sea el gradiente de temperatura menor trabajo realizara los equipos. El camarón generalmente ingresa a 3°C, a esta temperatura se ha demostrado a través de pruebas de campo que el producto no se deshidrata y sus condiciones son óptimas, para mantener el producto una temperatura de 3°C se hace lo siguiente: el camarón se enhiela en termos de 1,000 libras de capacidad realizando el siguiente procedimiento de enhielado por capas.

- Se agregan 225 libras de hielo dentro del termo
- 210 libras de camarón
- 40 libras de hielo
- 140 libras de camarón
- 40 libras de hielo
- 140 libras de camarón
- 40 libras de hielo
- 140 libras de camarón
- 150 libras de hielo
- Por último se agrega 5° litros de agua fría a 3°C

Para conservar el camarón en condiciones óptimas es recomendable no dejar pasar más de 2 días enhielado y asegurarse que el agua se drene y el hielo sea reemplazado a diario. Además, es preciso cuidar que el termo no contenga más de 630 a 650 libras de camarón, como máximo.

#### **3.1.1.4.4. Tiempo de disminución (abatimiento)**

El tiempo de disminución o abatimiento es el tiempo en el que se desea llevar al producto de la temperatura de entrada hasta la temperatura final, generalmente se calculan los equipos para 24 horas, aunque hay equipos que su función es disminuir la temperatura en un tiempo menor y a estos equipos los conocemos como túneles de enfriamiento, para efectos de cálculo tomaremos el tiempo de disminución en 24 horas.

#### **3.1.1.5. Cargas térmicas**

Con los reconocimientos completados para el diseño de las cámaras refrigeradas podemos dividir el cálculo de la carga térmica en las siguientes fuentes de calor para un periodo de 24 horas.

- Carga por transmisión
- Carga por cambio de aire
- Carga miscelánea
- Carga del producto

### 3.1.1.5.1. Carga por transmisión

Los métodos para determinar la cantidad de flujo de calor a través de los muros, pisos y techo, están bien establecidos. Esta ganancia de calor es directamente proporcional al diferencial de temperatura (DT), entre los dos lados del muro. El tipo y espesor del aislamiento usado en la construcción de la pared, el área exterior de la pared y el diferencial de temperatura entre los dos lados del muro son los tres factores que establecen la carga a través de los muros. Existen tablas que proporcionan información para simplificar los cálculos como las siguientes.

Tabla IX. Cargas de calor en pared

Aislamiento (Pulg.)				R	Carga de Calor (BTU por 24 Hrs. por 1 pie <sup>2</sup> de Superficie Exterior)																	
Corcho o Lana Mineral K=0.30	Fibra de Vidrio o Poliestireno K=0.26	Uretano Espreado K=0.16	Uretano Aplicado en el lugar K=0.12		Reducción de Temperatura en °F. (Temperatura exterior del aire menos Temperatura del cuarto)																	
					1	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115	120
	1			4	5.10	204	230	255	281	306	332	357	383	408	434	459	485	510	536	561	587	612
	2			8	3.40	136	153	170	187	204	221	238	255	272	289	306	323	340	357	374	391	408
4	3	2		12.6	1.80	72	81	90	99	108	117	126	135	144	153	162	171	180	189	198	207	216
5	4		2	16.4	1.44	58	65	72	79	87	94	101	108	115	122	130	137	144	151	159	166	173
6	5	3		19.6	1.20	48	54	60	66	72	78	84	90	96	102	108	114	120	126	132	138	144
8	6	4	3	25	0.90	36	41	45	50	54	59	63	68	72	77	81	86	90	95	99	104	108
10	8		4	33	0.72	29	32	36	40	43	47	50	54	58	61	65	68	72	76	79	83	86
	10	6		38.7	0.60	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72
			6	50	0.48	19	22	24	26	29	31	34	36	38	41	43	46	48	51	53	55	58
Ventana de vidrio sencilla				9	27.00	1080	1220	1350	1490	1620	1760	1890	2030	2160	2290	2440	2560	2700	2840	2970	3100	3240
Ventana de vidrio doble				2.2	11.00	440	500	550	610	660	715	770	825	880	936	990	1050	1100	1160	1210	1270	1320
Ventana de vidrio triple				3.4	7.00	280	320	350	390	420	454	490	525	560	595	630	665	700	740	770	810	840
6" de concreto en el piso				4.8	5.00	200	225	250	275	300	325	350	375	400	425	450	475	500	525	550	575	600

**Nota:** Los factores "K" de aislamiento arriba indicados [Conductividad Térmica, BTU por (hora) (pie<sup>2</sup>) (°F por pulg. de espesor)] y factores de ganancia de calor para el corcho y ventanas de vidrio son extraídas y reimpresas con permiso de ASHRAE 1972 MANUAL DE FUNDAMENTOS.

**Valores de Aislamiento**

Factor "K" - El valor de aislamiento de cualquier material es considerado por su conductividad térmica.  
 Factor "U" - Coeficiente global de transferencia de calor, BTU por hora/por pie<sup>2</sup> / °F.  
 Factor "R" - Resistencia Térmica  
 "X" = Pulgadas de aislamiento

$K = UX = X/R$ $U = R/X = 1/R$ $R = 1/R = X/K$
--

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 14.

Algunos refrigeradores para temperaturas arriba del punto de congelación son contruidos con el piso sin aislamiento porque se ha comprobado que funciona sin provocar escarchamiento en el piso. La pérdida de calor está sujeta a muchas variables predecibles con exactitud, los factores mostrados en la tabla IX de calor ganado a través de muros, están basados en piso de concreto y el diferencial de temperatura DT entre la temperatura del selo y la temperatura de almacenamiento.

Para cámaras abajo del punto de congelación puede ser necesario proveer calor en la base de la losa para evitar congelamiento del agua en el terreno y levantamiento del piso. La temperatura mínima de la losa deberá ser por lo menos 40°F (4.44°C) y se deberá tomar 55°F (12.8°C) normalmente para aplicaciones de cámaras abajo del punto de congelación.

#### **3.1.1.5.2. Cargas por cambio de aire**

Las cargas de cambio de aire que afectan una cámara de refrigeración industrial son dos:

- Cambios por aire promedio: siempre que la puerta de una cámara de refrigeración es abierta, cierta cantidad de aire caliente del exterior entrara a la cámara. Este aire deberá ser enfriado a la temperatura de la cámara refrigerada, resultando una considerable fuente de ganancia de calor. Esta carga es algunas veces llamada caga de infiltración. El número probable de cambios de aire por día y el calor que debe ser removido por cada pie cubico de aire infiltrado, para el cálculo de estas ganancias de calor se ha simplificado en las siguientes tablas. Para uso pesado la infiltración puede ser del doble o más.

Tabla X. **Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento arriba de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración**

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	44.0	2,000	12.0	25,000	3.0
250	38.0	3,000	9.5	30,000	2.7
300	34.5	4,000	8.2	40,000	2.3
400	29.5	5,000	7.2	50,000	2.0
500	26.0	6,000	6.5	75,000	1.6
600	23.0	8,000	5.5	100,000	1.4
800	20.0	10,000	4.9	150,000	1.2
1,000	17.5	15,000	3.9	200,000	1.1
1,500	14.0	20,000	3.5	300,000	1.0

Nota: Para uso pesado multiplicar los valores de arriba por 2.0  
Para largos períodos de almacenamiento multiplicar los valores por 0.6

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 15.

Tabla XI. **Cambios de aire promedio en 24 horas para cuartos de almacenamiento abajo de 32°F (0°C) debido a la apertura de puertas e infiltración**

Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.	Volumen pies <sup>3</sup>	Cambios de Aire en 24 Hrs.
200	33.5	2,000	9.3	25,000	2.3
250	29.0	3,000	7.4	30,000	2.1
300	26.2	4,000	6.3	40,000	1.8
400	22.5	5,000	5.6	50,000	1.6
500	20.0	6,000	5.0	75,000	1.3
600	18.0	8,000	4.3	100,000	1.1
800	15.3	10,000	3.8	150,000	1.0
1,000	13.5	15,000	3.0	200,000	0.9
1,500	11.0	20,000	2.6	300,000	0.85

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 15.



Tabla XII. **Calor removido del aire de enfriamiento para cuartos de almacenamiento (BTU por pie<sup>3</sup>)**

Temperatura del cuarto de almacenamiento		Temperatura del aire exterior											
		40°F (4.4°C)		50°F (10°C)		85°F (29.4°C)		90°F (32.2°C)		95°F (35°C)		100°F (37.8°C)	
		Humedad Relativa del Aire Exterior, %											
°F	°C	70	80	70	80	50	60	50	60	50	60	50	60
55	12.8	---	---	---	---	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	10.0	---	---	---	---	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.28	2.65
45	7.2	---	---	---	---	1.50	1.73	1.80	2.06	2.12	2.42	2.47	2.85
40	4.4	---	---	---	---	1.69	1.92	2.00	2.26	2.31	2.62	2.67	3.65
35	1.7	---	---	0.36	0.41	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	-1.1	0.24	0.29	0.58	0.66	2.00	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35
25	-3.9	0.41	0.45	0.75	0.83	2.09	2.42	2.44	2.71	2.79	3.16	3.14	3.54
20	-6.7	0.56	0.61	0.91	0.99	2.27	2.61	2.62	2.90	2.97	3.35	3.33	3.73
15	-9.4	0.71	0.75	1.06	1.14	2.45	2.74	2.80	3.07	3.16	3.54	3.51	3.92
10	-12.2	0.85	0.89	1.19	1.27	2.57	2.87	2.93	3.20	3.29	3.66	3.64	4.04
5	-15.0	0.98	1.03	1.34	1.42	2.76	3.07	3.12	3.40	3.48	3.87	3.84	4.27
0	-17.8	1.12	1.17	1.48	1.56	2.92	3.23	3.28	3.56	3.64	4.03	4.01	4.43
-5	-20.6	1.23	1.28	1.59	1.67	3.04	3.36	3.41	3.69	3.78	4.18	4.15	4.57
-10	-23.3	1.35	1.41	1.73	1.81	3.19	3.49	3.56	3.85	3.93	4.33	4.31	4.74
-15	-26.1	1.50	1.53	1.85	1.92	3.29	3.60	3.67	3.96	4.05	4.46	4.42	4.86
-20	-28.9	1.63	1.68	2.01	2.00	3.49	3.72	3.88	4.18	4.27	4.69	4.66	5.10
-25	-31.7	1.77	1.80	2.12	2.21	3.61	3.84	4.00	4.30	4.39	4.80	4.78	5.21
-30	-34.4	1.90	1.95	2.29	2.38	3.86	4.05	4.21	4.51	4.56	5.00	4.90	5.44

Las tablas 3, 4 y 5 fueron extraídas y reimpresas con permiso de ASHRAE 1972 Manual de Fundamentos.  
La tabla 6 fue extraída y reimpresa con permiso de ASHRAE 1967 Manual de Fundamentos.

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 15.

- Infiltración a través de una apertura determinada: Como una alternativa para el cambio de aire promedio, el método es usar la carga psicométrica que determinara la infiltración de aire, la siguiente formula puede ser usada para calcular la infiltración resultante de la ventilación natural (sin viento) a través de la aperturas de las puertas.

$$\frac{[(4.88)(\sqrt{\text{altura de la puerta}})(\frac{6700}{2})(\text{minutos de apertura})(\sqrt{\overline{DT^{\circ}F}})(\text{Entalpia del aire entrando} - \text{entalpia del aire del almacén})][1-X]}{V}$$


---

Volumen específico del aire entrando.

X = % de calor de transmisión bloqueado por la barrera térmica.

La carga térmica puede ser sustancial y cualquier medio debe considerarse para reducir la cantidad de infiltración entrando a la cámara. Algunos medio efectivos para reducir esta carga son:

- Vestíbulos o antecámaras refrigeradas
- Cortinas de aire
- Cortinas de plástico en tiras (Hawaianas)

### 3.1.1.5.3. Carga miscelánea

Aún cuando la mayoría de las cargas térmicas en una cámara refrigerada o un congelador es causada por la pérdida a través de paredes, cambios de aire y el producto enfriado o congelado. Existen otras tres fuentes de calor que no deben ser descuidadas para la selección del equipo de refrigeración. Puesto que el equipo tiene que mantener la temperatura bajo las condiciones de diseño, estas cargas son generalmente promediadas a un periodo de 24 horas. Para suministrar la capacidad durante este lapso tomamos en cuenta las siguientes cargas.



- Luces: los requerimientos más comunes son 1 a 1 ½ watt por pie<sup>2</sup>. Las cámaras de corte o proceso pueden ser del doble de capacidad estimado, cada watt es multiplicado por 3.42 BTU/watt para obtener un BTUH estimado, este resultado es multiplicado por 24 para obtener un porcentaje diario estimado.
- Motores: los motores más pequeños usualmente son menos eficientes y tienden a generar más calor por HP que los motores más grandes, la siguiente tabla muestra el calor equivalente de motores eléctricos.

Tabla XIII. **Calor equivalente de motores eléctricos**

Motor HP	BTU por (HP) (HR)		
	Relacionado con la carga dentro del Espacio Refrigerado <sup>1</sup>	Pérdidas del Motor Fuera del Espacio Refrigerado <sup>2</sup>	Relacionado con la carga exterior del espacio Refrigerado <sup>3</sup>
1/8 a 1/2	4,250	2,545	1,700
1/2 a 3	3,700	2,545	1,150
3 a 20	2,950	2,545	400

<sup>1</sup> Para uso cuando la carga y las pérdidas por motores son disipados dentro del espacio refrigerado: motores que impulsan ventiladores para forzar la circulación de los evaporadores.

<sup>2</sup> Para uso cuando las pérdidas de los motores son disipados fuera del espacio refrigerado y trabajo útil del motor empleado dentro del espacio refrigerado: bomba circulación de salmuera o sistema de agua helada, motor ventilador en el exterior del espacio refrigerado que impulsa el ventilador para la circulación del aire dentro del espacio refrigerado.

<sup>3</sup> Para uso cuando las pérdidas de calor del motor son disipadas dentro del espacio refrigerado y trabajo útil empleado fuera del espacio refrigerado: motor en espacio refrigerado bomba o ventilador localizado fuera del espacio refrigerado.

Fuente: Tylor. Principios y sistemas de refrigeración. p. 348.

La tabla anterior muestra tres grupos de Hp, los motores dentro del área refrigerada rechazan toda esa pérdida de calor como se muestra en la tabla XIII, sin embargo, los motores que están ubicados en el exterior pero que el trabajo se realiza en el interior, como un transportador, rechazarán menos calor dentro del espacio refrigerado. Si para manejar el material o producto se utiliza equipo como montacargas, deberá incluirse la carga térmica del motor. Generalmente se usan montacargas los cuales funcionan con batería en las cámaras refrigeradas, lo cual representa una ganancia de calor de 8,000 a 15,000BTU, o más sobre el período de funcionamiento.

Si las condiciones de carga debidas a los motores se desconoce, se puede asumir un motor de 1 Hp por cada 16,000 pies cúbicos en cámaras de enfriamiento y 1 Hp por cada 12,500 pies cúbicos en cámaras de congelación, aplicándose a motores de ventiladores y algunos montacargas en funcionamiento. Estos cálculos pueden ser más altos en áreas de uso pesado, como por ejemplo embarcaderos o almacenes de distribución.

- Ocupación: todo el personal que trabaja en el área de proceso, disipa calor a un porcentaje que depende de la temperatura de la cámara. La ocupación múltiple para un período corto debe promediarse a un periodo superior a 24 hrs. Si la carga por ocupación no es conocida se permite una persona cada 24 hrs, para cada 25,000 pies cubico.

Tabla XIV. **Calor equivalente de ocupación**

Temperatura del Refrigerador °F	Calor Equivalente/Persona BTU/24 Hrs.
50	17,280
40	20,160
30	22,800
20	25,200
10	28,800
0	31,200
-10	33,600

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 19.

#### **3.1.1.5.4. Carga del producto**

Siempre que un producto tenga una temperatura más alta y sea colocado en una cámara de refrigeración o congelación, el producto perderá su calor hasta que este alcance la temperatura de almacenamiento. Esta carga térmica consta de tres componentes que son. (Ver tabla VI).

- Calor específico
- Calor latente
- Respiración

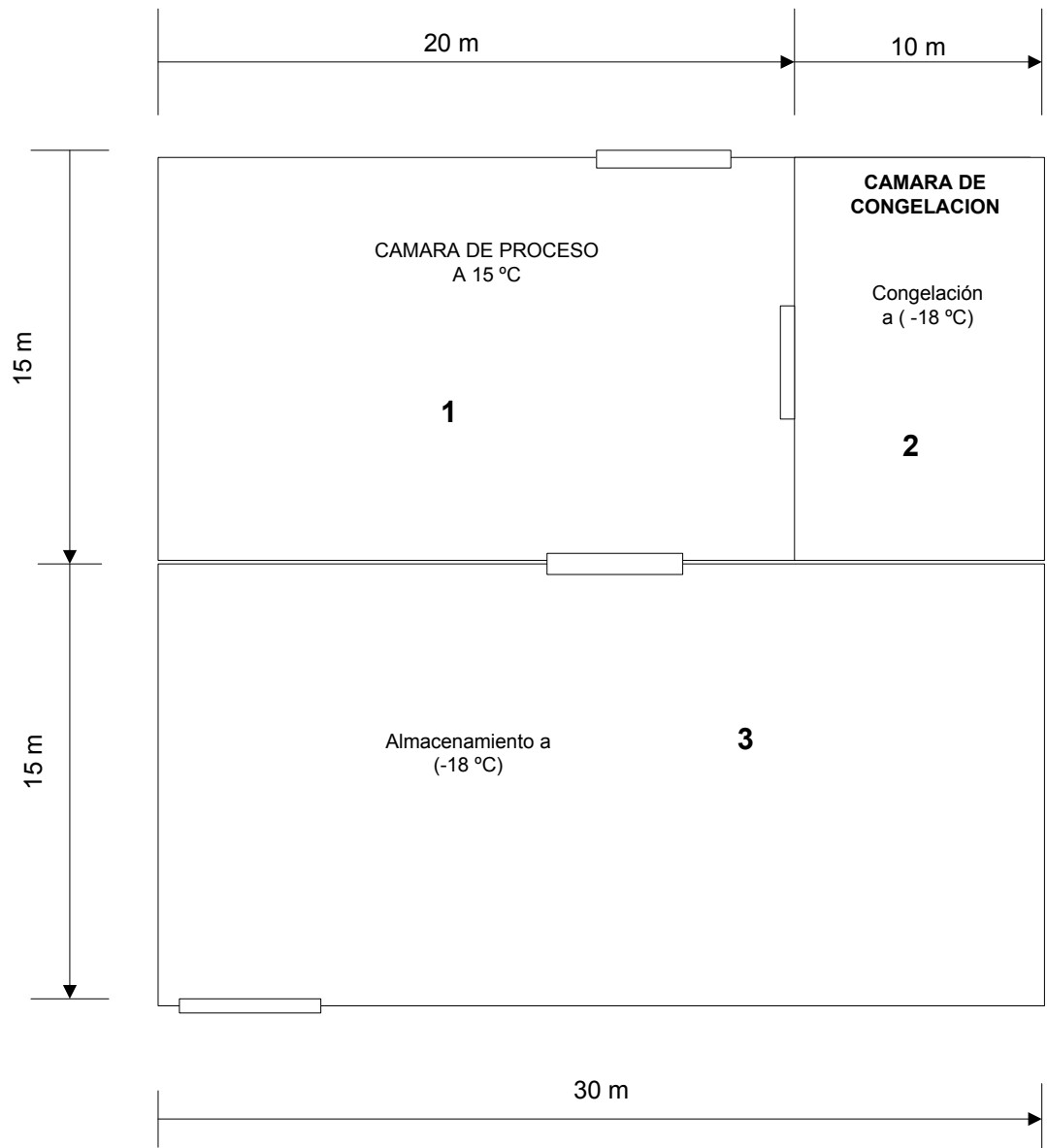
### 3.2. Cálculo para la carga de refrigeración

La carga térmica podemos calcularla de diferente manera, ahora con la tecnología adelantada existen programas para que el cálculo sea más exacto, pero hay que recordar que un programa no puede hacer bien su trabajo si los datos de reconocimiento no son los correctos es por ello que para empezar a calcular las cargas debemos contestar el siguiente cuestionario.

- ¿Cuál es producto que va a procesar?  
Camarón.
- ¿Cuál es la carga de producto que ingresa diariamente?  
40,000 Lbs.
- ¿Cuál es la cantidad en libras de producto a almacenar y cuantos días vamos a almacenar o cual es su rotación de inventario?  
La cantidad de producto que se piensa procesar y almacenar es de 40,000lbs, la rotación de inventario es diaria cuando es temporada de cosecha, por lo que se piensa procesar 40,000lbs que pasaran 24 hrs en las cámaras de proceso.
- ¿Cuál es el tipo de empaque?  
El camarón se empaqueta en cajillas de 5 lbs. Las cuales se empaquetan en racks de 240 cajillas para colocarlo en el blast-freezer, luego de ser congelado se empaqueta en cajas máster (caja de cartón corrugado parafinado con capacidad de 10 cajillas) y se almacena a -18°C.
- ¿Cuál es la temperatura interna de las cámaras?  
Cámara de proceso     15 °C  
Blast-freezer            -18 °C  
Holding                    -18 °C
- ¿Cuál es el tiempo de enfriamiento?  
El tiempo de enfriamiento se calcula a 24 horas.

- ¿Cuál es la temperatura ambiente de las cámaras?  
La ubicación de las cámaras es la costa del pacifico con una temperatura ambiente de 86 °F.
- ¿Cuáles son las medidas de las cámaras?
  - Cámara de proceso (largo =66 pie, ancho = 50 pies, alto = 10 pies)
  - Blast-freezer (largo = 10 pies, ancho = 50 pies, alto = 10 pies)
  - Holding (largo = 99 pies, ancho = 15 pies, alto = 10 pies)
- ¿Cuál es la temperatura de entrada del producto?  
El producto ingresa de las fincas a una temperatura de 3°C.
- ¿Existe algún trabajo de motores dentro de las cámaras?  
Se cuenta con un montacargas de dos toneladas de capacidad para cargar los furgones con el producto terminado.

Figura 19. Cámaras de refrigeración



Fuente: elaboración propia.

Después de recopilar la mayor información posible podemos empezar a calcular las cargas térmicas, en la actualidad existen diferentes métodos para calcular las cargas, también existen programas sofisticados que calculan las cargas con cierto grado de exactitud, pero para fines prácticos calcularemos las cargas usando los formularios de Frigus Bonh.

Tabla XV. Calor de respiración (aprox)

BTU / Lb. / 24 Hrs.				
Producto	Temperatura de Almacenamiento ° F			
	32° F	40° F	60° F	Otros °F
<b>FRUTAS</b>				
Manzanas	.25-.45	.55-.80	1.5-3.4	
Albaricoque	.055-.63	.70-.10	2.33-3.74	
Aguacates	—	—	6.6-15.35	@68° 4.2-4.6
Plátanos	—	—	2.3-2.75	
Zarzamora	1.70-2.52	5.91-5.00	7.71-15.97	
Cerezas	0.65-0.90	1.4-1.45	5.5-6.6	
Cerezas Agrias	0.63-1.44	1.41-1.45	3.0-5.49	
Higos	—	1.18-1.45	2.37-3.52	
Grosella espiñoza	0.74-0.96	1.33-1.48	2.37-3.52	
Toronja	0.20-0.50	0.35-0.65	1.1-2	
Uvas Americanas	0.30	0.60	1.75	
Uvas Europeas	0.15-0.20	0.35-0.65	1.10-1.30	
Limonas	0.25-0.45	0.30-0.95	1.15-2.50	
Limas	—	0.45	1.485	
Melones Cantalupo	0.55-0.63	0.96-1.11	3.70-4.22	
Melon Dulce	—	0.45-0.55	1.2-1.65	
Naranjas	0.20-0.50	0.65-0.8	1.85-2.6	
Durazno	0.45-0.70	0.70-1.0	3.65-4.65	
Peras	0.35-0.45	2.2	4.40-6.60	
Ciruelas	0.20-0.35	0.45-0.75	1.20-1.40	
Frambuesas	1.95-2.75	3.40-4.25	9.05-11.15	
Fresas	1.35-1.90	1.80-3.40	7.80-10.15	
Mandarinas	1.63	2.93	—	
<b>VEGETALES</b>				
Espárragos	2.95-6.60	5.85-11.55	11.0-25.75	
Frijol verde ó seco	—	4.60-5.7	16.05-22.05	
Frijoles	1.15-1.6	2.15-3.05	11.0-13.7	
Remolacha	1.35	2.05	3.60	
Brocoli	3.75	5.50-8.80	16.9-25.0	
Coles Brotando	1.65-4.15	3.30-5.50	6.60-13.75	
Col	0.60	0.85	2.05	
Zanahoria	1.05	1.75	4.05	
Coliflor	1.80-2.10	2.10-2.40	4.70-5.40	
Apio	0.80	1.20	4.10	
Maiz Dulce	3.60-5.65	5.30-6.60	19.20	
Pepino	—	—	1.65-3.65	
Ajo	0.33-1.19	0.63-1.08	1.18-3.0	
Rabano	0.89	1.19	3.59	
Colinabo	1.11	1.78	5.37	
Lechuga Bola	1.15	1.35	3.95	
Lechuga Hoja	2.25	3.20	7.20	
Hongos-Champiñones	3.10-4.80	7.80	—	@50° 11.0
Aceituna	—	—	2.37-4.26	
Cebolla Seca	0.35-0.55	0.90	1.20	
Cebolla Verde	1.15-2.45	3.00-7.50	7.25-10.70	
Pimiento Dulce	1.35	2.35	4.25	
Papas no maduras	—	1.30	1.45-3.4	
Papas maduras	—	0.65-0.90	0.75-1.30	
Papas Dulces	—	0.85	2.15-3.15	
Rabano con Corona	1.59-1.89	2.11-2.30	7.67-8.5	
Rabano con hojas	0.59-0.63	0.85-0.89	3.04-3.59	
Espinacas	2.10-2.45	3.95-5.60	18.45-19.0	
Calabaza Amarilla	1.3-1.41	1.55-2.04	8.23-9.97	
Jitomate verde maduro	—	0.55	3.10	
Jitomates Maduros	0.50	0.65	2.8	
Nabos	0.95	1.10	2.65	
Verduras mixtas	2.0	4.0	—	
<b>MISCELANEOS</b>				
Caviar en cajas	—	—	1.91	
Queso Americano	—	—	2.34	
Camembert	—	—	2.46	
Limburger	—	—	2.46	@45° 2.0
Roquefort	—	—	—	
Suizo	—	—	2.33	
Flores cortadas	0.24 BTU/24 hrs./ Pie <sup>2</sup> Area del Piso			

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 18.

### 3.2.1. Ganancia de calor por transmisión

Usando las tablas calcularemos la carga térmica para las tres cámaras de refrigeración, aunque hay que tomar en cuenta que es un método simple que da cargas aproximadas, pero para mayor exactitud en los cálculos se recomienda usar un programa de computación para tener un dato exacto.

