



T
621.57
P348

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL
Facultad de Ingeniería en Mecánica



**" CALCULO Y DIMENSIONAMIENTO DE UN
CONTENEDOR FRIGORIFICO
PARA CAMARON "**

TESIS DE GRADO

Previa a la obtención del Título de:

INGENIERO MECANICO

Presentado por:

JORGE A. PAZMIÑO COELLO



GUAYAQUIL

AÑO
1994

ECUADOR



AGRADECIMIENTO

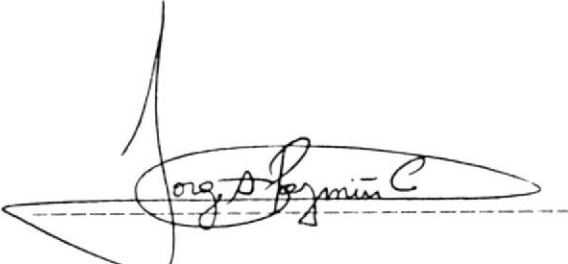
Agradezco al Ing. Angel Vargas Z. por su guía y por los consejos dados durante la elaboración de esta tesis.

A mi adorada esposa GINA:
verdadera motivación de mi
vida.

DECLARACION EXPRESA

" La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, me corresponden exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la Escuela Superior Politécnica del Litoral ".

(Según el artículo 6 del reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)



Jorge A. Pazmiño Coello



Dr. Alfredo Barciga

Decano de la FIM

Ing. Angel Vargas Z.

Director de Tesis



Ing. Francisco Andrade

Miembro del Tribunal



Ing. Jorge Duque

Miembro del Tribunal

RESUMEN

La conservación óptima del camarón desde su captura hasta llegar a los diversos mercados lejanos en los EE.UU. y en Europa, es la piedra angular en la cual se basa el proceso industrial del camarón.

La necesidad de transportar y almacenar camarón congelado desde su salida de las industrias empacadoras hasta su destino final en los mercados internacionales, reviste la importancia de adaptar equipos frigoríficos y materiales aislantes a cualquier tipo de contenedor para obtener cámaras móviles de bajo costo y que puedan ser construidas en el Ecuador.

Dado el rápido proceso de descomposición que se nota en este crustáceo, es imprescindible hacer un análisis microbiológico y bioquímico del camarón para encontrar las causas que producen la condición de NO-APTO para el consumo humano.

Para el cálculo y dimensionamiento de estas cámaras es necesario calcular el rango de dimensiones normalizadas de los contenedores aptos para ser transformados en cámaras frigoríficas, esto se logra en base a datos estadísticos de producción media y global en empacadoras de camarón, o sea que, el dimensionamiento se obtiene de acuerdo a las

necesidades de almacenamiento y transportación actuales y a futuro de la industria en mención.

Se seleccionan los aislamientos en el techo, piso, paredes y puertas considerando las necesidades específicas del almacenamiento del camarón, el factor económico y las necesidades de conservación del frío, impermeabilidad a los gases, estanqueidad, etc.

Se hará un análisis de las diversas variedades de camarón y de la terminología utilizada en la industria de este producto, para luego entrar más detalladamente en las propiedades termodinámicas del camarón, cuyos datos utilizaremos en el cálculo de la carga frigorífica.

De acuerdo al tipo, tamaño y estado del camarón, se procede a calcular la carga frigorífica de un contenedor con parámetros específicos y con una carga determinada.

Se selecciona refrigerante, sistema de refrigeración, y el tipo y especificación de la maquinaria frigorífica.

Por último, se hace un seleccionamiento detallado de instrumentos de medición y automatismo del ciclo de refrigeración de acuerdo con parámetros específicos para la conservación óptima del camarón tales como: temperaturas, humedad, renovación del aire, circulación del aire frío en el contenedor.



INDICE GENERAL

RESUMEN.

INDICE GENERAL.

INDICE DE TABLAS.

INDICE DE FIGURAS.

INTRODUCCION.

I	FACTIBILIDAD Y JUSTIFICACION DEL ESTUDIO.....	1
	1.1 Datos generales.....	1
	1.2 Estadísticas y proyecciones futuras.....	3
II	SELECCION DE CONTENEDORES.....	14
	2.1 De acuerdo a dimensiones y especificaciones necesarias para transporte.....	15
	2.2 De acuerdo a dimensiones y especificaciones necesarias para almacenamiento propiamente dicho.....	20
	2.3 Facilidad de futuras adaptaciones.....	21
III	DISEÑO DEL AISLAMIENTO.....	24
	3.1 Aislamiento del piso.....	30
	3.2 Aislamiento del techo.....	34
	3.3 Aislamiento de paredes.....	36
	3.4 Aislamiento de la puerta.....	37
IV	PROPIEDADES DEL CAMARON.....	44
	4.1 Estructura y elementos constituyentes del camarón.....	44

4.2	Variedades y tamaños.....	44
4.3	Análisis microbiológico y bioquímico del camarón.....	46
4.4	Terminología empleada en la industria del camarón.....	47
4.5	Propiedades termodinámicas del camarón.....	48
V	CALCULO DE CARGA FRIGORIFICA.....	50
5.1	Análisis de parámetros variables.....	50
5.2	Aportes internos.....	52
5.3	Aportes externos.....	54
VI	SELECCION DE REFRIGERANTE.....	66
VII	SELECCION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION.....	73
7.1	Diferentes sistemas de refrigeración.....	73
7.2	Selección del sistema de refrigeración óptimo...	77
VIII	CALCULO DEL CICLO DE REFRIGERACION.....	83
8.1	Determinación de temperatura de condensación...	83
8.2	Determinación de temperatura de evaporación....	84
8.3	Selección del ciclo de refrigeración.....	84
8.4	Cálculo y selección de la maquinaria frigorífica.....	86
IX	SELECCION DE DISPOSITIVOS DE MEDICION Y DE CONTROL AUTOMATICO.....	92
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	98
	APENDICE.....	103
	BIBLIOGRAFIA.....	109

INDICE DE TABLAS

PESCA Y CULTIVO DEL CAMARON.....	11
CRIADEROS DE CAMARON.....	11
EMPACADORAS DE CAMARON POR PROVINCIAS.....	12
PRECIOS REFERENCIALES DEL CAMARON (1991).....	12
EMPRESAS EXPORTADORAS DE CAMARON.....	12
EXPORTACION PESQUERA DEL ECUADOR: CAMARON.....	13
PRODUCCION MUNDIAL DE CAMARON DE CULTIVO (1991).....	13
DIMENSIONES DE CONTENEDORES DESTINADOS AL TRANSPORTE DE MERCADERIAS.....	22
DIMENSIONES DE CONTENEDORES MAS USADOS EN EL TRANSPORTE MARITIMO.....	22
PROPIEDADES DE LOS AISLAMIENTOS.....	39
TABLA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS.....	64
CALOR REMOVIDO PARA ENFRIAR EL CUARTO HASTA CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO (BTU/FT ³).....	65
PROPIEDADES DE LOS REFRIGERANTES.....	72
TABLA DE VAPOR PARA R22.....	81

INDICE DE FIGURAS

EL CAMARON EN LA GENERACION DE DIVISAS.....	9
DESTINO DEL CAMARON ECUATORIANO.....	10
DIAGRAMA DE UN CONTENEDOR PARA TRANSPORTE DE MERCADERIAS.....	20
AISLAMIENTO CORRECTO E INCORRECTO EN CONTENEDORES.....	40
AISLAMIENTO DEL PISO.....	41
AISLAMIENTO DEL TECHO.....	42
AISLAMIENTO EN PAREDES.....	45
CURVA DE RENDIMIENTO VOLUMETRICO vs RELACION DE COMPRESION.....	80
DIAGRAMA PRESION - ENTALPIA FREON 22.....	92
CIRCUITO FRIGORIFICO Y CICLO TERMODINAMICO.....	93
CIRCUITO FRIGORIFICO Y ELEMENTOS DE CONTROL.....	97

INTRODUCCION

Las exportaciones de camarón en 1991 representaron 491'371.000 dólares; un récord sin precedentes en la historia camaronera Ecuatoriana.

Los Estados Unidos nos compraron en ese mismo año más del 68% de nuestro producto exportable, pero manteniendo niveles altos de calidad se ha logrado introducir el camarón ecuatoriano en el mercado Europeo.

El uso de cámaras frigoríficas y contenedores refrigerados para el almacenamiento y transporte de camarón congelado, es de primordial importancia en la industria del camarón, para conservar la excelente calidad de los productos que salen de las empacadoras.

Siendo el camarón un producto de muy delicado manejo y de abundante producción en el país, se requiere la utilización de contenedores que se puedan adecuar en el país para transformarlos en frigoríficos en los cuales se puedan controlar las variables físicas (temperatura, humedad, etc.) en rangos determinados y específicos para la conservación del camarón congelado.

Estos contenedores deben tener una versatilidad tal, que puedan ser usados en transporte marítimo y terrestre y para uso eventual en empacadoras de camarón cuya

producción haya sobrepasado la capacidad de almacenamiento de las cámaras fijas.

La conservación del camarón tiene que hacerse con parámetros específicos que permitan mantener íntegras las cualidades organolépticas y además impedir el desarrollo de organismos microbiológicos y frenar las reacciones enzimáticas que reducen la calidad del producto o producen la descomposición del mismo.

El objetivo de esta tesis es el de dimensionar y diseñar contenedores frigoríficos específicos para ser usados en la industria del camarón a partir del acondicionamiento de un contenedor no frigorífico y susceptible de ser transformado, para su posterior uso en almacenamiento y transporte del camarón congelado.

El dimensionamiento de la cámara móvil y el seleccionamiento del equipo frigorífico se basa en las diversas formas de empaclado del camarón en el Ecuador y en el aprovechamiento máximo del espacio disponible, así como, en las necesidades específicas de la industria del camarón.

CAPITULO I

FACTIBILIDAD Y JUSTIFICACION DEL ESTUDIO

1.1 Datos Generales.

Hace 10 años el Ecuador exportaba 21 millones de dólares de camarón congelado a los diversos mercados mundiales, hoy exporta 500 millones de dólares y genera empleo para 81.620 personas, cuando al principio era una actividad casi desconocida.

La actividad camaronera pone a funcionar a 266 barcos y existe 120.000 hectáreas de piscinas que producen 235 millones de libras de camarón (70.000 toneladas métricas) sin cabeza al año.

El mayor y más grave peligro que acecha al camarón ecuatoriano es el crecimiento acelerado de la oferta mundial. Hoy todos los países experimentan con el cultivo de camarón y esto amenaza con el derrumbe de precios.

Países como China Comunista producen 120.000 TM de camarón (1991) cuando a principio de los 80 no era un país exportador; y su producción continúa avanzando a ritmos agigantados.

Para asegurar la competitividad del camarón ecuatoriano en el mercado Internacional, la Federación de Exportadores de Camarón recomienda las siguientes medidas:



- 1) Mantener una política cambiaria real.
- 2) Mantener una política favorable a la exportación.
- 3) Conseguir una política crediticia adecuada.
- 4) Regular la actividad camaronera de forma adecuada.
- 5) Garantizar un transporte internacional adecuado.

(libro blanco del Camarón FEDECAM 1990)

El punto 4 quiere decir tomar medidas a nivel de gobierno o de Federación para controlar la calidad de todo producto exportable manteniendo la rentabilidad y productividad de esta industria.

El punto 5 quiere decir tener disponibilidad inmediata de transportes adecuados para que el camarón llegue en perfectas condiciones a nuestros compradores; por esto la palabra "adecuado" nos introduce en la comprensión de la importancia de contar con transportes en la calidad y cantidad suficiente para abastecer de manera oportuna los pedidos de exportación, manteniendo la calidad que nos permita competir en el ámbito mundial.

Esto se logra a través del empleo de contenedores de uso normal, sometidos a una adaptación frigorífica que no encarezca los costos de producción, evitando así, la

importación de dichos contenedores fabricados en el exterior.

1.2 Estadísticas y proyecciones a futuro.

De las estadísticas obtenidas en la Federación de Exportadores de Camarón, comprendemos que la competencia y la sobreproducción mundial son dos problemas inevitables que afrontará la industria del camarón, los cuales producirán una depresión de los precios internacionales. Haremos un resumen de datos estadísticos y sus respectivos análisis a partir de encuestas hechas por FEDECAM y por el Banco Central del Ecuador, para luego estimar proyecciones futuras que permitan justificar la producción a nivel nacional de elementos accesorios a la industria camaronera, como medida para abaratar costos de producción y transporte, y elevar la competitividad del camarón ecuatoriano.

- El camarón Ecuatoriano.

Desde el punto de vista de las exportaciones, el camarón es hoy en día más importante que el banano, debido al derrumbe del mercado Europeo para esta fruta, experimentado en 1992.

De todos modos las estadísticas para 1991 demuestran un repunte de la actividad camaronera en los últimos años

como se muestra en el gráfico #1.

La industria del camarón da empleo directo a 81.620 personas, el 2% de la población económicamente activa del Ecuador.

A la vez se ven beneficiados otras industrias como la del Plástico, balanceados, etc; y negocios importadores de bombas, insumos y otros productos.

Es importante hacer notar el incremento de la producción en el Ecuador lo cual nos da una idea de las inversiones hechas en el país en infraestructura de producción del camarón de cultivo, motivo que justifica las inversiones camaroneras con el fin de aumentar la productividad de este sector industrial, manteniendo la calidad.

Las tablas # 1 y # 2 nos dan una idea de lo expuesto en el párrafo anterior.

- El camarón para exportación.

Una vez "cosechado" el camarón es transportado a la planta de empaque, aquí se limpia, se descabeza, se clasifica y se congela el camarón.

Los camarones son clasificados por su tamaño. Este se expresa por el número de colas (número de camarones con cabeza si se exporta al mercado Europeo) que se necesitan para completar una libra (454 gramos), esto quiere decir que los números pequeños identifican al camarón grande y

viceversa.

La tabla # 3 nos muestra el número de empacadoras de camarón hasta 1991.

El precio varía según el tamaño, la tabla # 4 nos muestra los precios referenciales para finales de 1992.

En 1991 habían 120 firmas registradas para realizar la exportación del camarón, distribuidas según la tabla # 5 de acuerdo a la cantidad de producto exportado.

La tabla # 6 fue tomado de las estadísticas de 1991 del Instituto Nacional de Pesca, y nos permite observar como se ha incrementado la exportación del camarón desde 1980 (inicio del boom camaronero).

Las empacadoras deben cuidar muy bien la calidad del producto, de no hacerlo, las exportaciones Ecuatorianas en el futuro pueden verse afectadas, es importante notar que el mercado Norteamericano es muy exigente en este aspecto. Las empresas exportadoras deben cuidar que los productos de "calidad" conserven esta etiqueta manteniendo unas excelentes condiciones de transporte, o sea que, mantengan al camarón en un estado apto para el consumo humano; para lograr esto es de primordial importancia tener una perfecta capacidad frigorífica de almacenamiento de producto congelado.

El nuevo mercado Europeo tiene una mayor cultura en el concepto de marisco principalmente si nos referimos a

España y Francia, de tal forma que ellos saben reconocer el producto bueno del malo y saben apreciar la calidad.

- El mercado Internacional.

En la actualidad Estados Unidos y Japón compiten por el puesto de mayor importador mundial, entre los dos absorben más de las dos terceras partes del mercado.

Un 68% del camarón exportado por el Ecuador es comprado por los Estados Unidos, pero una política puesta en vigencia por la Federación de Exportadores de Camarón (FEDECAM) tendente a diversificar el mercado del camarón Ecuatoriano, a dado sus frutos desde 1988.

A partir de 1991 se puede decir que Ecuador es el primer proveedor de camarón de España y Francia y la meta es ir penetrando paulatinamente en el mercado de Italia, Alemania, y el Reino Unido.

El 82% del camarón importado por España proviene del Ecuador y las compras francesas de camarón ecuatoriano significaron para el país el ingreso de divisas por aproximadamente 35 millones de dólares en 1991.

La penetración del producto nacional en Europa se debe a las altas normas de calidad que mantiene celosamente el sector camaronero.

El destino del camarón ecuatoriano durante 1991 se lo puede observar en el gráfico # 2.

Taiwan fue hasta 1987 el mayor exportador de camarón de cultivo intensivo, pero el colapso vino en 1988 cuando una bacteria acabo con parte de la producción, la tabla # 7 nos muestra la producción mundial de camarón de cultivo durante 1991.

Con especial cuidado se debe observar la amenaza que representa China Popular que dispone de 1'000.000 de Hectáreas de cultivo.

- Medidas a futuro.

Para evitar el desastre económico que podría producir la competencia de China y otros países, y la sobreproducción de camarón que podría hacer bajar los precios, la Cámara de Exportadores de Camarón recomienda:

- Diversificar los mercados, buscar compradores en Europa Occidental y Oriental, sobre todo en los nuevos países ex-comunistas.
- Fortalecer los laboratorios de larvas y ensayar con otras variedades de camarón.
- Hacer esfuerzos por disminuir los gastos en producción y transporte.

En este último punto nos basaremos para justificar el cálculo y dimensionamiento de contenedores frigoríficos susceptibles de ser equipados en el Ecuador para eventual almacenamiento de sobreproducción en empacadoras y para

transporte marítimo a los mercados internacionales.