- cámara de proceso:

Tabla XVI. **Bases para el cálculo de las cargas térmicas para la cámara de proceso**

<b>Bases para cálculo:</b>									
Dimensiones del cuarto:					Ancho: 50 pie X longitud: 66 pie X Alto: 10 pie.				
Volumen: L: 66 x A: 50 x Al: 10 =					33,000 pie <sup>3</sup>				
Temperatura amb. 85 °F – Temperatura del cuarto: 59 °F = 26 °F DT.									
↑									
N									
							Aislamiento		
							Pulgadas	Tipo	
Techo							2	poliuretano	
Paredes							2	poliuretano	
Piso							6	poliuretano	
<b>Carga del producto</b>									
a) 40,000 lbs./día de camarón para reducido desde la temperatura de entrada de 37.4 °F hasta 59 °F disminución de temperatura de -21.6 °F									
b) lbs./día de para ser reducido desde la temperatura de entrada									
<b>Misceláneos</b>									
Motores (incluye todos los motores ventiladores)					0.2 HP		Temp. Del piso 60 altura de mar		
Luces (se asume 1 watt/pie <sup>2</sup> )					3,300 watt				
No. De personas			15		temperatura del piso			60 °F	

Fuente: elaboración propia.



Tabla XVII. **Cálculo de transmisión por cargas (cámara de proceso)**

Transmisión por cargas							BTU/día		
Techo (L)	66	x	W	50	x	carga del calor	72	tabla IX	237,600
Pared Norte (L)	66	X	W	10	x	carga del calor	72	tabla IX	47,520
Pared Sur (L)	66	X	W	10	x	carga del calor	72	tabla IX	47,520
Pared Este (W)	50	X	W	10	x	carga del calor	72	tabla IX	36,000
Pared Oeste (W)	50	X	W	10	x	carga del calor	72	tabla IX	36,000
piso (L)	66	X	W	50	x	carga del calor	200	tabla IX	660,000
<b>total</b>								<b>1,064,640</b>	

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de congelación (blast freezer)

Tabla XVIII. **Bases para el cálculo de las cargas térmicas para la cámara de congelación (blast freezer)**

<b>Bases para cálculo:</b>																																																																																																															
Dimensiones del cuarto:	Ancho: 50 pie X longitud: 33 pie X Alto: 10 pie.																																																																																																														
Volumen: L: 33 x A: 50 x Al: 10 =	16,500 pie <sup>3</sup>																																																																																																														
Temperatura amb. 85 °F	— Temperatura del cuarto: -0.4 °F = 85.4 °F DT.																																																																																																														
<table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>↑</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	↑										N																																																																																										<table border="1" style="width: 100%;"> <thead> <tr> <th colspan="2">Aislamiento</th> </tr> <tr> <th>Pulgadas</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Techo</td> <td>4 poliuretano</td> </tr> <tr> <td>Paredes</td> <td>4 poliuretano</td> </tr> <tr> <td>Piso</td> <td>6 poliuretano</td> </tr> </tbody> </table>	Aislamiento		Pulgadas	Tipo	Techo	4 poliuretano	Paredes	4 poliuretano	Piso	6 poliuretano
↑																																																																																																															
N																																																																																																															
Aislamiento																																																																																																															
Pulgadas	Tipo																																																																																																														
Techo	4 poliuretano																																																																																																														
Paredes	4 poliuretano																																																																																																														
Piso	6 poliuretano																																																																																																														
<b>Carga del producto</b>																																																																																																															
40,000 lbs./día de camarón	para reducido desde la temperatura de entrada																																																																																																														
a)	disminución de temperatura de 37.8 °F																																																																																																														
de 37.4 °F hasta -0.4 °F																																																																																																															
b)	para ser reducido desde la temperatura de entrada																																																																																																														
<b>Misceláneos</b>																																																																																																															
Motores (incluye todos los motores ventiladores)	0.2 HP Temp. Del piso 60 por altura																																																																																																														
Luces (se asume 1 watt/pie <sup>2</sup> )	1,650 watt																																																																																																														
No. De personas	0 temperatura del piso 0 °F																																																																																																														

Fuente: elaboración propia.



Tabla XXI. **Cálculo de transmisión por cargas (cámara almacenadora)**

1. Transmisión por cargas							BTU/día	
Techo (L)	99	x	W	50	x	carga del calor	81 tabla IX	400,950
Pared Norte (L)	99	x	W	10	x	carga del calor	81 tabla IX	80,190
Pared Sur (L)	99	x	W	10	x	carga del calor	81 tabla IX	80,190
Pared Este (W)	50	x	W	10	x	carga del calor	81 tabla IX	40,500
Pared Oeste (W)	50	x	W	10	x	carga del calor	81 tabla IX	40,500
piso (L)	99	x	W	50	x	carga del calor	450 tabla IX	2,227,500
							<b>TOTAL</b>	<b>2,869,830</b>

Fuente: elaboración propia.

Es importante mencionar que las tablas del cálculo para las cargas térmicas por transmisión es un dato que resulta de las tablas de libros especializados en sistemas de refrigeración, por lo tanto se recomienda que se aplique un factor de seguridad, generalmente del 10% de la carga neta.

### 3.2.2. Ganancia de calor por cambios de aire

Las cargas por cambios de aire es uno de los factores que si se descuida puede elevar el costo de inversión, generalmente los cambios de aire están afectados por las aperturas de las puertas, por lo que se busca tener las puertas de las cámaras cerradas el mayor tiempo posible, si tenemos en cuenta que cuando el aire del ambiente ingresa a la cámara este deberá tomar la temperatura de la misma, obligando a los compresores a aumentar sus ciclos de trabajo. Se presentan las siguientes tablas con el cálculo de cargas por cambios de aire.

- Cámara de proceso:

Tabla XXII. **Cálculo por cambios de aire (cámara de proceso)**

<b>2. Carga por cambios de aire</b>	BTU/día
Volumen <b>33,000 pie<sup>3</sup></b> x <b>2.3</b> factor tabla X <b>1.12</b> factor tabla XII	85,008

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de congelación (blast freezer):

Tabla XXIII. **Cálculo por cambios de aire (cámara de congelación)**

<b>2. Carga por cambios de aire</b>	BTU/día
Volumen <b>16,500 pie<sup>3</sup></b> x <b>2.6</b> factor tabla XI <b>3.04</b> factor tabla XII	130,416

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de almacenamiento (holding):

Tabla XXIV. **Cálculo por cambios de aire (cámara de almacenamiento)**

<b>2. Carga por cambios de aire</b>	BTU/día
Volumen <b>49,500 pie<sup>3</sup></b> x <b>1.6</b> factor tabla XI <b>3.04</b> factor tabla XII	240,768

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.3. Ganancia de calor por cargas misceláneas

Las cargas misceláneas son todos aquellos elementos que producen calor dentro de las cámaras refrigeradas, como por ejemplo los motores eléctricos, la iluminación, personas trabajando en el interior y ventanas de vidrio donde se gana calor del ambiente.

- Cámara de proceso

Tabla XXV. **Cálculo por cargas misceláneas (cámara de proceso)**

<b>3. Cargas adicionales</b>			
Motores eléctricos:	<b>0.2</b> HP	x 75,000 BTU/HP/24 hrs.	15,000
Iluminación eléctrica:	<b>3300</b> watts	x <b>82</b>	270,600
Carga por persona:	15 personas	x 17280 BTU/24 hrs tabla XIII	259,200
Cargas por puertas de vidrio:		x 19,200 BTU/puerta/24 hrs	
<b>TOTAL</b>			<b>544,800 BTU/día</b>

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de congelación

Tabla XXVI. **Cálculo por cargas misceláneas (cámara de congelación)**

<b>3. Cargas adicionales</b>				BTU/día
Motores eléctricos:	<b>0.2</b> HP	x 75,000 BTU/HP/24 hrs.		15,000
Iluminación eléctrica:	1,650 watts	x <b>82</b>		135,300
Carga por persona:	0 personas	x 17280 BTU/24 hrs tabla XIII		0
Cargas por puertas de vidrio:	0	x 19,200 BTU/puerta/24 hrs		0
<b>TOTAL</b>				<b>150,300</b>

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de almacenamiento

Tabla XXVII. **Cálculo por cargas misceláneas (cámara de almacenaje)**

<b>3. Cargas adicionales</b>			BTU/día
Motores eléctricos:	5 HP x	75,000 BTU/HP/24 hrs.	375,000
Iluminación eléctrica:	4,950 watts x	82	405,900
Carga por persona:	0 personas x	17280 BTU/24 hrs tabla XIII	0
Cargas por puertas de vidrio:	0 x	19,200 BTU/puerta/24 hrs	0
<b>TOTAL</b>			<b>780,900</b>

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.4. Ganancia de calor por el producto

Cada producto sea verdura o carnes tiende a generar energía convertida en calor específico, calor latente o respiración, se calcula las BTU/día si multiplicamos la cantidad de producto por un factor según tabla.

- Cámara de proceso

Tabla XXVIII. **Cálculo por cargas del producto (cámara de proceso)**

<b>4. Carga del producto: Sensible</b>		(carga del producto estimada a 24 hrs. Abatimiento)	BTU/día
a)	40,000 lbs./día x 0.7	calor específico (tabla VI) x 26 °F disminución de temp.	728,000
b)	lbs./día x	calor específico (tabla VI) x disminución de temp.	
para el tiempo de abatimiento del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs de carga(24/tiempo de abatimiento)			
<b>TOTAL</b>			<b>728,000</b>

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de congelación

Tabla XXIX. **Cálculo por cargas del producto (cámara de congelación)**

<b>4. Carga del producto: sensible</b>	(carga del producto estimada a 24 hrs. Abatimiento)	BTU/día
a) 40,000 lbs./día x 0.7	calor específico (tabla VI) x 85.4 °F disminución de temp.	2,391,200
b) Lbs./día x	calor específico (tabla VI) x	disminución de temp.
para el tiempo de abatimiento del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs de carga x (24/tiempo de abatimiento)		
<b>TOTAL</b>		<b>2, 391,200</b>

Fuente: elaboración propia.

- Cámara de almacenamiento

Tabla XXX. **Cálculo por cargas del producto (cámara de almacenamiento)**

<b>4. Carga del producto: Sensible</b>	(carga del producto estimada a 24 hrs. Abatimiento)	BTU/día
a) 40,000 lbs./día x 0.7	calor específico (tabla VI) x 85.4 °F disminución de temp.	2,391,200
b) lbs./día x	calor específico (tabla VI) x	disminución de temp.
para el tiempo de abatimiento del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs de carga x (24/tiempo de abatimiento)		
<b>TOTAL</b>		<b>2, 391,200</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.2.4.1. Calor específico**

Si hablamos de calor específico podemos decir que es la cantidad de calor que debe ser removido de una libra de producto para reducir su temperatura 1°F, este calor tiene dos valores: uno aplicado cuando el producto está arriba del punto de congelación; el segundo es aplicable después de que el producto ha alcanzado su punto de congelación.

### **3.2.4.2. Calor latente**

Es la cantidad de calor que debe eliminarse a una libra de producto para congelarlo, se le llama calor latente de fusión. La mayoría de los productos tienen un punto de congelación en el rango de 26°F a 31°F, y si la temperatura exacta es desconocida, esta puede considerarse de 28°F. Existe una relación definida entre el calor latente de fusión y el contenido de agua del producto, su calor específico y su calor latente.

Estimación de los calores específicos y latentes:

- calor específico arriba del punto de congelación =  $0.20 + (0.008\% \text{ agua})$
- calor específico abajo del punto de congelación =  $0.20 + (0.003\% \text{ agua})$
- calor latente =  $143.3\% \text{ agua}$



### **3.2.4.3. Respiración del producto**

Uno de los aspectos que se pasa desapercibido es calcular el calor que generan los productos, y es que generalmente los vegetales y las frutas están vivas y respiran provocando un calor de respiración, estos continuamente son sometidos a un cambio en el cual se libera energía en forma de calor, la cual varía con el tipo y temperatura del producto, los valores son generalmente tabulados en BTU/Lb/24hrs, y son aplicados al peso total del producto que se almacena y no solo lo retirado diariamente.

Tabla XXXI. Calor de respiración (aproximada)

BTU / Lb. / 24 Hrs.				
Producto	Temperatura de Almacenamiento °F			
	32° F	40° F	60° F	Otros °F
<b>FRUTAS</b>				
Manzanas	.25-.45	.55-.80	1.5-3.4	
Albaricoque	.055-.63	.70-.10	2.33-3.74	
Aguaates	—	—	6.6-15.35	@68° 4.2-4.6
Plátanos	—	—	2.3-2.75	
Zarzamora	1.70-2.52	5.91-5.00	7.71-15.97	
Cerezas	0.65-0.90	1.4-1.45	5.5-6.6	
Cerezas Agrias	0.63-1.44	1.41-1.45	3.0-5.49	
Higos	—	1.18-1.45	2.37-3.52	
Grosella espiñoza	0.74-0.96	1.33-1.48	2.37-3.52	
Toronja	0.20-0.50	0.35-0.65	1.1-2	
Uvas Americanas	0.30	0.60	1.75	
Uvas Europeas	0.15-0.20	0.35-0.65	1.10-1.30	
Limonas	0.25-0.45	0.30-0.95	1.15-2.50	
Limas	—	0.45	1.485	
Melones Cantalupo	0.59-0.63	0.96-1.11	3.70-4.22	
Melon Dulce	—	0.45-0.55	1.2-1.65	
Naranjas	0.20-0.50	0.65-0.8	1.85-2.6	
Durazno	0.45-0.70	0.70-1.0	3.65-4.65	
Peras	0.35-0.45	2.2	4.40-6.60	
Ciruelas	0.20-0.35	0.45-0.75	1.20-1.40	
Frambuesas	1.95-2.75	3.40-4.25	9.05-11.15	
Fresas	1.35-1.90	1.80-3.40	7.80-10.15	
Mandarinas	1.63	2.93	—	
<b>VEGETALES</b>				
Esparragos	2.95-6.60	5.85-11.55	11.0-25.75	
Frijol verde ó seco	—	4.60-5.7	16.05-22.05	
Frijoles	1.15-1.6	2.15-3.05	11.0-13.7	
Remolacha	1.35	2.05	3.60	
Brocoli	3.75	5.50-8.80	16.9-25.0	
Coles Brotando	1.65-4.15	3.30-5.50	6.60-13.75	
Col	0.60	0.85	2.05	
Zanahoria	1.05	1.75	4.05	
Coliflor	1.80-2.10	2.10-2.40	4.70-5.40	
Apio	0.80	1.20	4.10	
Maíz Dulce	3.60-5.65	5.30-6.60	19.20	
Pepino	—	—	1.65-3.65	
Ajo	0.33-1.19	0.63-1.08	1.18-3.0	
Rabano	0.89	1.19	3.59	
Colinabo	1.11	1.78	5.37	
Lechuga Bola	1.15	1.35	3.95	
Lechuga Hoja	2.25	3.20	7.20	
Hongos-Champiñones	3.10-4.80	7.80	—	@50° 11.0
Aceituna	—	—	2.37-4.26	
Cebolla Seca	0.35-0.55	0.90	1.20	
Cebolla Verde	1.15-2.45	3.00-7.50	7.25-10.70	
Pimiento Dulce	1.35	2.35	4.25	
Papas no maduras	—	1.30	1.45-3.4	
Papas maduras	—	0.65-0.90	0.75-1.30	
Papas Dulces	—	0.85	2.15-3.15	
Rabano con Corona	1.59-1.89	2.11-2.30	7.67-8.5	
Rabano con hojas	0.59-0.63	0.85-0.89	3.04-3.59	
Espinacas	2.10-2.45	3.95-5.60	18.45-19.0	
Calabaza Amarilla	1.3-1.41	1.55-2.04	8.23-9.97	
Jitomate verde maduro	—	0.55	3.10	
Jitomates Maduros	0.50	0.65	2.8	
Nabos	0.95	1.10	2.65	
Verduras mixtas	2.0	4.0	—	
<b>MISCELANEOS</b>				
Caviar en cajas	—	—	1.91	
Queso Americano	—	—	2.34	
Camembert	—	—	2.46	
Limburger	—	—	2.46	
Roquefort	—	—	—	@45° 2.0
Suizo	—	—	2.93	
Flores cortadas	0.24 BTU/24 hrs./ Pie <sup>2</sup> Area del Piso			

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 18.

#### **3.2.4.4. Tiempo de abatimiento**

Cuando la carga del producto es calculada con un tiempo de abatimiento diferente a 24 horas, un factor de corrección de  $24\text{hrs}/\text{tiempo de abatimiento}$  debe multiplicar a la carga del producto. Mientras el producto baja su temperatura esta puede ser calculada, no debe hacerse ninguna garantía en relación con la temperatura final del producto, debido a varios factores incontrolables como por ejemplo: tipo de empaquetado, posición de la carga y método de almacenamiento.

#### **3.2.4.5. Factor de seguridad**

Cuando las cuatro fuentes de calor principales son calculadas un factor de seguridad por lo general de 10% es agregado a la carga total de refrigeración, para considerar la mínima omisión o inexactitud, también podemos decir que es una seguridad adicional o reserva que puede estar disponible desde el funcionamiento del compresor y la carga promedio.

#### **3.2.4.6. Carga térmica por hora**

La carga térmica por hora sirve como guía en la selección de los equipos. Se calcula dividiendo la carga térmica final en BTU/24hrs, por el tiempo de funcionamiento deseado de la unidad condensadora.

- 35°F cámaras sin reloj 16 hrs.
- 35°F cámaras con reloj 18 hrs.
- Túnel de enfriamiento/congelación con deshielo positivo 18 hrs.
- Conservador de congelados 20 hrs.

- Refrigerador de 25 a 34°F con deshielo eléctrico o gas caliente de 20-22 hrs.
- Cámaras a 50°F y temperaturas mayores, con temperatura del serpentín arriba de 32°F. 20-22 hrs.

### **3.2.5. Resumen de cargas**

Para obtener la cantidad de toneladas de refrigeración por hora que se necesita para procesar 40,000 libras de camarón, sumamos las cuatro cargas involucradas, con la cantidad en toneladas de refrigeración podemos seleccionar el equipo adecuado para el proyecto.



Continuación tabla XXXII

<b>2. Carga por cambios de aire</b>					
Volumen	<b>33,000</b>	pie <sup>3</sup>	x	<b>2.3</b> factor tabla X <b>1.12</b> factor tabla XII	85,008
<b>3. Cargas adicionales</b>					
Motores eléctricos:	<b>0.2</b>	HP	x	75,000 BTU/HP/24 hrs.	15,000
Iluminación eléctrica:	<b>3300</b>	watts	x	<b>82</b>	270,600
Carga por persona:	15	personas	x	17280 BTU/24 hrs tabla XIII	259,200
Cargas por puertas de vidrio:			x	19,200 BTU/puerta/24 hrs	
<b>4. Carga del producto: Sensible</b>				(carga del producto estimada a 24 hrs. Abatimiento)	
a)	<b>40,000</b>	lbs. /día x	<b>0.7</b>	calor específico (tabla VI) x <b>26 °F</b> disminución de temp.	728,000
b)		lbs. /día x		calor específico (tabla VI) x disminución de temp. para el tiempo de abatimiento del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs de cargax(24/tiempo de abatimiento)	
<b>5. Carga del producto, respiración</b>					
a)		lbs. almacenadas x		BTU/24 hrs. (Tabla XV)	
b)		lbs. almacenadas x		BTU/24 hrs. (Tabla XV)	
<b>Carga Total de refrigeración (1 +2 + 3 + 4 + 5) BTU./24 hrs.</b>					3,487,088
<b>agregar 10% de factor seguridad</b>					348,709
<b>Total con factor de seguridad BTU./24 hrs.</b>					2,676,890
<b>Dividir entre el número de horas de operación (20) para obtener los requerimientos de enfriamiento en BTUH</b>					<b>133,235</b>

Fuente: elaboración propia.

**Nota:** si los valores de las temperaturas de trabajo no coinciden con los de las tablas, tomar el valor inmediato superior o se puede interpolar para tener un dato más exacto, es importante mencionar que un buen cálculo y diseño dependen mucho de la información exacta que se recopile. La carga total se divide dependiendo el tipo de cámara en este caso 20 hrs.

Tabla XXXIII. Resumen de cargas (cámara de congelación blast freezer)

Formato para estimar la carga de refrigeración (para cuartos debajo de 32 °F)																																																																							
Cámara de congelación para -0.4°F.																																																																							
Calculado para: congelación.		Calculado por: Lester Cabrera			Fecha: abril 2010																																																																		
<b>Bases para cálculo:</b>																																																																							
Dimensiones del cuarto: Ancho: 50 pie X longitud: 33 pie X Alto: 10 pie.																																																																							
Volumen: L: 33 x A: 50 x Al: 10 = 16,500 pie³																																																																							
Temperatura amb. 85 °F – Temperatura del cuarto: -0.4 °F = 85.4 °F DT.																																																																							
<table border="1"> <tr><td>↑</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>				↑										N																																								<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Aislamiento</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Pulgadas</th> <th>Tipo</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Techo</td> <td>4</td> <td>poliuretano</td> </tr> <tr> <td>Paredes</td> <td>4</td> <td>poliuretano</td> </tr> <tr> <td>Piso</td> <td>6</td> <td>poliuretano</td> </tr> </tbody> </table>			Aislamiento				Pulgadas	Tipo	Techo	4	poliuretano	Paredes	4	poliuretano	Piso	6	poliuretano
↑																																																																							
N																																																																							
Aislamiento																																																																							
	Pulgadas	Tipo																																																																					
Techo	4	poliuretano																																																																					
Paredes	4	poliuretano																																																																					
Piso	6	poliuretano																																																																					
<b>Carga del producto</b>																																																																							
a) 40,000 lbs./día de camarón para reducido desde la temperatura de entrada																																																																							
De 37.4 °F hasta 59 °F disminución de temperatura de -21.6 °F																																																																							
b) lbs./día de para ser reducido desde la temperatura de entrada																																																																							
<b>Misceláneos</b>																																																																							
Motores (incluye todos los motores ventiladores) 0.2 HP																																																																							
Luces (se asume 1 watt/pie²) 1,650 watt																																																																							
No. De personas 0 temperatura del piso 0 °F																																																																							
<b>1. Transmisión por cargas</b>																																																																							
						TOTAL																																																																	
Techo (L)	33 x W	50 x	carga del calor	81	tabla IX	133,650																																																																	
Pared Norte (L)	33 x W	10 x	carga del calor	81	tabla IX	26,730																																																																	
Pared Sur (L)	33 x W	10 x	carga del calor	81	tabla IX	26,730																																																																	
Pared Este (W)	50 x W	10 x	carga del calor	81	tabla IX	40,500																																																																	
Pared Oeste (W)	50 x W	10 x	carga del calor	81	tabla IX	40,500																																																																	
piso (L)	33 x W	50 x	carga del calor	450	tabla IX	742,500																																																																	

Continuación tabla XXXIII

<b>2. Carga por cambios de aire</b>				
Volumen	<b>16,500 pie<sup>3</sup></b>	x <b>2.6</b> factor tabla XI	3.04 factor tabla XII	130,416
<b>3. Cargas adicionales</b>				
Motores eléctricos:	<b>0.2</b> HP	x 75,000 BTU/HP/24 hrs.		15,000
Iluminación eléctrica:	1,650 watts	x <b>82</b>		135,300
Carga por persona:	0 personas	x 17280 BTU/24 hrs	tabla XIII	0
Cargas por puertas de vidrio:		x 19,200 BTU/puerta/24 hrs		0
<b>4. Carga del producto: sensible</b> (carga del producto estimada a 24 hrs. Abatimiento)				
a)	<b>40,000</b> lbs. /día	x <b>0.7</b> calor específico (tabla VI)	x 85.4 °F disminución de temp.	2,391,200
b)	Lbs. /día	x calor específico (tabla VI)	x disminución de temp.	
para el tiempo de abatimiento del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs de carga x(24/tiempo de abatimiento)				
<b>5. Carga del producto, respiración</b>				
a)	lbs. Almacenadas	x	BTU/24 hrs. (Tabla XV)	
b)	lbs. Almacenadas	x	BTU/24 hrs. (Tabla XV)	
<b>Carga Total de refrigeración (1 +2 + 3 + 4 + 5) BTU./24 hrs.</b>				3,682,526
<b>agregar 10% de factor seguridad</b>				368,253
<b>Total con factor de seguridad BTU./24 hrs.</b>				4,050,779
<b>Dividir entre el número de horas de operación (18) para obtener los requerimientos de enfriamiento en BTUH</b>				<b>225,043</b>

Fuente: elaboración propia.

**Nota:** En las cargas adicionales el factor 82 convierte los watts en BTU/día, la suma de los BTU/día los dividimos entre 18 por ser una cámara de congelados.



Tabla XXXIV. **Resumen de cargas (cámara de almacenamiento holding)**

Formato para estimar la carga de refrigeración (para cuartos abajo de 32°F)																																																																								
Cámara de almacenamiento para - <b>0.4°F.</b>																																																																								
Calculado para: congelación.	Calculado por: Lester Cabrera	Fecha: abril 2010																																																																						
<b>Bases para cálculo:</b>																																																																								
Dimensiones del cuarto:	Ancho: 50 pie X longitud: 99 pie X Alto: 10 pie.																																																																							
Volumen: L: 99 x A: 50 x Al: 10 =	49,500 pie <sup>3</sup>																																																																							
Temperatura amb. 85 °F	- Temperatura del cuarto: -0.4 °F = 85.4 °F																																																																							
DT.																																																																								
<table border="1"> <tr><td>↑</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>N</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </table>	↑											N																																												<table border="1"> <thead> <tr><th colspan="3">Aislamiento</th></tr> <tr><th></th><th>Pulgadas</th><th>Tipo</th></tr> </thead> <tbody> <tr><td>Techo</td><td>4</td><td>poliuretano</td></tr> <tr><td>Paredes</td><td>4</td><td>poliuretano</td></tr> <tr><td>Piso</td><td>6</td><td>poliuretano</td></tr> </tbody> </table>		Aislamiento				Pulgadas	Tipo	Techo	4	poliuretano	Paredes	4	poliuretano	Piso	6	poliuretano
↑																																																																								
N																																																																								
Aislamiento																																																																								
	Pulgadas	Tipo																																																																						
Techo	4	poliuretano																																																																						
Paredes	4	poliuretano																																																																						
Piso	6	poliuretano																																																																						
<b>Carga del producto</b>																																																																								
a) <b>40,000</b> lbs./día de <b>camarón</b> para reducido desde la temperatura de entrada de <b>-0.40 °F</b> hasta <b>-0.4 °F</b> disminución de temperatura de <b>0 °F</b>																																																																								
b) lbs./día de para ser reducido desde la temperatura de entrada																																																																								
<b>Misceláneos</b>																																																																								
Motores (incluye todos los motores ventiladores) <b>5</b> HP																																																																								
Luces (se asume 1 watt/pie <sup>2</sup> ) 4950 <b>watt</b>																																																																								
No. De personas <b>0</b> temperatura del piso <b>0 °F</b>																																																																								
<b>1. Transmisión por cargas</b>																																																																								
		TOTAL																																																																						
Techo (L)	99 x W 50 x carga del calor	81 tabla IX 400,950																																																																						
Pared Norte (L)	99 x W 10 x carga del calor	81 tabla IX 80,190																																																																						
Pared Sur (L)	99 x W 10 x carga del calor	81 tabla IX 80,190																																																																						
Pared Este (W)	50 x W 10 x carga del calor	81 tabla IX 40,500																																																																						
Pared Oeste (W)	50 x W 10 x carga del calor	81 tabla IX 40,500																																																																						
piso (L)	99 x W 50 x carga del calor	450 tabla IX 2,227,500																																																																						

Continuación Tabla XXXIV

<b>2. Carga por cambios de aire</b>				
Volumen	<b>49,500 pie<sup>3</sup></b>	x	<b>1.6</b> factor tabla XI 3.04 factor tabla XII	240,768
<b>3. Cargas adicionales</b>				
Motores eléctricos:	<b>5</b> HP	x	75,000 BTU/HP/24 hrs.	375,000
Iluminación eléctrica:	4,950 watts	x	<b>82</b>	405,900
Carga por persona:	0 personas	x	17280 BTU/24 hrs tabla XIII	0
Cargas por puertas de vidrio:		x	19,200 BTU/puerta/24 hrs	
<b>4. Carga del producto: Sensible</b> (carga del producto estimada a 24 hrs. Abatimiento)				
a)	<b>40,000</b> lbs./día x	<b>0.7</b>	calor específico (tabla VI) x 85.4 °F disminución de temp.	2,391,200
b)	lbs./día x		calor específico (tabla VI) x disminución de temp. para el tiempo de abatimiento del producto diferente a 24 hrs. Suponer 24 hrs de carga x(24/tiempo de abatimiento)	0
<b>5. Carga del producto, respiración</b>				
a)	lbs. almacenadas x		BTU/24 hrs. (Tabla XV)	
b)	lbs. almacenadas x		BTU/24 hrs. (Tabla XV)	
<b>Carga Total de refrigeración (1 +2 + 3 + 4 + 5) BTU./24 hrs.</b>				6,282,698
<b>agregar 10% de factor seguridad</b>				628,270
<b>Total con factor de seguridad BTU./24 hrs.</b>				6,910,968
<b>Dividir entre el número de horas de operación (20) para obtener los requerimientos de enfriamiento en BTUH</b>				<b>345,549</b>

Fuente: elaboración propia.