El evitar comprar o alquilar contenedores frigoríficos en los Estados Unidos disminuiría considerablemente los costos de transporte de este producto y permitiría aumentar la producción de camarón muchas veces limitada por la capacidad de almacenaje actual del país.

Es importante recalcar que una elevada producción por hectárea permitiría entregar al mercado internacional camarón de calidad a un precio más bajo manteniendo una rentabilidad aceptable para este sector exportador.

Hay que recordar que la industria del camarón no es una industria tradicional en el Ecuador, entonces, es imprescindible alentar la tecnificación de esta industria propendiendo a apoyar la tecnología que abarata costos y nos haga independientes de algunas variables externas.

EL CAMARON EN LA GENERACION DE DIVISAS
US\$ 1500.47 MILLONES EN SECTOR PRIVADO

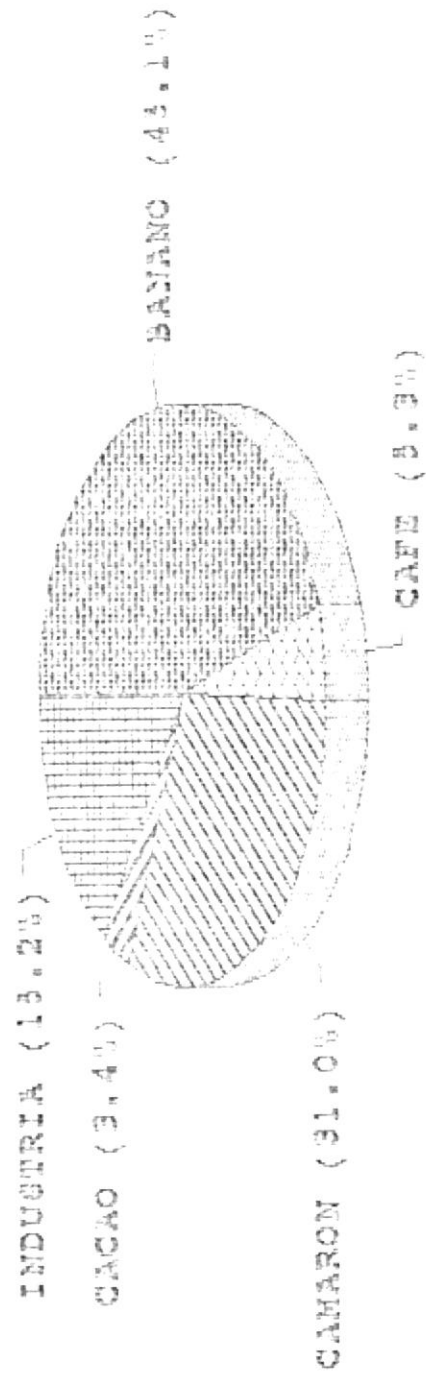


GRAFICO # 2

**DESTINO DEL CAMARON ECUATORIANO
DE UN TOTAL DE US\$ 491.37 MILLONES**

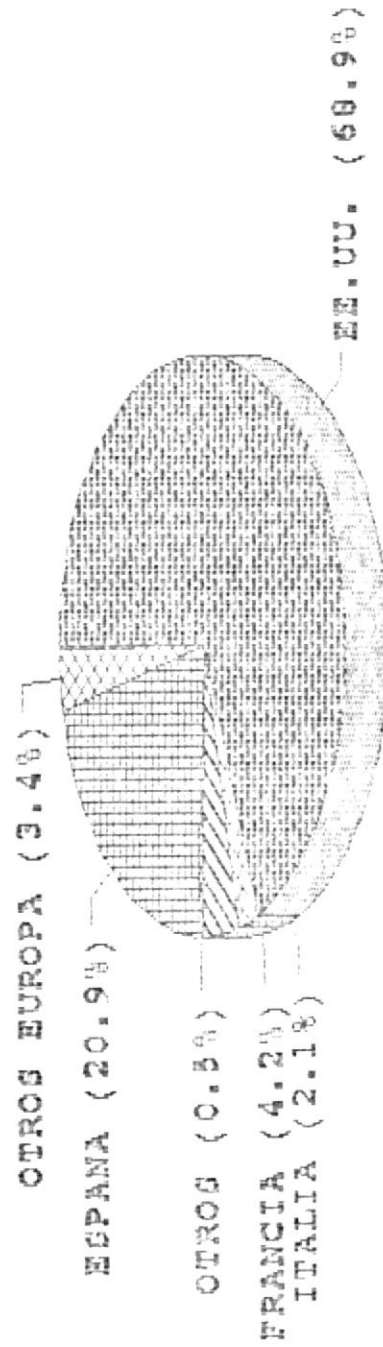


TABLA # 1

PESCA Y CULTIVO DE CAMARON
 PRODUCCION EN MILLONES DE LIBRAS SIN CABEZA

AÑO	PESCA	CULTIVO	TOTAL
1976	SIN DATO	S.D	12.9
1977	S.D	S.D	12.3
1978	S.D	S.D	13.2
1979	11.1	6.7	17.9
1980	11.2	13.1	24.3
1981	11.4	17.3	28.7
1982	11.4	30.7	42.2
1983	12.7	51.1	63.8
1984	9.0	48.0	57.1
1985	8.6	43.2	51.8
1986	13.1	62.4	75.5
1987	15.3	98.9	114.2
1988	15.5	100.3	115.8
1989	15.7	110.1	125.8
1990	15.4	108.7	124.1
1991	16.1	119.1	135.2

FUENTE: Dirección General de Pesca

TABLA # 2

CRIADEROS DE CAMARON (ACUMULADOS A 1991)

AÑO	CULTIVADORES POR AÑO (miles)	HECTAREAS POR AÑO (miles)
1976	0.00	0
1977	0.03	3
1978	0.06	5
1979	0.10	8
1980	0.15	15
1981	0.32	35
1982	0.45	48
1983	0.55	60
1984	0.78	80
1985	0.94	93
1986	1.30	110
1987	1.41	115
1988	1.56	121
1989	1.65	125
1990	1.80	129
1991	1.91	131

FUENTE: Instituto Nacional de Pesca

TABLA # 3

EMPACADORAS DE CAMARON POR PROVINCIAS

AÑO	GUAYAS	MANABI	EL ORO	ESMERALDAS	TOTAL
1985	48	9	9	3	69
1987	57	8	8	2	75
1989	72	8	11	3	94
1991	79	10	15	5	109

FUENTE: Dirección General de Pesca

TABLA # 4

PRECIOS REFERENCIALES DEL CAMARON (1991)

TAMAÑO	US dólares
U-7	9.9
U-10	9.8
U-12	9.1
U-15	8.3
16-20	7.1
21-25	5.5
26-30	4.3
31-35	3.2
36-40	3.1
41-50	2.8
51-60	2.3
61-70	2.1
71-90	2.1
91-100	1.7
101-UP	1.6

TABLA # 5

EMPRESAS EXPORTADORAS DE CAMARON
clasificadas según el valor exportado por cada una en 1991

# DE EMPRESAS	VALOR EXPORTADO (millones)	LIBRAS (millones)	%	US\$ (millones)
12	10-35 millones	66.41	61	238.71
10	5-10 millones	18.41	17	68.12
26	1-5 millones	19.97	18	71.46
10	0.5-1 millones	2.86	3	8.01
10	0.1-0.5 millones	1.16	1	2.71
16	menos 0.1 millon	0.26	0.2	0.55
36	- -	- -	- -	- -
120		109.02	100	387.55

FUENTE: Cámara de Productores de camarón



TABLA # 6

EXPORTACION PESQUERA DEL ECUADOR: CAMARON

ANO	MILES DE US\$	MILES DE T.M.
1980	65	10
1981	82	13
1982	130	17
1983	185	24
1984	150	19
1985	160	20
1986	285	31
1987	385	49
1988	340	49
1989	335	46
1990	375	58
1991	491	70

FUENTE: Instituto Nacional de Pesca

TABLA # 7

PRODUCCION MUNDIAL DE CAMARON DE CULTIVO
1991

PAIS	PRODUCCION (miles TM)	%	HECTAREAS (miles)	LABORAT
CHINA	120	23	100	300
ECUADOR	70	16	131	100
TAIWAN	50	11	10	1500
INDONESIA	50	11	200	90
TAILANDIA	40	8	50	1000
FILIPINAS	30	7	70	400
INDIA	30	7	50	10
VIETNAM	20	4	80	-
CENTROAME. CARIBE	13	3	15	20
SUDAMERICA	5	1	10	10
OTROS	42	9	80	189
TOTAL	470	100	796	3625

FUENTE: Aquaculture Digest: World Shrimp farming, 1989

CAPITULO II
SELECCION DE CONTENEDORES

El propósito de esta tesis es de adaptar contenedores de fácil obtención en el mercado mundial y no el diseño de los mismos, por esta razón sólo se ha tomado en cuenta las condiciones técnicas ya dadas por las normas internacionales en vigencia para contenedores destinados al transporte de productos perecederos, pero para condiciones diferentes relativas a un punto determinado, se adoptó de preferencia aquellas normas provenientes de la ISO (International Standar Organization).

Los contenedores bajo condiciones técnicas normalizadas deben ser susceptibles de recibir adaptaciones necesarias para el transporte de productos perecederos, en nuestro caso, del transporte de camarón.

Tomando siempre en cuenta la necesidad de almacenamiento y transporte de camarón de acuerdo a las proyecciones para la industria del camarón en el Ecuador, se ha de puntualizar el carácter internacional del transporte y manutención de los contenedores para poder seleccionarlos, y siempre se considerará como óptimo las categorías de contenedores definidos por la ISO.

2.1 De acuerdo a dimensiones y especificaciones necesarias para transporte.

Para proveer protección refrigerada en el transporte y posterior manipuleo del camarón congelado, la mejor solución es tener el transporte adecuado o "appropriate packaging" que quiere decir, tener una conservación y embalaje adecuado del producto perecedero desde que sale de la industria hasta su consumo final tratando de evitar, en lo posible, la ruptura de la calidad de "congelado" del camarón.

El párrafo anterior nos trae a la conclusión de que el contenedor es la solución a los posibles problemas.

Estos problemas son más considerables e importantes en los países sub-desarrollados, en donde no hay una infraestructura frigorífica a gran escala, esto quiere decir sistemas de trenes refrigerados con estaciones para mantenimientos de estos equipos, instalaciones frigoríficas y eléctricas adecuadas en puertos para recepción de productos perecederos congelados, etc.

La selección de contenedores óptimos para transporte debe ir precedida de un estudio de las condiciones locales que varían de un país a otro.

Aunque sabemos que los contenedores refrigerados en el Ecuador son especialmente usados para la exportación, debemos considerar que la mayor parte del tiempo estos

contenedores pasan en las empacadoras y puertos ecuatorianos para su posterior transporte.

Es de primordial importancia tener en cuenta la normalización de la infraestructura mundial de transporte de contenedores o al menos de ciertas características.

Esta normalización permite la versatilidad del contenedor en su manejo y en la obtención de repuestos y la facilidad de mantenimiento.

El Ecuador es un país que se encuentra en la zona tórrida, es decir, es una zona caliente, húmeda, sujeta a bruscas variaciones de clima; y estas consideraciones deben tomarse en cuenta para la selección del contenedor.

Los contenedores para transporte deben tener las siguientes características:

- Una gran resistencia al movimiento brusco, choques, intemperie, accidentes, etc.
- Una perfecta estanqueidad a los agentes externos como arena, granos de toda clase, líquidos o gases, teniendo en cuenta que la desinfección del contenedor requerirá de medios químicos fuertes.
- Las aberturas para ventilación que normalmente se encuentran en los contenedores para transporte, deben ser completamente selladas.
- La posibilidad de hacer adaptaciones futuras (como se verá en el punto 2.3) y reparaciones locales para



evitar el tener que enviar a los contenedores al extranjero para ser puestos en servicio.

- Facilidad de adaptación y sujeción del contenedor a los diferentes medios en los cuales va a ser transportado (camiones, barcos, etc.).

La estructura de cada contenedor debe responder a las condiciones de resistencia mecánica impuestas por la ISO o por la reglamentación oficial aplicable.

Para verificar la calidad de la construcción del contenedor debe revisarse los siguientes aspectos:

- La calidad de las soldaduras.
- El cumplimiento de las dimensiones especificadas por la norma ISO.
- El funcionamiento del sistema de abertura y cerradura de la puerta.
- El acabado final, que incluye:
 - eliminación de asperezas en soldaduras.
 - ausencia de fuentes de corrosión.
 - limpieza general.
 - protección contra la corrosión.
 - verificación de regularidad de las formas.
 - presencia de deformaciones.

Los contenedores más comúnmente utilizados y construidos en el mundo para transporte de todo tipo de bienes por mar y por tierra son los de la " serie # 1 ", los tipos A, B,

C, D; y la especificación de sus dimensiones son definidas por la ISO y se muestran en la tabla # 1.

Recordemos que la mayoría de las instalaciones construidas para el manipuleo y alojamiento de los contenedores en buques y camiones (también en trenes, pero en el Ecuador este medio no es utilizado), se basan en las características y dimensiones de los contenedores de la serie #1, norma ISO.

Actualmente existen más de 150.000 contenedores refrigerados autónomos en el mundo, se considera como contenedor "autónomo", a aquel cuyo equipo frigorífico puede ser movido o impulsado por un motor diesel o que su energía eléctrica puede ser provista por el buque a través de tomacorrientes ubicados en los sitios destinados a la estiba de estos contenedores.

En la tabla # 2 encontramos las características principales de los contenedores refrigerados más utilizados en el transporte de productos perecederos.

Los contenedores refrigerados tipo 1A aceptan una capacidad de 600 a 1000 cartones master y generalmente se cargan de 700 a 800 cartones utilizando la estiba tipo túnel que consiste en acomodar la caja de una forma escalonada para dejar una mejor circulación de aire en los espacios libres a través de todo el contenedor. La forma de embalaje del camarón será detallada de mejor manera en

el capítulo de cálculo de carga; una caja de cartón master tiene un peso aproximado de 50 libras y es la forma más común de exportar el camarón Ecuatoriano.

Siendo el Ecuador uno de los principales exportadores del mundo, resulta más rentable acondicionar un contenedor tipo 1A que dos contenedores tipo 1C que nos dan igual capacidad de almacenamiento.

Durante 1991, el Ecuador exportó un total de 109 millones de libras de camarón (la exportación camaronera no ha crecido significativamente durante los últimos dos años), lo cual resulta en una producción media exportable de 300.000 libras de camarón por día.

Un contenedor frigorífico transporta alrededor de 35.000 libras, entonces, requeriremos de una disponibilidad de 10 contenedores diarios.

Debemos tener en cuenta que los contenedores tipo 1A son ideales para transporte marítimo y no muy manejables para transporte terrestre, pero el 95% del producto exportable del camarón ecuatoriano es transportado por vía marítima a causa de la lejanía de los mercados de consumo internacionales.

Por estos motivos, para aumentar la rentabilidad de la industria camaronera, bajando costos de transporte, seleccionaremos el contenedor tipo 1A para su acondicionamiento frigorífico.

2.2 De acuerdo a dimensiones y especificaciones necesarias
para almacenamiento propiamente dicho.

Las necesidades de transporte y almacenamiento están íntimamente ligadas en la industria del camarón, debido a que se debe evitar en lo posible la ruptura del puente frigorífico, que nos asegura un contenedor, entre la empacadora de camarón y el mercado de consumo final; muchas veces el mismo contenedor usado para transporte es usado a la vez para almacenamiento.

Para conservación eventual de sobreproducción en empacadoras de camarón, existe la necesidad de tener en disponibilidad cámaras móviles de gran capacidad de almacenamiento, de tal manera que esta cámara sea susceptible de ser llevada de una empacadora a otra y permanecer estable durante el tiempo que se requiera.

Por varias razones se selecciona el contenedor tipo 1A para almacenamiento de camarón, las cuales podemos resumir en los siguientes puntos:

- La gran producción exportable del Ecuador (2º lugar en el mundo).
- La necesaria relación entre transporte y almacenamiento, que no permite hacer contenedores más grandes y nos deje limitados a usar las dimensiones definidas por las normas ISO.

2.3 Facilidad de futuras adaptaciones.

Aunque el dimensionamiento del contenedor debe ser exacto para la capacidad de almacenamiento requerido, muchas veces es conveniente dejar ciertas posibilidades abiertas para hacer cambios en el contenedor frigorífico de acuerdo con exigencias de la modernización de los sistemas de refrigeración, sin alterar su instalación básica.

Para posibles adaptaciones se debe prever:

- Reforzamiento del piso para posible aumento de carga si se llegara a utilizar nuevos métodos de congelamiento de camarón que permita transportar más unidades de producto dentro de la carga útil del contenedor.
- Utilización de ganchos o sujetadores de producto en el techo, esto implica conocer la resistencia del techo del contenedor y su posible reforzamiento.
- Facilidad de realizar soldadura en algunos puntos específicos sin afectar el aislamiento interior, los requerimiento de soldadura pueden deberse a:
 - Nuevos métodos de sujeción a los transportes.
 - Necesidades especiales de sujeción al piso para contenedores utilizados específicamente para almacenamiento de empacadoras pequeñas.