**Nota:** Todos los valores de las cargas se aproximan por seguridad, la carga total la dividimos dentro de 20 horas para obtener la carga por hora, debemos tener en cuenta que es una cámara de almacenamiento.

### 3.3. Cálculo de aislamiento

Generalmente para calcular el aislamiento adecuado de una cámara se usa la siguiente fórmula de transferencia de calor:  $Q = (U) (A) (\Delta T)$  aunque hay tablas con espesores dados para distintas temperaturas.

Tabla XXXV. **Requerimientos de paneles para las cámaras**

CÁMARA	ÁREA DE CÁMARA	ÁREA DEL PANEL	ÁREA CÁMARA/ÁREA DEL PANEL	PANELES POR CÁMARA
Cámara de proceso	450 mt <sup>2</sup>	13.20 mt <sup>2</sup>	34.090909	35
Cámara de congelación	225 mt <sup>2</sup>	13.20 mt <sup>2</sup>	17.04545454	18
Cámara de almacenamiento	720 mt <sup>2</sup>	13.20 mt <sup>2</sup>	54.54545454	55
<b>TOTAL DE PANELES</b>				<b>108</b>

Fuente: elaboración propia.

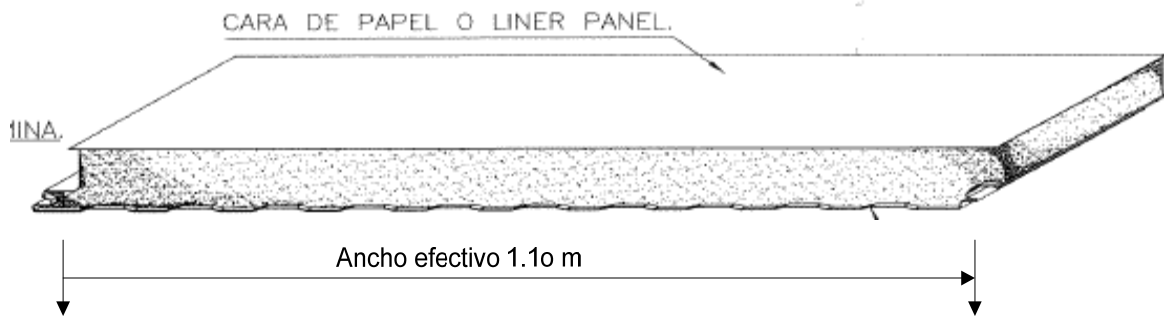
Para determinar el espesor adecuado de los paneles para cada cámara debemos tomar en consideración lo siguiente.

Tabla XXXVI. **Especificación de paneles**

<b>PROPIEDADES DE LOS PANELES</b>	
<b>Lamina</b>	Galvanizada y pre pintada calibre 26
<b>Calidad</b>	Comercial SAE -1006, con bajo contenido de carbono
<b>Proceso</b>	Proceso de laminación en frío
<b>Limite de fluencia</b>	2800 kg/cm <sup>2</sup> mínimo
<b>Recubrimiento</b>	Recubrimiento de zinc aplicado por el proceso de inmersión en caliente de acuerdo a la norma ASTM A-653 con la finalidad de proteger el acero de la corrosión.
<b>Pintura</b>	Poliéster estándar, revestimiento de acabado a un espesor de 0.8 mil., aplicado sobre una base o primer epoxy de 0.2 mil., de espesor, sometido a un tratamiento de curado en horno.
<b>Aislante</b>	Espuma de poliuretano, plástico celular con una densidad de 40 Kg/m <sup>3</sup> conforme a la norma ASTM D-1622 y una estructura interna de 90% de celda cerrada, conforme a la norma ASTM D-2856
<b>Conductividad térmica</b>	Factor K = 0.132 BTU x Pulg. / (hr)(pie <sup>2</sup> )(°F)
<b>Propiedades mecánicas</b>	Esfuerzo de compresión 1.12 Kg/cm <sup>2</sup> . Esfuerzo de tensión 1.76 Kg/cm <sup>2</sup>
<b>Temperaturas de servicios</b>	Mínima -40°F dependiendo del espesor del panel. Máxima + 176°F
<b>Ancho y altura efectiva</b>	Ancho = 1.1 m. Altura = 12 m.

Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 2.

Figura 20. Perfil de panel



Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 1.

**Nota:** Tomando en cuenta las propiedades del panel que se utilizara en la construcción de las cámaras, es importante mencionar que el cálculo está basado en la formula de transferencia de calor  $Q = U \times A \times \Delta T$ , de donde por pruebas de laboratorio se logra estimar que cuando la ganancia de calor por pie cuadrado y por hora (Q) tiende a 4 se logra balancear los costos de aislamiento contra los costos del equipo y operación de los sistemas.

Partiendo de la información anterior se calculara el aislamiento adecuado para las distintas temperaturas de las cámaras de refrigeración industrial.

$$Q = (U) (A) (\Delta T)$$

$$Q = 4 \text{ BTU / (hrs) (pie}^2\text{)},$$

$$A = 1 \text{ pie}^2 = 1,$$

$$\Delta T = (85 \text{ }^\circ\text{F} - 59 \text{ }^\circ\text{F}) = 26 \text{ }^\circ\text{F},$$

$$U = \text{¿?},$$

$$R = 1/U,$$

$$\text{Espesor} = K(R),$$

$$\text{Donde } U=Q/(A) (\Delta T), U=4\text{BTU/ (hrs) (1)/(1pie}^2)(26^\circ\text{F)} = 0.1538461\text{BTU/(hrs)(pie}^2)(^\circ\text{F)},$$

$$R = 1/ 0.1538461\text{BTU/ (hrs)(pie}^2)(^\circ\text{F)} = 6.50 \text{ (hrs)(pie}^2)(^\circ\text{F)/BTU},$$

$$\text{Espesor} = 0.132 \text{ BTU x Pulg. / (Hrs) (pie}^2) (^\circ\text{F)} \times 6.50 \text{ (hrs) (pie}^2)(^\circ\text{F)BTU} = 0.858 \text{ pulgadas.}$$

Es importante tomar en cuenta el factor de seguridad en los cálculos para determinar el espesor de los paneles, se tomo la temperatura ambiente de 85°F en referencia al lugar de construcción de las cámaras, este valor puede variar según la altura del nivel del mar, mientras más sea el espesor de los paneles menos ganancia por transmisión de calor tendremos y esto contribuye a elegir equipos de menor capacidad que como resultado hace menor la inversión inicial.

Tabla XXXVII. **Espesores ideales para cámaras**

	<b>Cámara de proceso</b>	<b>Cámara de congelación</b>	<b>Cámara de almacenamiento</b>
<b>Q</b> BTU / (hrs) (pie <sup>2</sup> )	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
<b>A</b> pie <sup>2</sup>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>ΔT</b> °F	<b>26</b>	<b>85.4</b>	<b>85.4</b>
<b>U</b> BTU / (hrs)(pie <sup>2</sup> )(°F)	<b>0.154</b>	<b>0.047</b>	<b>0.047</b>
<b>R</b> (hrs)(pie <sup>2</sup> )(°F)/BTU	<b>6.5</b>	<b>21.35</b>	<b>21.35</b>
<b>k</b> BTU x Plg. / (hr)(pie <sup>2</sup> )(°F)	<b>0.132</b>	<b>0.132</b>	<b>0.132</b>
<b>ESPESOR</b> (Plg)	<b>0.86</b>	<b>2.81</b>	<b>2.81</b>
<b>Factor de seguridad</b> (Plg)	<b>0.95</b>	<b>3.091</b>	<b>3.091</b>
<b>Espesor recomendado</b> (Plg)	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>4</b>

Fuente: elaboración propia.

### **3.3.1. Transmisión de calor**

Cuando hablamos de transmisión de calor podemos entender que es un fenómeno que trata de transferir calor de un entorno a otro, si colocamos una tasa de café a 50°C en un cuarto que su entorno tiene una temperatura de 20°C, la tasa de café empezara a ceder energía o calor al ambiente hasta tener la misma temperatura del ambiente (20°C), este fenómeno podemos llamarlo como transmisión de calor que podemos dividirlo en tres casos.

- Conducción
- Convección
- Radiación

#### **3.3.1.1. Conducción**

Conducción térmica es la transferencia de calor en un cuerpo de una parte a otra de menor temperatura, transmitiéndose de molécula a molécula.

#### **3.3.1.2. Convección**

Entendemos por convección térmica a la transferencia de calor de un fluido a otro fluido de menor temperatura, la convección se produce únicamente en materiales fluidos.



### **3.3.1.3. Radiación**

Es la transferencia de calor de un cuerpo a otro de menor temperatura, por medio de ondas electromagnéticas que atraviesan un medio separador como el aire.

### **3.3.2. Conductividad térmica**

Es la unidad básica de flujo de calor (K). Es una medida de la cantidad de calor que es transmitida a través de un pie cuadrado en una pulgada de material en una hora, cuando existe una diferencia de un grado Fahrenheit entre las dos superficies del material,  $K = (\text{BTU}) (\text{Pulg}) / (\text{hr.}) (\text{pie}^2) (^\circ\text{F})$ . Los valores de K son determinados por medio de pruebas de laboratorio a una temperatura de 75°F o a 24°C.

### **3.3.3. Resistencia térmica**

La resistencia térmica la podemos definir como el recíproco del coeficiente de transferencia de calor ( $R = 1/U$ ). El espesor de aislamiento requerido se puede obtener de la siguiente manera:

$$\text{Espesor} = (K) (R).$$

Los factores de “R” de cada material que compone el elemento constructivo así como el factor  $R_i$  (resistencia de la superficie interior) y el factor  $R_e$  (resistencia de la superficie exterior), se suman para obtener la resistencia total ( $R_T$ ).

$$R = (\text{hr.}) (\text{pie}^2) (^\circ\text{F}) / (\text{BTU}).$$

### 3.3.4. Transferencia de calor

El calor que fluye por conducción a través de cubiertas, muros y pisos de una construcción es calculado mediante la siguiente fórmula:

$$Q = K(A/X) (\Delta T) = (U) (A) (\Delta T),$$

Q = calor ganado por pie cuadrado y por hora,

K = Conductividad térmica del material,

A = Área exterior de la sección (1 pie <sup>2</sup>),

X = Espesor,

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas (T. ambiente – T. interior),

U = Coeficiente de transferencia de calor.



## 4. IMPLANTACIÓN DEL PROYECTO

### 1.1. Instalación de cámaras refrigeradas

Existen dos tipos de construcciones para cámaras refrigeradas, las cámaras interiores se caracterizan por instalarse dentro de una nave o edificio techado y no están expuestas a los efectos climatológicos, las cámaras exteriores por el contrario son construidas a la intemperie expuesta a los efectos climatológicos, antes de una instalación debemos contar con un buen diseño técnico que incluya la correcta elección del espesor de los paneles, pues esto nos reducirá costos por compra de equipo sobredimensionado.

Tabla XXXVIII. **Espesores mínimos recomendados**

TIPO DE CAMARA:	RANGO DE TEMPERATURA °C	CAMARA INTERIOR			CAMARA EXTERIOR		
		Suelo	Muro	Techoo Plafón	Suelo	Muro	Techo
CONSERVADOR	10 a 15	NO	2"	2"	NO	2"	2"
	4 a 10	NO	2"	2"	NO	2 1/2"	2 1/2"
CONSERVADOR A BAJA TEMPERATURA	2 a -4	2"	2 1/2"	2 1/2"	2"	3"	3"
CONGELADOR	-4 a -10	2 1/2"	3"	3"	2 1/2"	3"	4"
	-10 a -18	3"	4"	4"	3"	4"	4"
	-18 a -26	4"	4"	4"	4"	4"	5"
	-26 a -40	4"	5"	5"	4"	5"	5"
CONGELADOR DE RAFAGA	-40 a -46	5"	5"	5"	5"	6"	6"

Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 6.

Uno de los problemas más comunes en la instalación de una cámara es la deformación que sufren los paneles, la causa de esta deformación es la incorrecta colocación de los soportes tomando en cuenta los espesores.

Tabla XXXIX. **Capacidades de carga uniforme**

CALIBRE 26/26		DISTANCIA ENTRE APOYOS (MTS.)																
ESPEJOR DEL PANEL	DEFLEXION MAXIMA PERMITIDA	APOYO SIMPLE					APOYO DOBLE					APOYO TRIPLE						
		2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
1 1/2"	L/180	137	87	57	39	25	194	138	100	74	51	41	188	129	91	65	42	33
	L/120	206	131	87	59	38	291	206	149	112	79	61	281	194	135	98	65	51
2"	L/180	235	158	110	79	53	298	219	165	127	92	74	294	211	156	117	82	65
	L/120	353	238	166	119	80	447	328	247	191	139	111	441	317	233	176	124	98
2 1/2"	L/180	333	229	163	119	81	402	300	230	180	133	107	400	293	221	169	122	97
	L/120	500	345	245	179	122	603	450	345	270	199	161	601	440	331	254	183	145
3"	L/180	436	306	221	164	113	508	383	297	235	189	144	509	379	289	224	164	132
	L/120	653	460	332	246	170	763	575	446	353	284	216	765	569	434	337	246	198
4"	L/180	637	454	332	249	173	718	547	429	343	286	214	724	547	422	331	246	199
	L/120	953	682	498	373	260	1079	822	645	515	429	321	1089	821	635	498	368	298
5"	L/180	838	602	443	334	233	928	711	561	451	383	284	939	715	555	438	328	266
	L/120	1253	904	664	500	350	1395	1069	844	677	574	426	1413	1073	836	659	490	398

Fuente: Mltipanel. Manual técnico. p. 7.

Generalmente cuando construimos una cámara de refrigeración utilizamos los siguientes accesorios que sirven como soporte para mantener las condiciones deseadas y aptas para cualquier producto.

- Angulo de anclaje interior
- Moldura muro piso
- Medio canal inferior exterior
- Canal inferior exterior
- Canal "U"
- Botaguas para refrigeración

- Esquinero exterior estándar
- Esquinero interior estándar
- Moldura tipo T para plafón
- Molduras para cambio de espesor
- Curva sanitaria metálica
- Marco de puerta “Reach In”
- Tapajuntas
- Caballetes
- Moldura tipo omega
- Tornillos autotaladrantes
- Tornillos autorroscantes
- Placas de fijación para panel
- Sikaflex

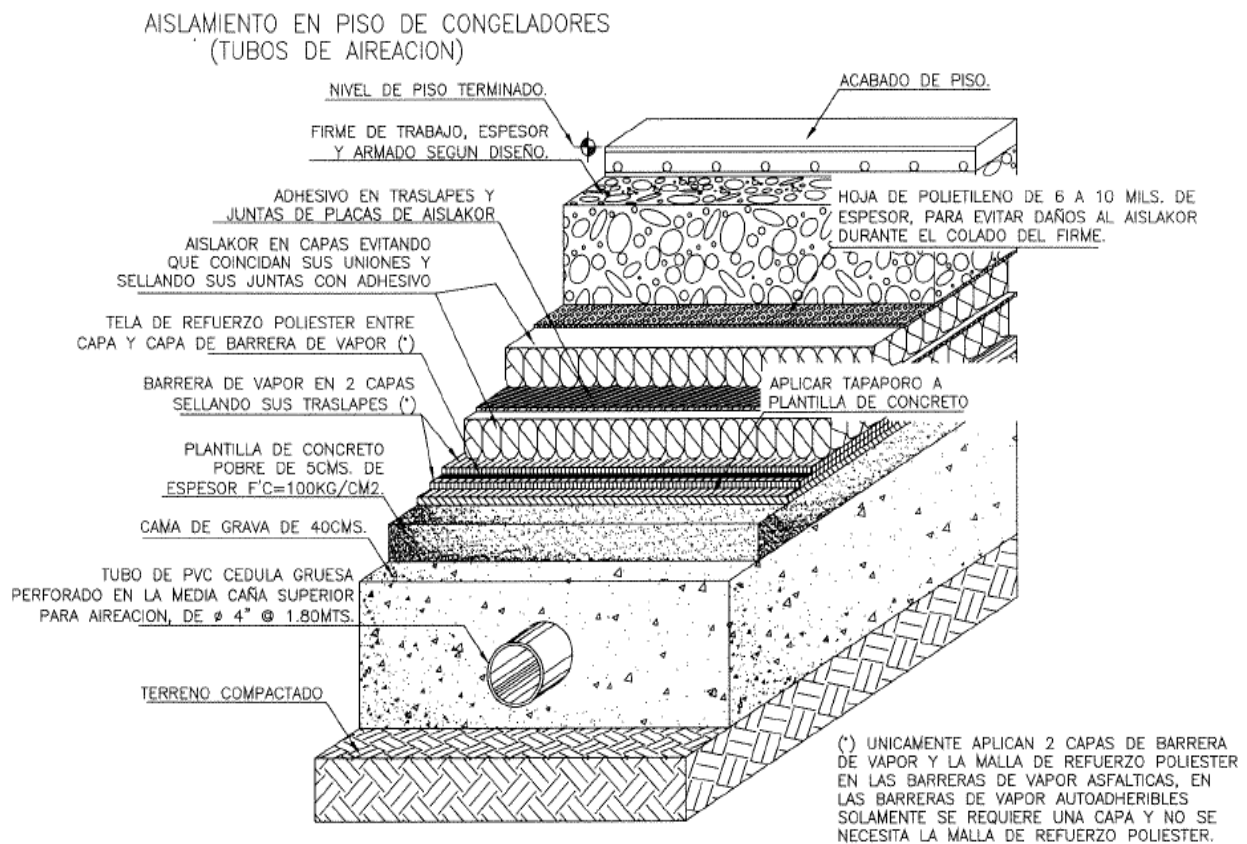
#### **4.1.1. Tratamiento de pisos**

Los suelos de las cámaras de congelación se deben aislar con una o varias capas de aislamiento térmico, para reducir parte del calor que por conducción atraviesa el suelo hacia el interior de la cámara. A pesar del aislamiento térmico del suelo, debe compensarse la cantidad de calor que lo atraviesa, para evitar que se congele el subsuelo. Si esto ocurre, el subsuelo se expandiría hacia arriba levantando y agrietando el piso de la cámara, llegando incluso a debilitar la cimentación del edificio, por lo tanto es recomendable el uso de alguno de los siguientes sistemas de protección para evitar el congelamiento del subsuelo.

- Sistema de aireación natural
- Sistema de calefacción artificial

El sistema más recomendado dependerá de las condiciones particulares y del diseño del proyecto.

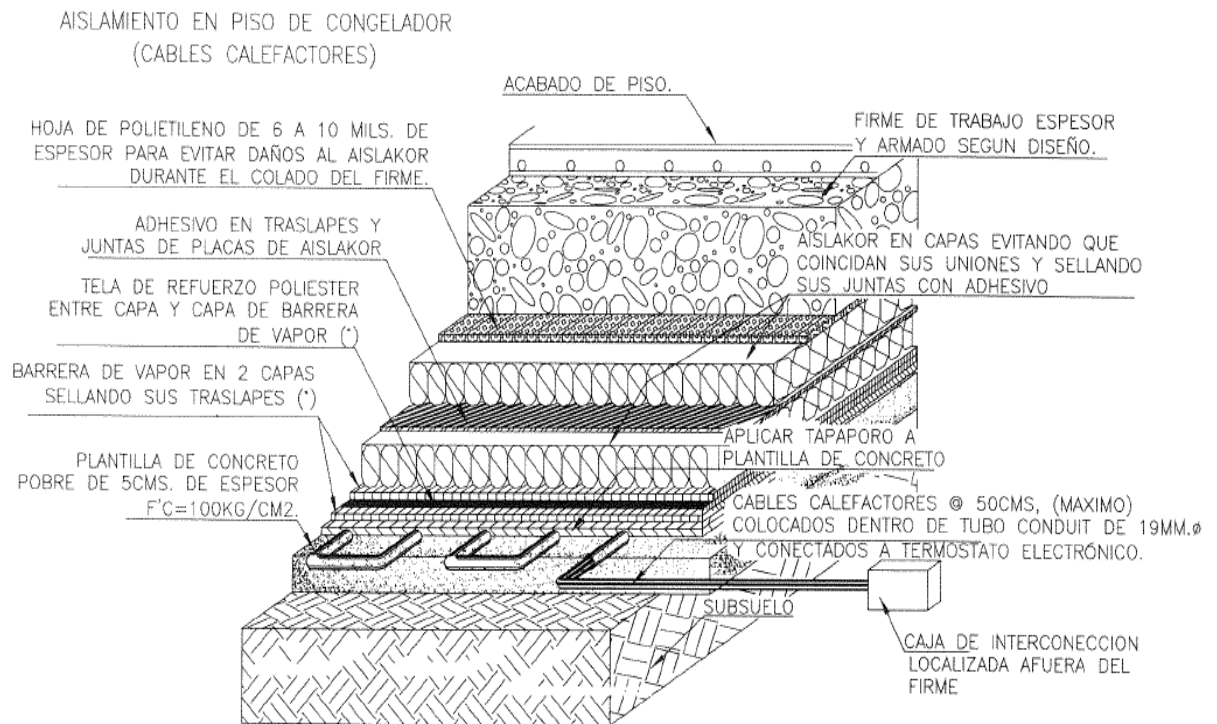
Figura 21. Sistema de aireación natural



Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 22.

Este es el sistema más utilizado por el bajo costo que representa, para mayor seguridad se puede colocar un impermeabilizante en cada capa, evitando que se filtre la humedad.

**Figura 22. Sistema de calefacción artificial**



(\*) UNICAMENTE APLICAN 2 CAPAS DE BARRERA DE VAPOR Y LA MALLA DE REFUERZO POLIESTER EN LAS BARRERAS DE VAPOR ASFALTICAS, EN LAS BARRERAS DE VAPOR AUTOADHERIBLES SOLAMENTE SE REQUIERE UNA CAPA Y NO SE NECESITA LA MALLA DE REFUERZO POLIESTER.

Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 23.

#### 4.1.2. Instalación de paredes

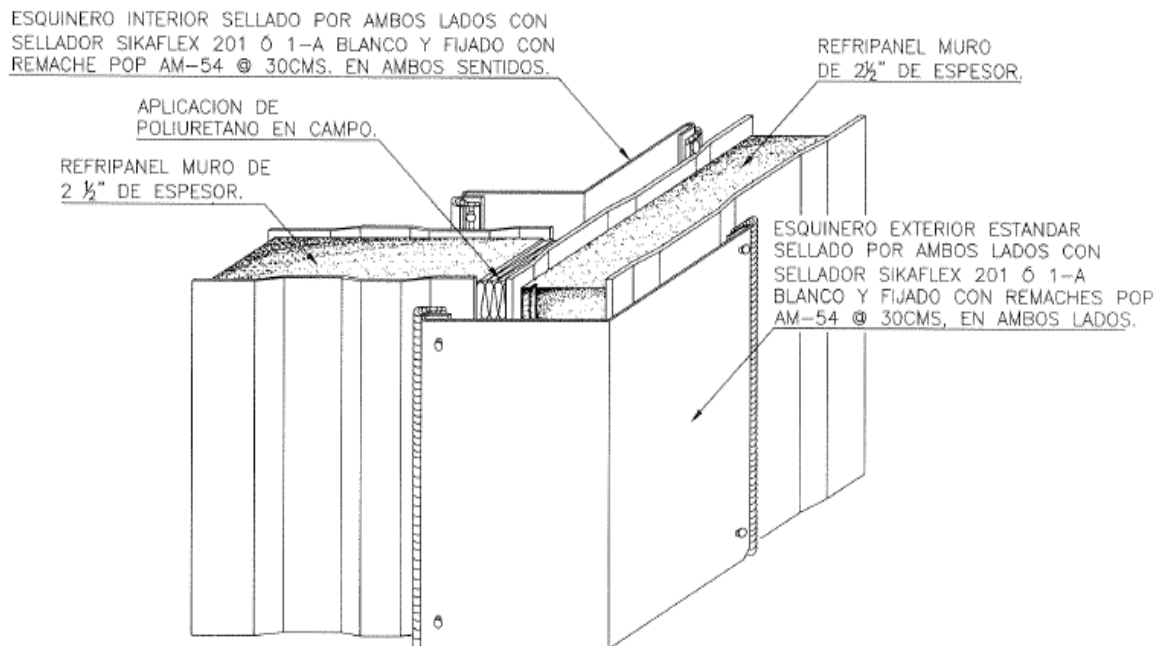
La instalación de paneles lleva un procedimiento que por lo general siempre es el mismo, lo primero que se determina es un estudio topográfico del terreno para determinar que toda el área tenga el mismo nivel, preferentemente se busca un área que no contenga humedad, se procede a compactar el suelo y se debe tener un piso de concreto, el concreto se deberá mantener a una temperatura arriba de  $10^{\circ}\text{C}$  y en temperaturas de humedad (preferentemente con riego de agua), por lo menos durante los primeros siete días.



Es recomendable colocar un acabado final para sellar porosidades en el concreto, evitar posibles infiltraciones, brindar una superficie que cumpla con normas alimenticias y una superficie resistente al tráfico de montacargas.

Contando con las especificaciones anteriores procedemos a instalar los paneles, si la cámara estará instalada dentro de una nave, se deberá tomar en cuenta el sentido de las vigas y así tener soporte para el techo de la cámara. Se debe marcar el área donde se colocaran los paneles, por lo general los paneles no van asentados al concreto, se coloca un canal en "U" y se sella con un pegamento llamado Sikaflex debajo del canal y arriba donde se colocara el panel y por último se debe romper con la barrera térmica cuando se traslapen paneles asiendo un sello entre espuma de poliuretano como la siguiente figura.

Figura 23. **Instalación de paneles**

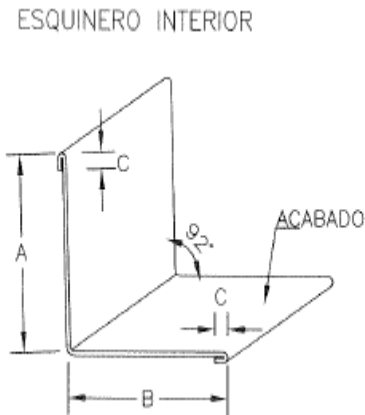


Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 28.

#### 4.1.2.1. Esquineros

Los esquineros son dispositivos para asegurar que no haya infiltración de calor por malos sellos en las uniones de los paneles. Es importante colocar el pegamento suficiente, los esquineros están colocados en todas las esquinas verticales y horizontales, así como interior y exterior.

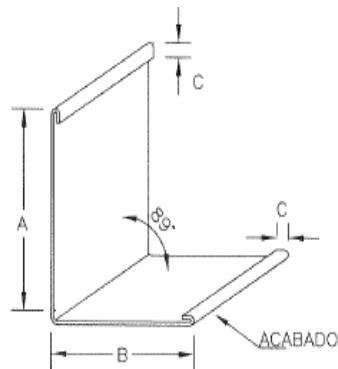
Figura 24. **Esquinero interior para cámaras refrigeradas**



ESQUINERO INTERIOR			
	ESTANDAR	ESPECIAL	PARA CURVA SANITARIA DE PVC
A (mm)	70	50	38
B (mm)	70	50	38
C (mm)	6	6	8
DESARROLLO (mm)	152	114	92
CALIBRE	20		
LONGITUD (mm)	3050		

Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 11.

Figura 25. **Esquinero exterior para cámaras refrigeradas**



ESQUINERO EXTERIOR				
	ESTANDAR	PARA (*) CONGELACION	PARA MURO DE 5"	PARA MURO DE 6"
A (mm)	107	160	170	195
B (mm)	107	120	120	93
C (mm)	7	12	7	8
DESARROLLO (mm)	228	304	304	304
CALIBRE	20			
LONGITUD (mm)	3050			

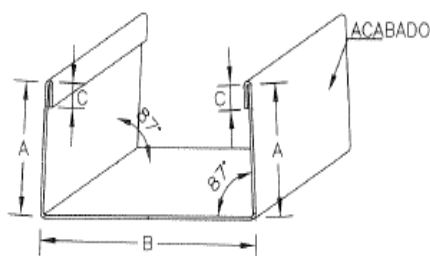
(\*) PARA REFRIPANEL MURO DE 3" Y 4".

Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 11.

#### 4.1.2.2. Molduras

Estos accesorios son utilizados como sellos en techos de las cámaras, si se construye dos o más cámaras continuas podemos sellar las uniones con las diferentes molduras, lo que se busca es tener cero infiltraciones, hay que recordar que una infiltración de calor altera la capacidad de los equipos haciéndolos trabajar más de lo normal, las molduras más utilizadas son:

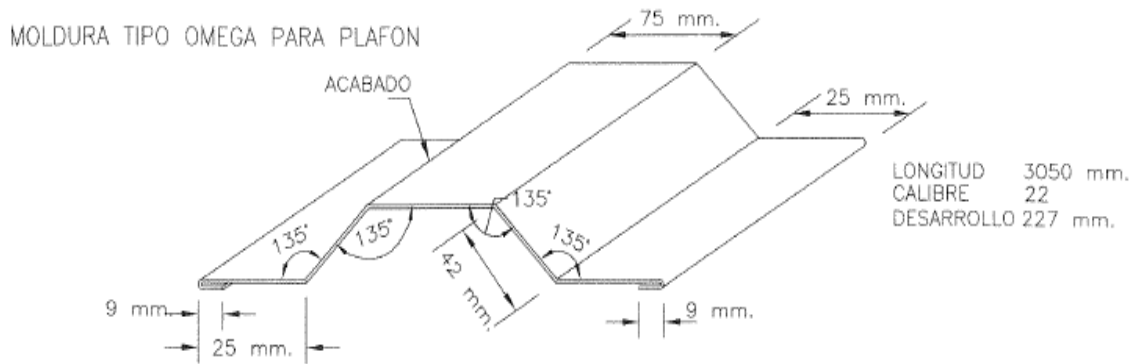
Figura 26. **Canal inferior interior o canal "U"**



ESPEORES						
	(2")	(2 1/2")	(3")	(4")	(5")	(6")
A (mm)	48	48	48	50	63	63
B (mm)	54	67	80	105	134	159
C (mm)	16.5	10	10	12	10	9.5
DESARROLLO (mm)	183	183	196	228	280	304
CALIBRE	20				24	24
LONGITUD (mm)	3050					

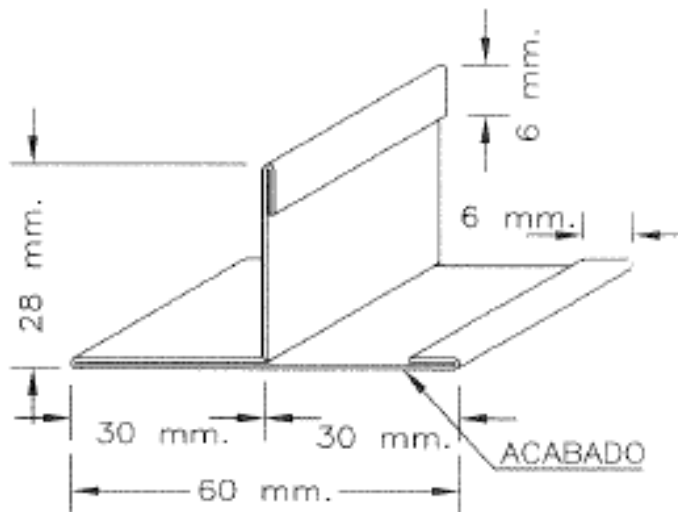
Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 11.

Figura 27. **Moldura tipo omega**



Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 12.

Figura 28. **Moldura tipo "T"**



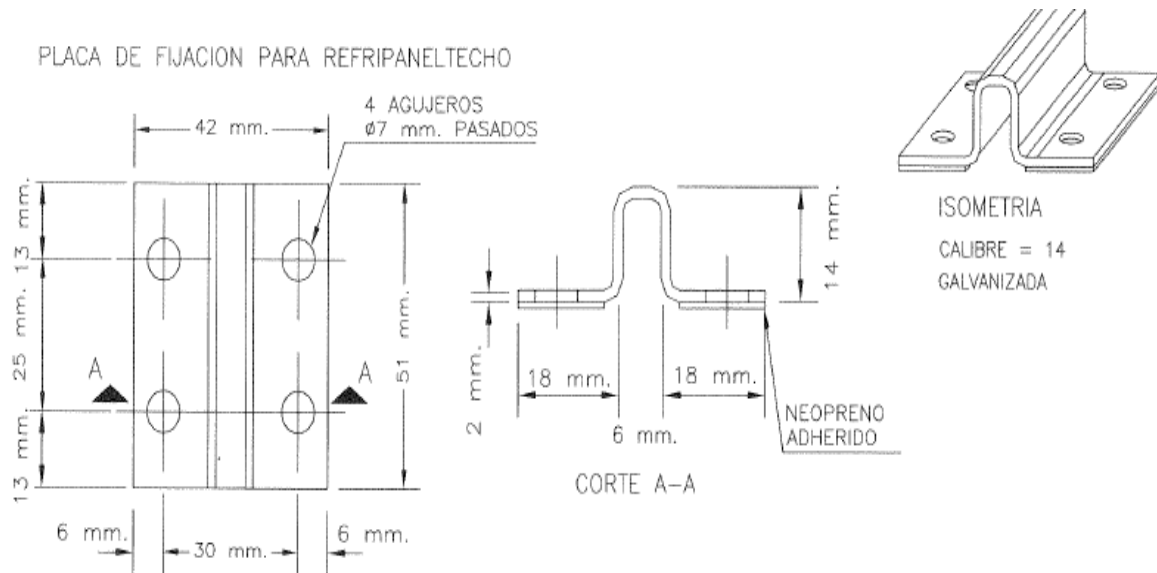
LONGITUD 3050 mm.  
CALIBRE 22  
DESARROLLO 130 mm.

Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 12.

### 4.1.2.3. Soportes

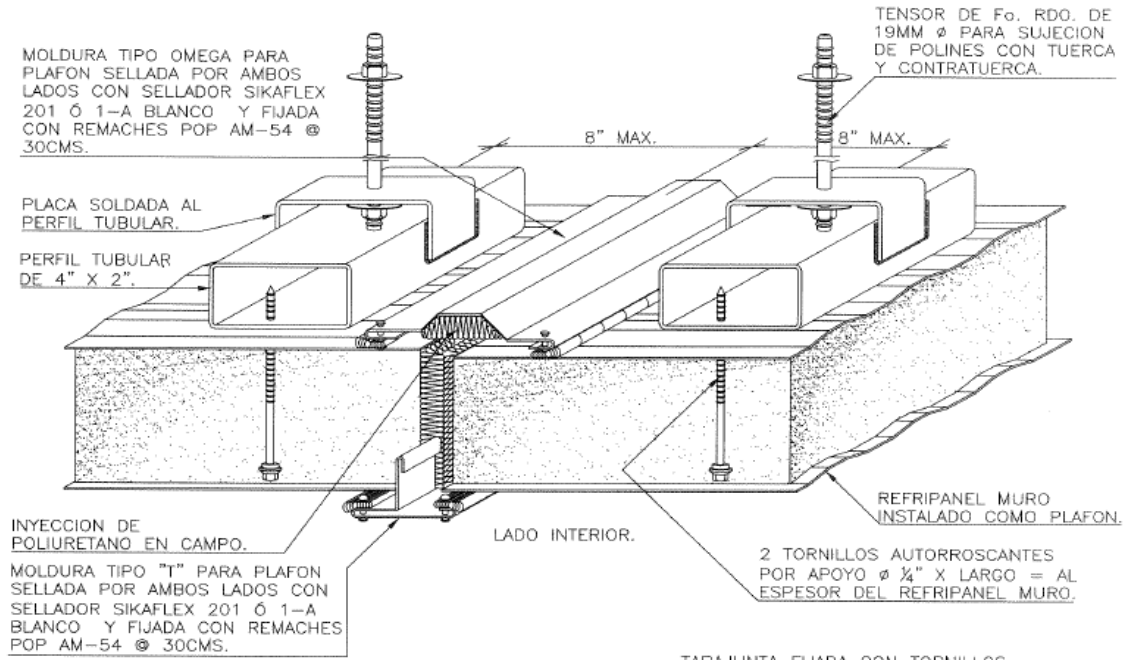
Los soportes o accesorios de fijación más utilizados son: Placas de fijación, tornillos autotaladrantes, remaches, clavo ancha, ángulo de refuerzo y tensores aéreos. Estos le proporcionan solides a la construcción, cada abertura causada por un soporte debe ser sellada para evitar infiltraciones.

Figura 29. Placa de fijación para techos



Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 15.

Figura 30. Instalación correcta de techo



Fuente: Multipanel. Manual técnico. p. 31.

#### 4.2. Selección de equipo y planos de instalación

Cuando la carga térmica por hora ha sido determinada, se puede proceder a seleccionar el equipo basado en la información obtenida del trabajo inicial de reconocimiento, algunos otros factores afectan la selección del equipo, como son:

- Balance del equipo
- Diferencial de temperatura (DT)
- Control de la capacidad o seguridad del producto
- Tipo de operación (flujo de aire)

- Balance del equipo

Para balancear las cargas se debe seleccionar primero la unidad condensadora, esta debe tener una capacidad mayor a la carga térmica calculada de refrigeración o congelación. El evaporador se selecciona para balancear la capacidad de la unidad condensadora, la capacidad de la unidad condensadora debe ser seleccionada a una temperatura de succión la cual será balanceada con el evaporador a un diferencial de temperatura entre el refrigerante en el evaporador y el aire en la cámara de almacenamiento refrigerada. La capacidad de la unidad condensadora también deberá seleccionarse a una temperatura de condensación correspondiente al aire ambiente o agua del medio de condensación a la temperatura disponible en el lugar de trabajo.

- Diferencial de temperatura

La naturaleza del producto determina la humedad relativa deseable en la cámara de almacenamiento. La humedad relativa deseable en cuestión dictamina el diferencial de temperatura (DT) aproximado entre el aire dentro de la cámara de refrigeración y el refrigerante en el evaporador.

Para el propósito general del refrigerador, involucrando carnes, vegetales y productos lácteos, es común proceder a balancear el lado de baja de la unidad condensadora a un diferencial de temperatura de 10°F a 12°F, por experiencia se sabe que si se elige un diferencial de temperatura entre 10°F y 12°F se mantiene una humedad relativa de 80% a 85% en el evaporador, el cual es un buen rango para el almacenamiento en general.

- Control de la capacidad o seguridad del producto

En cámaras grandes, es recomendable que la carga sea dividida entre las múltiples unidades. Una carga que requiere una unidad de más de 10 HP debe ser dividida para proporcionar al cliente un nivel de confianza por el hecho de una falla mecánica. Además la refrigeración esta seleccionada como el 1% del peor acontecimiento del año. En situaciones de caga baja algunas unidades pueden ser desactivadas y el cuarto o cámara mantenerse adecuadamente con una fracción de la potencia necesaria para el funcionamiento en verano. Múltiples unidades al inicio también representan bajar la demanda de cargas que se reflejara favorablemente en la utilidad de la compañía al reducirse el gasto monetario de sus clientes en el consumo eléctrico.

- Tipo de operación (flujo de aire)

Se requiere dos importantes consideraciones en la selección y ubicación de un evaporador, distribución uniforme y velocidad del aire. La dirección del aire y el tiro del aire, debe ser de tal forma que haya movimiento en donde se dé una ganancia de calor, esto se aplica a las paredes de la cámara, techo y productos. El evaporador debe contar con el arreglo para dirigir la descarga de aire a cualquier puerta o apertura, se debe evitar colocar los evaporadores en una posición cercana a la puerta donde esto pueda ocasionar una infiltración adicional, esto puede provocar un escarchamiento en el ventilador, también se debe evitar la ubicación del evaporador en las corrientes de aire de otra unidad porque pueden resultar dificultades de deshielo.



Para los evaporadores de almacenamiento en general y las manejadoras de congelación, no hay un criterio para la velocidad del aire dentro de la cámara, el total de aire suministrado es aproximadamente de 40 a 80 cambios de aire que ocurren cada hora.

$$\text{Cambios de aire} = \frac{[(\text{Cfm totales})(60)]}{(\text{volumen interno de la cámara})}$$

Tabla XL. **Cambios de aire recomendados por hora**

TIPO DE APLICACION	NUMERO DE CAMBIOS DE AIRE RECOMENDADO	
	MINIMO	MAXIMO
Conservación en Congelación	40	80
Conservación en Refrigeración	40	80
Cámaras de corte	20	30
Cámara de enfriamiento de carne	80	120
Maduración de plátano	120	200
Almacenamiento de frutas y vegetales	30	60
Túneles de congelación rápida	150	300
Salas de Proceso	20	30
Almacenamiento de carne sin empacar	30	60

Fuente: Heatcraft. Manual de ingeniería. p. 11.

Tomando las cargas por hora de cada cámara se puede empezar a seleccionar los equipos usando un diferencial de temperatura de 10°F.

- Carga por hora cámara de proceso = 133,225 BTU/hr
- Carga por hora cámara de congelación = 225,043 BTU/hr
- Carga por hora cámara de almacenamiento = 345,549 BTU/hr

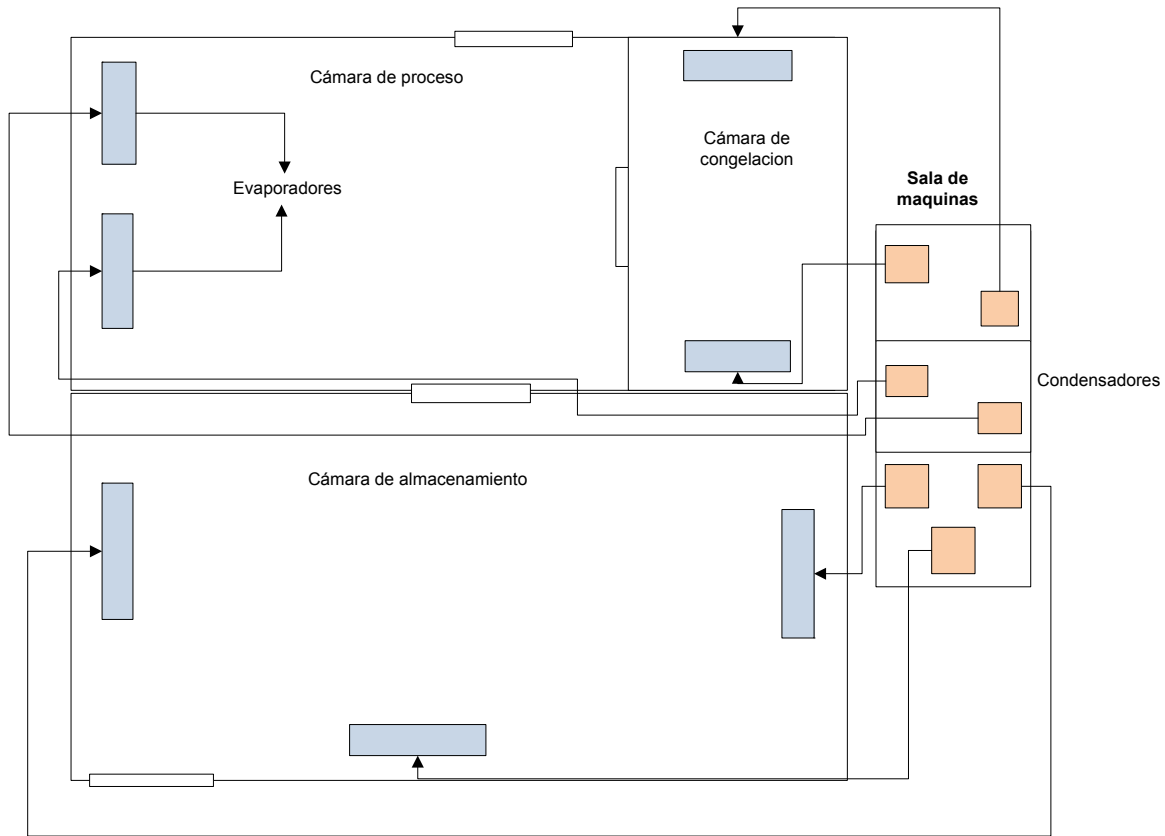
Tabla XLI. Selección de equipos.

	OPCION 1	OOPCION 2
CAMARA DE PROCESO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Unidades condensadoras marca Bitzer, modelo LH114/4Z8.2Y</li> <li>• 2 Evaporadores marca Mipal de 54KBTU/h modelo HDL 129</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Unidades condensadoras marca Chandler, modelo HDT0750M6D.</li> <li>• 2 Evaporadores marca Chandler, de 71,000 BTU/h modelo HMA710</li> </ul>
CAMARA DE CONGELACION	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Unidades condensadoras marca Bitzer modelo LH 135/4H 15.2Y.</li> <li>• 4 Evaporadores marca Mipal de 54 KBTU/h modelo HDL 198.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 Unidades condensadoras marca Chandler, modelo HDT2200L6D.</li> <li>• 2 Evaporadores marca Chandler, de 120,000BTU/h modelo HHE1200</li> </ul>
CAMARA DE ALMACENAMIENTO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4 Unidades condensadoras marca Bitzer modelo LH 135/6H 25.2Y.</li> <li>• 4 Evaporadores marca Mipal de 54 KBTU/h modelo HDG2 328.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 3 Unidades condensadoras marca Chandler, modelo HDT2200L6D.</li> <li>• 3 Evaporadores marca Chandler, de 120,000 BTU/h modelo HHE120</li> </ul>
COSTO CON INSTALACION	<b>Q1,520,320.00</b>	<b>Q1,200,000.00</b>
COSTO DE PANESLES E INSTALACION	<b>Q1,040,000.00</b> incluye instalación y puertas.	<b>Q640,000.00</b> instalación y puertas
TOTAL	<b>Q2,560,320.00</b>	<b>Q1,840,000.00</b>

Fuente: elaboración propia.

Los equipos propuestos funcionan con un refrigerante de la familia de los hidrofluorocarbonos, específicamente el refrigerante R507, este refrigerante es amigable al medio ambiente ya que carece de cloro que es el elemento que destruye la capa de ozono, su composición química es a base de pentafluoretano y trifluoretano en proporción 1:1.

Figura 31. Plano de instalación para equipos



Fuente: elaboración propia.

**Nota:** es recomendable que los evaporadores tengan 50 centímetros de separación entre pared, no pueden ser colocados debajo de puertas para evitar infiltraciones. La propuesta más recomendable es la opción 2, por tener el mejor costo, la propuesta de tener un equipo de amoniaco se descarto por el alto costo de los equipos que triplican las opciones propuestas.

### **4.3. Programa de mantenimiento**

El objetivo de implementar un plan de mantenimiento es mantener las instalaciones y equipos de la planta empacadora en excelentes condiciones para asegurar su funcionamiento en cualquier instante que se requiera.

- Programa diario: todos los días antes del inicio de operaciones, el gerente de mantenimiento debe hacer un recorrido de las instalaciones, toma nota de las pequeñas fallas encontradas y delega a mantenimiento para que sean corregidas antes de iniciar las actividades. Es preferible que esta actividad quede registrada en algún formulario.
  
- Programa semanal:
  - Una vez por semana el gerente de mantenimiento debe realizar un listado de actividades para evitar reparaciones de última hora.
  - Este reporte debe llevar la aprobación de la gerencia administrativa.
  - El gerente de mantenimiento elabora un plan de tareas que distribuye al personal para efectuar las operaciones de mantenimiento.
  - Los trabajos deben ser supervisados por el gerente de mantenimiento.
  - Los trabajos de mantenimiento deben ser registrados y archivados.

#### **4.3.1. Mantenimiento preventivo de equipos de refrigeración**

El mantenimiento preventivo de los equipos de refrigeración, se divide en cinco etapas, las cuales son necesarias para el buen funcionamiento de los equipos, los mantenimientos preventivos diarios, semanales, mensuales, semestrales y anuales, los cuales tratan de asegurar el buen funcionamiento de los equipos.

- Mantenimiento preventivo diario
  - Limpieza de compresores
  - Limpieza de los serpentines de los evaporadores
  - Lavado de filtros de bombas de agua
  - Limpieza externa de condensadores
  
- Mantenimiento preventivo semanal
  - Lubricación de ruedas de carretas
  - Lubricación de rieles, bisagras y seguros de puertas
  - Lubricación de pallet Jack (largatos, troket etc.)
  - Revisión de cojinetes y lubricación de clasificadora de camarón
  - Calibración de rodillos de la clasificadora
  - Esta información debe ser llevada en un formulario
  
- Mantenimiento preventivo mensual
  - Limpieza general (lavado) de evaporadores
  - Limpieza de cortinas
  - Limpieza y desafección de pisos
  - Se debe crear un formulario para documentar los trabajos realizados

- Mantenimiento preventivo semestral
  - Mantenimiento de compresores (revisión de lubricante)
  - Revisión y mantenimiento de válvula solenoide
  - Mantenimiento y revisión del filtro de succión
  - Limpieza de subestación eléctrica
  - Limpieza de controles de motores eléctricos
  - Limpieza de motores eléctricos
  - Limpieza de balanzas y básculas
  
- Mantenimiento preventivo anual
  - Mantenimiento general de motores eléctricos
  - Mantenimiento general de condensadores
  - Mantenimiento general de evaporadores
  - Mantenimiento general de compresores
  - Mantenimiento y limpieza de tanques de suministro para combustible
  - Mantenimiento y limpieza de tanques de suministro para agua
  - Mantenimiento de fosa séptica
  - Mantenimiento de pisos internos de las cámaras refrigeradas

Tabla XLII. **Mantenimiento preventivo de los equipos de refrigeración**

Actividad	Diario	Semanal	Mensual	Semestral	Anual
limpieza de compresores	x				
limpieza de serpentines en evaporadores	x				
lavado de filtros de bomba de agua	x				
limpieza externa de condensadores	x				
lubricación de ruedas de carretas		x			
lubricación de rieles, bisagras y seguros		x			
lubricación de pallet Jack		x			
revisión de cojinetes y lubricación de clasificadora		x			
calibración de codillos de la clasificadora		x			
limpieza general, lavado de evaporadores			x		
limpieza de cortinas			x		
limpieza y desafección de pisos			x		
mantenimiento de compresores (revisión y lubricación)				x	
revisión y mantenimiento de válvula solenoide				x	
mantenimiento y revisión de filtro de succión				x	
limpieza de subestación eléctrica				x	
limpieza de controles para motores eléctricos				x	
limpieza de motores eléctricos				x	
limpieza de balanza y bascula				x	
mantenimiento general de motores eléctricos					x
mantenimiento general de condensadores					x
mantenimiento de evaporadores					x
mantenimiento de compresores (revisión y lubricación)					x
limpieza de tanques de suministro de agua					x
<p>Nota: si en la inspección del mantenimiento preventivo se encuentra piezas en mal estado, notificar al encargado de turno o al gerente de mantenimiento.</p>					

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.2. Mantenimiento preventivo de paneles aislantes**

Los métodos de inspección y mantenimiento para paneles aislantes podemos clasificarlos en dos categorías: sistema básico y aberturas.

- Sistema básico: en este sistema inspeccionamos pisos, paredes, cubiertas y techos.
  - Inspeccionar paredes y techos cada mes, para verificar que no exista acumulación de escarcha, si existe escarcha será necesario localizar posibles puntos de falla en sellos de paneles o molduras.
  - En el caso de plafones de paneles colgados inspeccionar que no existan deflexiones excesivas en el panel por tránsito excesivo (si se detecta una deflexión debe procederse a nivelar los paneles), debe colocarse rampas para evitar el tránsito directo sobre paneles, se debe revisar las perforaciones de tensores o varillas de suspensión para asegurar que no haya infiltración.
- Aberturas: inspeccionamos puertas marcos y acceso a las cámaras refrigeradas.
  - Se debe recordar al personal que las puertas deben permanecer siempre cerradas, y no estar abiertas más de medio segundo, con el fin de evitar escarchamiento en las cámaras.
  - Revisar el buen funcionamiento de los rodillos y el desplazamiento de las puertas, para asegurar que el sellado del borde de la puerta sea eficaz.
  - Revisar los bordes de las puertas para detectar cualquier daño ocasionado por las carretillas y otros elementos de transporte.



- Lubricar las puertas de acuerdo al programa de mantenimiento.
- Inspeccionar periódicamente los sellos alrededor de las aberturas  
En las puertas o en el techo, paso de conductos, tuberías y cableados.