TABLA # 1

DIMENSIONES DE CONTENEDORES
DESTINADOS AL TRANSPORTE DE MERCADERIA
(VER DIAGRAMA # 1)

TIPO	1A	1B	1C	1D
Peso total en carga (ton)	30.48	25.4	20.32	10.16
Longitud total	12190	9125	6055	2990
Anchura	2435	2435	2435	2435
Distancia longitudinal entre apoyos	11384	8918	5852	2786
Distancia transversal entre apoyos	2258	2258	2258	2258

- las dimensiones son dadas en milímetros.
 - la altura del contenedor es igual a la anchura.
- Fuente: Nota de información NI136 BM-4, BUREAU VERITAS

TABLA # 2

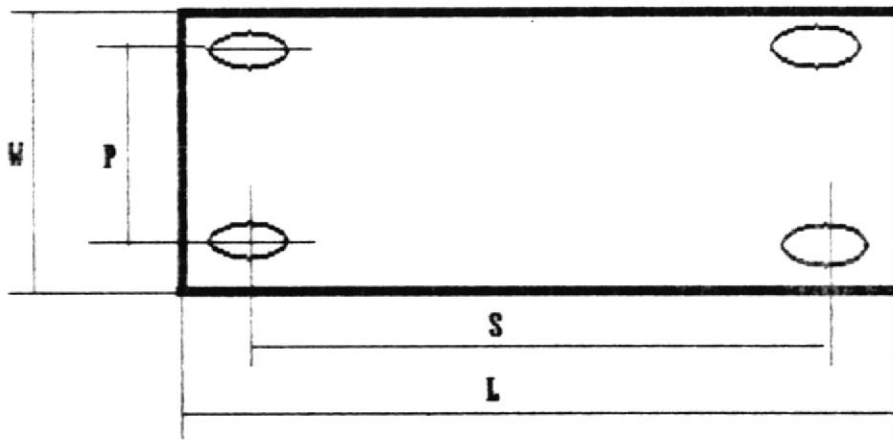
DIMENSIONES DE CONTENEDORES REFRIGERADOS
MAS USADOS EN EL TRANSPORTE MARITIMO

TIPO	1A	1C
Altura	8' 6"	8' 0"
Ancho	8' 0"	8' 0"
Longitud	40' 0"	20' 0"
peso bruto (TM)	30.48	20.32
Tara (TM)	4.65	3.3
Carga Útil (TM)	25.83	17.02
Capac. volumétrica (metros cúbico)	52.16	23.6

Fuente: Revista Puertos, año 9, N°29

GRAFICO # 1

Diagrama de un contenedor para transporte de mercaderias



L: LONGITUD TOTAL

S: DISTANCIA LONGITUDINAL ENTRE APOYOS

W: ANCHURA

P: DISTANCIA TRANSVERSAL ENTRE APOYOS

CAPITULO III

DISEÑO DEL AISLAMIENTO

La elección del material del aislamiento y el método de instalación son de particular importancia, debido a que este ítem representa del 60 al 70 % del costo de la adecuación frigorífica del contenedor, más aún si sabemos que para la conservación del camarón, la temperatura del contenedor debe estar alrededor de -20°C para una temperatura ambiente promedio de 40°C (estas temperaturas serán consideradas para todos los cálculos de acuerdo a las normas ISO).

No existen normas establecidas para el uso de aislamientos frigoríficos, ya que esto depende del producto que ha de ser almacenado, de la facilidad de obtención de los materiales y del costo.

Entre los objetivos del aislamiento tenemos:

- Evitar el aporte calorífico hacia el espacio refrigerado.
- Ayudar a mantener la temperatura interna del contenedor al valor deseado.
- Realizar economía en el costo operativo (ahorro de energía eléctrica o combustible).

Un aislante perfecto debe tener las siguientes cualidades:

- Bajo coeficiente de conductividad térmica.

Donde la unidad de conductividad térmica se define como la cantidad de calor que atraviesa una pared de un metro de espesor durante una hora por una superficie de un metro cuadrado, donde la diferencia de temperatura entre las dos caras de la pared es 1°C, o sea que el coeficiente de conductividad térmica se expresa en Kcal m / m² °C hr.

- Impermeabilidad al vapor de agua.

Esta característica se encuentra en materiales fibrosos (lana de vidrio, lana mineral) y encontramos mediana impermeabilidad en aislantes celulares (espuma de poliuretano, poliestireno expandido).

Para evitar el peligro de la presencia de la permeabilidad que pueda tener un aislante se ha hecho necesario el uso de barreras antivapor.

Existen dos razones para evitar que agua quede atrapada dentro del aislamiento:

- El coeficiente de conductividad es una función directa de la cantidad de humedad presente en un aislante.
- El deterioro que el vapor condensado pueda causar en el material del aislante.

Se coloca una barrera antivapor del lado caliente que impida la penetración de vapor al aislamiento y se

sugiere en algunos casos no colocar una barrera antivapor del lado frío del aislante para permitir que la humedad atrapada fluya hacia el lado frío.

Existe tres tipos de barrera antivapor:

- El tipo estructura metálica y paneles rígidos de un material aislante que sea impermeable al agua.
- El tipo membranas (laminillas de metal, papel bituminoso, películas plásticas).
- El tipo pastoso con superficies preparadas con brea, resina poliéster o resinas plásticas (cemento plástico).

No importa cual material se utilice, se debe siempre tener cuenta los siguientes aspectos:

- Colocar las barreras antivapor a ambos lados del aislamiento.
- El material de la barrera antivapor debe soportar contracciones o expansiones, debidas al movimiento del contenedor, sin romperse o crear espacios para la entrada de humedad.

- Incombustibilidad.

El riesgo de incendio es otro de los puntos que se toman en cuenta para seleccionar un aislamiento ya que reduce las primas por seguros.

Se ha comprobado que los aislamientos de origen

mineral resisten mejor la acción del fuego.

- Libre de olores.

El material aislante no debe comunicar olores a los productos, ni fijar los olores de éstos.

- Resistencia a la corrosión.

La presencia de fuentes u orígenes de corrosión en las paredes metálicas externas del contenedor pueden causar deterioro del material aislante, por lo que se recomienda el uso de pintura anticorrosiva antes de instalar el material aislante. Como pared interior usamos acero inoxidable o galvanizado.

- Resistencia a las vibraciones.

El aislante debe tener cierto grado de flexibilidad, sobre todo durante el transporte terrestre del contenedor.

- Resistencia a la compresión.

Este punto es crítico en el aislamiento a utilizarse para el piso del contenedor, en el caso de aislante usado en paredes, los esfuerzos verticales son absorbidos por la estructura, pero este aislamiento puede recibir esfuerzos horizontales (golpes, choques) para los cuales el aislante deberá tener una resistencia a la flexión satisfactoria; ésta puede ser expresada en Ton/m², Kg/cm², Lbs/pie².

- Bajo peso específico.

Se refiere al peso por unidad de volumen de un material. Debido a que un material pesado aumentaría el costo del transporte del contenedor, es importante que para este tipo de cámaras móviles el aislante sea lo más liviano posible, o sea de un peso específico bajo.

El peso específico es expresado en: Kg/m³ o Lbs/pie³.

Entre los aislamientos más usados en el transporte de productos perecederos del mar tenemos:

- Corcho (material en desuso).
- Lana de vidrio.
- Lana mineral.
- Espuma de poliuretano (material cuyo uso se impone cada vez más a pesar de su elevado costo).
- Poliestireno expandido (más barato que el anterior y de fácil obtención en el mercado nacional).
- Cloruro de polivinilo expandido.

En la tabla # 1 podemos apreciar las propiedades de estos aislamientos.

Como conclusión presentamos las siguientes recomendaciones especiales en el uso de material aislante:

- Debe prestarse especial atención a las uniones de aislante a 180° o a 90° cuando el material viene en láminas, el material debe en lo posible llenar

- completamente el espesor entre los revestimientos o paredes exteriores e interiores del contenedor con el fin de evitar la penetración del vapor de agua.
- Un buen sistema de aislamiento debe obviar los puentes térmicos (sujetadores o piezas metálicas que atraviesan completamente el aislamiento), ya que aparte de la pérdida de frío, provoca deterioro del material aislante por condensación de vapor. En el gráfico # 1 se puede apreciar la forma correcta de sujetar al aislamiento; otra alternativa es el uso de sujetadores plásticos, que dan mayor firmeza a la estructura y en cierta forma evitan los puentes térmicos.
 - Muchos autores recomiendan que el material aislante del piso del contenedor tenga una resistencia a la compresión no menor a 2 Kg/cm^2 .
 - Los contenedores frigoríficos autónomos construidos en el mundo utilizan aproximadamente 70 mm de espesor de aislamiento de espuma de poliuretano, pero se acepta un margen de 50 a 150 mm para el transporte de camarón.
 - Los espesores son calculados en función de una fuga de calor que no debe exceder de $35 \text{ Watts/}^\circ\text{K}$ para un contenedor nuevo de 40 pies de acuerdo a experiencias en el uso de contenedores refrigerados.



- Las aberturas de las cámaras deben ser obturadas de forma estanca (puertas).
- Otro factor a considerar es el aislamiento en la pared delantera, ya que ésta es adyacente al sitio de ubicación del equipo frigorífico (compresor, condensador) donde se produce mayor aporte calorífico.

3.1 Aislamiento del piso.

A pesar que la espuma de poliuretano nos asegura un buen aislamiento, debemos considerar la resistencia a la compresión del material aislante, ya que el piso resistirá el peso de la carga.

Seleccionaremos para el piso poliestireno expandido, teniendo en cuenta que éste es más barato que la espuma de poliuretano.

Por tener temperaturas extremas en el contenedor, colocaremos como mínimo dos capas de paneles de poliestireno de espesor a determinar, con el fin de minimizar las entradas de calor en las uniones de las mismas.

Se utilizará cemento de contacto (solución) como barrera antivapor a ambos lados del aislante y en las uniones de los paneles de poliestireno, lo seleccionamos por ser un material de fácil obtención en el mercado nacional, y

además, de bajo costo.

La parte exterior del piso es parte de la estructura del contenedor y debe ser recubierta con pintura anticorrosiva.

Para la parte interior del piso seleccionamos planchas de acero inoxidable de acabado #3 y 2 mm de espesor, ya que el acero inoxidable nos asegura una fácil limpieza del contenedor y una nula acción química del acero sobre el producto embalado.

De acuerdo a manuales sobre contenedores refrigerados se recomienda un valor de fuga de calor del contenedor de 40 pies de 35 Watts/°K o lo que es lo mismo 35 Watts/°C, para nuestro contenedor hemos seleccionado una diferencia de temperatura entre el interior y el medio ambiente de 60°C, entonces, la fuga de calor no debe ser mayor de 2100 Watts (35 W/°C x 60°C); reduciendo a unidades de calor, tenemos, 1806 Kcal/hr, hallamos el coeficiente global de transferencia de calor K de la siguiente fórmula:

$$Q = K S \Delta T$$

donde:

$$K = \frac{Q}{S \Delta T}$$

Q : fuga de calor a través de las paredes del contenedor.

S : area total de las paredes del contenedor.

dT: diferencia de temperatura entre interior y exterior.

$$1806 \text{ Kcal/hr}$$

$$K = \frac{1806 \text{ Kcal/hr}}{(4 \times 12.19 \times 2.435 + 2 \times 2.435 \times 2.435) \text{ m}^2 \times 60^\circ\text{C}}$$

$$K = 0.23 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

Usaremos este valor de K como un valor de coeficiente promedio de transferencia de calor a través de piso, paredes, techo y puertas.

Haremos uso de la fórmula utilizada en el manual de refrigeración para determinar el espesor del aislante:

$$K = \frac{1}{1/H_i + e/\Gamma + 1/H_e}$$

donde:

K : coeficiente de transferencia de calor del piso.

H_i: coeficiente convectivo interior. Los manuales recomiendan tomar un valor de H= 10 Kcal/hr m² °C, para una cámara ligeramente ventilada en plena carga.

H_e: coeficiente convectivo exterior. Se recomienda un valor de H= 20 Kcal/hr m² °C, para una pared abierta al ambiente exterior.

e : espesor de cada uno de los materiales que componen el piso aislante.

Γ : Coeficiente de conductividad de los diferentes materiales que componen el piso, dado el pequeñísimo coeficiente de conductividad del poliestireno expandido comparado con los coeficientes de conductividad de las paredes de acero y de las delgadas capas de cemento de contacto, despreciaremos el efecto aislante de éstos últimos.

Entonces, si:

e: espesor del poliestireno expandido.

Γ= 0.03 Kcal/hr m°C, para el poliestireno expandido.

$$0.23 = \frac{1}{1/10 + e/0.03 + 1/20}$$

$$e = 0.125 \text{ m}$$

$$e = 125 \text{ mm}$$

Dejando un margen de seguridad, determinamos que el espesor del piso debe ser de 130 mm, colocando el poliestireno expandido en 2 capas de 65 mm de espesor cada una.

(ver gráfico # 2)

3.2 Aislamiento del techo.

El techo tiene que soportar durante casi todo el día, la carga de radiación solar, entonces, debemos considerar una temperatura externa superior, alrededor de 10°C más de la temperatura ambiente, al hacer el cálculo del espesor del aislamiento.

Por ser un material de muy baja conductividad y de una densidad pequeña con respecto a otros materiales del tipo celular, seleccionamos la espuma de poliuretano instalada in situ.

Utilizando poliuretano, nos aseguramos que no queden espacios libres, donde se pueda concentrar, la humedad entre el material aislante y las paredes metálicas tanto exterior como interior.

De igual manera que con el piso, aplicamos cemento de contacto como barrera antivapor a ambos lados del material aislante.

Del lado exterior del aislante se encuentra la estructura del contenedor, dicha pared metálica debe ser pintada con pintura anticorrosiva blanca, y la parte que recibe el sol directamente debe ser bastante pulida para reflejar una buena parte de la radiación solar. Del lado interior colocaremos planchas de fibra de vidrio reforzada de 1/8 de pulgada, ya que este material tiene menos peso que el acero galvanizado.

Ahora aplicamos la fórmula para encontrar el espesor efectivo.

$$K = \frac{1}{1/H_i + e/\Gamma + 1/H_e}$$

$K = 0.20$ Kcal/ hr m^2 °C (coeficiente de transferencia de calor del techo, valor calculado para diferencia de temperatura de 70°C)

$H_i = 10$ Kcal/ hr m^2 °C

$H_e = 20$ Kcal/ hr m^2 °C

$\Gamma = 0.018$ Kcal/ hr m^2 °C

$$0.20 = \frac{1}{1/10 + e/0.018 + 1/20}$$

$$e = 0.87 \text{ m}$$

$$e = 87 \text{ mm}$$

De igual manera, dejando un margen de seguridad, seleccionamos un espesor de 90 mm.

(ver gráfico # 3)

3.3 Aislamiento de paredes.

Debido a la forma corrugada de las paredes de la mayoría de los contenedores 1A definidos por la ISO, es imprescindible colocar espuma de poliuretano in situ para evitar los espacios libres de aislante en los pliegues de la estructura del contenedor.

De la misma forma, colocaremos solución como barrera antivapor a ambos lados del aislante y antes de colocar el poliuretano.

Del lado interior colocaremos planchas de acero inoxidable # 3 de acabado y 2 mm de espesor debido a que el acero inoxidable no retiene olores y facilita la limpieza del contenedor una vez descargado éste.

Usamos pintura anticorrosiva en las paredes en contacto con el aislamiento para evitar fuentes de corrosión.

Se aplica la fórmula para encontrar espesor efectivo:

$$K = \frac{1}{1/H_i + e/\Gamma + 1/H_e}$$

$K = 0.23$ Kcal/hr $m^{\circ}C$ (coeficiente de transferencia de calor por paredes para diferencia de temperatura de $60^{\circ}C$)

$H_i = 10$ Kcal/hr $m^2^{\circ}C$

$H_e = 20$ Kcal/hr $m^{\circ}C$

$$\Gamma = 0.018 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$$

1

$$0.23 = \frac{1}{1/10 + e/0.018 + 1/20}$$

$$e = 0.75 \text{ m}$$

$$e = 75 \text{ mm}$$

Si dejamos un margen de seguridad, seleccionamos un espesor de 80 mm.

(ver gráfico # 4)

Es importante tener en cuenta que este espesor es el mínimo posible entre las dos paredes, exterior e interior, ya que recordemos que la pared exterior es corrugada y se producirán diferentes espesores al expandirse el poliuretano en el sitio de instalación.

En la pared adyacente con la maquinaria frigorífica, la temperatura es mayor, escogemos un $K = 0.20 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ para diferencia de temperatura 70°C , lo cual nos determina un espesor de 90 mm para esta pared.

3.4 Aislamiento de la puerta.

En las dos puertas del contenedor se adapta una lámina interior de aluminio de 0.042 mm de espesor y, luego, se

coloca espuma de poliuretano in situ. Se colocan juntas de estanqueidad en todos los espacios entre las puertas y las paredes ,y, entre las puertas entre sí.

El objetivo es lograr que las aberturas de las cámaras frigorífica sean obturadas o cerradas de forma estanca.

Del mismo modo se utiliza solución como barrera antivapor a ambos lados del material aislante.

Aplicamos la fórmula para encontrar el espesor efectivo,

$$K = 0.23 \text{ Kcal/hr m}^\circ\text{C} \quad (\text{coeficiente de transferencia de calor por puerta})$$

$$H_i = 10 \text{ Kcal/hr m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

$$H_e = 20 \text{ Kcal/hr m}^\circ\text{C}$$

$$\Gamma = 0.018 \text{ Kcal/hr m}^2\text{ }^\circ\text{C}$$

$$1$$

$$0.23 = \frac{1}{1/10 + e/0.018 + 1/20}$$

$$e = 0.75 \text{ m}$$

$$e = 75 \text{ mm}$$

El espesor mínimo es 80 mm, guardando un margen de seguridad, sin aumentar significativamente el costo.

TABLA # 1

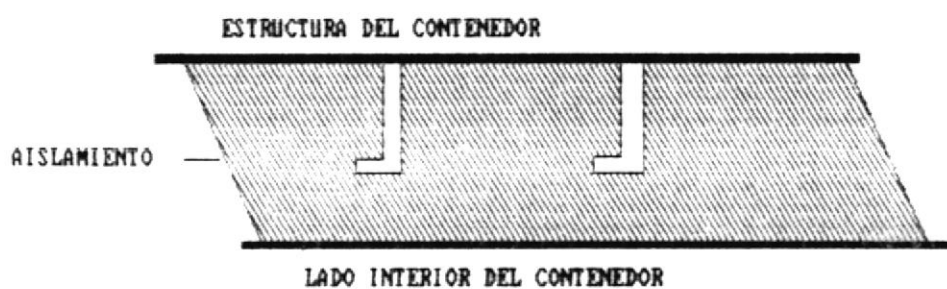
PROPIEDADES DE LOS AISLAMIENTOS

AISLAMIENTO	DENSIDAD (Kg/m ³)	CONDUCTIVIDAD a 0°C Kcal/m hr°C	PERMEABILIDAD	COMBUSTIBILIDAD	RESISTENCIA COMPRESION (Kg/cm ²)
CORCHO	150 A 200	0.035	ALTA	MEDIANA INFLAMABILIDAD	5
LANA DE VIDRIO	70	0.032	ALTA	INCOMBUSTIBLE	NULLA
LANA MINERAL	70	0.028	ALTA	INCOMBUSTIBLE	NULLA
POLISTIRENO	15 A 30	0.03	REGULAR	COMBUSTIBLE	0.6 A 2.5
POLIURETANO EXPANDIDO	25	0.018	BAJA	AUTOEXTING DEPENDE DE LA CALIDAD	1.2
PUC EXPANDIDO	20 A 40	0.02	BAJA	NO INFLAMABLE TERMOPLAST	1.5 A 3

GRAFICO # 1



AI SLAMI ENTO INCORRECTO (PRESENCIA DE PUENTE TERMICO)
CORRECTO SI ES QUE EL SUJETADOR ES DE PLASTICO U OTRO MATERIAL
RIGIDO AISLANTE



AI SLAMI ENTO CORRECTO (SE EVITA EL PUENTE TERMICO)

GRAFICO # 2
AISLAMIENTO DEL PISO

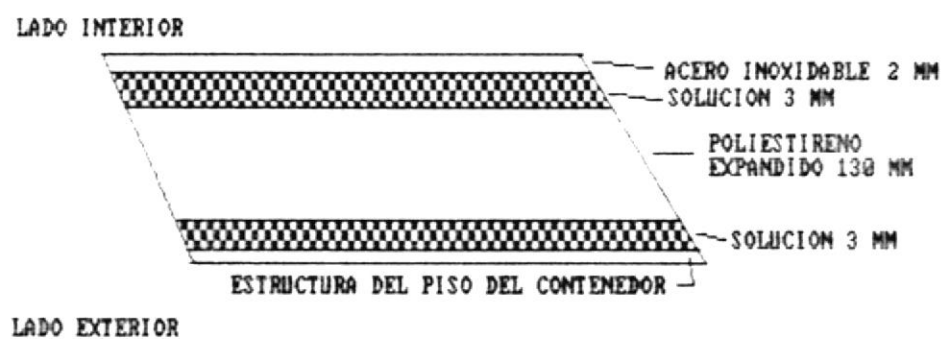


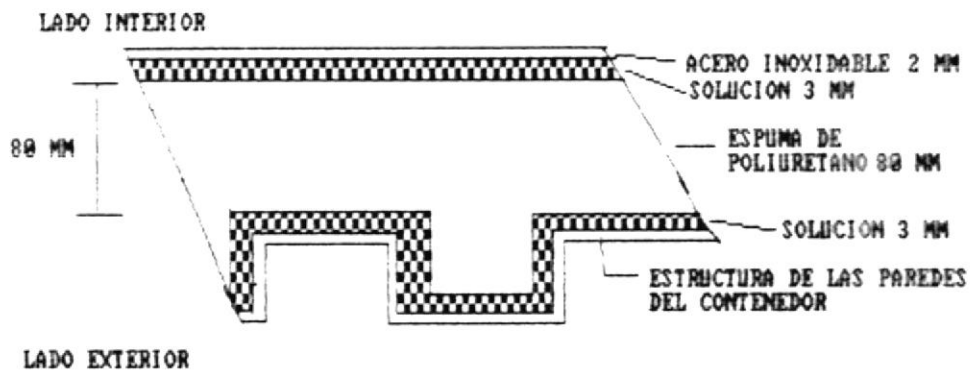
GRAFICO # 3
AISLAMIENTO DEL TECHO

LADO EXTERIOR



LADO INTERIOR

GRAFICO # 4
AISLAMIENTO EN PAREDES



CAPITULO IV
PROPIEDADES DEL CAMARON

4.1 Estructura y elementos constituyentes del camarón.

El camarón consta de dos partes bien diferenciadas: el cefalotórax (también llamada cabeza) y el abdomen (también llamado cola).

Es un crustáceo, que vive en sitios alejados de la costa, pero que se acerca a las mismas a dejar las larvas, su mercado de consumo se ha desarrollado tanto que actualmente se lo produce artificialmente.

Entre los principales componentes del camarón tenemos:

- Agua	75 a 80 %
- Proteínas	17 a 20 %
- Lípidos (grasas)	0.5 a 1 %
- Minerales	1.2 a 1.6 %
- Carbohidratos	0.3 a 0.9 %

El contenido de aminoácidos es alto, esto es una causa atribuible al deterioro natural del camarón.

4.2 Variedades y tamaños.

Nos concentraremos en los tipos de camarón producidos comercialmente en el Ecuador.

Las variedades llamadas "PENAEUS" son las que más se han difundido comercialmente en el mundo.

Las especies más capturadas por la flota pesquera Ecuatoriana son:

- Penaeus occidentalis más de 50 % de la captura.
- Penaeus stylirostris del 10 al 40 %
- Penaeus vannamei del 5 al 10 %

En las piscinas ecuatorianas, en cambio, se cultiva principalmente el Penaeus vannamei.

Comercialmente, el camarón se lo clasifica según el número de unidades que contiene una libra de su peso, especialmente en el mercado norteamericano; es así, que una denominación de U-7, significa que una libra contendrá 7 camarones, además, cuando el número de camarones por libra sobrepasa los 16, normalmente se los clasifica en un rango de 2 cifras extremas, por ejemplo, la clasificación 21-25, significa que contendrá de 21 a 25 camarones por cada libra de peso.

Los tamaños pueden ser los siguientes:

U-7	16-20	36-40
U-10	21-25	41-50
U-12	26-30	51-60
U-15	31-35	61-UP

Titi o pomada

4.3 Análisis microbiológico y bioquímico del camarón.

Los fenómenos que sufre el camarón desde su captura hasta su congelamiento previo, son debidos a aspectos microbiológicos y bioquímicos que afectan al camarón en sus características organolépticas como son: olor, color, sabor y textura.

Es importante conocer estos aspectos que producen deterioro del camarón, para estimar temperaturas y demás variables óptimas que impidan el desarrollo y crecimiento de microorganismos que están casi siempre presentes en el camarón, recordemos que, la congelación detiene el proceso de descomposición de productos, más no los elimina.

Las causas del deterioro se enlistan a continuación:

- Las bacterias a temperaturas inferiores, permanecen inactivas o inmovilizadas completamente, sin embargo, el umbral de subsistencia de las bacterias se sitúa alrededor de -10°C .
- El crecimiento de los hongos se detiene más por falta de humedad libre que por efecto de las bajas temperaturas, se ha comprobado que su actividad se detiene totalmente a -12°C .
- Las enzimas son sustancias que actúan como catalizadores de las reacciones químicas en las materias orgánicas, éstas son casi siempre destructivas para los tejidos, las grasas, los



BIBLIOTECA

carbohidratos y proteínas, después de la muerte del organismo.

En lo concerniente al camarón, la prevención de su deterioro involucra dos problemas principales:

- El mantener un bajo recuento bacteriano.
- Prevención de su oxidación por presencia de enzimas.

Se asume que una pérdida de calidad durante los periodos iniciales de almacenamiento puede deberse principalmente al fenómeno conocido como "autólisis" (autodestrucción), y para periodos más largos, su descomposición se debe a la acción de los microorganismos.

Todos los controles hecho para evitar la presencia de deterioro en el camarón, deben ser efectuados antes del congelamiento, ya que, una vez congelado y almacenado el camarón, los controles de calidad, sólo pueden aceptar o rechazar el producto, mas no mejorarlo.

4.4 Terminología usada en la industria del camarón.

Se distribuye el camarón comercial según su procesamiento: Camarón crudo, camarones precocidos, camarones cocidos.

Con respecto al camarón congelado presente en el mercado, el cual se diferencia según su presentación, tenemos las variedades más conocidas:

Enteros (whole), sin cabeza (headless), pelados (peeled),

redondos y sin intestinos, cola en abanico (fan tail split or cutlet), pelados/sin abanico de la cola (peeled/tail fans removed), pelados y desvenados, Trozos (pieces, broken), Shell-on (cola con cáscara y congelado en bloque), P & D (cola pelada y desvenada), P U D (peeled undeveined), I Q F (cola pelada y desvenada para congelamiento individual en forma rápida), Tail-on, Mariposa, Broken.

Es importante conocer tres términos que se utilizarán más adelante:

- Deshidratación.- Deseccación general de la carne del camarón, se presenten areas amarillas o blanquecinas.
- Glaseo.- Es la operación de añadir agua helada (a una temperatura de 1 °C) al camarón al momento de empacarlo en sus cajas.
- Textura.- La textura del camarón deberá se firme, pero no duro; húmedo, pero no fláccido.

4.5 Propiedades termodinámicas del camarón.

Las propiedades termodinámicas del camarón, excepto la densidad, varían dependiendo del porcentaje de agua contenida en el producto.

Por ejemplo, para el caso de un camarón que posea un 71 % de agua las propiedades serán las siguientes:

- Punto de congelación: $-2\text{ }^{\circ}\text{C}$
- Calor específico por encima del punto de congelación:
 $0.83\text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$
- Calor específico por debajo del punto de congelación:
 $0.45\text{ Kcal/Kg}^{\circ}\text{C}$
- Calor latente: 65.45 Kcal/Kg
- Conductividad térmica: $4.2 \times 10^{-2}\text{ Kcal/hr m}^{\circ}\text{C}$
- Densidad: 560 Kg/m^3

CAPITULO V
CALCULO DE CARGA FRIGORIFICA

5.1 Análisis de parámetros variables.

Para poder establecer la potencia necesaria del equipo frigorífico requerido para el contenedor, se debe hacer un cálculo de la carga.

Todo calor que tiende a aumentar la temperatura interna del contenedor se denominan aportes caloríficos; no todos estos aportes son estables, estos dependen de varios factores tales como: la temperatura del camarón, hora, tipo de embalaje, etc; pero, de igual manera, tomaremos los valores promedios que nos aseguren que el contenedor trabajará de manera eficientemente económica, y que a la vez esté preparado para soportar parámetros máximos para condiciones extremas.

Los aportes caloríficos podemos generalizarlos de la siguiente manera:

- Aporte calorífico del camarón.- Para el mantenimiento del camarón congelado, no se requiere considerar el enfriamiento y posterior congelamiento del camarón, lo que si debe tomarse en cuenta es el enfriamiento del camarón después de congelación para un crustáceo con 71%

de agua en su estructura.

- Aporte calorífico del embalaje del camarón.- El tipo de embalaje en cajas master de 50 libras será tomado en cuenta como la forma más común de transporte de camarón, y en base a esto se hará el cálculo de carga, pudiendo, de todos modos, usarse con otros tipos de embalaje bajo ciertas precauciones y regulaciones adecuadas.
- Aporte calorífico por paredes, piso, techo y puertas.- Esto no se considera como parámetro variable, ya que en el capítulo III quedaron establecidos los espesores y material aislante a emplearse en la construcción del contenedor frigorífico.
- Aporte por renovación del aire del contenedor.- Esto no sólo se resume en la abertura de puertas durante la carga, descarga o uso eventual del contenedor como cámara de almacenamiento, sino también, en la presencia de dispositivos que permitan una renovación del aire de acuerdo a las necesidades del camarón; los productos de origen animal no requieren una alta renovación como los productos vegetales vivos; entonces, la renovación de aire de nuestro contenedor es necesaria debida a ciertas modificaciones químicas que ocurren en los tejidos muertos, pero siempre la necesidad de aire es mucho menor que la requerida por productos vivos.
- Aporte calorífico por personal.- Cuando el contenedor

tiene uso eventual como cámara de almacenamiento, tendremos el problema de contar con personal que entra y sale del contenedor varias veces al día, este problema no ocurre con contenedores usados para transporte en donde el personal únicamente entra para cargar o descargar el contenedor. De todos modos, se tomará un valor promedio de entrada de personal al contenedor, guardando un margen de seguridad para poder tener al contenedor en buenas condiciones de trabajo.

- Aporte calorífico por motoventiladores, desescarchado e iluminación.- No se los considera como parámetros variables debido a que son parte del diseño mismo del contenedor.

5.2 Aportes internos.

Aporte por enfriamiento del camarón y embalaje por encima de la temperatura de congelación.

El producto sale de la cámara de mantenimiento entre -17°C y -18°C aproximadamente y se asume que el producto entra al contenedor a una temperatura de -17.5°C como promedio, ganando calor por el manipuleo en el traspaso de la cámara al contenedor; entonces, aplicamos la fórmula que es utilizada en el CURSO DE REFRIGERACION (por A. Vargas):

$$Q_1 = c \times P \times (t_i - t_c)$$

donde:

Q_1 :Aporte calorífico por enfriamiento de producto congelado

c :calor específico después de congelación.

P :peso del producto en libras.

t_i :temperatura de introducción del producto en °F

t_c :temperatura del contenedor en °F

De la tabla # 1, tenemos:

$$c = 0.45 \text{ BTU/Lb}^\circ\text{F}$$

Debido a que parte del volumen útil del contenedor va a ser ocupado por aislamiento, entonces, el volumen interior disponible se ve disminuido, aún así, la diferencia con los contenedores refrigerados construidos en el exterior, no es mucho en cuanto al espacio, por esta razón, asumimos una capacidad media de carga de 800 cartones master, que es la capacidad usada en dichos contenedores, cada cartón pesa aproximadamente 50 libras, entonces:

$$P = 800 \text{ cartones} \times 50 \text{ libras}$$

$$P = 40000 \text{ lb}$$

$$t_i = -17.5^\circ\text{C} = 0.5^\circ\text{F}$$

$$t_c = -20^\circ\text{C} = -4^\circ\text{F}$$

entonces:

$$Q_1 = (0.45 \text{ BTU/Lb}^\circ\text{F}) (40000 \text{ Lb}) (0.5 - (-4))^\circ\text{F}$$

$$Q_1 = 81000 \text{ BTU}$$

Recordemos que la función del contenedor frigorífico no es el enfriamiento, sino, la conservación de la temperatura óptima del producto, por lo tanto, considerando que la temperatura crítica de conservación del camarón congelado es de -12°C , no es relevante el tiempo que tome éste en alcanzar la temperatura del contenedor (-20°C); en la práctica, dicho tiempo depende de factores ambientales externos y temperatura a la que ingresa el camarón al contenedor, pero, bordea las 24 horas según registros de temperatura en contenedores frigoríficos que transportan camarón congelado, entonces:

$$Q_1 = 81000 \text{ BTU/día}$$

5.3 Aportes externos.

Aporte calorífico por piso, techo, paredes, puertas.

Aporte por el piso

Aplicamos la fórmula a usar para el cálculo:

$$Q_{2p} = K A (t_e - t_i)$$

donde:

Q_{2p} : aporte calorífico por piso.

K : coeficiente de transferencia de calor por piso.

A : area del piso del contenedor.

t_e : temperatura exterior.

t_i : temperatura interior.

$K = 0.23 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (capítulo III)

$A = (2.435 \times 12.190) \text{ m}^2$ (capítulo II)

$$A = 29.68 \text{ m}^2$$

$t_e = 40^\circ\text{C}$ (asumida como máxima en clima tropical)

$t_i = -20^\circ\text{C}$ (capítulo III)

$$Q_{2p} = (0.23 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) (29.68 \text{ m}^2) (60^\circ\text{C})$$

$$Q_{2p} = 409.6 \text{ Kcal/hr}$$

Aporte por techo

$$Q_{2t} = K A (t_e - t_i)$$

donde:

Q_{2t} : aporte calorífico por techo.