#### **4.3.3. Mantenimiento de válvulas y tuberías**

Los accidentes más comunes que suceden en los equipos de refrigeración es por falta de mantenimiento a las tuberías y válvulas, si los equipos utilizan refrigerantes dañinos al medio ambiente, una fuga por lo mínimo que sea ocasiona un gran daño a la capa de ozono eso es el caso de los refrigerantes holocarburos que contienen cloro y flúor, es por ello que el mantenimiento a estos equipos sea continuo.

- Mantenimiento preventivo diario
  - Revisar tuberías antes de empezar a procesar
  - Revisar uniones
  - Revisar válvulas de expiación
  - Revisar filtros de succión

#### **4.3.4. Procedimientos de trabajo**

Es importante documentar cualquier trabajo de mantenimiento que se realiza en los equipos, estos documentos sirven como referencia para mantenimientos futuros, otro documento que es importante es la ficha técnica para determinar el estado de los equipos.

Tabla XLIII. Formato para mantenimiento preventivo diario

PROCESADORA MAR AZUL

Mantenimiento Diario

Formato MPD

	Fecha	Estado de maquinaria	Inicio proceso		
	ACTIVIDAD	LIMPIEZA DE COMPRESORES	LIMPIEZA DEL SERPENTIN DE LOS EVAPORADORES	LAVADO DE PAREDES	LAVADO DE FILTROS DE BOMBAS DE AGUA
	Aplico lubricante?				
	Que tipo de lubricante?				
	Tiene ficha tecnica completa?				
	Se detecto algun falla?				
	Que tipo de falla?				
	Es necesario trabajo extra				
	Fecha de programacion?				
	Detecta ruido extraño?				
	Detecta piezas sueltas?				
	Realizo cambio de piezas				
	Firma y nombre de quien realizo el trabajo	Fecha que se realizo			

Observaciones

---



---

Verificado por supervisor de turno

Verificado por Gerente de Mantenimiento

Verificado por Gerente General

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLIV. **Formato para mantenimiento preventivo semanal**

PROCESADORA MAR AZUL

Mantenimiento semanal

Formato MPD

	Fecha	Estado de maquinaria	Inicio proceso			
			LUBRICACION DE RUEDAS DE CARRETA S	LUBRICACION DE RIELES, SEGUROS Y BISAGRAS DE PUERTAS	LUBRICACION DE RUEDAS DE PALLET JACK	REVISION Y LUBRICACION DE COJINETES
	Aplico lubricante?					
	Que tipo de lubricante?					
	Tiene ficha tecnica completa?					
	Se detecto algun falla?					
	Que tipo de falla?					
	Es necesario trabajo extra					
	Fecha de programacion?					
	Detecta ruido extraño?					
	Detecta piezas sueltas?					
	Realizo cambio de piezas					
	Firma y nombre de quien realizo el trabajo	Fecha que se realizo				

Observaciones

---



---



---

Verificado por supervisor de turno

Verificado por Gerente de Mantenimiento

Verificado por Gerente General

Fuente: elaboración propia.

Tabla XLV. Formato para mantenimiento preventivo semestral

PROCESADORA MAR AZUL

MANTENIMIENTO PREVENTIVO SEMESTRAL Formato MPD

Fecha	Mantenimiento de compresores
Fecha	Limpieza de sub estacion eléctrica
Fecha	Limpieza de controles para motores eléctricos
Fecha	Servicio general a las camaras de refrigeracion

ACTIVIDAD				
Aplico lubricante?				
Que tipo de lubricante?				
Tiene ficha tecnica completa?				
Se detecto algun falla?				
Que tipo de falla?				
Es necesario trabajo extra				
Fecha de programacion?				
Detecta ruido extraño?				
Detecta piezas sueltas?				
Realizo cambio de piezas				
Firma y nombre de quien realizo el trabajo	Fecha que se realizo			

Observaciones

---



---



---

Verificado por supervisor de turno

Verificado por Gerente de Mantenimiento

Verificado por Gerente General

Fuente: elaboración propia.

#### **4.3.4.1. Prioridades de mantenimiento**

Para analizar a que o a quienes se les dará prioridad al momento de planificar el programa de mantenimiento en la planta, o urgencias, se tomaran algunos criterios los cuales son:

- Puntos críticos,
- Cuellos de botella,
- Atrasos en el departamento de producción (esto será coordinado conjuntamente con gerencia de producción).

##### **4.3.4.1.1. Equipos de refrigeración**

Los equipos de refrigeración siempre serán una prioridad en mantenimiento, recordemos que si un equipo de refrigeración falla o resulta con un desperfecto mecánico, se corre el riesgo que todo el producto almacenado se pierda.

#### **4.3.4.2. Cronograma de actividades**

Teniendo claro a que se le dará prioridad al momento de planificar el mantenimiento periódico en la planta, se puede iniciar a elaborar el cronograma de actividades.

Este cronograma es de importancia ya que al cumplirlo en su totalidad se reducirán paros no programado y se interrumpirá con menor frecuencia al departamento de producción.

Tabla XLVI. **Cronograma de actividades de mantenimiento**

MAQUINARIA	ENERO					FEBRERO					MARZO					ABRIL					MAYO					JUNIO				
	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Condensadora HDT0750M6D																														
Evaporador HMA 710																														
Condensadora HDT2200L6D																														
Evaporador HHE 1200																														
Pallet Jack																														
Paneles, puertas y bisagras																														
Tuberías y accesorios																														
Paneles y motores eléctricos																														
Instalaciones.																														

Fuente: elaboración propia.

#### 4.3.5. Equipos de utilización

Los equipos de utilización o las herramientas que se propone utilizar para realizar el programa de mantenimiento son las siguientes:

- Ficha técnica

La ficha técnica es una hoja con especificaciones detalladas sobre los trabajos de mantenimiento realizados a determinado equipo, tomando en cuenta repuestos, mano de obra y el periodo de mantenimiento.

Tabla XLVII. **Formato de ficha técnica**

**HISTORIAL  
DE EQUIPO**

No. \_\_\_\_\_

Empresa: <b>Empacadora Mar Azul, S.A.</b>		código:			Fabricante:			
Equipo:		RPM:		Volt:	Motor:			
Área:		Fabricante:	potencia:		Lubricante:			Cant.
Fecha:	No. Orden	Descripción de la Reparación	Repuestos utilizados			Tiempo utilizado	Mano de obra	
			Repuestos	Cantidad	Costo		Horas	Costo

Fuente: elaboración propia,

- Ordenes de trabajo

Este formato será el que dará la autorización para efectuar trabajos de mantenimiento, sea este correctivo o preventivo. También se deberá archivar con el fin de determinar quién y cuando se realizó dicho trabajo.

Tabla XLVIII. **Formato orden de trabajo**

<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">                 EMPACADORA MAR AZUL S.A.             </div>		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; width: 80%;">                 Numero de orden             </div>
		<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block; width: 80%;">                 Fecha             </div>
<h2 style="margin: 0;">SOLICITUD DE TRABAJO</h2>		
Seccion: _____		
Motivo: _____		
Solicitante: _____		
Descripción del trabajo:		
<b>Jefe de turno</b>  Nombre  Firma	<b>Gerente de mantenimiento</b>	<b>Gerente General</b>

Fuente: elaboración propia.





### 4.3.5.1. Condensador

La temperatura ambiente para elegir una unidad condensadora generalmente está entre el rango de 90°F a 95°F, se sabe por pruebas de laboratorio que la unidad condensadora disminuye su capacidad en un 6% por cada 10°F de incremento en la temperatura ambiente de operación y por el contrario incrementa su capacidad en 6% por cada 10°F de disminución en la temperatura ambiente de operación. Las dos unidades condensadoras que utilizaremos en la instalación de las cámaras son modelos HDT0750M6D Y HDT2200L6D que a continuación se especificara el significado de las letras y números.

Figura 32. Nomenclatura equipo de refrigeración

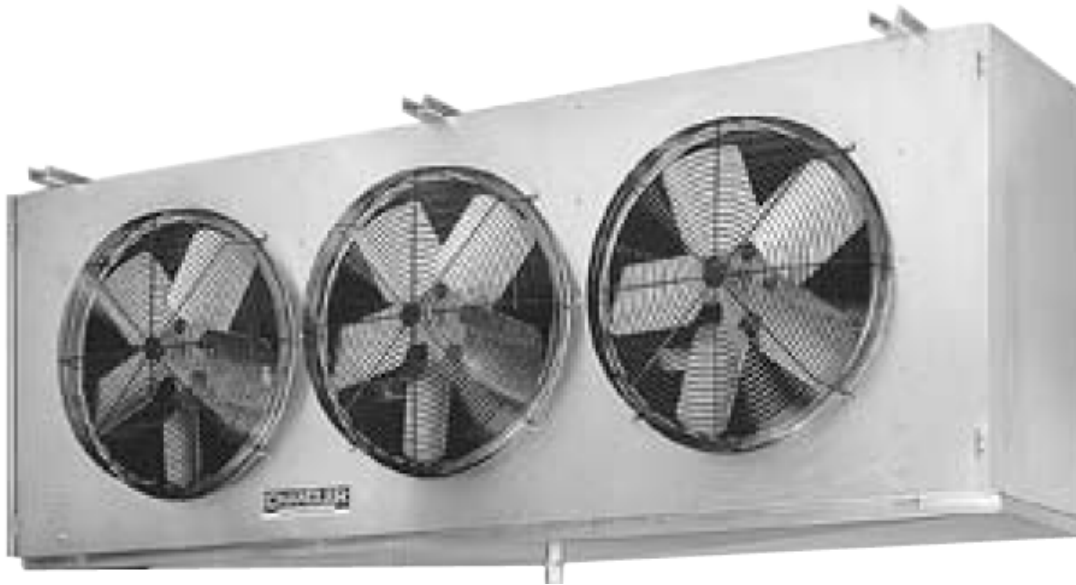
H Model	D Compressor	T Application	0500 Equiv. HP		L Temperature	6 Refrigerant	C Voltage
H = Chandler	D = Discus* Z = Scroll*	T = Outdoor N = Indoor S = Beacon II™	0300 = 3HP 0400 = 4HP 0500 = 5HP 0501 = 5HP 0600 = 6HP 0601 = 6HP 0650 = 6.5HP 0700 = 7HP 0750 = 7.5HP	0751 = 7.5HP 0800 = 8HP 0860 = 8.5HP 0900 = 9HP 1000 = 10HP 1200 = 12HP 1300 = 13HP 1401 = 14HP 1500 = 15HP 2200 = 22HP	H = High Temp. M = Med. Temp. L = Low Temp.	2 = R-22 6 = R-404A, R-507	C = 208-230/3/60 (200-220/3/50)* D = 460/3/60 (380-420/3/50)*  *Limited by compressor model

Fuente: WWW.Chandler.com

#### 4.3.5.2. Evaporadores

Los evaporadores fueron seleccionados con un margen de capacidad arriba de lo solicitado, esto se hace con el fin de evitar eventualidades por altitud o ambiente.

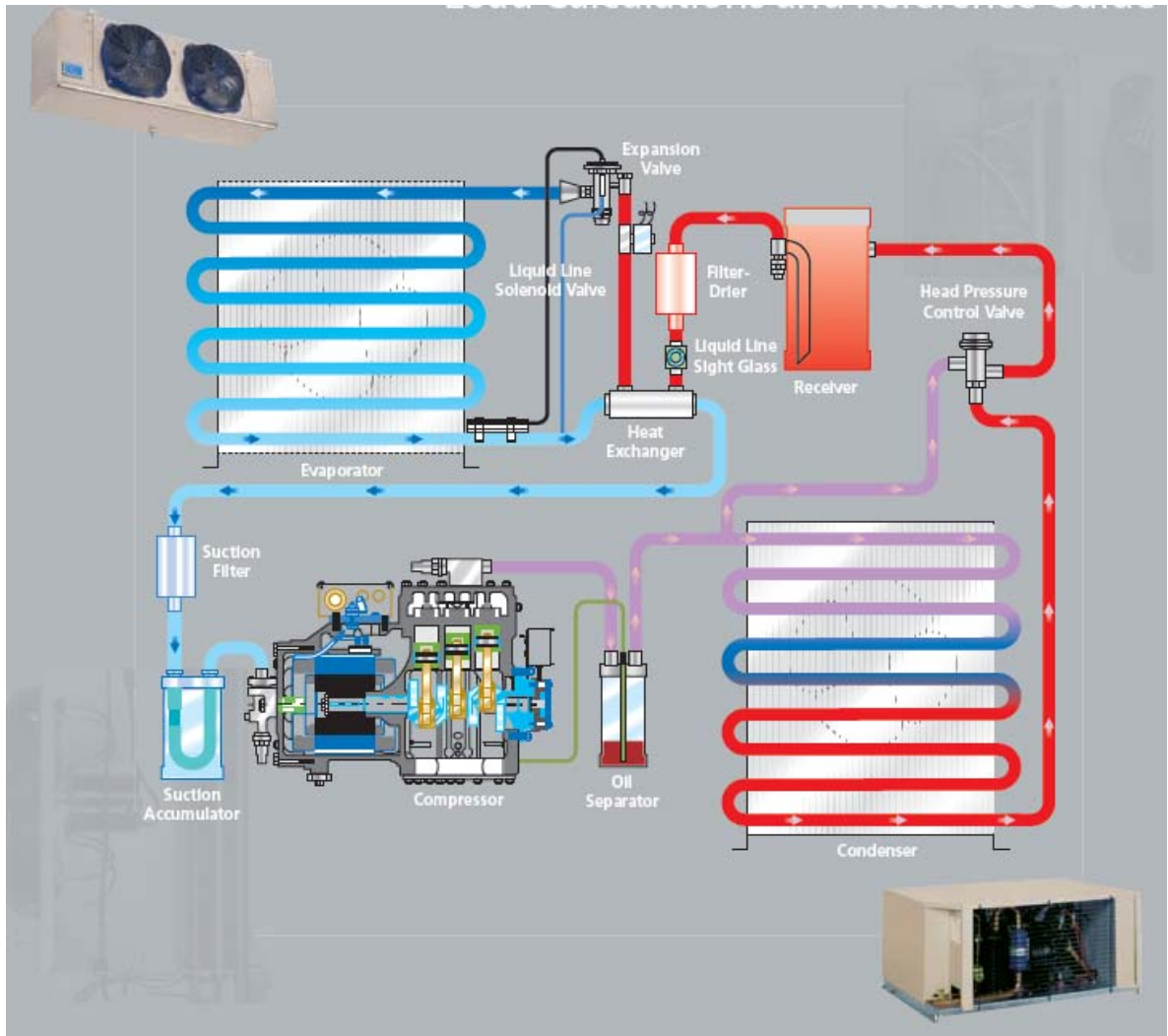
Figura 33. Evaporadores



Fuente: [WWW.Chandler.com](http://WWW.Chandler.com)

### 4.3.5.3. Circuito de funcionamiento

Figura 34. Circuito de funcionamiento con compresor recíprocante



Fuente: WWW.Chandler.com

#### **4.4. Costos de mantenimiento preventivo**

Los costos por mantenimiento preventivo son muchas veces la causa de no implementar este mantenimiento, aunque ahora las empresas están dándose cuenta que estos costos se justifican al reducirse los costos por tiempos muertos, los costos por mantenimientos correctivos y los costos por falta de producto en el mercado. Los costos mas comunes en el mantenimiento preventivo son: Costos por mano de obra y costos por equipo y herramientas.

##### **4.4.1. Costos por mano de obra**

El departamento de producción cuenta con tres mecánicos y 3 ayudantes, que son los encargados de realizar el mantenimiento preventivo. Los colaboradores del mantenimiento perciben el salario mínimo, siendo este actualmente Q 56.00 diarios (actualizado a enero de 2,010), se trabaja una jornada diurna que inicia a las siete de la mañana y termina a las cuatro de la tarde, pasado este horario se toma como tiempo extraordinario.

En el área de mantenimiento se cuenta con un gerente de mantenimiento, tres mecánicos y tres ayudantes, el sueldo es el siguiente:

Gerente de mantenimiento: Q 4,750.00

Mecánicos: Q 1,800.00

Ayudante: Q 1,680.00

Todos ellos teniendo una bonificación de Q 250.00 mensuales.

El tiempo extraordinario no es común ya que se controla para que las horas extras todos los meses sean cero o casi cero. Se propone contratar un mecánico y un ayudante para cumplir con los trabajos de mantenimiento preventivo, delegando a cada mecánico y ayudante un área de trabajo.

Tabla XLIX. **Personal necesario para el plan de mantenimiento preventivo**

Nombre del Puesto	Cantidad	Área de trabajo	Salario base Q.	Bonificación/ mes Q.	Total Q.
Mecánico A y ayudante	2	Compresores	3,480.00	250	3,730.00
Mecánico B y ayudante	2	Cámaras de refrigeración	3480.00	250	3730.00
Mecánico C y ayudante	2	Motores eléctricos	3480.00	250.00	3730.00
Mecánico D y ayudante	2	Bombeo de agua	3480.00	250.00	3730.00
Operador de Inventario	1	Bodega	1680.00	250.00	1,930.00
				<b>Total</b>	<b>16,850.00</b>

Fuente: elaboración propia.

#### 4.4.2. Costos por equipo y herramientas

Para iniciar el programa de mantenimiento preventivo se necesita tener un mayor número de herramientas, actualmente no todos los mecánicos poseen herramientas, lo que ocasiona retrasos en las reparaciones. Se tiene un listado de la herramienta y equipo en donde se presenta el precio que tiene cada una de ellas y la cantidad necesaria.

**Tabla LI. Herramientas necesarias para el plan de mantenimiento**

Descripción	Precio Q.	Cantidad	Total Q.
Cepillo de alambre	6.38	10	63.80
Desarmador de golpe	120.80	3	362.41
Extensión de 6" raíz de 1/2"	26.15	2	52.29
Extensión raíz 3/4"	100.25	2	200.51
Juego de destornilladores	34.05	4	136.18
Juego de llaves hexagonales	150.10	2	300.20
Juego de llaves y copas	330.80	3	992.40
Maneral de 1/2"	96.51	2	193.03
Maneral raíz de 3/4"	193.68	4	774.71
Vise gripe	102.30	3	306.90
<b>Total general en herramientas Q.</b>			<b>3,382.42</b>

Fuente: elaboración propia.

**Tabla LII. Equipo para implantar un mantenimiento preventivo**

Descripción	Precio Q.	Cantidad	Total Q.
Careta para pulir	138.35	5	691.79
Engrasadora	471.9	4	1,887.60
Guantes de cuero manga corta	25.5	4	102.12
Guantes de cuero para soldar	56.96	2	113.94
Lámpara de tiempo profesional	1080.02	1	1,080.00
Lentes claros	14.74	5	73.70
Manga de cuero para soldar	34.35	2	68.75
Manguera de alta presión de 3/8"	20.24	20	405.68
Tester Digital	1844.35	1	1,844.54
Voltímetro de 12 V	60.68	1	60.70
Voltímetro de 28 V	22.68	1	122.63
<b>Total general en equipo Q.</b>			<b>6,451.45</b>

Fuente: elaboración propia.

El costo por concepto de herramientas y equipos tiene un valor de Q 9,833.87.

#### **4.5. Costos en el mantenimiento correctivo**

Algunos costos de implantación de un programa de mantenimiento correctivo son tener un inventario de seguridad de los repuestos y enseres que estadísticamente se utilizan con mayor frecuencia para fallos inesperados.

Los repuestos y enseres en los que se debe de invertir para efectuar un mantenimiento correctivo planificado y/o no planificado en cualquier maquinaria existente en planta deben de ser los siguientes.

- Grasas y aceites
- Refrigerante
- Tuberías de cobre
- Tornillos diferentes medidas
- Cojinetes
- Filtros de agua
- Filtros de succión

##### **4.5.1. Costos por inventario de materiales y repuestos**

El costo total de los repuestos en la empacadora de camarón está relacionado con la cantidad de producción durante la época de cosecha, ya que las maquinas al estar más tiempo funcionando tienden a sufrir más desgaste y fallas por fatiga.



Los precios de los repuestos actualizados al mes de enero, con su respectivo inventario mínimo son los siguientes.

Tabla LIII. **Inventario de repuestos necesarios**

<b>INVENTARIO MINIMO DE REPUESTOS</b>		
<b>Cantidad</b>	<b>Repuesto</b>	<b>Costo (Q)</b>
2	Filtro de succión	128.00
2	Válvula de expansión SQE-5-vc	350.00
1	Filtro secador de liquido	240.00
1	Fijador para piezas	45.00
1	Galón de elemento A para mezcla de poliuretano	280.00
1	Galón de elemento B para mezcla de poliuretano	280.00
1	Rollo de empaque de hule para puerta corrediza	20.00
1	Juego de tornillos hexagonal de 3/8	10.00
5	Varilla de argón ER 70S	150.00
1	galón de aceite para compresor 3GS BVA oils 150 viscosidad	283.50
1	cilindro de R 507 genetron de 30 libras	386.00
5	Mascarilla contra el polvo	25.00
23	Protectores auditivos contra el ruido	230.00
31	Tornillo autoroscante galv. $\Phi 1/4 \times 1/2$	163.90
28	Tuerca galvanizada $\Phi 1/4$	5.50
15	Pernos de expansión $\Phi 3/8 \times 5"$	66.00
40	Tornillos polser punta de broca $\Phi 1/4 \times 3/4$	16.72
1	EXTINGUIDOR CONTRA INCENDIOS DE 20 LBS	660.00
1	Engrasadora	74.00
2	CASCO PROTECTOR CABEZA COLOR BLANCO	53.20
2	PARES DE GUANTES DE CUERO PARA SOLDAR	89.76
1	CASCO PROTECTOR PARA SOLDAR	210.00
	<b>TOTAL</b>	<b>3766.58</b>

Fuente: elaboración propia.

#### **4.6. Costos de producción**

Los costos de producción para el cultivo de camarón casi siempre están basados en un 40 a 60% en la alimentación, donde la mejor manera eficaz y eficiente de reducir, no es solamente tratando de recortarlos, si no de gestionarlos.

La gestión de costos de producción para reducirlos implica supervisar los procesos de desarrollo y producción al tiempo que trata de reducir los costos o mantenerlos a niveles objetivos.

La reducción de costos en la empresa es el producto de diversas actividades que lleva a cabo la gerencia. Lamentablemente en muchas empresas tratan de reducir los costos sólo mediante el recorte de gastos; encontrándose entre las acciones típicas el despido de personal, la reestructuración y la disminución de proveedores.

Pero en los mercados actuales los clientes y consumidores exigen una mejor calidad a un menor precio y una entrega puntual, lo cual puede también formularse como una más alta relación satisfacción (calidad + servicio) / precio.

Cuando la gerencia sólo concentra sus actividades en la búsqueda de precios más bajos simplemente procede a la reducción de costos, descubriéndose que tanto la calidad como la entrega puntual se ven seriamente afectadas por dicha actitud.

Gestionar los costos en la empresa implica:

- La planificación de costos destinados a maximizar el margen entre ingresos y costos.
- La reducción sistemática de costos.
- La planeación de la inversión por parte de la alta gerencia.

Las posibilidades de reducir los costos pueden y deben ser expresados en términos de despilfarros y desperdicios, la mejor manera de reducir los costos en la empresa es mediante la detección, prevención y eliminación sistemática del uso excesivo de recursos.

Para reducir los costos, deben ejecutarse en forma simultánea siete actividades, de las cuales el mejoramiento de la calidad ocupa el lugar más importante, y las otras seis actividades deben ser consideradas como parte de la calidad del proceso.

Las actividades a las que hacemos mención son:

- Mejoramiento de la calidad
- Mejoramiento de la productividad
- Reducción de inventarios
- Acortamiento de las líneas de producción
- Reducción del tiempo ocioso de las máquinas y equipos
- Mejoramiento de la alimentación
- Reducción del tiempo total del ciclo

#### **4.6.1 Costos por cultivo de camarón**

En un sistema de cultivo semi intensivo o intensivo la alimentación es uno de los puntos más críticos ya que en general, este aspecto representa entre el 45 y 60% del costo total de producción. En la alimentación hay que tener en cuenta:

- Frecuencia de alimentación

Es conveniente alimentar a los animales dos veces al día, en la mañana y por la tarde, ya que si se suministra la ración en una oportunidad, ésta no será consumida de inmediato y por lo tanto comenzará a descomponerse, produciendo no solo contaminación sino también una baja de la concentración de oxígeno disuelto, principalmente en el fondo del estanque.

- Cantidad y calidad de alimento

Cuando se iniciaron las actividades de cría de camarones en las primeras épocas era común suministrar alimentos naturales como carne de almeja molida, mientras que en los estanques de crecimiento el mismo autor obtenía buenos resultados con mejillón azul y la almeja “short-necked clam”, también se utilizaban algunas variedades de cangrejos, eufáusidos, anchoftas y caballa.

En otros casos de cultivo de camarón en América se obtenía un buen crecimiento alimentando con trozos de calamar. Los alimentos naturales presentan el problema de la dificultad de su obtención, debido a fluctuaciones, problemas de almacenamiento y variaciones en el precio; es por ello que desde hace ya varios años la mayoría de las investigaciones se han desarrollado para tratar de obtener una comida pelletizada, barata que permita un rápido crecimiento de los camarones en cría, y así se encuentran a la venta distintos productos pelletizados o con forma de lenteja.

Para ser efectivas estas dietas (cuya calidad es muy variable) deben cumplir una serie de características:

- Ser estables, es decir no deben disolverse o desintegrarse para permitir un aprovechamiento más efectivo por parte del camarón.
- Deben atraer a los animales.
- Deben hundirse ya que el camarón se alimenta en el fondo.
- En lo posible se utilizarán en su fabricación elementos de fácil obtención en la región, su costo debe ser bajo y tener un factor de conversión no mayor de 2:1.
- Fundamentalmente tendrán que producir un rápido crecimiento de los animales en cría con una supervivencia razonable.

Existen infinidad de dietas experimentales y comerciales para cría de camarones, pero no se puede hablar de una dieta que sirva para todas las especies de camarones cultivables y ni siquiera para la misma especie en las distintas etapas de crecimiento.

La composición de las dietas comerciales es de muy difícil obtención ya que constituye un secreto industrial, pero podemos decir que el porcentual de los principales componentes de una dieta varía de acuerdo con la especie entre:

Compuesto	%
Proteínas	15–65
Carbohidratos	2–60
Lípidos	2–8
Celulosa	1–5
Vitaminas	1–3
Humedad	3–12

Para determinar el costo de una libra de camarón se tomo en estudio una piscina de 0.8 hectárea con una profundidad de 100 centímetros, a continuación se presentan algunos datos del cultivo.

Tabla LIV. **Datos técnicos de cosecha**

Densidad de siembra	180,000 larvas / hectárea
Tipo de larva	nauplio de maduración
Procedencia	Laboratorio
Oxígeno disuelto	11 mg/lt
Salinidad	5 ppt
Tiempo de aclimatación	11 horas
Mortalidad durante la aclimatación	1%
Temperatura de aclimatación	27 °C
Temperatura después de la aclimatación	25°C
Libras cosechadas	1257 lbs. (1571 por hectárea)
Peso promedio	11.28 gramos (80% en 12.3 g y el 20% en 7 g)
Calculo de la población cosechada	$(1257 \times 454) / 11.28 = 50,592$ animales
Porcentaje de sobrevivencia	35.10%
Cantidad de alimento	1448 lbs.

Fuente: elaboración propia.

Los ingresos de la piscina de 0.8 hectáreas se puede resumir en la producción siguiente:

De las 1,257 libras de cosecha, se pudo determinar que 105 libras no desarrollaron, por lo tanto 1,152 libras estuvieron en excelentes condiciones.

$$105 \text{ lbs.} \times Q4.00 = Q420.00$$

$$1152 \text{ lbs.} \times Q16.00 = Q18,432.00$$

$$\text{Ingreso total} = Q18,852.00$$

Se debe recordar que el costo que se le asigna a la libra de camarón es un costo de producción, sin tomar en cuenta el porcentaje de utilidad que desea obtener la empresa.

Tabla LV. **Datos sobre costos fijos y variables**

<b>Costos fijos:</b>	
<b>Concepto</b>	<b>Costo (Q)</b>
Construcción del acuífero	8,320.00
Análisis del agua	480.00
salario de (1) trabajador (3 meses)	400.00
Depreciación de materiales de campo	160.00
Depreciación de materiales de laboratorio	80.00
Comederos	400.00
Preparación de la piscina	96.00
Preparación para la cosecha	200.00
<b>Total de costos fijos</b>	<b>10,136.00</b>
<b>Costos variables:</b>	
Larva	1,680.00
Combustible utilizado	1,456.00
Alimento balanceado 28%	960.00
Alimento balanceado 35%	1,360.00
Fertilizante	120.00
Carbonato de calcio	200.00
Zeolita	144.00
Cal P-24	144.00
Inmunoestimulantes en el alimento	64.00
Medicamento en el alimento	40.00
<b>Total de costos variables</b>	<b>6,168.00</b>

Fuente: elaboración propia.



Si dividimos el total de costos variables por la cantidad de libras producidas, obtendremos que producir una libra de camarón cuesta Q4.90 con lo que quedaría Q15.10 para cubrir los costos fijos.

$$\text{Utilidad} = Q18,852 - Q10,136 - 6,168 = Q2,548.00$$

Podemos apreciar que la utilidad obtenida fue de Q2548.00 con los que un proyecto a mayor escala deja buenas utilidades, se debe recordar que los valores están sujetos a cambios y los precios del camarón a nivel internacional son más competitivos.

#### **4.6.2. Costos de mano de obra**

Para poder determinar el costo por mano de obra en la empresa empacadora de camarón se toma una piscina de 0.8 hectáreas y se monitorea todos los costos y la producción incluyendo costos fijos y variables, se determina el total de costos contra el total de la producción, asignándoles un porcentaje a cada costo según el monto. Si se conoce que un trabajador labora en el cultivo de la piscina con una jornada diaria, se debe reconocer que el trabajador tiene otras tareas asignadas, por lo que en la tabla de costos fijos y variables el valor de mano de obra es de \$50.00.

#### **4.6.3. Costos por transporte**

Otro de los costos que afecta la producción es el transporte de la materia prima a la planta empacadora, es por ello que es conveniente que la planta empacadora este lo más cerca posible de los campos de cultivo.

Los costos de transporte al iniciar las operaciones pueden ser elevados por la inversión inicial de adquirir una flota de camiones, una solución puede ser subcontratar a una empresa para trasladar la materia prima desde los estanques hasta la empacadora.

Tabla LVI. **Costo de transporte por kilometro**

	Costo (Q) x Km	Costo (Q) x Km	Costo (Q) x Km
	< 100 Km	100 a 200 Km	> 200 Km
<b>EMPRESA</b>			
<b>Opción 1</b>	5.00	4.50	3.00
<b>Opción 2</b>	5.00	4.50	2.50
<b>Opción 3</b>	4.50	4.00	3.00

Fuente: elaboración propia.

- Resultados

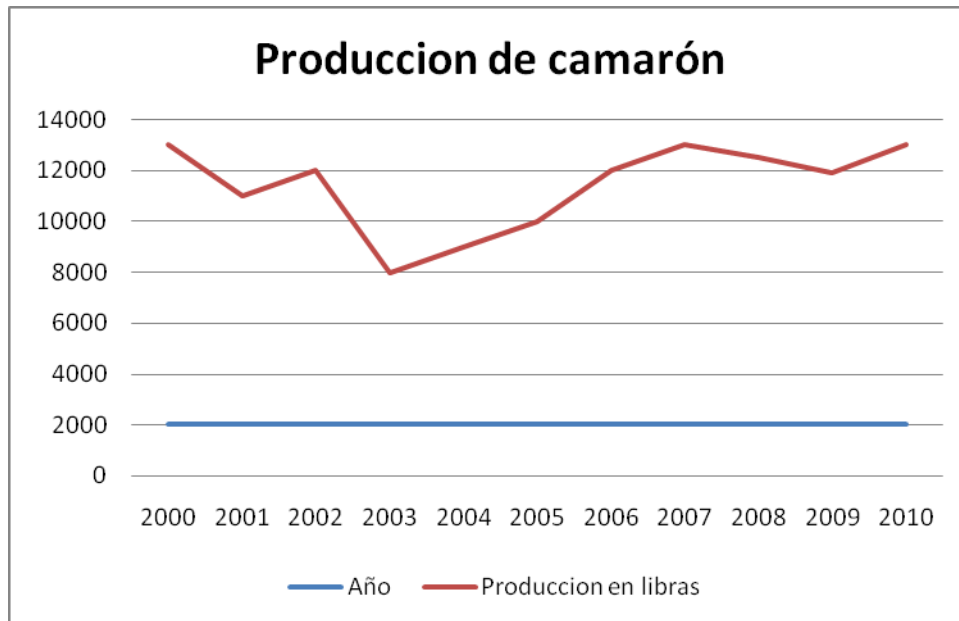
Según los resultados obtenidos y los costos que actúan en un proyecto como este, se presenta la siguiente tabla para determinar el tiempo que la empresa recupera la inversión, basándonos en los datos históricos sobre producción, costos y utilidades.

Tabla LVII. **Costos históricos de producción**

<b>Año</b>	<b>Producción en libras</b>	<b>Tipo de cambio (dólar/Quetzal)</b>	<b>Costo por libra de camarón (Q)</b>	<b>Venta (Q)</b>	<b>Costos totales (Q)</b>	<b>Utilidad (Q)</b>
2000	13,000	7.73	6	602940	180882	422058
2001	11,000	7.71	5	424050	127215	296835
2002	12,000	7.96	4.5	429840	128952	300888
2003	8,000	7.75	4	248000	74400	173600
2004	9,000	8.029	4	289044	86713.2	202330.8
2005	10,000	7.75	4.5	348750	104625	244125
2006	12,000	7.6	5	456000	136800	319200
2007	13,000	7.59	6	592020	177606	414414
2008	12,500	7.63	3.5	333812.5	100143.75	233668.8
2009	11,900	7.78	4	370328	111098.4	259229.6
2010	13,000	8.021	5	521365	156409.5	364955.5
<b>Total</b>				4 616,149.5	1 384,844.85	3 231,305.00
<b>Promedio al año</b>				419,649.96	125,894.98	323,130.5
<b>Promedio al mes</b>				34,970.83	10,491.24	26,927.54

Fuente: elaboración propia.

Figura 35. **Gráfico de producción**



Fuente: elaboración propia.

Los datos que se presentan en la tabla LVI, fueron proporcionados por la empresa, según sus estadísticas durante diez años se ha mantenido el promedio de ventas y utilidades.

- Costo del Equipo propuesta A: Q 2 560,320.00
- Costo del Equipo propuesta B: Q 1 840,000.00
- Promedio de utilidades durante los diez años: Q 323,130.5
- Tiempo de recuperación de la inversión = costo de equipo/utilidad.

- Opción A:  $2,560,320 / 323,130.5 = 7.92$  años
- Opción B:  $1,840,000 / 323,130.5 = 5.7$  años

Si podemos concluir que opción le conviene a la empresa si se desea aprobar el proyecto, nos inclinaríamos por la opción B donde se estaría recuperando el dinero de la inversión en 5.7 años o 69 meses.

#### **4.7. Controles de puntos críticos del proceso**

La implementación de los controles para los puntos críticos del proceso, se basan en la implementación de los 7 principios del sistema Haccp.

- Identificación y análisis de los peligros a lo largo de la cadena productiva
- Determinación de los puntos críticos de control de esos peligros
- Fijar los límites críticos del proceso en los puntos de control
- Establecer los procedimientos de monitoreo
- Implementar acciones correctivas en caso de desviación
- Implementar y mantener registros adecuados
- Establecer procedimientos de verificación del sistema

Los puntos críticos los definimos como fases en las que puede aplicarse un control y es esencial para prevenir o eliminar un peligro relacionado con la inocuidad de los alimentos o para reducirlo a un nivel aceptable.

En el proceso de empacado de camarón existen por lo menos dos puntos críticos los cuales están detallados en los diagramas de flujo.

Las tablas que se presentan se determinan los siete principios en los que se basa el análisis de peligros y control de puntos críticos, detallando los riesgos y medidas a tomar para mantener o asegurar que el proceso de empacado de camarón cumpla con normas internacionales de inocuidad.

Tabla LVIII. Análisis de peligros

Paso del proceso	Identificación de peligros potenciales introducidos, controlados o incrementados en este proceso	¿Existe algún riesgo potencial significativo para la sanidad o seguridad alimenticia? (si/no)	Justificación	¿Este paso del proceso es un punto crítico de control
Recepción	<u>Biológico:</u> Contaminación y crecimiento de microorganismos	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Microorganismos patógenos presentes en el producto de finca.</li> <li>• Variación en la temperatura y tiempo en los termos.</li> <li>• Aplicación incorrecta de los procedimientos.</li> </ul>	NO
	<u>Físico:</u> Presencia de suciedad y materia extraña.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El producto tiene basura, lodo y material extraño.</li> </ul>	NO
	<u>Químico:</u> Presencia de metabisulfito de sodio (E223).	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Concentraciones altas de bisulfito residual en la carne pueden ocasionar alergias</li> </ul>	NO
	Presencia residual en la carne del camarón, de productos de uso veterinario, pesticidas o metales pesados.	SI	<p>La presencia de residuos de:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Productos veterinarios</li> <li>• Pesticidas</li> <li>• Metales pesados arriba de los límites permitidos en el producto pone en riesgo la salud del consumidor</li> </ul>	SI
Lavado y prelimpieza	<u>Biológico:</u> Contaminación y crecimiento de microorganismos	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de bacterias en los estanques.</li> <li>• Manejo inadecuado de las temperaturas y tiempo.</li> </ul>	NO
	<u>Físico:</u> Presencia de suciedad y materia extraña.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El producto contiene materiales extraños desde la cosecha.</li> <li>• Aplicación incorrecta de los POES.</li> </ul>	NO
	<u>Químico:</u> Concentraciones altas en cloro	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso indebido del cloro.</li> <li>• Aplicación incorrecta de POES.</li> </ul>	NO

Continuación tabla LVIII

Selección por calidad	<b>Biológico:</b> Contaminación y crecimiento de microorganismos	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación incorrecta de los POES.</li> </ul>	NO
	<b>Físico:</b> Presencia de suciedad y materia extraña.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Presencia de material extraño en selección proveniente de las fincas.</li> </ul>	NO
	<b>Químico:</b> Ninguno			
Clasificación por talla	<b>Biológico:</b> Contaminación y crecimiento de microorganismos	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación incorrecta de los POES.</li> <li>• Descontrol de la temperatura y tiempo que permite el crecimiento de microorganismos patógenos.</li> </ul>	NO
	<b>Físico:</b> Conteo por libra o por kilo.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conteo del producto puede ser incorrecto por error humano y por mala calibración de las balanzas.</li> </ul>	NO
	<b>Químico:</b> Ninguno			
Rotulación y empaque	<b>Biológico:</b> Contaminación y crecimiento de microorganismos	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aplicación incorrecta de los POES.</li> <li>• Descontrol de la temperatura y tiempo que permite el crecimiento de microorganismos patógenos.</li> </ul>	NO
	<b>Químico:</b> Presencia de metabisulfito en el producto empacado.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Si la etiqueta no contiene información para el consumidor sobre el contenido de metabisulfito, este resulta peligroso para la salud, sobre todo para personas alérgicas</li> </ul>	SI
Drenado y pesado	<b>Biológico:</b> Contaminación y crecimiento de microorganismos	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mala aplicación de los POES y abuso de tiempo y temperatura</li> </ul>	NO
	<b>Físico:</b> Bajo peso	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>• El peso del producto puede ser incorrecto por un mal drenado o por una mala calibración de la balanza.</li> </ul>	NO
	<b>Químico:</b> Ninguno			



Continuación tabla LVIII

Congelacion	<b><u>Biológico:</u></b> Contaminación y crecimiento de microorganismos	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Existencia de camarón fresco u otras especies sin cajilla primaria almacenadas en este lugar.</li> <li>Congelamiento inadecuado del producto, tiempo y fluctuaciones de temperatura.</li> </ul>	NO
	<b><u>Químico:</u></b> Ninguno		•	
Enmaestrado y etiquetado final	<b><u>Biológico:</u></b> Contaminación y crecimiento de bacterias patógenas.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación directa con el equipo y personal.</li> <li>Variación de la temperatura.</li> <li>Demorar el producto en máster por mas de 20 minutos fuera del holding.</li> <li>Desarrollo de microorganismos</li> </ul>	NO
	<b><u>Químico:</u></b> Presencia de metabisulfito de sodio	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Si la etiqueta no contiene información para el consumidor sobre el contenido de metabisulfito, este resulta peligroso para la salud, sobre todo para personas alérgicas</li> </ul>	SI
Almacenamiento holding.	<b><u>Biológico:</u></b> Contaminación y crecimiento de bacterias patógenas	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Verificación de la temperatura.</li> <li>Almacenamiento incorrecto del producto,</li> <li>Verificar el promedio de PEPS.</li> <li>Almacenaje de otras especies.</li> <li>Almacenaje de productos que no estén empacados.</li> </ul>	NO
	<b><u>Químico:</u></b> Amoniaco	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Error humano por fallas al sistema de enfriamiento</li> </ul>	NO
Despacho del contenedor	<b><u>Biológico:</u></b> Contaminación y crecimiento de bacterias patógenas.	SI	<ul style="list-style-type: none"> <li>Contaminación directa con el equipo y personal.</li> <li>Demora en el llenado.</li> <li>Variación de la temperatura.</li> <li>Estibación inadecuada del producto.</li> <li>Fallo del sistema del termoking provoca incremento de temp. Afectando el producto</li> </ul>	NO

Fuente: elaboración propia.

Tabla LIX. **Medidas preventivas**

Paso del proceso	Medidas preventivas que pueden ser aplicadas para controlar el riesgo significativo
Recepción	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar los procesos a través de los diagramas de flujo (SOP).</li> <li>• El producto de la finca debe llegar a una temperatura máxima de 3°C.</li> <li>• Lavar el producto con agua potable (0.5-1 PPM de cloro y temperatura máxima de 3°C).</li> <li>• Capacitar periódicamente a los empleados en la aplicación correcta de las BPM Y SOP.</li> <li>• Muestreo para determinar concentración de mata bisulfito.</li> <li>• Se debe cambiar el agua de la finca por agua potable fría (3°C). Para evitar que siga absorbiendo el químico.</li> <li>• Solicitar cada 3 meses al productor certificado y copia de los análisis de laboratorio que indique que el producto contiene niveles aceptados de productos de uso veterinario, pesticidas y metales pesados.</li> <li>• Solicitar certificado y copia de los análisis realizados por las fabricas de concentrados o alimentos para camarones donde indique que el producto este libre de aflatoxinas, productos genéticamente modificados, pesticidas, metales pesados y antibióticos.</li> </ul>
Lavado y prelimpieza	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Solicitar certificado y copia de los análisis realizados al origen de la larva, donde conste que no han utilizado productos genéticamente modificados y el uso de pesticidas, metales pesados y antibióticos.</li> <li>• Control de temperatura y tiempo.</li> <li>• Control periódico sobre la correcta aplicación de los procedimientos estándares operacionales de sanitización (POES).</li> <li>• Control constante de la presencia de sedimentos y partículas suspendidas en el producto.</li> <li>• Capacitación periódica a los empleados sobre la aplicación correcta de las BPM.</li> <li>• Controlar 3 veces al día la concentración de cloro 0.5 ppm-1 ppm en el agua potable.</li> </ul>
Selección por calidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener cadena de frio.</li> <li>• Control de temperatura y tiempo.</li> <li>• Control periódico sobre la correcta aplicación de los procedimientos estándares operacionales de sanitización (POES).</li> <li>• Capacitación periodica a los empleados en la aplicación de las BPM, POES, SOP.</li> <li>• Mantener la temperatura del agua de la clasificadora no mayor de 3°C.</li> <li>• Aplicación correcta de POES.</li> </ul>
Clasificación por talla	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantener la temperatura del agua de la clasificadora no mayor de 3°C.</li> <li>• Aplicación correcta de POES.</li> <li>• Capacitación periódica sobre BPM, POES Y SOP.</li> </ul>

Continuación tabla LIX

<p><b>Rotulación de empaque</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacitar periódicamente a los empleados en la aplicación correcta de las BPM Y SOP.</li> <li>• Mantener el camarón en la mesa un tiempo no mayor de 20 min. Y con la temperatura no mayor de 4°C.</li> <li>• Verificar que la etiqueta lleve rotulado que el producto contiene un aditivo llamado meta bisulfito de sodio E223.</li> </ul>
<p><b>Drenado y pesado</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de temperatura.</li> <li>• Capacitar periódicamente a los empleados en la aplicación correcta de las BPM Y SOP.</li> <li>• Asegurar la calibración de las balanzas cada 2 horas de trabajo.</li> </ul>
<p><b>Congelacion</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control periódico sobre la correcta aplicación de los procedimientos estándares operacionales de sanitización (POES).</li> <li>• Capacitación periódica a los empleados en la aplicación de las BPM, POES, SOP.</li> <li>• Verificar que la temperatura este a 18°C.</li> </ul>
<p><b>Enmaestrado y etiquetado final</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Control de la temperatura durante el enmaestrado (no menor a -18°C)</li> <li>• Aplicación correcta de POES.</li> <li>• Capacitación periódica sobre BPM, POES Y SOP.</li> <li>• Verificar que la etiqueta lleve rotulado que el producto contiene un aditivo llamado meta bisulfito de sodio E223.</li> </ul>
<p><b>Almacenamiento (holding)</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar la temperatura durante su almacenamiento mediante graficas continuas (no menor a -18°C).</li> </ul>
<p><b>Despacho del contenedor</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Controlar la temperatura durante su almacenamiento mediante graficas continuas (no menor a -18°C).</li> <li>• Capacitación periódica sobre BPM, POES Y SOP.</li> </ul>

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. Control y monitoreo HACCP 1 PCC

Punto de control crítico	Peligro significativo	Límites críticos para cada medida preventiva	Monitoreo				Acciones correctivas	Registros	Verificación
			¿Que?	¿Como?	¿Frecuencia?	¿Quien?			
Rotulación del etiquetado en empaque	Agentes sulfitantes.	Todo producto empacado y etiquetado debe declarar la presencia residual de metabisulfito de sodio E223.	Toda etiqueta de producto empacado debe llevar rotulado en las cajillas la presencia del metabisulfito de sodio E223.	Visual	Cada vez que se recibe un lote de cajillas antes de ingresar a la planta.	Personal de bodega	Control de etiquetas en material de bodega.	Firma y revisión del lote de material de empaque por el supervisor de calidad	
				Cada vez que se entrega material a la sala de transformación	Personal de etiquetado.	Cuando estas haya sido solicitado	Control de producto empacado	Revisión diaria de registros de HACCP.	
				Al ingreso, durante el proceso y en el empaque final.	Personal de control de calidad	Realizar etiquetas que indique que el contenido lleva como preservante metabisulfito de sodio E223	Control de etiquetas en empaque de producto deshidratado.	Revisión diaria de registros de control de laboratorio por el jefe de HACCP.	
		Todo producto ingresado a la planta debe informar el uso de metabisulfito de sodio E223 durante su captura.	Muestrear el lote de ingreso de finca	Test rápido de laboratorio.		Etiquetar correctamente			

Fuente: elaboración propia.

Tabla LVI. Control y monitoreo HACCP 2 PCC

Punto de control crítico	Peligro significativo	Límites críticos para cada medida preventiva	Monitoreo				Acciones correctivas	Registros	Verificación
			¿Que?	¿Como?	¿Frecuencia?	¿Quien?			
Recepción de finca	Residuos de productos de uso: Veterinario Aflatoxinas Pesticidas Y metales pesados en la carne del camarón.	Niveles de residuos por encima de los límites máximos permitidos por la normativa nacional e internacional de: - Productos veterinarios. - Pesticidas. - Metales pesados. - Aflatoxinas en la carne del camarón.	Presencia de residuos arriba de parámetros aceptados en la carne del camarón de: - Productos veterinario. Aflatoxinas. Pesticidas. Y metales pesados	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión y comparación con los límites permitidos.</li> <li>Resultados de los análisis efectuados en muestras compuestas de laboratorios aprobados.</li> <li>Resultado de los análisis del laboratorio de las muestras efectuados al concentrado de las fincas</li> </ul>	Cada seis meses	Supervisor de control de HACCP	<ul style="list-style-type: none"> <li>Certificados de las fincas con las copias de los resultados de monitoreo en la carne del camarón.</li> <li>Certificado de las fabricas de concentrado con las copias de los resultados de monitoreo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Revisión por el supervisor de los archivos y los certificados de los análisis de laboratorio cada seis meses.</li> <li>Requerimiento de documento de aprobación de laboratorio cada año</li> <li>Auditoria semestral de las revisiones de los documentos archivados.</li> </ul>	

Fuente: elaboración propia.

#### 4.7.1. Gráfico de control para temperatura de entrada

Uno de los valores importantes para controlar el proceso y la calidad de del camarón es la temperatura de entrada de los lotes de camarón, a continuación se presenta un ejemplo para la temperatura de entrada del camarón, tomando 25 muestras de 5 lotes diferentes y concluyendo con un grafico X-R.

Tabla LXII. Toma de muestras para temperatura de entrada

No.	1	2	3	4	5	X	R
1	3.2	3.3	3.1	2.5	3.4	3.1	0.9
2	3.5	3	3.75	3.4	3.2	3.37	0.75
3	2.3	3.4	3.9	3.1	2.3	2.98	1.7
4	3.1	2.1	2.3	3	3.2	2.74	1.1
5	3	2.1	3.2	3.2	3	2.9	1.1
6	4	2.5	2.3	2.6	3	2.88	1.7
7	3.5	2.9	3.8	3.1	3.6	3.38	0.9
8	3.7	2.9	2.6	2.9	3	3.02	1.1
9	3.1	2.9	2.4	3.1	3.5	3	1.1
10	3.3	3.4	3.5	3.3	3.2	3.34	0.3
11	2.9	2.6	2.7	3	3.2	2.88	0.6
12	3	3	3.2	3	3.1	3.06	0.2
13	2.6	2.7	3.4	3.5	3.6	3.16	1
14	3	2.9	3.4	3.5	3	3.16	0.6
15	3	3.1	3.4	3.2	2.8	3.1	0.6
16	3.1	3.2	2.7	2.6	3	2.92	0.5
17	2.8	2.8	3.1	3.3	3.3	3.06	0.5
18	2.9	3.2	2.8	3.7	3.5	3.22	0.9
19	3.5	3.6	3.4	3.2	3.1	3.36	0.5
20	3.1	3.5	3.7	3.2	2.9	3.28	0.8
21	3	3.1	2.9	3.5	3.7	3.24	0.8
22	3.6	3.3	3.2	3	3.8	3.38	0.8
23	3.2	3.3	3.5	2.7	2.8	3.1	0.8
24	3.3	3.1	3.4	3.5	3	3.26	0.5
25	2.8	2.9	3	3.4	3.3	3.08	0.6

Fuente: elaboración propia.

Después de obtener las muestras y determinar la media y el rango tomamos la sumatoria de las media y de los rangos.

$$X = 78.05/25 = 3.122,$$

$$R = 21.15/25 = 0.846.$$

Para determinar los límites superiores e inferiores tomamos la siguiente fórmula y los valores de  $A_2$ ,  $D_3$  y  $D_4$  son tomados de las tablas del apéndice B del libro fundamentos del control estadístico de los procesos.