$K = 0.20 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$ (capítulo III)

$A = 29.68 \text{ m}^2$ (capítulo II)

Por recibir directamente radiación solar en el techo,

consideraremos un aumento de 10°C a la temperatura exterior.

$$t_e = 50 \text{ } ^\circ\text{C} , \quad t_i = -20 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_{2t} = (0.20 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (29.68 \text{ m}^2) (70 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{2t} = 415.5 \text{ Kcal/hr}$$

Aporte por paredes

Aporte de las dos paredes longitudinales.

$$Q_{2pl} = (2 \text{ paredes}) K A (t_e - t_i)$$

donde:

Q_{2pl} : aporte calorífico por paredes longitudinales.

$K = 0.23 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$ (capítulo III)

$A = 29.68 \text{ m}^2$ (capítulo II)

$t_e = 40 \text{ } ^\circ\text{C}$ $t_i = -20 \text{ } ^\circ\text{C}$

$$Q_{2pl} = (2) (0.23 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (29.68 \text{ m}^2) (60 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{2pl} = 819.2 \text{ Kcal/hr}$$

Aporte por una pared transversal adyacente al equipo frigorífico, consideraremos 10°C más de temperatura ambiente por calor generado por el equipo.

$$Q_{2pt} = K A (t_e - t_i)$$

$$Q_{2pt} = (0.23 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}) (2.435 \times 2.435) \text{ m}^2 (70 \text{ } ^\circ\text{C})$$

$$Q_{2pt} = 83 \text{ Kcal/hr}$$

Aporte por puerta

$$Q_{2pu} = K A (t_e - t_i)$$

$$Q_{2pu} = (0.23 \text{ Kcal/hr m}^2 \text{ }^\circ\text{C}) (2.435 \times 2.435) \text{ m}^2 (60^\circ\text{C})$$

$$Q_{2pu} = 81.8 \text{ Kcal/hr}$$

Entonces, el aporte calorífico total Q_2 debido a techo, paredes, piso, puertas, es el siguiente:

$$Q_2 = Q_{2p} + Q_{2t} + Q_{2pl} + Q_{2pt} + Q_{2pu}$$

$$Q_2 = 409.6 + 415.5 + 819.2 + 83 + 81.8$$

$$Q_2 = 1809.1 \text{ Kcal/hr}$$

en BTU por día:

$$Q_2 = (1809.1 \text{ Kcal/hr}) (24 \text{ hr/día}) (BTU/0.252 \text{ Kcal})$$

$$Q_2 = 172295 \text{ BTU/día}$$

Aporte por renovación de aire del contenedor.

Cuando el contenedor es usado para almacenamiento, el aporte calorífico por abertura de puertas es máximo y ha de tomarse en cuenta para el cálculo.

De las características técnicas de los contenedores refrigerados, se estima una renovación de aire, equivalente a un volumen de un contenedor, cada 4 horas que es el valor recomendado para productos perecederos en las normas ISO, ya que por ser un producto animal congelado no existe respiración y las reacciones químicas

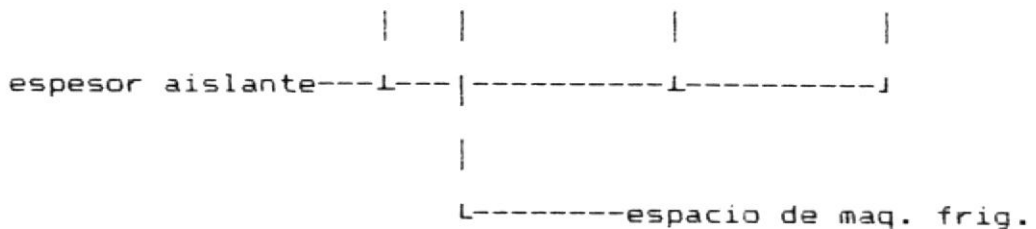
son mínimas, entonces:

Cambios de aire por día = 6

Transformando esto a pie cúbico de aire por día,

volumen del contenedor = (longitud x ancho x altura)

$$V = (12190-240-500) (2435-240) (2435-320) \text{ mm}^3$$



$$**** V = 53.16 \text{ m}^3 ****$$

En el cálculo ya se ha considerado el espacio que va a ocupar el equipo frigorífico.

$$\text{Cambio de aire por día} = 6 (53.16 \text{ m}^3)(35.31 \text{ ft}^3/\text{m}^3)$$

$$\text{Cambio de aire por día} = 11263.2 \text{ ft}^3/\text{día}$$

De la tabla # 2, utilizando una temperatura interior de -20°C (aprox -5°F) y una temperatura ambiente de 40°C (aprox 100°F) y una humedad relativa de 60%, tenemos:

Calor removido para enfriar el aire a temperatura del contenedor = 4.57 BTU/ft³

Ahora, la carga frigorífica es:

$$Q_3 = (11263.2 \text{ ft}^3/\text{día}) (4.57 \text{ BTU}/\text{ft}^3)$$

$$Q_3 = 51508 \text{ BTU}/\text{día}$$

Aporte por personal.

La gente cede calor y humedad, y la carga de calor variará dependiendo de la permanencia y frecuencia de entrada en el espacio refrigerado.

Asumimos que una persona entrará para carga o descarga durante el uso del contenedor como cámara de almacenamiento.

La siguiente tabla lista la carga de calor promedio debida a la ocupación, con una temperatura interior de -4°C .

<u>Temperatura interior</u> ($^{\circ}\text{F}$)	<u>Calor equivalente</u> (BTU/hr.persona)
50	720
40	840
30	950
20	1050
10	1200
0	1300
-10	1400

interpolando tenemos:

$$Q4 = 1340 \text{ BTU/hr} \times 24 \text{ hr/día}$$

$$Q4 = 32160 \text{ BTU/día}$$

Aporte por motoventiladores, desescarchado e iluminación.

Aporte por motoventiladores.- Igual que en la mayoría de los contenedores refrigerados diseñados conforme a las normas ISO, usaremos 1 ventilador para el lado del evaporador (contenedor de 40') tipo hélice 1800 m³/hr de aproximadamente 1.5 Kw de consumo de energía eléctrica, toda esta energía se disipa dentro del contenedor.

Asumimos que la maquinaria frigorífica trabaja 21 horas al día, para dejar que ésta descanse y se produzca el desescarchado del evaporador.

$$Q5v = 1.5 \text{ Kw} \times 3412.2 \text{ BTU/Kw-hr} \times 21 \text{ hr/día}$$

$$Q5v = 107484 \text{ BTU/día}$$

Aporte por desescarchado.- De acuerdo con las normas ISO, tenemos una potencia de 3 Kw de la resistencia eléctrica de la bandeja y del drenaje. Esta resistencia operará cuando ocurra el desescarchado de los evaporadores, asumamos un tiempo de 3 horas, o sea el tiempo que el compresor no estará funcionando.

$$Q5d1 = 3Kw \times 3412.2 \text{ BTU/Kw-hr} \times 3 \text{ hr/día}$$

$$Q5d1 = 30710 \text{ BTU/día}$$

Resistencia eléctrica en las puertas para evitar la congelación de las juntas, lo cual impida la normal apertura de las mismas, para las puertas consideraremos una resistencia de 200 w.

$$Q5d2 = 0.2 \text{ Kw} \times 3412.2 \text{ BTU/Kw-hr} \times 24 \text{ hr/día}$$

$$Q5d2 = 16379 \text{ BTU/día}$$

entonces,

$$Q5d = Q5d1 + Q5d2$$

$$Q5d = 47089 \text{ BTU/día}$$

Aporte por iluminación.- El aporte calorífico por iluminación es mínimo, ya que depende de la cantidad de tiempo que permanezca el personal en el contenedor, de la potencia y del número de focos.

Se recomienda la utilización de 24 w por cada m² de superficie de piso, entonces,

$$\text{Sup. del piso} = 29.7 \text{ m}^2$$

$$\text{Potencia} = 24 \text{ w/m}^2 \times 29.7 \text{ m}^2 = 712.4 \text{ w}$$

Se asume un total de 2 horas por cada día como tiempo de permanencia de personal dentro del contenedor cuando éste es usado para almacenamiento.

$$Q_{5i} = 0.7124 \text{ Kw} \times 3412.2 \text{ BTU/kw-hr} \times 2 \text{ hr/día}$$

$$Q_{5i} = 4861 \text{ BTU/día}$$

En resumen,

$$Q_5 = Q_{5v} + Q_{5d} + Q_{5i}$$

$$Q_5 = 159434 \text{ BTU/día}$$

La suma total de todos los aportes caloríficos del contenedor frigorífico es:

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3 + Q_4 + Q_5$$

$$Q = 81000 + 172295 + 51508 + 32160 + 159434 \quad \text{BTU /día}$$

$$\begin{array}{c} \text{-----} \\ | \quad Q = 496397 \text{ BTU/día} \quad | \\ \text{-----} \end{array}$$

Un factor adicional de 5% se añade a menudo a los cálculos de carga cuando los datos no son exactos, lo cual no es nuestro caso, como una medida conservadora para asegurar que el equipo no sea subdimensionado, de todos modos, los cálculos de esta tesis se basan en condiciones pico, las cuales no ocurren más del 1% del tiempo de funcionamiento del equipo frigorífico, y además, queda sobreentendido el hecho que por razones de mantenimiento y duración del material, la producción frigorífica no puede ser calculada

para 24 horas, y por lo tanto, se establece un tiempo de 21 horas de funcionamiento y 3 horas de parada (valor recomendado para usos industriales en la conservación del camarón) lo cual incluye un factor de seguridad de una forma implícita.

De esta manera,

$$\text{Carga frigorífica} = Q/21 \text{ horas}$$

$$| \text{Carga frigorífica} = 23638 \text{ BTU/hr} |$$

Tabla # 1
 TABLA DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS

PRODUCTO	PUNTO PROMEDIO DE CONGELACION °C	PORCENTAJE DE AGUA	BTU/LB SOBRE CONGEL.	BTU/LB BAJO CONGEL.	CALOR LATENTE DE FUSION BTU/LB
Alicachofa	28.1	83.7	0.87	0.45	120
Espárragos	29.8	93	0.94	0.48	134
Frijoles verdes	29.7	88.8	0.91	0.47	128
Frijoles	30.1	66.5	0.73	0.4	84
Frijoles secos		12.5	0.3	0.24	18
Remolacha	31.1	97.6	0.9	0.46	126
Brócoli	29.2	89.3	0.92	0.47	130
Coles de Brusela	31	84.8	0.88	0.46	122
Col	31.2	92.4	0.94	0.47	132
Zanahoria	29.6	88.2	0.9	0.46	126
Coliflor	30.1	91.7	0.93	0.47	132
Apio	29.7	93.7	0.95	0.48	135
Maíz (verde)	28.9	75.5	0.79	0.42	106
Maíz (seco)		10.5	0.28	0.23	15
Pepinos	30.5	96.1	0.97	0.49	137
Berenjena	30.4	92.7	0.94	0.48	132
Salchicha Frances	29	60	0.86	0.56	86
Salchicha Frances	26	65	0.89	0.56	93
Salchicha ahumada	25	60	0.85	0.56	86
Escalope	28	80.3	0.89	0.48	116
Camaron	28	70.8	0.83	0.45	119
Ternera	29	63	0.71	0.39	91
Cerveza	28	92	1		
Pan		34	0.7	0.34	50
Caviar	20	55			
Queso	17	60	0.64	0.36	79
Chocolate	96	55	0.3	0.55	40
Crema	28	73	0.85	0.4	90
Huevos	27		0.76	0.4	100
Harina		13.5	0.38	0.28	
Flores	32				

Tabla # 2
CALOR REQUERIDO PARA ENRIACAR EL CUARTO HASTA CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO ESTUAFIO

TEMPERATURA DEL CUARTO DE ALMACENAMIENTO	TEMPERATURA DEL AIRE EXTERIOR °F							
	35		30				100	
	PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA		PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA				PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA	
	50	60	50	60	50	60	50	60
65	0.65	0.95	0.83	1.17	1.24	1.54	1.58	1.35
60	0.65	1.03	1.13	1.37	1.44	1.74	1.78	2.15
55	1.12	1.34	1.41	1.66	1.72	2.01	2.06	2.44
50	1.32	1.54	1.62	1.87	1.93	2.22	2.23	2.65
45	1.5	1.73	1.8	2.06	2.12	2.42	2.47	2.95
40	1.69	1.92	2	2.26	2.31	2.62	2.57	3.06
35	1.86	2.09	2.17	2.43	2.49	2.79	2.85	3.24
30	2	2.24	2.26	2.53	2.64	2.94	2.95	3.35

	TEMPERATURA DE AIRE EXTERIOR °F								
	40		50				90		100
	PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA		PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA				PORCENTAJE DE HUMEDAD RELATIVA		
	70	80	70	80	50	60	50	60	
30	0.24	0.29	0.58	0.66	2.26	2.53	2.95	3.35	
25	0.41	0.45	0.75	0.83	2.44	2.71	3.14	3.54	
20	0.56	0.61	0.91	0.99	2.62	2.9	3.33	3.73	
15	0.71	0.75	1.06	1.14	2.8	3.07	3.51	3.92	
10	0.85	0.89	1.19	1.27	2.93	3.2	3.64	4.04	
5	0.98	1.03	1.34	1.42	3.12	3.4	3.84	4.27	
0	1.12	1.17	1.48	1.56	3.28	3.56	4.01	4.43	
-5	1.23	1.28	1.59	1.67	3.41	3.69	4.15	4.57	
-10	1.35	1.41	1.73	1.81	3.56	3.85	4.31	4.74	
-15	1.5	1.53	1.85	1.92	3.67	3.96	4.42	4.86	
-20	1.63	1.68	2.01	2.09	3.88	4.18	4.66	5.1	
-25	1.77	1.8	2.12	2.21	4	4.3	4.78	5.21	
-30	1.9	1.95	2.29	2.38	4.21	4.51	4.9	5.44	

CAPITULO VI
SELECCION DEL REFRIGERANTE

Refrigerante.- Es una sustancia que circula cíclicamente por las instalaciones frigoríficas actuando como agente enfriador del cuerpo.

Se caracteriza por su tendencia a vaporizarse a bajas temperaturas al absorber calor en los evaporadores, y además, por su facilidad de condensarse a temperaturas ambientes al ceder calor en los condensadores.

Los refrigerantes más usados en instalaciones para productos del mar son:

Amoniaco.....R717

Refrigerante 12.....R12

Refrigerante 22.....R22

Refrigerante 502.....R502

Las tres últimas sustancias son hidrocarburos halogenados.



Características de los refrigerantes:

- Termodinámicas.-

- La temperatura de evaporación debe ser superior a la temperatura de ebullición.

- La temperatura crítica (punto máximo de la curva en el gráfico presión- entalpía) debe ser la más alta posible con respecto a la temperatura de condensación.
- De seguridad.-
 - La toxicidad debe ser la menor posible.
 - La inflamabilidad debe ser la más baja posible.
 - La acción sobre los productos perecederos debe ser nula.
- Técnicas.-
 - No debe tener acción sobre los metales.
 - Debe ser completamente miscible con el aceite para facilitar la circulación de ambos en las instalaciones frigoríficas.
 - Su comportamiento en presencia del agua debe ser nulo.
 - No debe ser susceptible a las fugas.
- Económicas.-
 - Su precio debe ser lo más bajo posible.
 - Debe ser de fácil obtención en el mercado.

En la tabla # 1 observamos una comparación de las diferentes características de los refrigerantes más usados.

Despreciaremos el amoníaco R717 por su alta toxicidad y

por su acción muy fuerte sobre los productos perecederos, recordemos que la calidad del camarón es de primordial importancia en la exportación.

El uso de refrigerante Freón 12 está actualmente muy difundido en la transportación de alimentos congelados, pero por su acción destructiva sobre la capa de ozono su producción quedará prohibida para 1995, por esta razón se está investigando la reconversión de equipos para el uso del Freón 22 y del Freón 134a.

El uso del R134a comporta pérdidas de capacidad, sobre todo a temperaturas inferiores a -18°C .

Hasta que no se desarrollen otros sustitutos de los CFC (clorofluorocarbonos) la industria del transporte depende exclusivamente del R22 para reemplazarlos, no es probable que las investigaciones y las inversiones en este campo vayan a ser considerables ya que el R22 estará disponible hasta el 2020 y quedará completamente prohibido para el 2040.

Utilizaremos el refrigerante R22 en nuestro equipo considerando lo siguiente:

- El motivo anteriormente expuesto,

- Su relativa miscibilidad con los aceites, lo cual facilita la circulación del refrigerante; y,
- Sus propiedades termodinámicas, las cuales son suficientes para operar con el rango de temperatura propuesto para nuestro circuito frigorífico, es decir, -25°C hasta 50°C , en ciclos de una etapa.

Es importante recalcar el efecto destructivo, sobre la capa de ozono, que tiene la liberación de hidrocarburos halogenados al medio ambiente; este problema traerá consigo efectos fatales sobre la población a nivel mundial en un futuro no muy lejano.

El Consejo de Ministros Europeos del Medio Ambiente acordó disminuir en 85 % la utilización de R11, R12 y R502 hasta el 31 de Diciembre de 1993, y prohibir definitivamente el uso de éstos dentro de equipos nuevos a partir del 1 de Enero de 1996. El programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente deberá tener muy en cuenta esta decisión para revisar sus protocolos y acuerdos al respecto.