Estos son los límites para la gráfica  $\bar{X}$ :

$$LCS = \bar{X} + A_2R = 3.122 + 0.577(0.846) = 3.61,$$

$$LCC = 3.122,$$

$$LCI = \bar{X} - A_2R = 3.122 - 0.577(0.846) = 2.63.$$

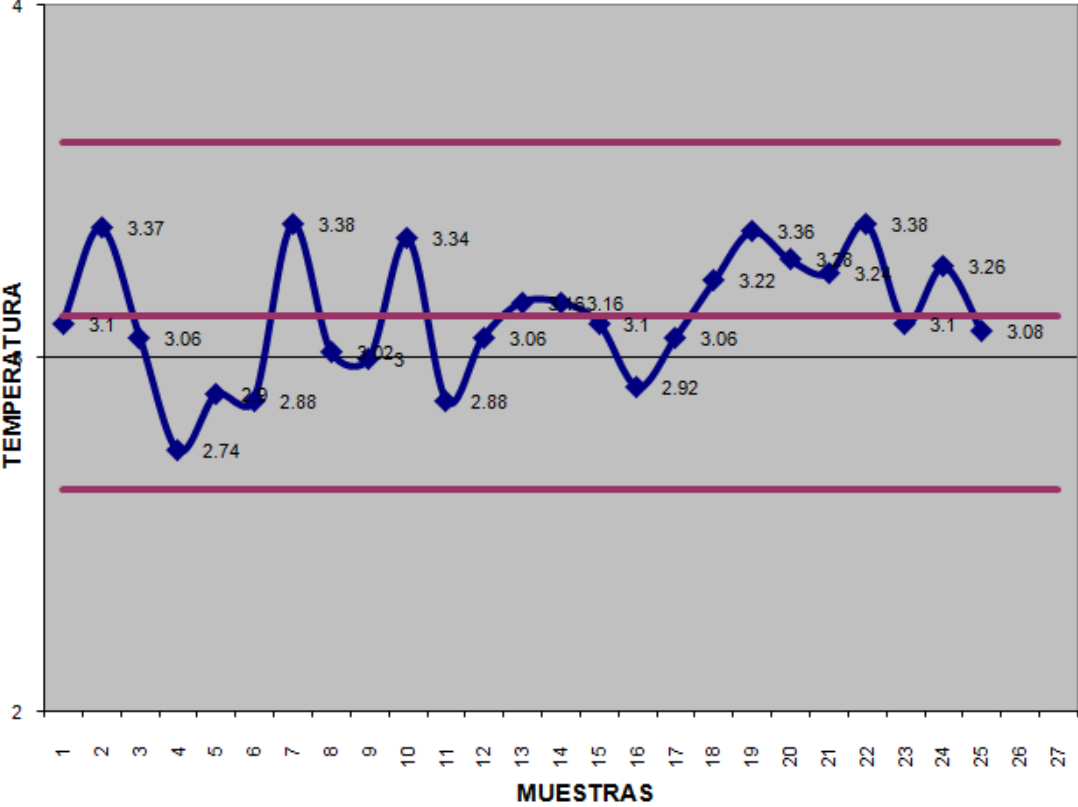
Estos son los límites para la gráfica  $R$ :

$$LCS = D_4(R) = 2.114(0.846) = 1.79,$$

$$LCC = 0.846,$$

$$LCI = D_3(R) = 0(0.846) = 0.$$

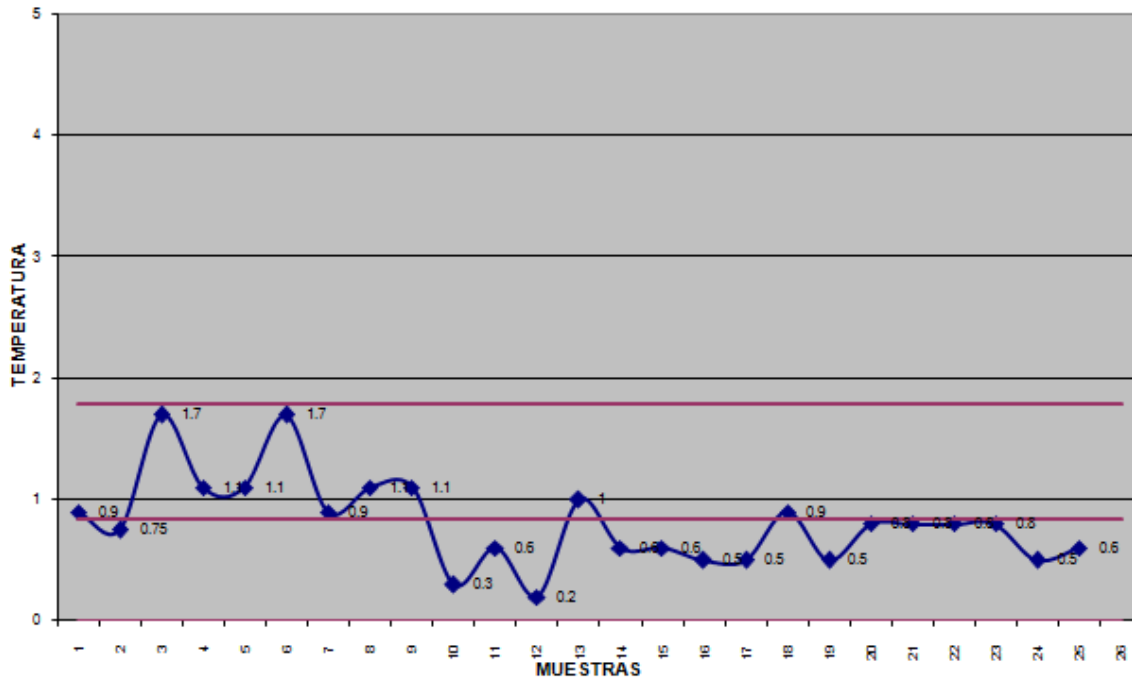
Figura 36. Gráfico X de control para temperatura de entrada



Fuente: elaboración propia.



Figura 37. Gráfico R de control para temperatura de entrada



Fuente: elaboración propia.

Observando ambas gráficas podemos concluir que el proceso se encuentra bajo control estadístico, porque no hay ningún punto fuera de los límites de control, además no presenta ninguna tendencia para analizar detalladamente el proceso.

## **5. Medio ambiente**

### **5.1. Evaluación de impacto al medio ambiente**

La evaluación y estudio del Impacto Ambiental (EIA) se puede definir como un conjunto de técnicas que buscan como propósito fundamental un manejo de los asuntos humanos de forma que sea posible un sistema de vida en armonía con la naturaleza.

La gestión de impacto ambiental pretende reducir al mínimo nuestras intrusiones en los diversos ecosistemas, elevar al máximo las posibilidades de supervivencia de todas las formas de vida, por muy pequeñas e insignificantes que resulten desde nuestro punto de vista, y no por una especie de magnanimidad por las criaturas más débiles, sino por verdadera humildad intelectual, por reconocer que no sabemos realmente lo que la pérdida de cualquier especie viviente puede significar para el equilibrio biológico.

Es posible decir que la gestión del medio ambiente tiene dos áreas de aplicación básicas que son áreas preventivas y correctivas.

### **5.1.1. Leyes de protección y mejoramiento del medio ambiente**

En todos los países desarrollados y aquellos en vías de desarrollo se aplican normativa para la conservación del medio ambiente, tal situación a obligado a países como el nuestro legislar y actuar sobre los aspectos ambientales.

- **Constitución Política de la República 1985**

**ARTÍCULO 97.** Medio ambiente y equilibrio ecológico. El estado, las municipalidades y los habitantes del territorio nacional están obligados a propiciar el desarrollo social, económico y tecnológico que prevenga la contaminación del ambiente y mantenga el equilibrio ecológico. Se dictaran todas las normas necesarias para garantizar que la utilización y el aprovechamiento de la fauna, de la flora, de la tierra y del agua se realicen racionalmente, evitando su depredación.

- **Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente, decreto 68-86**

La protección del medio ambiente fue delegada a la Comisión Nacional del Medio Ambiente, (CONAMA) quien deberá velar por la conservación del medio ambiente, en tal sentido la presente ley en el artículo ocho establece:

**ARTÍCULO 8.** Para todo proyecto, obra, industria o cualquier otra actividad que por sus características pueda producir deterioro a los recursos naturales renovables o no, al ambiente, o introducir modificaciones nocivas o notorias al paisaje y a los recursos culturales del patrimonio nacional, será necesario previamente a su desarrollo un estudio de evaluación del impacto ambiental, realizado por técnicos en la materia y aprobado por la comisión del medio ambiente.

En tal sentido, los funcionarios encargados están obligados a exigir el estudio de impacto ambiental caso contrario será sancionado con una multa entre Q .5, 000 a Q.100, 000.

- **Ley de áreas protegidas. Decreto No. 4-89 y sus reformas. Decreto 110-96.**

**ARTÍCULO 1.** (Reformado por el artículo 1 del decreto No. 110-96). Interés nacional. La diversidad biológica, es parte integral del patrimonio natural de los guatemaltecos y por lo tanto, se declara de interés nacional su conservación por medio de áreas protegidas debidamente declaradas y administradas.

- **Ley forestal. Decreto 101-96**

En muchos proyectos de infraestructura es necesario sacrificar algunos árboles para la ejecución de los proyectos, en donde la ley forestal establece una normativa para mitigar aquellas alteraciones ecológicas probables que están expuestas en cualquier proyecto especialmente viales.

**ARTÍCULO 34.** Se prohíbe el corte de árboles de aquellas especies protegidas y en vías de extinción contenidas en listados nacionales establecidos y los que se establezcan conjuntamente por el Instituto Nacional de Árboles (INAB) y por la Comisión nacional de parques (CONAP), y aquellos que de acuerdo con los convenios internacionales que Guatemala haya ratificado en dicha materia, el Instituto Nacional de Bosques brindara protección a estos a estas especies y estimulara su conservación y reproducción.

- **Reformas a la ley del organismo ejecutivo. Decreto No. 114-97**

En esta reforma delega al ministerio de ambiente y recursos naturales la responsabilidad de prevenir, conservar y mejorar el medio ambiente en el territorio nacional.

**ARTÍCULO 3.** Se adiciona el artículo 29 con el texto siguiente:

“Artículo 29 bis” Ministerio de Ambiente y Recursos Humanos”. Al Ministerio de Ambiente y Recursos Humanos le corresponde formular y ejecutar las políticas relativas a su ramo, cumplir y hacer que se cumpla el régimen concerniente a la conservación, protección, mejoramiento del ambiente y recursos naturales en el país.

- **Normativa sobre marco de gestión ambiental.  
Acuerdo Gubernativo 791-2003.**

A través de esta normativa se obliga a realizar el seguimiento ambiental, es decir, el monitoreo de todos aquellos proyectos que puedan provocar alteraciones en el medio ambiente.

## **5.1.2. Evaluación de riesgos**

La evaluación de riesgos en el lugar de trabajo debe efectuarse por todos los involucrados en el proceso de manufactura, empezando por los gerentes hasta el colaborador encargado de la limpieza. Las instalaciones, equipos de trabajo, maquinaria y herramientas que no están en condiciones de ser usados y de realizar el trabajo para el cual fueron diseñadas o creadas y que ponen en riesgo de sufrir un accidente a los colaboradores, deben evaluarse y determinar la sustitución si es herramienta y si es equipo determinar el proceso de reparación.

### **5.1.2.1. Nivel de ruido**

La determinación de la tolerancia al ruido dependerá, naturalmente, de la definición que hayamos dado al ruido. La tolerancia al ruido se ha definido mayoritariamente a partir de parámetros cuantitativos, que tienen que ver con la intensidad de un sonido o el nivel de presión sonora (umbral de dolor a 120 dB).

Paralelamente deben considerarse los tiempos de exposición. El nivel de presión sonora no alcanza por sí solo, sino que distintos niveles de presión sonora tienen distintos tiempos de tolerancia antes de producir daños muchas veces irreparables. Cada vez que se duplica la intensidad (aumento de 3 dB) se debe dividir por dos el tiempo de exposición tolerable.

Tabla LXIII. **Tolerancia a la exposición de ruido**

cantidad de dB	Tolerancia Máxima continua
85 dB	8 horas
88 dB	4 horas
91 dB	2 horas
94 dB	1 hora
97 dB	30 minutos
100 dB	15 minutos
103 dB	7.5 minutos
106 dB	3.75 minutos

Fuente: <http://www.eumus.edu.uy/docentes/maggiolo/acuapu/ing.html>

### **5.1.2.2. Nivel de gases tóxicos**

Los refrigerantes son los fluidos vitales en los sistemas de refrigeración mecánica, absorben calor del lugar donde no se desea y lo trasladan a otro. La evaporación del líquido refrigerante remueve calor, el cual es liberado por la condensación del vapor calentado. Cualquier sustancia, que sufra cambio de fase líquida a vapor o viceversa, puede funcionar como refrigerante en sistemas del tipo de compresión de vapor. Sin embargo, aquellos que sufren estos cambios a temperaturas y presiones comercialmente útiles, son de uso práctico.

Puede decirse que no hay un refrigerante universal, ya que la refrigeración se utiliza en un rango amplio de temperaturas, algunos refrigerantes son más apropiados para altas temperaturas y otros operan a bajas temperaturas. Es importante tener en cuenta las características de los gases refrigerantes. Entre las características de los gases refrigerantes se pueden mencionar las relacionadas con la seguridad, operación y mantenimiento.

- Toxicidad: la toxicidad se refiere al grado en el cual la sustancia resulta una toxina o un veneno, muchos refrigerantes no son tóxicos, incluyendo los hidrocarburos. No obstante, esto no debe confundirse con el hecho de que cualquier refrigerante es asfixiante, aun cuando no sea tóxico. Un individuo se puede sofocar debido a que el refrigerante sustituye al oxígeno.
- Inflamabilidad y explosividad: la inflamabilidad se refiere al grado en que una sustancia puede quemarse con una llama, y por consiguiente, si constituye un riesgo de incendio o no. Los hidrocarburos no son inflamables ni explosivos, el amoníaco es inflamable a ciertas concentraciones.

El código de seguridad para la refrigeración mecánica del ANSI, clasifica los refrigerantes en tres grupos en los que se refiere a la seguridad en su manejo. Esta clasificación comprende tanto la toxicidad como la inflamabilidad. Los refrigerantes del grupo 1, en el cual se incluyen los hidrocarburos, no se consideran tóxicos ni inflamables, los refrigerantes del grupo 2, incluyen al amoníaco y los refrigerantes del grupo 3, que incluyen al propano, estos son los más peligrosos y solo se permiten para uso industriales, con restricciones muy severas.



### 5.1.2.3. Nivel de olores

Existen fundamentalmente dos métodos para medir olores.

- Métodos químicos-físicos: cromatografía, sensores piezoelectricos y tubos colorimétricos.
- Métodos sensoriales: olfatometría, psicometría

Los métodos químicos-físicos son adecuados cuando se conoce cuál es el compuesto que genera los olores o cuando se pretende vigilar las emisiones de unas determinadas instalaciones en continuo para controlar la presencia de escapes de gases asociados a los compuestos olorosos. Este tipo de métodos son en la actualidad poco específicos o poco sensitivos.

Aunque es una técnica relativamente novedosa, la olfatometría se presenta como el estándar futuro en la medición de los olores mientras que no se perfeccionen otros dispositivos de medición de olores tales como las “narices electrónicas”.

Cuando se recibe un determinado número de quejas por olores por parte de un grupo de ciudadanos, se debe considerar realizar el siguiente estudio.

- Análisis psicométrico: reparto de encuestas a los ciudadanos en el área de estudio
- Identificación de las fuentes generadoras de olores
- Diseño de campaña de muestras y medidas
- Toma de muestras con bolsas especiales en las instalaciones que ocasionan el problema
- Análisis de las muestras utilizando olfatometría y técnicas Fisiológicas

- Cálculo de las emisiones de olor de cada fuente
- Evaluación de impacto ambiental
- Conclusiones y recomendaciones

Una vez que se han recogido las muestras dentro de las bolsas especiales se deben llevar al laboratorio para su análisis en un tiempo que no debe exceder 30 horas. Este período de tiempo es crítico ya que pueden producirse ciertos procesos fisicoquímicos dentro de la bolsa que pueden dar lugar a una disminución o aumento de la cantidad de olores medidas, así como la intensidad y tono hedónico de estas.

### **5.1.3. Medidas de mitigación**

Cada problema que pueda ocasionar el funcionamiento de la planta empacadora, debe ser contrarrestado con alguna medida de mitigación presentando una posible solución al problema. Debe tenerse en cuenta que en la actualidad existen sanciones económicas para aquellas empresas que contribuyen con el deterioro del medio ambiente.

#### **5.1.3.1. Sistema de control de ruidos**

Para controlar los ruidos en una planta industrial se tienen varios métodos, siendo los más importantes, el aislamiento de maquinaria, la colocación de paneles aéreos y la contraposición de ruidos.

Una de las herramientas que es muy utilizada para proteger la salud de los colaboradores, es la utilización de tapones auditivos y orejeras.

- Tapones: protectores que se introducen en el canal auditivo o en la cavidad de la oreja, bloqueando su entrada. En algunos casos pueden tener un cordón interconector o un arnés. No son recomendables aquellos que provoquen excesiva presión local. Los hay de un solo uso y reutilizables.

Figura 38. Tapones auditivos



Fuente: Benítez, Salgado. Seguridad e higiene industrial. p. 35.

- Orejeras: casquetes que cubren las orejas y se adaptan a la cabeza por medio de almohadillas blandas (re llenas de espuma plástica o líquido). El material que forra los casquetes debe ser capaz de absorber el sonido. Poseen además una banda de presión o arnés (de plástico o metal) uniéndolos entre sí y en muchos casos una cinta flexible que sujetará los casquetes si es necesario llevar el arnés en la nuca o barbilla.

Figura 39. **Orejas utilizadas**



Fuente: Benítez, Salgado. Seguridad e higiene industrial. p. 36.

#### **5.1.3.1.1. Aislamiento de maquinaria**

Cuando se tiene maquinaria que produce mucho ruido, la mejor solución es aislar la maquinaria con paneles o tagiques dotados de materiales que sea aislante al ruido como: fibra de vidrio, duroport, caucho o asbesto, este ultimo no es tan recomendable por los agentes cancerigenos que posee y esta siendo eliminado del mercado.

La colocacion de los tabiques se efectua formando un cubiculo, se debe tomar en cuenta que si la maquinaria necesita ventilacion no es recomendable usar esta tecnica para disminuir el ruido. Para equipos de refrigeracion no es recomendable usar este metodo para eliminar el ruido, los equipos de refrigeracion necesitan tener mucha ventilación porque estan expulsando el calor al medio ambiente.

#### **5.1.3.1.2. Colocación de paneles aéreos**

El método utilizado en la industria para reducir los niveles de ruido en áreas donde aislar no es posible, es el colgar paneles con materiales absorbentes de las ondas sonoras, existen muchos nombres comerciales en la industria de estos productos sin embargo la base de estos materiales siguen siendo la fibra de vidrio o duroport, las dimensiones de los paneles dependerá de la cantidad de ondas sonoras que se quiera absorber y la altura a la cual se colocaran los paneles dependerá de las condiciones de trabajo. La aplicación de este método para eliminar o disminuir el ruido en equipos de refrigeración es la más acertada, teniendo en cuenta que estos equipos necesitan mucha ventilación.

#### **5.1.3.1.3. Espuma acústica**

La espuma acústica está construida por un material flexible de poro abierto muy utilizado como aislante de sonidos, este material tiene muchas aplicaciones como por ejemplo: la construcción de bocinas, locales que son utilizados como centros nocturnos, estudios de grabación y en la industria donde el espacio para aislar la maquinaria es crítico.

La forma correcta de su aplicación es colocando los paneles de espuma acústica muy cerca de la fuente emisora de ruido, ya sea colocándola en una tabla como respaldo o simplemente pegada con algún adhesivo al punto emisor del ruido, es recomendable manejar adecuadamente este material cuando se instala, utilizando un equipo de protección porque puede provocar alergias a la piel debido a su origen mineral.

### **5.1.3.2. Sistemas de control de gases tóxicos**

Para desarrollar un sistema de control para gases tóxicos, lo primero que hay que hacer es tener conocimiento del tipo de gas que se utiliza, en este caso tener conocimiento del tipo de refrigerante y las medidas a tomar en caso de algún accidente.

En la actualidad los refrigerantes más utilizados son aquellos que no dañan el medio ambiente, pero se debe tener las precauciones necesarias para evitar accidentes. Uno de los refrigerantes que cumple con estos requisitos es el R507 (pentafluoretano/trifluoretano), que es adecuado para el uso en la industria frigorífica gracias a su temperatura de evaporación de -45 a 0°C.

Tabla LXIV. Datos técnicos para el refrigerante R 507

Denominación química		Pentafluoretano/ 1,1,1-trifluoretano
Denominación ASHRAE		R 507
Fórmula química		CHF <sub>2</sub> CF <sub>3</sub> /CH <sub>3</sub> CF <sub>3</sub>
Peso molecular	Kg/bar	98,9
Punto de ebullición a 1013 bar	°C	-46,5
Temperatura crítica	°C	70,9
Presión crítica	bar	37,9
Densidad crítica	Kg/m <sup>3</sup>	500
Densidad del líq. -15°C	kg/m <sup>3</sup>	1.237
Densidad del líq. +30°C	kg/m <sup>3</sup>	1.031
Densidad vapor a -15°C	kg/m <sup>3</sup>	19,389
Densidad vapor a +30°C	kg/m <sup>3</sup>	79,578
Entalpía de evaporación a -15° C	kJ/kg	175,3
Capacidad térmica específica del líquido saturado a +30°C	kJ/kg K	1,544
Capacidad térmica específica del vapor saturado a +30°C	kJ/kg K	0,875
Inflamabilidad		no inflamable
Pot. destructor del ozono	ODP	0,0
Pot. del calentamiento global debido a hidrocarburos	HGWP	aprox. 1

Fuente: www.escoda.com

#### **5.1.3.2.1. Revisión periódica de tuberías**

Una de los métodos para evitar contaminaciones al medio ambiente, por fuga de refrigerante es la revisión periódica de las tuberías, esta revisión debe hacerse por todo el recorrido de la tubería, es recomendable hacer una inspección visual, luego aplicar agua con jabón a la tubería y determinar si existe un burbujeo. Se debe tomar en cuenta que una revisión periódica evita que el producto almacenado se pierda y que el equipo se dañe por alguna entrada de oxígeno al sistema.

#### **5.1.3.4. Sistema de control de olores**

Luego de realizar un estudio previo con un análisis del nivel de olores en los alrededores de la planta y se halla identificado las fuentes generadoras de olores se estipula una acción a tomar. El procedimiento más sencillo es llevar a cavo el siguiente mantenimiento.

- Se debe lavar todas las herramientas después de finalizar la jornada laboral
- Los desechos deben ser incinerados o si es posible reprocesarlos
- La empresa debe contar con una planta de tratamiento de agua
- Revisar periódicamente la condición de los posos
- El uniforme de los colaboradores debe estar limpio y en buen estado
- El calzado debe ser lavado después de la jornada laboral
- Eliminar elementos que sirvan como guaridas para ratones



#### **5.1.3.4.1. Filtrado y extracción de olores**

Ventilar un espacio o edificio es simplemente reemplazar el aire contaminado o sucio con aire limpio y fresco. Aunque el proceso de ventilación es requerido en muchas aplicaciones diferentes, los fundamentos del flujo de aire nunca cambian. Los elementos variables que si cambian dependiendo de la aplicación son el modelo del ventilador y el rango de volumen de aires, otras consideraciones incluyen la resistencia a la corriente de aire (presión estática) y el ruido producido por el ventilador. Para determinar el ventilador o extractor adecuado existen cuatro elementos que necesitan ser determinados.

Estos son:

- Modelo del ventilador
- Pies cúbicos por minuto (cfm)
- Presión Estática
- Limitación de la intensidad (ruido)

Teniendo en cuenta estos elementos, la extracción y filtrado del aire para eliminar los malos olores de los puestos de trabajo en la empacadora de camarón, solo es posible en lugares o estaciones de trabajo donde no se cuente con un ambiente refrigerado o acondicionado, porque estaríamos extraendo aire frío e introduciendo aire caliente haciendo trabajar en exceso los equipos de refrigeración. Por lo tanto se recomienda eliminar los focos de contaminación como desechos para evitar invertir en extractores.

## **6. Mejora continua**

### **6.1. Capacitación del personal**

El objetivo de la capacitación es que el trabajo del personal se realice de manera óptima, por lo que se hace necesario proporcionar los conocimientos técnicos requeridos para que pueda desempeñar sus actividades de la mejor manera posible.

La capacitación es proceso enseñanza – aprendizaje, que se convierte en la educación profesional que busca proporcionar adaptar al hombre para efectuar una tarea. Es un proceso educacional a corto plazo aplicado sistemática y organizadamente, mediante el cual personas aprenden conocimientos, aptitudes y habilidades en función de objetivos definidos. En el sentido utilizado en administración, la capacitación implica la transmisión de conocimientos específicos relativos al trabajo, actitudes frente a aspectos de la organización, de la tarea ya sea compleja o simple.

Tabla LXV. **Capacitación propuesta en la planta empacadora de camarón**

<b>Actividad</b>	<b>Descripción de actividad</b>	<b>Duración</b>
<b>Inducción inicial</b>	Cada colaborador que inicie labores se le debe dar la pláticas de inducción, sobre BPM, seguridad industrial y sistemas HACCS.	<b>4 hrs.</b>
<b>Capacitación BPM</b>	La capacitación sobre buenas practicas de manufactura, se efectuara en sesiones de 1 hora, proveyendo material para la capacitación.	<b>20 hrs.</b>
<b>Capacitación Seguridad e Higiene Industrial</b>	La capacitación sobre seguridad e higiene industrial, se efectuara en sesiones de 1 hora, proveyendo material para la capacitación.	<b>20 hrs.</b>
<b>Capacitación sistemas HACCS</b>	La capacitación sobre sistemas HACCS (control de puntos críticos de proceso), se efectuara en sesiones de 1 hora, proveyendo material para la capacitación.	<b>40 hrs.</b>
<b>Capacitación sobre los 5 minutos de responsabilidad</b>	En esta capacitación se le enseña a los colaboradores, que cada inicio de turno se deben hablar 5 minutos sobre seguridad industrial y BPM.	<b>10 hrs.</b>
<b>Capacitación Sobre sistemas de calidad ISO.</b>	La capacitación sobre sistemas de calidad ISO, se efectuara en sesiones de 1 hora, proveyendo material para la capacitación. Los horarios y fechas se acordaran con gerencia.	<b>40 hrs.</b>

Fuente: elaboración propia.

### **6.1.1. Buenas prácticas de manufactura**

Las buenas prácticas de manufactura son herramientas básicas para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se caracterizan en la higiene y la forma de manipular alimentos.

- Son útiles para el diseño y funcionamiento de los establecimientos, para el desarrollo de procesos y productos relacionados con la alimentación.
- Contribuyen al aseguramiento de una producción de alimentos seguros, saludables e inocuos para el consumo humano.
- Son indispensables para la aplicación de sistemas como HACCP, programas de gestión de calidad total o sistemas de calidad como ISO 9000.
- Se asocian con el control a través de inspecciones del establecimiento

Las buenas prácticas de manufactura se concentran por lo general en 7 principios:

- Materias primas
- Establecimientos
- Personal
- Higiene en la elaboración
- Almacenamiento y transporte de materias primas y productos terminados
- Control de procesos en la producción
- Documentación

Tabla LXVI. **Capacitación propuesta BPM**

	<b>Tema</b>	<b>Enfoque de la capacitación</b>	<b>Duración</b>
<b>1</b> ←	<b>Contaminación por personal.</b>	El personal no debe ser un foco de contaminación durante el proceso.	<b>3.3 h.</b>
<b>2</b> ←	<b>Contaminación por error de manipulación.</b>	El personal debe realizar sus tareas de acuerdo a las instrucciones recibidas.	<b>3.3 h.</b>
<b>3</b> ←	<b>Instalaciones adecuadas, equipo adecuado y proceso exacto.</b>	El personal debe laborar con el uniforme proporcionado, utilizar correctamente el equipo de protección.	<b>3.3 h.</b>
<b>4</b> ←	<b>Contaminación por materiales en contacto con alimentos.</b>	El personal se debe lavar sus manos ante cada cambio de actividad, sobre todo al salir y entrar al área de proceso.	<b>3.3 h.</b>
<b>5</b> ←	<b>Prevención por la contaminación por mal manejo de agua y desechos.</b>	Procesos de saneamiento.	<b>3.3 h.</b>
<b>6</b> ←	<b>Marco adecuado de producción.</b>	Procesos de manipulación y control de temperaturas críticas	<b>3.3 h.</b>

Fuente: elaboración propia

### **6.1.2. Sistema de calidad total**

De calidad total podemos decir que es un sistema o la estructura funcional del trabajo acordado en toda la compañía y en toda la planta, documentada con procedimientos integrados técnicos y administrativos efectivos, para guiar las acciones coordinadas de la fuerza laboral, las máquinas y la información de la compañía y planta de las formas mejores y más prácticas para asegurar la satisfacción del cliente.

El sistema de calidad total es el fundamento del control total de la calidad, y provee siempre los canales apropiados a lo largo de los cuales el conjunto de actividades esenciales relacionadas con la calidad del producto debe fluir. Junto con otros sistemas, constituye la línea principal del flujo del sistema total del negocio. Los requisitos de calidad y los parámetros de la calidad del producto cambian, pero el sistema de calidad permanece fundamentalmente el mismo.

Para dar efecto a la implantación de esta política, es necesario que los empleados tengan los conocimientos requeridos para conocer las exigencias de los clientes, y de esta manera poder lograr ofrecerles excelentes productos o servicios que puedan satisfacer o exceder las expectativas.

Los objetivos de la capacitación sobre los sistemas de calidad total son los siguientes:

- Desarrollar y comprender el término de calidad total como clave del éxito en las empresas.
- Analizar cómo lograr la excelencia empresarial.
- Especificar cuáles son los beneficios de aplicar programas de calidad total.
- Describir cómo afecta a las empresas nacionales e internacionales.
- Entender el concepto de los círculos de control de calidad.
- Determinar mecanismos de evaluación de calidad en las empresas, y aprender a aplicarlos.

### **6.1.3. Equipos de protección personal**

Los equipos de protección personal comprenden todos los dispositivos, accesorios y vestimenta que emplea el trabajador para protegerse contra posibles lesiones, en todo trabajo siempre se cuenta con riesgos, los cuales pueden disminuir usando elementos de protección.

Como norma general los equipos de protección individual deberán utilizarse cuando los riesgos no se puedan evitar o no puedan limitarse suficientemente por medios técnicos de protección colectiva o mediante medidas, métodos o procedimientos de organización del trabajo. Para la industria alimenticia es de vital importancia el uso adecuado de los equipos de protección personal, para evitar que el colaborador sufra algún accidente y para evitar que el producto pueda contaminarse.

Tabla LXVII. **Costo de equipo de protección personal**

<b>Equipo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Costo (Q)</b>
<b>Redecilla</b>	Prevenir que existan cabellos en el producto.	<b>0.25</b>
<b>Calzado industrial, (botas de hule)</b>	Prevenir enfermedades a los trabajadores por contacto de agua clorada.	<b>200.00</b>
<b>Bata y pantalón de tela</b>	Prevenir la contaminación cruzada por el uso de ropa inadecuada.	<b>300.00</b>
<b>Guantes de latex</b>	Prevenir que los trabajadores contraigan enfermedades de la piel por contacto con preservantes	<b>0.50</b>
<b>Mascarilla</b>	Prevenir que los colaboradores estornuden encima del producto.	<b>1'00</b>
<b>Lentes de Proteccion</b>	Protección visual de los trabajadores.	<b>5.00</b>

Fuente: elaboración propia.

## **6.2. Reevaluación de condiciones laborales**

Se debe evaluar en un cierto tiempo las condiciones laborales en la planta procesadora, para aumentar el bienestar de los trabajadores. Las mejoras que se proponen son las siguientes:



- Corto plazo (Primer semestre del año)
  - Construir un comedor adecuado para los colaboradores
  - Construir baños y vestidores para los colaboradores donde puedan dejar sus pertenencias y así evitar que la ropa de calle este en la planta de procesamiento
  - Construir bodega de material para empaque
  - Habilitar área para productos de limpieza
  - Construcción de área para control de calidad
  - Habilitación de lavandería
  
- Mediano plazo (primer año)
  - Ampliación del área para enmasterar
  - Ampliación del área de recepción
  - Construcción de cuarto para hielo y colocación de una maquina de hielo
  - Construcción de oficinas administrativas
  
- Largo plazo (segundo año)
  - Construcción de área para descabezado
  - Construcción de área para pelado
  - Evaluación y construcción de área para reprocesado de desechos

### **6.3. Mejora de procesos**

Cada mejora en un proceso busca hacerlo más eficiente, reduciendo tiempo, espacio recorrido por la materia prima, cambio de flujogramas o implementando nueva tecnología que ayuden a eficientar los procesos. En el proceso de pelado y descabezado de camarón (PUD T-ON u T-OFF) se pretende aprovechar los desechos, como lo son la cabeza y la cascara de la cola para procesarlo como harina de camarón.

Ventajas:

- Aprovechamiento del desperdicio
- Eliminación de focos de contaminación
- Disminución de costos
- Expansión de mercado

Desventajas:

- Inversión inicial elevada
- Recuperación de capital
- Costo para estudio de mercado
- Costo para estudio de impacto ambiental
- Construcción de edificio industrial

### **6.3.1. Aprovechamiento de materia prima**

Todas las empresas de mayor éxito no son las que disminuyen el precio de sus productos, sino que son aquellas que tratan de disminuir costos, siguiendo esta premisa se pretende aprovechar la materia prima de la planta empacadora de camarón para disminuir costos y asegurarnos ser competitivos en el mercado. La acuicultura se ha convertido en una de las industrias de mayor crecimiento a nivel mundial y su expansión ha traído como consecuencia un aumento en la demanda de cantidad y calidad de alimentos para los organismos acuáticos, este aspecto es de suma relevancia si se considera que la alimentación es uno de los factores más importantes dentro de los costos de producción en el cultivo de camarón, llegando a representar el 50% de los costos de producción en los penéidos. Por esta razón se ha venido desarrollando objetivos orientados a mejorar la eficacia y aprovechamiento de desperdicios que puedan ser utilizados para fabricar harina.

### **6.3.2. Reprocesamiento de cascara de camarón**

El proceso generalmente que lleva la fabricación de cualquier tipo de harina, se divide en cinco operaciones principales, desde la recepción de materia prima, hasta el empacado de la harina. Las operaciones son:

- Recepción de materia prima
- Hidrolización de cascara y cabeza
- Cocción y deshidratación
- Enfriamiento de la harina y limpieza
- Molienda y ensacado

- Recepción de materia prima: la materia prima proviene principalmente de la planta empacadora de camarón, se transporta todas la viseras, cabezas y cascara de camarón preferentemente son trasladadas en graneleras, góndolas o camiones con tolvas incorporadas. La fabricación de harina no se limita solo con el uso de un tipo de materia prima, en el mercado existen diferentes harinas fabricadas a base de viseras de cerdo, pollo, huesos y otros. La materia prima se debe descargar en una tolva que se ubica en la recepción, posteriormente, es enviada por medio de un transportador helicoidal hacia el hidrolizador
- Hidrolizado de cabeza y cascara: este proceso sirve para desintegrar la composición de la cascara del camarón, por medio de calor y presurizando durante cierto tiempo, posteriormente se pasa al proceso de cocimiento por diferencia de presión hacia el cocinador.
- Cocción (cocimiento) y deshidratado: esta operación es la más importante, ya que aquí es donde se transforma el subproducto crudo después de 60 a 90 minutos a una harina con exceso de humedad, posteriormente, se continua el proceso de deshidratado dentro del cocinador de 120 a 180 minutos, esta operación representa la mayor parte del costo de producción por el vapor utilizado.

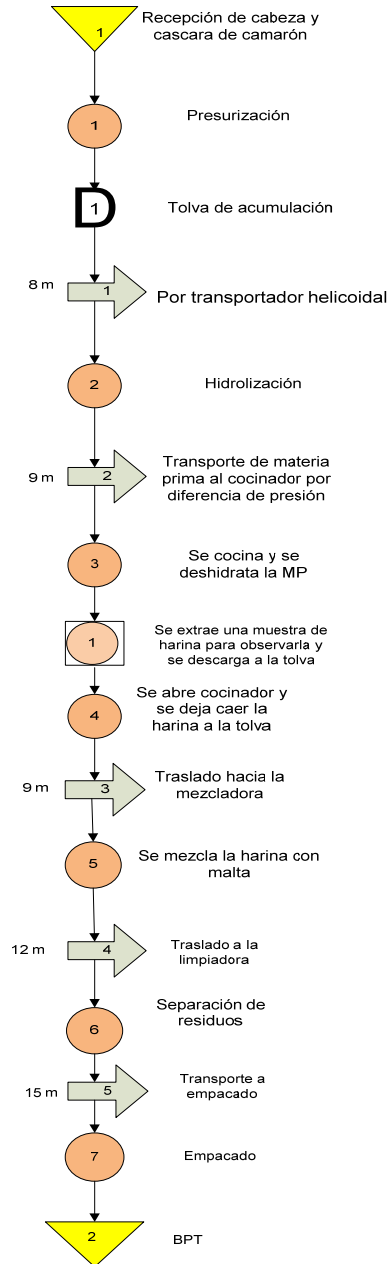
- Enfriado y limpieza de la harina: es donde la harina se envía por medio de un transportador helicoidal a la mezcladora donde se agita para enfriarla aproximadamente entre 10 a 15 minutos con malta que actúa como un vehículo de la grasa para hacerla más manejable, posteriormente se traslada a una limpiadora donde se separa los contaminantes de la harina para luego enviarlos a empaque. En esta operación el tiempo varía de acuerdo a las características de la harina en cuanto a humedad y grasa.
- Molienda y ensacado: en esta actividad se ensaca la harina en diferentes presentaciones, dependiendo el pedido del cliente, pero general el peso de cada saco es de 100 libras.

#### **6.3.2.1. Proceso de molienda de cascara de camarón**

La harina de camarón es uno de los productos que se utilizan como base para generar alimentos para las especies acuáticas, en su mayoría el proceso de aprovechar las cabezas y cascara de camarón para generar harina, las operaciones son semiautomáticas, es decir que casi ninguna operación es manual este es un proceso en línea, por lo general casi siempre es el mismo proceso que se realiza para las distintas harinas, por lo que a continuación se presenta el flujograma de operaciones.

Figura 39. Flujograma de operaciones para proceso de harina

Nombre de la empresa: Finca Mar Azul S.A.		No. Página: 1/1
Nombre del proceso: Procesado de cabeza y cascara para harina		
Situación: Actual	Realizado por: Lester Cabrera	Fecha de realización: Febrero de 2010
Inicia en: Bodega de recepción	Termina en: Bodega de producto terminado	



RESUMEN		
Simbolo	Cantidad	Distancia (m)
	2	
	7	
	5	53
	1	
TOTAL	14	53

Fuente: elaboración propia.

### 6.3.3. Controladores de temperatura

Los controladores de temperatura o termómetros tienen diferentes aplicaciones, el uso de estos instrumentos dentro de las cámaras refrigeradas es de vital importancia, el valor del producto almacenado representa las ganancias de una temporada de producción y cultivo. Los termómetros generalmente son instalados a un costado de las entradas, permiten medir la temperatura interna y dan la pauta si sucede un problema con los equipos de refrigeración permitiendo corregir la falla lo antes posible.

Figura 41. **Termómetro análogo para cámaras refrigeradas**



Fuente: [www.agroterra.com](http://www.agroterra.com)

Figura 42. **Termómetro digital para cámaras refrigeradas**



Fuente: [www.agroterra.com](http://www.agroterra.com)

## CONCLUSIONES

1. Se logró determinar que el costo para producir una libra de camarón y los controles necesarios para implementar el empaqueo de camarón, es de Q16.00 y la libra de camarón mediano se cotiza en los mercados internacionales entre Q24.00 a Q40.00 dependiendo los estándares de calidad que respalden el producto, se puede concluir que es un proyecto rentable para los intereses de la empresa.
2. Se estableció que el volumen de producción en temporada de cultivo es de 40,000 libras diarias, las cuales se pretenden procesar y exportar en 24 horas; por medio del estudio técnico se determinó que la cámara de proceso necesita un equipo con una capacidad no menor que los 133,225 BTUH, la cámara de congelación necesita un equipo con una capacidad no menor que los 225,043 BTUH y la cámara de almacenamiento necesita un equipo con una capacidad no menor que los 345,549 BTUH.
3. La implantación del programa de mantenimiento preventivo industrial se basó en el seguimiento y la implementación de una hoja de servicio para cada elemento, basando la información sobre la especificación y recomendación del fabricante con el objetivo de prolongar la vida útil de los equipos.



4. Se estableció un ensayo tomando como referencia una piscina de 0.8 hectáreas con la finalidad de proporcionar conocimientos sobre el cultivo de camarón, se establece que de una siembra de 180,000 larvas se cosecharon 1,257 libras de camarón con el tamaño adecuado, con un valor de venta de Q.16.00 por libra. También se estableció que 105 libras no cumplieron con los estándares de calidad, tomando en cuenta los costos y las ventas podemos concluir que de esta cosecha se obtuvo una utilidad de Q2, 548.00.
5. En el estudio de tiempos que se realizó al proceso de empaquetado, se determinó que se cuenta con un cuello de botella en la operación de rotulación y empaquetado, el tiempo de ocio es de 30%, se propone para la solución la capacitación del personal y la contratación de un nuevo colaborador.
6. Los factores que influyen en el éxito del programa de mantenimiento industrial son, la determinación de una hoja de servicio para cada maquinaria, programación de mantenimiento preventivo semanal, mensual, semestral y anual, capacitación del personal de mantenimiento y por último el seguimiento y la mejora continua.
7. Los puntos críticos en un proceso son las fases en las que se puede aplicar un control, que sirve para prevenir o eliminar un peligro, según el estudio realizado en el proceso de empaquetado de camarón se localizaron tres puntos críticos los cuales son: recepción de materia prima, rotulación y empaque, etiquetado y enmasterado.

## RECOMENDACIONES

1. Es aconsejable llevar un constante monitoreo sobre la temperatura de entrada de la materia prima y el porcentaje de preservante en el producto mediante pruebas de laboratorio, si la variación de temperatura es mucha el producto tiende a bajar de calidad y en muchas ocasiones en pérdida total.
2. Se recomienda que los sistemas de refrigeración sean sistemas separados, con el fin de regular la carga en tiempos de poca producción.
3. Se debe dar mayor importancia al mantenimiento preventivo que en muchas veces es el mantenimiento que evita fallas con pérdidas significativas para la empresa.
4. Para proteger el medio ambiente se recomienda que los equipos del sistema de refrigeración cuenten con refrigerantes que no contamine el ambiente libres de cloro, hay que tener claro que refrigerantes como el R22 están saliendo del mercado y por consiguiente los repuestos para dichos equipos son escasos y en ocasiones de costos elevados.

5. La capacitación continua para los trabajadores es un factor determinante para incrementar la productividad en la planta de empackado de camarón, se debe contar con un programa de capacitación en las áreas de buenas prácticas de manufactura.
6. Se debe documentar el mantenimiento correctivo o preventivo que se le practique a cualquier maquinaria, esto con el fin de tener un historial de mantenimiento para cada maquinaria.
7. Para controlar el proceso de empackado se debe monitorear en intervalos de tiempo los puntos críticos del proceso, para evitar que esté fuera de los estándares requeridos, tomando como base la metodología del sistema HACCP.

## BIBLIOGRAFÍA

1. BAUMEISTR, Theodore. *Manual del ingeniero mecánico*, García, Pedro (trad.). 2a ed. Colombia: McGraw-Hill, 1984. 92 p. ISBN: 0-07-004123-7.
2. EDWARD, Robert. *Aire acondicionado*. Martínez, Carlos (trad.). México: CECSA, 1989. 78 p. ISBN: 078-456-09.
3. GARCÍA, Roberto. *Estudio del trabajo*. Pantoja, José (rev.); Ruiz, Carlos (ed. lit.). 2a ed. México: McGraw-Hill, 2005. 450 p. ISBN: 970-10-4657-9.
4. GROOVER, Mikell. *Fundamentos de manufactura moderna*. Martínez, Miguel (trad.). México: Prentice-Hall, 1997. 985 p. ISBN: 968-880-846-6.
5. LAWRENCE, Doyle. *Materiales y procesos de manufactura*, Gonzales, Julio (trad.). 3a ed. México: McGraw-Hill, 1988. 771 p. ISBN: 968-880-118-6.
6. MCQUISTON, Faye. *Calefacción, ventilación y aire acondicionado*. Torres, Esteban (trad.). 2a ed. México: Limusa, 1990. 215 p. ISBN: 968-18-6170-1.

7. ROBBINS, Stephen. *Administración*. Gonzales, Ángel (trad.). 6a ed. México: Prentice-Hall, 2000. 210 p. ISBN: 970-17-0388-X.
8. SCHROEDER, Roger. *Administración de operaciones*. Maldonado, Gerardo (trad.). 3a ed. México: McGraw-Hill, 1992. 855 p. ISBN: 970-10-0088-9.
9. SHIGLEY, Joseph. *Diseño en ingeniería mecánica*. Paniagua, Francisco (trad.). 2a ed. México: McGraw-Hill, 1990. 915 p. ISBN: 968-451-607-X.
10. YUNUS, Cengel. *Termodinámica*. Campos, Víctor (trad.). 4a ed. México: McGraw-Hill, 2003. 829 p. ISBN: 970-10-3966-1.

## **ANEXO**

### **Norma Guatemalteca obligatoria de agua potable**

**AGUA POTABLE. Especificaciones.  
COGUANOR NGO 29 001:99 1ª. Revisión**

Esta norma constituye la primera revisión a la norma COGUANOR NGO 29 001 AGUA POTABLE. Especificaciones, publicada en el Diario oficial del 18 de octubre de 1985, a la cual sustituye.

**1. OBJETO**

Esta norma tiene por objeto fijar los valores de las características que definen la calidad del agua potable.

**2. NORMAS COGUANOR A CONSULTAR**

COGUANOR NGO 4 010	Sistema internacional de unidades (SI)
COGUANOR NGO 29 011h2	Aguas. Ensayos físicos. Determinación del color método de referencia.
COGUANOR NGO 29 011h12	Aguas. Ensayos físicos. Determinación de la turbiedad.
COGUANOR NGO 29 012h14	Aguas. Determinación de metales. Dureza.
COGUANOR NGO 29 012h15	Aguas. Determinación de metales. Hierro.
COGUANOR NGO 29 013h3	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Alcalinidad.
COGUANOR NGO 29 013h7	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Cloruro.
COGUANOR NGO 29 013h13	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Fluoruro.
COGUANOR NGO 29 013h18	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrato)
COGUANOR NGO 29 013h19	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Nitrógeno (nitrito).
COGUANOR NGO 29 013h21	Aguas. Determinación de constituyentes orgánicos no metálicos Oxígeno disuelto. Método de referencia.
COGUANOR NGO 29 013h23	Aguas. Determinación de constituyentes inorgánicos no metálicos. Potencial hidrógeno (pH).

### 3. DEFINICIONES

3.1. Agua potable. Es aquella que por sus características de calidad especificadas en esta norma, es adecuada para el consumo humano.

3.2. Cloro. Es el elemento número 17 de la tabla periódica de los elementos. En condiciones normales de temperatura y presión es un gas verde, poderoso oxidante, dos y media veces más pesado que el aire.

Nota 1. El cloro es, sin duda alguna, el desinfectante más importante que existe, debido a que reúne todas las ventajas requeridas, además de ser de fácil utilización y menos costoso que la mayoría de los otros productos o agentes desinfectantes disponibles.

3.3. Límite máximo aceptable (LMA). Es el valor de la concentración de cualquier característica del agua, arriba del cual el agua pasa a ser rechazable por los consumidores, desde un punto de vista sensorial pero sin que implique un daño a la salud del consumidor.

3.4. Límite máximo permisible (LMP) Es el valor de la concentración de cualquier característica de calidad del agua, arriba del cual, el agua no es adecuada para consumo humano.

3.5. Características físicas. Son aquellas características relativas a su comportamiento físico, que determinan su calidad.

3.6. Características químicas. Son aquellas características relativas a sustancias contenidas en ella, que determinan su calidad.

3.7. Características bacteriológicas. Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias, que determinan su calidad.

3.7.1. Grupo coliforme total. Son bacterias en forma de bacilos, aerobios y anaerobios facultativos, Gram negativos, no esporulados que fermentan la lactosa con producción de ácido y de gas a  $35\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$  en un período de 24 h - 48 h, características cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. Para el caso de la determinación del grupo coliforme total empleando el método de membrana de filtración, se definirá como todos los microorganismos que desarrollen una colonia rojiza con brillo metálico dorado en un medio tipo endo (u otro medio de cultivo reconocido internacionalmente) después de una incubación de 24 h a  $35\text{ }^{\circ}\text{C}$ .



3.7.2. Grupo coliforme fecal. Son las bacterias que forman parte del grupo coliforme total, que fermentan la lactosa con producción de gas a  $44^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en un periodo de  $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$  cuando se investigan por el método de los tubos múltiples de fermentación. En el método de filtración en membrana se utiliza un medio de lactosa enriquecido y una temperatura de incubación de  $44.5^{\circ}\text{C} \pm 0.2^{\circ}\text{C}$  en un periodo de  $24 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ . Al grupo coliforme fecal también se le designa como termotolerante o termorresistente.

3.8. Escherichia coli. Son las bacterias coliformes fecales que fermentan la lactosa y otros sustratos adecuados como el manitol a  $44^{\circ}\text{C}$  ó  $44.5^{\circ}\text{C}$  con producción de gas, y que también producen indol a partir de triptofano.

Nota 2. La confirmación de que en verdad se trata de *Escherichia coli* se logra mediante el resultado positivo en la prueba con el indicador rojo de metilo, la comprobación de la ausencia de síntesis de acetilmetilcarbinol y de que no se

utiliza el citrato como única fuente de carbón. La *Escherichia coli* es el indicador más preciso de contaminación fecal.

#### 4. CARACTERÍSTICAS Y ESPECIFICACIONES FÍSICAS Y QUÍMICAS

##### 4.1. Características físicas.

Tabla 1. Características sensoriales. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisible (LMP) que debe tener el agua potable

Características	LMA	LMP
Color	5.0 u	35.0 u (1)
Olor	No rechazable	No rechazable
Sabor	No rechazable	No rechazable
Turbiedad	5.0 UNT	15.0 UNT (2)
(1) Unidades de color en la escala de platino-cobalto		
(2) Unidades nefelométricas de turbiedad (UNT). Estas siglas deben considerarse en la expresión de los resultados.		

4.1.1. Conductividad eléctrica. El agua potable deberá tener una conductividad de  $100 \mu\text{S}/\text{cm}$  a  $750 \mu\text{S}/\text{cm}$  a  $25^{\circ}\text{C}$ .

4.2. Características químicas del agua potable. Son aquellas características que afectan la potabilidad del agua y que se indican en la tabla 2 siguiente.

Tabla 2. Substancias químicas con sus correspondientes límites máximos aceptables y límites máximos permisibles

Características	Límite máximo aceptable	Límite máximo permisible
Cloro residual libre (1) (2)	0.5 mg/L	1.0 mg/L
Cloruro (Cl <sup>-</sup> )	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Conductividad	---	< de 1 500 µS/cm
Dureza Total (CaCO <sub>3</sub> )	100.000 mg/L	500.000 mg/L
Potencial de hidrógeno (3)	7.0-7.5	6.5-8.5
Sólidos totales disueltos	500.0 mg/L	1 000.0 mg/L
Sulfato (SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> )	100.000 mg/L	250.000 mg/L
Temperatura	15.0°C-25.0°C	34.0°C
Aluminio (Al)	0.050 mg/L	0.100 mg/L
Calcio (Ca)	75.000 mg/L	150.000 mg/L
Cinc (Zn)	3.000 mg/L	70.000 mg/L
Cobre (Cu)	0.050 mg/L	1.500 mg/L
Magnesio (Mg)	50.000 mg/L	100.000 mg/L

- (1) El límite máximo aceptable, seguro y deseable de cloro residual libre, en los puntos más alejados del sistema de distribución es de 0.5 mg/L, después de por lo menos 30 minutos de contacto, a un pH menor de 8.0, con el propósito de reducir en un 99% la concentración de *Escherichia coli* y ciertos virus.
- (2) En aquellas ocasiones en que amenacen o prevalezcan brotes de enfermedades de origen hídrico, el residual de cloro puede mantenerse en un límite máximo permisible de 2.0 mg/L, haciendo caso omiso de los olores y sabores en el agua de consumo. Deben de tomarse medidas similares en los casos de interrupción o bajas en la eficiencia de los tratamientos para potabilizar el agua.
- (3) En unidades de pH.

4.3. Agua clorada. La cloración de los abastecimientos públicos de agua representa el proceso más importante usado en la obtención de agua de calidad sanitaria segura, potable. La desinfección por cloro y sus derivados significa una disminución de bacterias y virus hasta una concentración inocua, por lo que en la tabla 2 se hace referencia a los límites adecuados de concentración de cloro libre residual que es aquella porción del cloro residual total que esté "libre" y que sirva como medida de capacidad para oxidar la materia orgánica que pueda encontrarse en el interior de las tuberías o por ruptura de las mismas que pueda producir cierta contaminación microbiológica.

4.4. Límites de toxicidad. En la tabla 3 se indican algunas sustancias o compuestos químicos que al sobrepasar el límite máximo permisible en el agua potable, causan toxicidad.

Tabla 3. Relación de las sustancias inorgánicas con significado para la salud, con sus respectivos límites máximos permisibles (LMP)

Substancia	LMP, en miligramos por litro
Arsénico (As)	0.010
Bario (Ba)	0.700
Boro (B)	0.300
Cadmio (Cd)	0.003
Cianuro (CN <sup>-</sup> )	0.070
Cromo (Cr)	0.050
Mercurio (Hg)	0.001
Plomo (Pb)	0.010
Selenio (Se)	0.010

4.5. Relación de las sustancias biocidas con sus respectivos límites máximos permisibles. Los nombres de las sustancias biocidas orgánicas sintéticas, así como el límite máximo permisible se describen en la tabla 4.

Tabla 4. Límites máximos permisibles de las sustancias biocidas (continuación)

Compuestos	LMP (en microgramos/litro)
<b>Insecticidas organoclorados</b>	
DDT + TDE + DDE	1.0
Hexaclorobenceno	1.0
Aldrin	0.0
Dieldrin	3
Heptacloro	0.0
Heptacloro epóxido	3
Lindano	0.2
Endrin	0.1
Metoxicloro	0.2
Clordano	0.2
Toxafeno	20
	0.2
	3.0
Pentaclorofenol	1.0
Dinoseb	7.0

<b>Acidos fenoxi</b>	7.0
2, 4-D	30
2, 4, 5-TP (silvex)	9
2, 4, 5-T	9
Mecoprop	10
Dicloroprop	100
MCPA	2
Dicamba	2
Picloram	500
Dalapón	200
Endotal	100
<b>Fumigantes</b>	
DBCP (1,2-dibromuro-3,3-cloropropano)	0.2 0.05
EBD (dibromuro de etileno)	5.0
1,2-dicloropropano	20
1,3-dicloropropano	
<b>Triazinas</b>	
Atrazina	2
Simazina	2
<b>Acetanilidas</b>	
Alaclor	2
Metolaclor	10
Propaclor	10
Butaclor	10
<b>Carbamatos</b>	
Aldicarb	3
Sulfóxido de aldicarb	3
Sulfona de aldicarb	3
Carbofurán	5

Oxamil	200
Metomil	200
Bentazón	30
Molinato	6
Pendimetalina	20
Isoproturón	9
<b>Piretroides</b>	
Permetrina	20
<b>Amidas</b>	
Propanil	20
Piridato	100
Trifluralín	20
Diquat	20
Glifosato	700
Di (2-etil-hexil adipato)	400
Benzopireno	0.2
Hexaclorociclopentadieno	50
Di (etil-hexil) ftalato	6
PCB'S	0.5
<b>Organo fosforados</b>	
Etil paratión	0
Leptofós	0
Diazinón	0.1
Dimetoato	0.1
De los restantes órgano fosforados	no más de 0.1 cada uno

Tabla 5. Substancias no deseadas. Límite máximo aceptable (LMA) y límite máximo permisibles (LMP)

Característica	LMA, en miligramos/litro	LMP, en miligramos / litro
Fluoruro (F)	---	1.700
Hierro total (Fe)	0.100	1.000
Manganeso (Mn)	0.050	0.500
Nitrato (NO <sub>3</sub> )	---	10
Nitrito (NO <sub>2</sub> )	---	1