El fluido que a todas luces reemplazará al R12, será el R134a, el cual posee ciertos problemas técnicos, tales como la lubricación y su rendimiento notablemente bajo a temperaturas menores a -18°C .

El producto está bastante desarrollado y actualmente se está analizando la manera de disminuir estos problemas.

Las curvas de presión-entalpía del R12 y del R134a son bastante similares sobre los 0°C, y comienzan a tener grandes diferencias a temperaturas inferiores; a más bajas temperaturas se degradan las condiciones del R134a y más grande debe ser el tamaño del equipo frigorífico para compensar las deficiencias.

En la siguiente tabla se muestra una comparación de las características del R12 y el R134a:

	<u>R12</u>	<u>R134a</u>
punto de ebullición(°C)	-29.8	-26.1
Temperatura crítica(°C)	111.8	101.1
Toxicidad (TLV ppm)	1000	1000
Calor latente de Vaporización		
(kg/kj)	167.70	218.70
Densidad del vapor(kg/m ³)	4.75	3.38
Capacidad teórica (kj/m ³)	591.90	527.10

La dificultad más grande que presenta el R134a es su nula miscibilidad con los aceites minerales, condición necesaria para la lubricación del compresor.

Investigaciones hechas al respecto, han llegado a determinar que los ésteres son miscibles con el R134a y que poseen un carácter higroscópico más alto que los aceites minerales, por suerte, no tan alto que produzca problemas en un sistema frigorífico; en resumen, el equipo R134a-ésteres está todavía lejos de la facilidad que presenta el operar equipos con R12-aceites minerales; y, sin considerar aún que los aceites a base de esterés son costosos.

Aún queda cierta incertidumbre sobre los resultados y se espera progresos en la investigación a medida que se produzca el cambio de un tipo de refrigerante a otro.

PROPIEDADES	R717	R12	R22	R502
FORMULA QUIMICA	NH3	CF2Cl2	CHClF2	CHClF2-CClF2 Cl3
EBULLICION	-33.3°C	-29.8°C	-40.8°C	-45.6°C
TEMP CRITICA	132.4°C	112°C	96°C	90.1°C
TOXICIDAD	ALTA	NO TOX.	NO TOX.	NO TOX.
INFLAMABILIDAD	ALTA	NO INFL.	NO INFL.	NO INFL.
ACCION SOBRE PROD. PERECEDEROS	FUERTE	CASI NULA	CASI NULA	CASI NULA
ACCION SOBRE METALES	DESCOMPONE EL COBRE Y SUS ALEACIONES	TOLERAN TODOS LOS METALES USADOS		
ACCION SOBRE LOS ACEITES (MISCIBLE)	MUY LIGERA	TOTAL	DEPENDE DE LA TEMPERATURA Y DE LA CONCENTRACION	
COMPORTAMIENTO EN PRESENCIA DE AGUA	OCASIONA CORROSION	FORMA HIDRATO	QUE OCASIONA BLOQUEO	
APTITUD A LAS FUGAS	LIGERA	GRANDE	GRANDE	GRANDE
DETECCION DE FUGAS	FACIL	DIFICIL	DIFICIL	DIFICIL
DISPONIBILIDAD	REFRIG. COMUN	REFRIG. COMUN	REFRIG. POCO COMUN	REFRIG. COMUN

TABLA # 1 : PROPIEDADES DE LOS REFRIGERANTES

CAPITULO VII

SELECCION DEL SISTEMA DE REFRIGERACION

7.1 Diferentes sistemas de refrigeración.

Los sistemas de refrigeración difieren de acuerdo a las necesidades de producción frigorífica, y a las facilidades de instalación en el lugar que se quiere refrigerar, es decir, que en cada caso el problema de aplicar frío resulta en un estudio particular del sistema más ventajoso que debe emplearse.

Los sistemas de refrigeración se clasifican de acuerdo al uso del tipo de refrigerante que deba emplear la instalación, esto es, si sólo se requieren refrigerantes primarios o también refrigerantes secundarios, partiendo de este concepto, los sistemas pueden ser:

- Sistemas de refrigeración directa.
- Sistemas de refrigeración indirecta.

- Sistema de refrigeración directa.-

Estos sistemas operan exclusivamente con refrigerantes primarios, es decir, con cualquiera de los siguientes refrigerantes:

- R12, R22, R502 (hidrocarburos halogenados).
- R717 (amoníaco).

Los sistemas de refrigeración directa son usados en instalaciones frigoríficas para productos del mar, se clasifican según las etapas de presión a la cual trabaje el o los compresores de la planta frigorífica, entonces, pueden ser:

- ciclo a 1 etapa de compresión mecánica.
- ciclo a 2 etapas de compresión mecánica.

Los ciclos a 1 etapa son usados cuando la relación de compresión (razón entre la presión de condensación y la presión de evaporación) no sobrepase los siguientes valores:

- para instalaciones de amoníaco: 7
- para instalaciones de hidrocarburos halogenados: 10

O también, se considera la diferencia de temperatura, se usa el ciclo a 1 etapa cuando la diferencia entre la temperatura exterior e interior no es mayor a:

- para instalaciones de amoníaco: 50°C
- para instalaciones de hidrocarb. halog.: 70°C

En caso contrario se obtendría un trabajo de compresión muy grande, lo cual a su vez provoca un calentamiento del

refrigerante comprimido y éste a su vez, puede comprometer la lubricación del compresor.

Además, el rendimiento (o eficiencia) volumétrica del compresor disminuye a medida que la relación de compresión aumenta, como se ve en el gráfico # 1.

Los ciclos a 2 etapas de compresión mecánica, son usados cuando se exceden los valores ya mencionados de presión y de diferencia de temperatura; primero se comprime el refrigerante a una presión intermedia, luego se lo enfría, y a continuación se lo comprime a la presión del condensador, es decir, realiza la compresión en dos etapas.

Para comprimir en dos etapas será necesario utilizar 1 o más compresores que se combinan de diferentes formas.

- Sistemas de refrigeración indirecta.-

Son aquellos que hacen uso de un refrigerante secundario para producir frío en el local deseado.

Estos refrigerantes secundarios a su vez reciben el aporte frigorífico de los refrigerantes primarios a través de intercambiadores de calor.

Estos sistemas de refrigeración indirecta presentan las siguientes ventajas:

- 1- La maquinaria frigorífica para el refrigerante primario puede ser instalada a distancia del local a refrigerar,

evitando las largas tuberías de aspiración y descarga de éste refrigerante.

- 2- Se puede controlar mejor las fugas de refrigerante primario, al estar todo el equipo frigorífico ubicado en un solo lugar.
- 3- El refrigerante secundario permite acumular y mantener el frío durante cierto tiempo, aunque esté parado el equipo frigorífico que opera con refrigerante primario.

Las desventajas de la refrigeración indirecta son:

- 1- Uso de compresores frigoríficos más potentes para disminuir la temperatura de evaporación del refrigerante primario 5°C más abajo de la temperatura que se quiere obtener en el refrigerante secundario.
- 2- Costo de instalación más alto, ya que tenemos dos instalaciones en lugar de una, una con refrigerante primario, y la segunda para transportar el frío acumulado por el refrigerante secundario, esto implica el uso de bombas, tuberías, intercambiadores. etc.
- 3- Costo de operación más alto, o sea, mantenimiento costoso, potencia eléctrica adicional absorbida por las bombas del refrigerante secundario.
- 4- Problemas presentados con la utilización de estos líquidos incongelables empleados como refrigerantes secundarios, tales como corrosión, condensación del

agua atmosférica en los circuitos abiertos, gran viscosidad, toxicidad, combustibilidad y precio de algunos de los líquidos incongelables.

Las desventajas ocurren más frecuentemente y por lo general son más notorias. La refrigeración directa deberá ser por lo tanto, preferida en lo posible.

Actualmente, la refrigeración indirecta es mucho menos utilizada que la refrigeración directa.

7.2 Selección del sistema de refrigeración óptimo.

La principal ventaja de la refrigeración indirecta es que se puede usar eficientemente cuando la instalación frigorífica se encuentra a distancia del local a enfriar, en nuestro caso toda la maquinaria frigorífica es compacta y se encuentra adjunta al contenedor, por lo tanto, debido a las innumerables desventajas de la refrigeración indirecta, entre ellas su alto costo, seleccionamos el sistema de refrigeración directa.

Ahora, de acuerdo a nuestras temperaturas exterior e interior seleccionadas en el capítulo III, las cuales son:

- Temp. Ext.= 40°C , debido a la operación de los contenedores en la zona tórrida sobre la línea Ecuatorial.
- Temp. Int.= -20°C , que es la óptima para la conservación

del camarón congelado.

Tenemos una diferencia de temperatura de:

$$dT = 40^{\circ}\text{C} - (-20^{\circ}\text{C})$$

$$dT = 60^{\circ}\text{C}$$

Se puede seleccionar el sistema a una etapa de compresión ya que no se excede el valor recomendado en el Curso de Refrigeración (por A. Vargas), que es $dT = 70^{\circ}\text{C}$; pero aún falta determinar las presiones de aspiración y descarga del compresor a utilizarse.

La temperatura de condensación del compresor es 50°C , y la temperatura de evaporación del mismo es -25°C (el detalle de la explicación de estos valores se encuentra en el capítulo VIII).

Ahora, de la tabla # 1 o del gráfico # 2, obtenemos las presiones de aspiración y de descarga para el freón 22 o refrigerante R22 en base a las temperaturas seleccionadas,

$$\text{Presión de aspiración} = 2.06 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Presión de descarga} = 20.00 \text{ Kg/cm}^2$$

Y de aquí, obtenemos la relación de compresión,

$$rc = \frac{\text{presión de descarga}}{\text{presión de aspiración}}$$

$$rc = 20.00/2.06$$

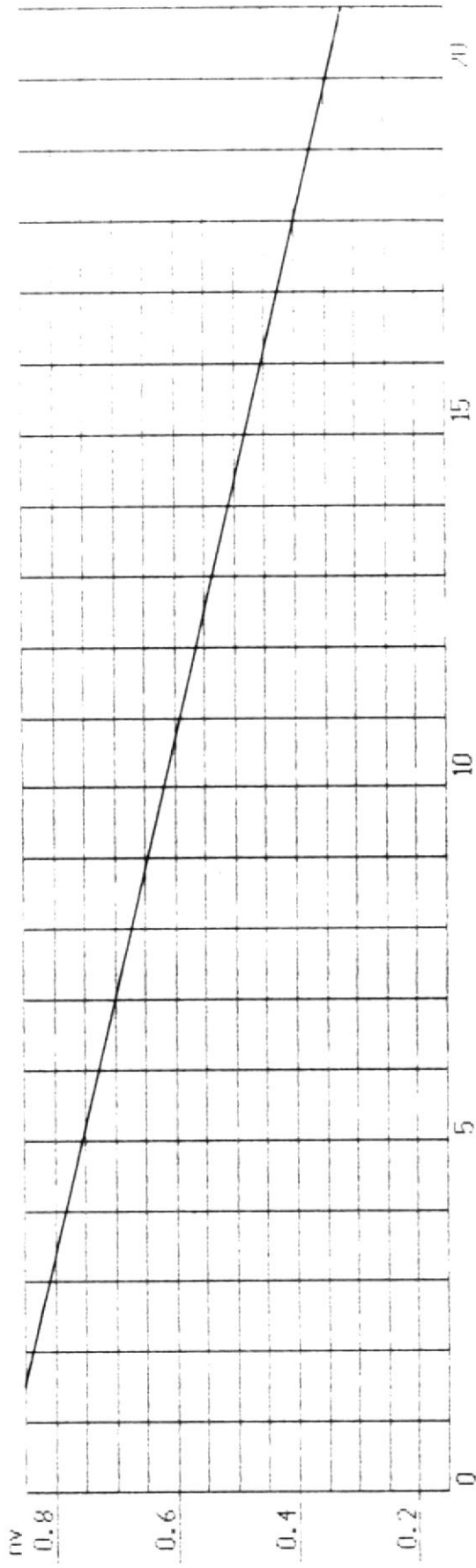
$$rc = 9.71$$

En el Curso de Refrigeración, se recomienda que para seleccionar un ciclo de refrigeración a 1 etapa que opera con hidrocarburos halogenados, la relación de compresión no debe exceder un valor de 10, y nuestro valor de $r_c = 9.71$ es algo inferior al valor máximo recomendado (una diferencia del 2.5%), lo cual hace técnicamente admisible la relación de compresión de nuestro equipo, esto lo hacemos considerando también el factor económico, ya que el costo de instalación de un ciclo a 2 etapas tornaría irrealizable la adaptación frigorífica a un contenedor seco, lo cual es el objetivo de nuestro estudio. Por las razones expuestas seleccionamos un sistema de refrigeración directa a una etapa de compresión.

GRÁFICO # 1

CURVA DE RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO (mv) vs RELACION DE COMPRESION (Rc)

(Se asume que esta curva es válida para todos los compresores y fluidos refrigerantes consultados)



Rc = P de-a / P de-s

TABLA # 1

TABLA DE VAPOR PARA EL R22

TEMP.	PRESION	VOL. ESPECIFICO		ENTALPIA	
	ABSOLUTA	DE LIQ	DE VAP	DE LIQ	DE VAP
oC	Kg/Cm ²	Lt/Kg	M ³ /Kg	KCal/Kg	KCal/Kg
-40	1.076	0.7086	0.205	89.27	145.12
-34	1.414	0.7173	0.158	90.85	145.79
-30	1.679	0.7235	0.135	91.9	146.25
-25	2.06	0.7321	0.112	93.26	146.81
-20	2.51	0.7405	0.0929	94.58	147.35
-10	3.63	0.7582	0.0654	97.25	148.45
0	5.1	0.7785	0.0471	100	149.43
10	6.39	0.8004	0.0346	103	150.36
20	9.35	0.8244	0.0258	106.13	151.13
30	12.26	0.8501	0.0194	109.44	151.78
34	13.6	0.8612	0.0174	110.77	151.97
40	15.79	0.883	0.0148	112.77	152.12
44	17.39	0.8972	0.0133	114.13	152.23
50	20	0.9214	0.0113	116.27	152.47

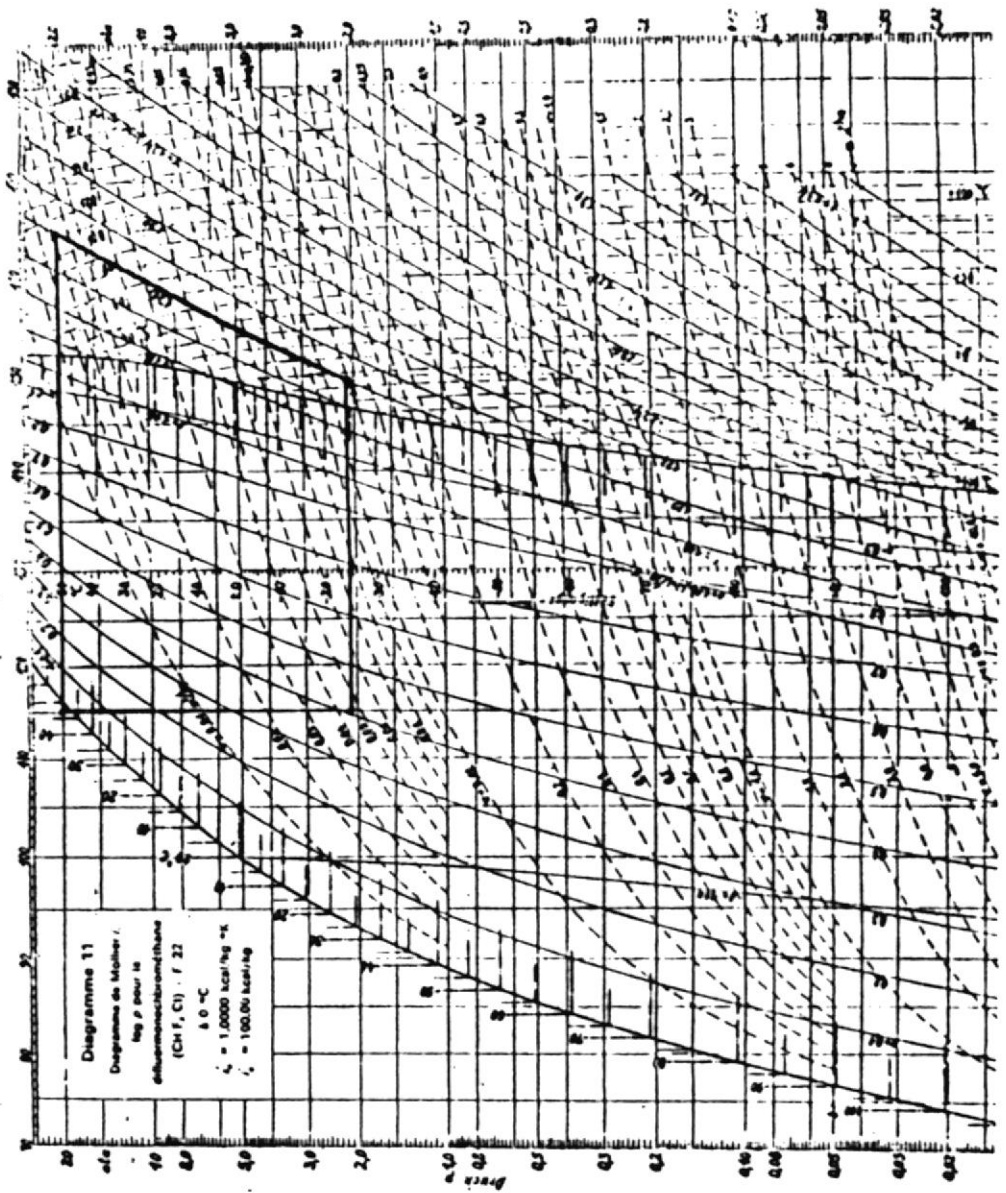


DIAGRAMA PRESION - ENTALPIA FREON 22

CAPITULO VIII

CALCULO DEL CICLO DE REFRIGERACION.

8.1 Determinación de temperatura de condensación.

La temperatura exterior, o sea, la temperatura ambiente promedio la tenemos a 40°C, entonces, de acuerdo a valores recomendados en el Manual de Refrigeración en el uso de condensadores enfriados por aire, la temperatura de condensación del refrigerante debe encontrarse entre 10 y 15°C más alta de la temperatura ambiente, nosotros seleccionamos una temperatura de condensación de 10°C más, por lo tanto, la temperatura de condensación para nuestro caso será:

$$\text{temp condensación} = 50^{\circ}\text{C}$$

No seleccionamos una diferencia de 15°C ya que esto aumentaría los costos de operación del compresor, además hemos seleccionado una temperatura ambiente de 40°C (normas ISO) que, de todos modos, es algo mayor a la temperatura promedio real en la costa ecuatoriana (alrededor de 30°C), lo cual incluye en sí mismo un factor de seguridad.

8.2 Determinación de temperatura de evaporación.

Para evitar una humedad relativa baja por excesiva condensación de la humedad en el evaporador del contenedor, lo cual deteriora la calidad del camarón, el manual de la Industria del Camarón (Ediciones VZ) recomienda una diferencia máxima de temperatura de 6°C entre la temperatura del contenedor y la temperatura de evaporación.

Tomaremos una diferencia de temperatura de 5°C, lo cual nos asegura una humedad relativa no menor de 75% con lo cual se evitará la deshidratación del camarón.

Recordemos que hemos considerado una temperatura interior del contenedor de -20°C, entonces para que haya la transferencia de calor hacia el evaporador, la temperatura de evaporación debe ser:

$$\text{Temp de evaporación} = -25^{\circ}\text{C}$$

8.3 Selección del ciclo de refrigeración.

Una vez determinada las temperaturas de evaporación y de condensación, en el gráfico # 1 (diagrama P-H para el Freón 22) ubicamos el punto 1 con una entalpía $h_1 = 450$ Kcal/Kg a la presión de aspiración (seleccionada en el capítulo VII), manteniendo un margen de seguridad para evitar que ingrese refrigerante líquido al compresor, h_1 ocurre a la entrada de refrigerante al compresor; luego,

siguiendo una línea de entropía constante, colocamos el punto 2 a la presión de descarga (escogida en el capítulo VII), tenemos $h_2 = 465 \text{ Kcal/Kg}$, h_2 ocurre a la salida del refrigerante del compresor.

Siempre se asume que el proceso que ocurre en el compresor se comporta como un proceso de compresión a entropía constante.

El punto 3 ($h_3 = 416 \text{ Kcal/Kg}$) se encuentra sobre la línea de líquido saturado (final de la condensación), pero en el condensador siempre ocurre un proceso de sub-enfriamiento que favorece el rendimiento del ciclo termodinámico y de esta manera obtenemos el punto 4, tenemos $h_4 = 415 \text{ Kcal/Kg}$, h_4 se encuentra a la entrada del líquido refrigerante a la válvula termostática, durante el proceso de estrangulamiento en la válvula se mantiene la entalpía constante, y a la temperatura de evaporación, colocamos el punto 5, h_5 ocurre a la salida de la válvula.

Cerramos el ciclo volviendo al punto 1, pasando por el punto 6 ($h_6 = 447 \text{ Kcal/Kg}$), h_6 ocurre a la salida del evaporador; del punto 6 al punto 1 ocurre un sobrecalentamiento indeseable en la tubería que va del evaporador al compresor.

En el gráfico # 1 observamos el ciclo termodinámico y el circuito frigorífico correspondiente.

donde:

m : flujo másico de refrigerante.

h6 : entalpía en el punto 6 (gráfico # 1).

h4 : entalpía en el punto 4 (gráfico # 1).

ahora,

$$m = \frac{Q}{h_6 - h_4} = \frac{5957 \text{ Kcal/hr}}{(447-415) \text{ Kcal/Kg}}$$

$$m = 186.2 \text{ Kg/hr}$$

Usamos la fórmula para obtener la potencia del compresor,

$$P = m \times \frac{h_2 - h_1}{(860 \text{ Kcal/kw hr})(R_m)(R_i)}$$

donde:

P : potencia del compresor.

h2 : entalpía en el punto 2 = 465 Kcal/Kg.

h1 : entalpía en el punto 1 = 450 Kcal/Kg.

Rm : eficiencia mecánica. Que generalmente fluctúa entre 0.8 y 0.9; tomaremos 0.8 considerando un factor de seguridad.

Ri : eficiencia indicada.

Que en la práctica se lo considera igual que la

eficiencia volumétrica (Rv), el valor de Rv lo obtenemos del gráfico # 1 del capítulo VII, (relación de compresión Rc vs Eficiencia volumétrica Rv), si conocemos que Rc es 9.71; entonces,

$$Rv = Ri = 0.62$$

Aplicamos todos los valores a la fórmula de potencia y obtenemos:

$$P = 6.55 \text{ Kw}$$

si queremos en unidades de caballos de fuerza,

$$P = 6.55 \text{ Kw} \times 1 \text{ HP}/0.746 \text{ Kw}$$

$$\begin{array}{c} \text{-----} \\ | \quad P = 8.78 \text{ HP} \quad | \\ \text{-----} \end{array}$$

Como ya se ha considerado factores de seguridad al tomar los datos para realizar los cálculos concluimos que se requiere un compresor de 9 HP de potencia.

En el manual de refrigeración se recomienda el uso de compresores volumétricos a pistón alternativo para caudales de refrigerante menores a 1500 m³/hr.

Calcularemos el caudal de nuestro equipo a la entrada del compresor para esto, leemos del gráfico # 2 del capítulo VII (diagrama presión-entalpía) el volumen específico en

el punto 1,

$$v_1 = 0.12 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

entonces,

$$V = m \times v_1$$

$$V = (186.2 \text{ Kg/hr})(0.12 \text{ m}^3/\text{Kg})$$

$$V = 22.3 \text{ m}^3/\text{hr}$$

nuestro caudal es mucho menor a 1500 m³/hr, por lo tanto, escogemos un compresor recíproco semihermético de pistones alternativos con la bobina del motor incluido en un sólo cuerpo, este compresor presenta la ventaja de permitir fácil acceso al interior para realizar reparaciones.

El evaporador debe tener una capacidad de transferencia de calor de 24000 BTU/hr y se recomienda el uso de serpentín evaporador con ventilador a convección forzada (el ventilador extrae aire a través del serpentín) que es el tipo más usado en contenedores refrigerados.

Calculemos la cantidad de calor que el condensador debe rechazar,

$$Q_c = m (h_2 - h_4)$$

$$Q_c = 186.2 \text{ Kg/hr} \times (465 - 416) \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_c = 9124 \text{ Kcal/hr}$$

o en unidades inglesas,

$$Q_c = 36206 \text{ BTU/hr}$$

quiere decir que la capacidad de transferencia de calor del condensador es de 36200 BTU/hr, y de igual manera, usamos serpentín con ventilador a convección forzada.

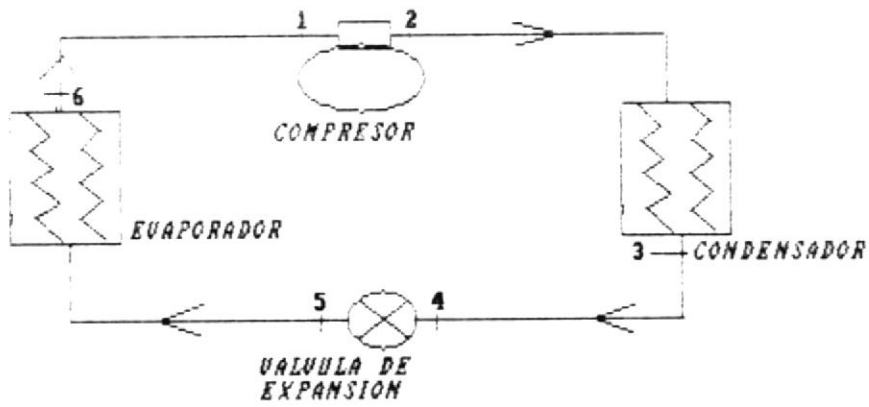
El ciclo de refrigeración lo completamos con la válvula de expansión, usaremos una válvula termostática, ya que ésta no es fija sino que regula el paso de refrigerante líquido al evaporador.

Esta válvula ejerce el control mediante la colocación de un bulbo sensor en la salida del evaporador, en este punto se produce una diferencia pequeña de temperatura debido a la presencia de vapor supercalentado, esta oscilación de temperatura determinará el funcionamiento automático de la válvula reguladora de flujo de refrigerante.

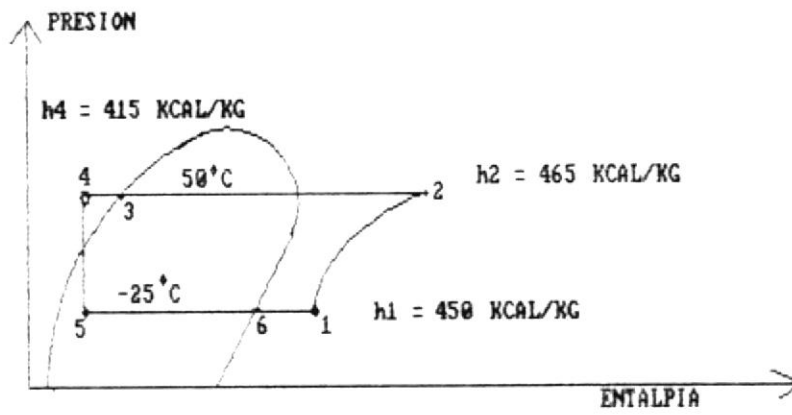
En el capítulo siguiente especificaremos el tipo de válvula termostática requerida para nuestro equipo.

GRAFICO # 1

CIRCUITO FRIGORIFICO



CICLO TERMODINAMICO



CAPITULO IX

SELECCION DE DISPOSITIVOS DE MEDICION Y CONTROL AUTOMATICO

Los dispositivos de medición son sensores que detectan y determinan variables físicas tales como: Presión, Temperatura, etc. Estas mediciones son visualizadas en aparatos que permiten el control humano tales como: termómetros, manómetros; o son enviadas a dispositivos reguladores del sistema para un control automático de las condiciones frigoríficas del contenedor.

En general, los dispositivos de medición van de la mano con los dispositivos de control en un solo sistema regulador.

Para nuestro contenedor seleccionaremos los necesarios para el eficiente funcionamiento del mismo, los clasificaremos de acuerdo a las funciones básicas que cumplen:

- a) Función de regulación.
- b) Función de seguridad.

a) Función de regulación.- Regula el funcionamiento del sistema de refrigeración para realizar y mantener las temperaturas y humedad relativa impuestas por los datos de

los cálculos.

Las siguientes son las variables a regular:

- Regulación de la humedad relativa.

Los contenedores usados para camarones congelados deben tener una atmósfera interna muy próxima a la saturación de humedad, a fin de limitar la pérdida de calidad, y a fin de evitar la presencia de manchas negras producto de la desecación del camarón.

En el caso de nuestros contenedores, no se necesita un regulador de humedad relativa, ya que se mantienen constantes la temperatura interna y la temperatura de evaporación mediante controles automáticos, logrando siempre una diferencia de 5°C entre ambas temperaturas, lo cual nos asegura una humedad relativa entre 75 y 90% en todo momento.

- Regulación de la temperatura de evaporación.

Válvula de expansión.- Es un dispositivo destinado a expandir isentálpicamente el refrigerante desde la presión de condensación hasta la presión de evaporación.

La válvula de expansión es parte primordial del circuito de refrigeración, y a la vez permite mantener constante la temperatura de evaporación.

Usaremos una válvula de expansión termostática con

bulbo sensor a la salida del evaporador que mantenga la temperatura de evaporación a -25°C .

Esta válvula tiene una función de seguridad eliminando los riesgos de golpes de líquido que pueden resultar del relleno excesivo del evaporador o de una reducción brusca del aporte de calor al mismo.

- Regulación de la temperatura interna del contenedor.

Los métodos de control de temperatura en los contenedores refrigerados son básicamente dependientes de la regulación de la potencia frigorífica.

Uno de los métodos más usados es el de "Regulación por retorno de fluido", que es un método usado en la actualidad y de bajo costo de instalación, que consiste en un BYPASS de gas caliente para inyectarlo de la descarga a la aspiración del compresor, tal como se ve en el gráfico # 1.

Utilizamos un regulador a acción progresiva con válvula de laminación atravesada por los vapores de la descarga del compresor y regulada por la temperatura del contenedor que actúa sobre su elemento sensible.

Mediante este mecanismo logramos una regulación perfectamente progresiva del caudal que atraviesa el

condensador y el evaporador, y por lo tanto, de la potencia frigorífica.

La temperatura de los vapores descargados se eleva más cuando el caudal de retorno es más grande, esto es una desventaja, para evitar esto, debemos inyectar refrigerante en estado líquido a la entrada del compresor, con el propósito de enfriar los vapores aspirados y disminuir la temperatura de descarga.

Se emplea para este fin la válvula humidificadora de expansión de tipo termostática y cuyo bulbo detecta la temperatura de descarga del compresor tal como se muestra en la figura # 1.

La acción de dicha válvula regula la cantidad de líquido refrigerante a ser inyectada en el conducto de aspiración.

b) Función de Seguridad .- Neutraliza preventivamente y de manera imperativa las consecuencias de un accidente o de un incidente de marcha. Su intervención se puede traducir en la acción de una alarma o la parada de la maquinaria frigorífica.

No incluiremos las protecciones eléctricas del compresor ya que éstas vienen colocadas en él mismo, sólo lo haremos con las seguridades del sistema de refrigeración.

- Fresóstato de alta presión.

Dispositivo que previene la parada del motocompresor cuando la presión de condensación es excesiva.

Este aparato consta de contactos eléctricos de ruptura brusca que apaga el compresor.

- Fresóstato de baja presión.

Dispositivo que protege al compresor de las bajas presiones causadas por paradas fortuitas de alimentación de los evaporadores o por la obstrucción de un filtro. Es similar al presóstato de alta.

- Separador de aceite.

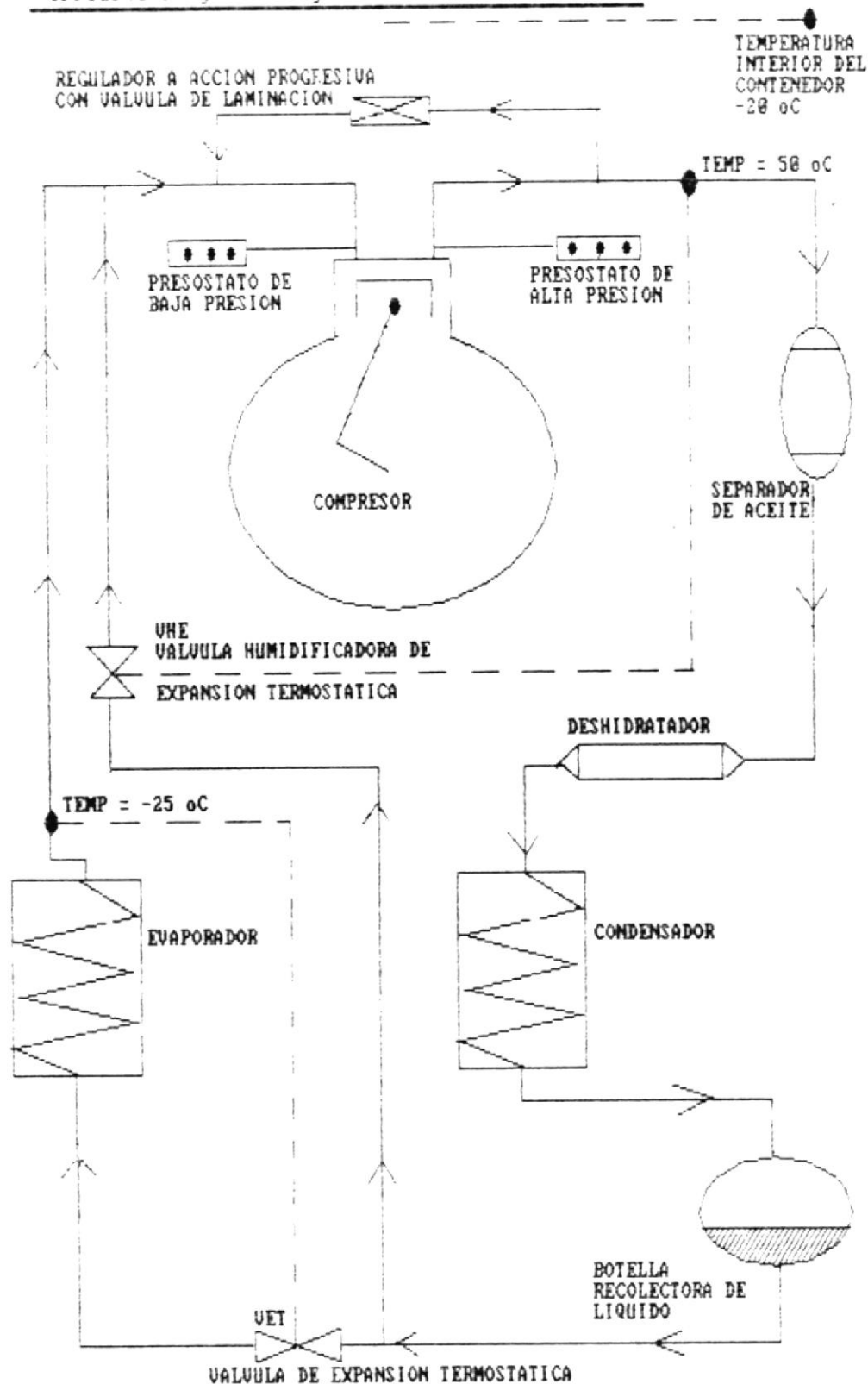
Su objetivo es evitar que el aceite circule por todo el circuito y su función es separarlo del refrigerante.

- Deshidratadores.

Usaremos un deshidratador desmontable que permita reemplazar la carga de producto deshidratante cuando éste se encuentre saturado. Se coloca siempre un bypass con válvulas de paso, su objetivo es extraer la humedad presente en el circuito.

La figura # 1 muestra el circuito frigorífico con todos los elementos de control.

FIGURA 1
Circuito frigorífico y elementos de control



CIRCUITO DEL REFRIGERANTE

LINEA DE SENSOR

CONCLUSIONES

- Para evitar un desastre económico debido al incremento productivo de China y otros países y por la sobreproducción mundial, consideraremos dos de los puntos claves para asegurar la competitividad del Camarón Ecuatoriano en el mercado internacional:
 - Garantizar un transporte que mantenga la calidad del Camarón mediante el uso de contenedores frigoríficos de excelente funcionamiento y alta disponibilidad.
 - Disminuir los gastos en producción y transporte mediante la adaptación frigorífica de contenedores secos en el Ecuador para uso eventual en almacenamiento de sobreproducción en empacadoras, y para transporte marítimo.
- La versatilidad de un contenedor que sirva tanto para transporte como para almacenamiento, nos limita a ceñirnos a las normas ISO y a la facilidad de obtención de los contenedores secos susceptibles de una adaptación, muy a pesar de las grandes necesidades de equipos de conservación de camarón congelado en el Ecuador.

El contenedor tipo A1 (norma ISO) cubre los requerimientos específicos para una conservación óptima

de la calidad.

- La selección del aislamiento requiere de especial atención, ya que representa aproximadamente el 70 % del costo total de la adecuación frigorífica, del estudio se concluye que:

- 1) Se debe evitar los puentes térmicos en lo posible.
- 2) El material aislante del piso debe ser planchas de poliestireno expandido debido a su mayor resistencia a la compresión.
- 3) El material de paredes, techo y puertas debe ser espuma de poliuretano debido a su facilidad de adaptarse a cualquier forma llenando todos los espacios.
- 4) El espesor del aislamiento debe ceñirse a los valores dados en el capítulo III, en caso contrario puede alterarse el buen funcionamiento del contenedor.

- De un análisis de las causas que producen el deterioro del camarón y de las propiedades termodinámicas del mismo, se concluye que la temperatura óptima para conservar la calidad de APTO para el consumo, es de -20°C ; se añade además, el hecho que las bajas temperaturas no eliminan las causas de deterioro, solamente detienen el proceso de descomposición, entonces la calidad del camarón también depende de cómo

éste entre al contenedor para conservación.

- A partir del diseño del aislamiento, encontramos el total del aporte calorífico para nuestro contenedor con condiciones específicas promedios de valores variables, guardándonos siempre que los valores máximos de aporte de calor queden dentro de la capacidad de refrigeración de nuestro equipo, este criterio es válido ya que nos permite asegurar bajos costos de instalación en un equipo que cubre las necesidades extremas.
- Determinamos que el refrigerante R22 es el óptimo por su fácil obtención en el mercado nacional, su menor costo en relación con los otros refrigerantes y por sus características técnicas acordes con las condiciones del equipo en consideración.
- Analizando las ventajas y desventajas de uno y otro sistema de refrigeración, nos decidimos por el sistema a una etapa de refrigeración directa dadas las características técnicas del equipo, y dados los diferenciales de temperatura y presión necesarios, los cuales no exceden valores máximos aceptables en manuales de refrigeración.
Estas características del sistema nos aseguran un perfecto funcionamiento dentro de los rangos de producción frigorífica requeridos.
- En base a cálculos realizados, determinamos que el

compresor debe tener una potencia de 9 HP y que la capacidad frigorífica de la unidad condensadora es de 24.000 BTU/hr, además, se especifican las características de los ventiladores, evaporador, condensador, y valores termodinámicos que debe mantener el ciclo de refrigeración durante su funcionamiento.

- Los dispositivos de control y seguridad son seleccionados para el eficiente funcionamiento del ciclo refrigerativo; para nuestro equipo, hemos seleccionado los instrumentos de tal manera que no encarezcan los costos de instalación.

Del uso de controles automáticos se deduce que para inspecciones visuales de funcionamiento, eventual control manual del equipo y para registro de temperatura en largos periodos de viaje, se hace imprescindible la instalación de un termómetro con plumilla de registro diario y de un higómetro.

RECOMENDACIONES

- Este dimensionamiento y cálculo frigorífico también puede ser usado para aplicación en otro tipo de embalaje o para transporte de varias formas de camarón procesado, siempre y cuando se conserve la cantidad de producto especificado como carga, es decir, 40.000 lbs.

- Se debe evitar en lo posible el transporte de piezas pesadas o metálicas usadas como medios de embalaje dentro del contenedor, ya que esto aumentaría considerablemente el peso del mismo (aunque no aumente la carga frigorífica), causando problemas en su manejo y posible daño en su estructura.
- Esta tesis puede servir de guía para cálculo de carga y selección de equipo para cualquier tipo de cámara de conservación.
- Se recomienda especial cuidado en la instalación de los dispositivos de control y seguridad, deben ser cuidadosamente leídos los manuales de funcionamiento respectivos.
- Se recomienda realizar periódicamente mantenimiento preventivo y limpieza del equipo frigorífico.

APENDICE A

CONSIDERACIONES SOBRE LA CONSERVACION DEL CAMARON

Conservar un producto significa mantener sus características organolépticas lo más próxima a sus condiciones originales.

La calidad del camarón radica en:

- Su calidad inicial.
- El proceso de embalaje aplicado.
- La temperatura de almacenamiento.
- La duración del almacenamiento.

Si asumimos que el producto es inicialmente de excelente calidad y que las técnicas de procesamiento y embalaje son satisfactorias, el deterioro se producirá por el efecto integrado de tiempo y temperatura al cual estará expuesto el camarón.

Los dos últimos puntos determinarán la calidad del producto después que haya sido descongelado y cocinado.

La duración aceptable de almacenamiento es tanto más larga cuanto más baja es la temperatura de conservación seleccionada y viceversa.

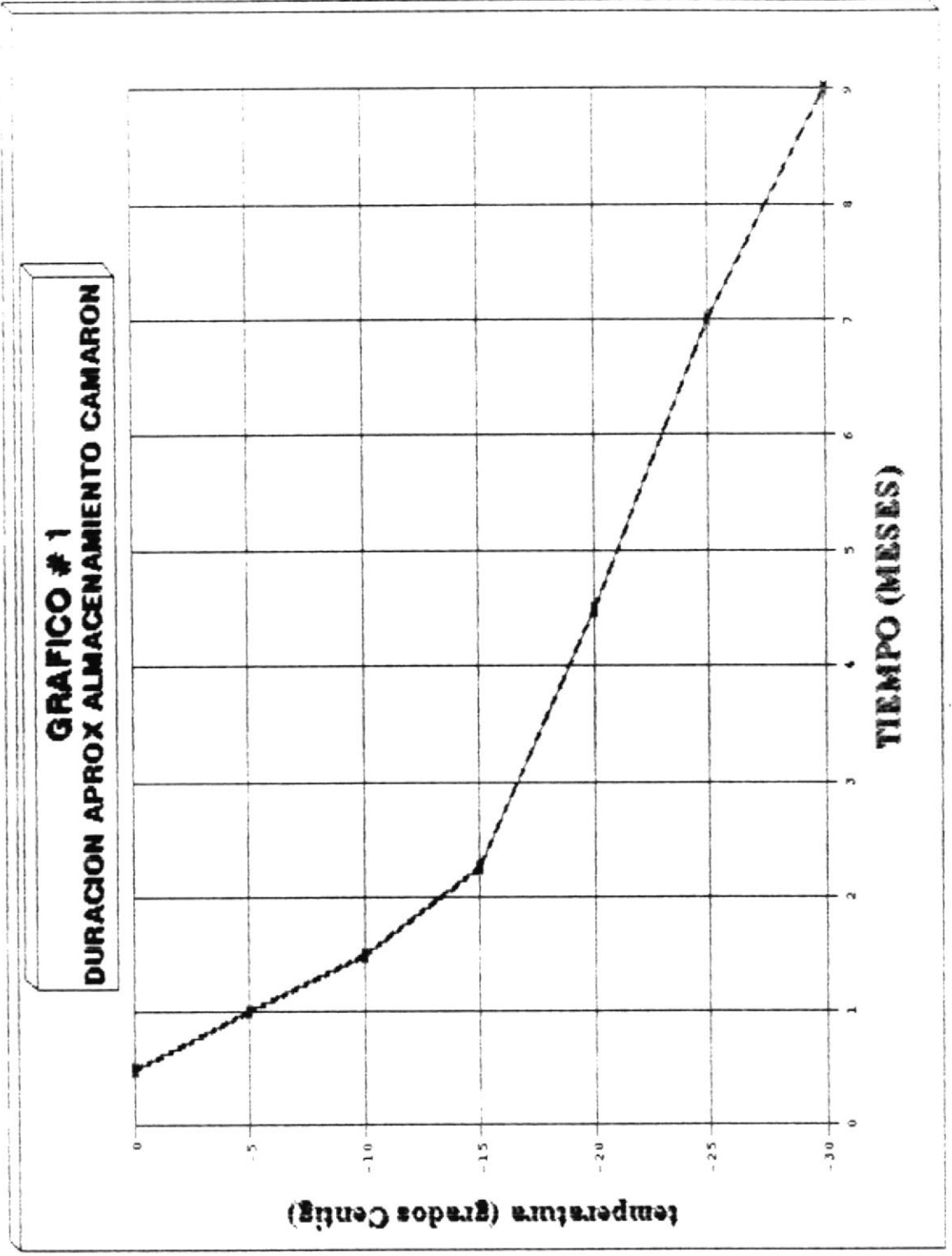
En el gráfico # 1 encontramos la curva que nos indica el tiempo máximo de almacenamiento del camarón para diferentes temperaturas.

Por ser el camarón un producto que tiene bajo porcentaje de lípidos en su composición, su tiempo de conservación es más alto que para otros productos del mar conservados a igual temperatura.

Durante la conservación del camarón, es necesario tomar medidas preventivas para reducir al mínimo la desecación del producto:

- Cámaras con elevada humedad relativa.
- El uso del glaseado. Este consiste en llevar a cabo un recubrimiento del camarón con hielo adicionando una pequeña cantidad de agua durante la congelación del producto.
- Si se quiere prescindir del glaseado se debe entonces hacer uso de embalajes para empaquetar el camarón.





APENDICE B
ENJARETADO EN " T "

El uso del enjaretado en "T" es imprescindible para obtener una correcta circulación del aire de retorno, y además, para mantener baja la temperatura en la parte inferior del embalaje en contacto con el piso, la cual sería imposible mantener si el producto estuviera colocado directamente sobre el suelo del contenedor.

El enjaretado en "T" es colocado como un sobresuelo y está formado por vigas de aluminio de perfil en forma de "T" de 63,5 mm de alto y son soldadas al piso a lo largo del contenedor como se muestra en la figura # 1, a un espaciamiento de 127 mm entre bases.

El aluminio y la soldadura deben ser resistentes a la corrosión del aire y al agua.

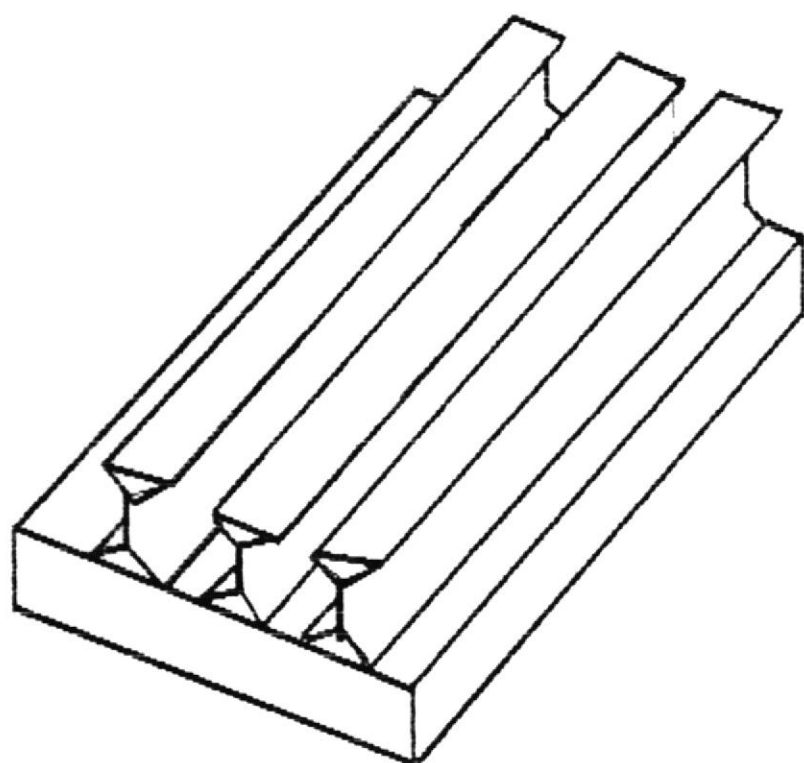


DIAGRAMA 8 1

ENJARETADO EN T PARA EL PISO DEL CONTENEDOR

APENDICE C

DAÑOS COMUNES EN CONTENEDORES REFRIGERADOS

Encuestas realizadas en años recientes por algunas compañías navieras que utilizan contenedores refrigerados, han mostrado que del 1 al 3 % de los contenedores dan lugar a dificultades durante el transporte marítimo, además, se ha analizado que las causas de averías o daños se deben a:

- Daños eléctricos 38.9%
motores de ventiladores quemados, paneles llenos de agua, conexiones sueltas, contactores corroídos
- Fallas en sistema de desescarchado 34.4%
Deficiencias en los relés que conectan las resistencias eléctricas.
- Rotura de tuberías, fuga de refrigerante 17.4%
Fugas en los prenoestopas en la válvula de succión y de descarga, fugas en soldaduras.
- Daños en instrumentos y controles 5.2%
Falta de repuestos a bordo, debido a la gran cantidad de fabricantes de contenedores.
- Daños mecánicos en contenedor 3.0%
Vibraciones del buque, problemas de mal tiempo.

BIBLIOGRAFIA

1. Air Conditioning and Refrigeration Institute. "Manual de Refrigeración y Aire Acondicionado" ; Editorial Prentice Hall ; 1987
2. Bureau Veritas. "CONTENEURS.Homologation et Controle" ; Francia; 1988
3. Energie Plus. "Le Froid sans les CFC"; Folleto N-111; Francia; Abril 1992
4. Federación de Exportadores de Camarón "Libro Blanco del Camarón"; Guayaquil/Ecuador; 1990
5. Hyundai Precision Industry Co. Ltd. "Refrigerated Containers (Repair Manual and Specifications"; Corea; 1990
6. Instituto Nacional de Pesca. Estadísticas 1989 - 1990 1991; Guayaquil/Ecuador

7. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. "Proteger la Capa de Ozono. Frigorígenos"; Words and Publications; Oxford/Reino Unido; 1992
8. Vargas Zúñiga A. "Curso de Refrigeración"; ESPOL; Guayaquil/Ecuador; 1986
9. Vargas Zúñiga A. "Instalaciones Frigoríficas para Buques Pesqueros"; Editorial Series VZ; Guayaquil/Ecuador; 1979
10. Vargas Zúñiga A. "Manual de la Industria del Camarón"; Editorial Series VZ; Guayaquil/Ecuador; 1987
11. Vargas Zúñiga A. "Aspectos Técnicos de los Contenedores Refrigerados Autónomos"; Revista Puertos Año 9 N-29; Guayaquil/Ecuador; 1989

