

621.57
GALe
C.2



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA
DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y
Ciencias de la Producción**

**“Instalaciones Frigoríficas para Cámaras
de Maracuyá”**

TESIS DE GRADO

**Previa a la Obtención del Título de
INGENIERO MECANICO**

Presentado por:

Gustavo Eduardo Gallo Cepeda

Guayaquil - Ecuador

Año

1998



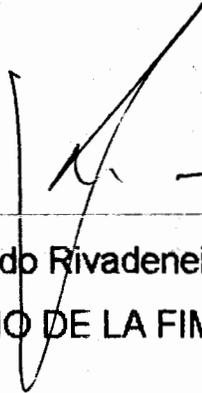
AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento al ING. ANGEL VARGAS Z., Director de Tesis, por su dirección y colaboración en la elaboración de la presente tesis.

DEDICATORIA

MIS PADRES
A MIS HERMANOS
A MI FAMILIA

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP



Ing. Angel Vargas Z.
DIRECTOR DE TESIS



Ing. Luis Miranda S.
VOCAL

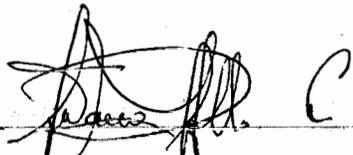


Ing. Mario Patiño A.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL”

(Reglamento de Graduación de la ESPOL)



Sr. GUSTAVO GALLO CEPEDA

RESUMEN

El sector agroindustrial ecuatoriano constituye un elemento productivo de gran importancia para el crecimiento de las exportaciones no tradicionales, es así que el procesamiento de las frutas tropicales en Ecuador ha incrementado su producción para consumo interno y para el mercado internacional, y en este campo la industria ecuatoriana de procesamiento de maracuyá ha logrado reunir condiciones técnicas y físicas para satisfacer los requerimientos de calidad del mercado externo.

El desarrollo de la tesis en el capítulo uno, incluye un estudio de factibilidad de las exportaciones del maracuyá, con respecto al desarrollo de las industrias procesadoras del maracuyá en el Ecuador, en base a datos estadísticos de las exportaciones del concentrado de maracuyá, que fueron proporcionados por la Federación Ecuatoriana de Exportadores (FEDEXPOR) y por el Banco Central del Ecuador desde 1985 al 1997. Con esta información se ha determinado la curva de ajuste de los datos que permiten conocer las futuras exportaciones, y de acuerdo a los datos pronosticados por la curva de tendencia de los datos, se ha podido establecer los requerimientos de cámaras frigoríficas para almacenar el producto.

En el capítulo dos se exponen las principales características del maracuyá como materia prima, en el capítulo tres en cambio se enfoca el procesamiento

para obtener los productos derivados, y los equipos para el procesamiento del maracuyá a escala industrial.

El capítulo cuatro trata sobre el cálculo de las dimensiones de los locales frigoríficos con datos reales de almacenamiento del producto, usando tambores de acero de 55 galones realizando su manipuleo con montacargas. En los capítulos cinco y seis se calcula la carga frigorífica de los locales frigoríficos.

El capítulo siete incluye un análisis sobre el refrigerante seleccionado, y los comentarios de los refrigerantes CFC's así como los nuevos refrigerantes ecológicos y los criterios para escoger el refrigerante, con el respectivo ciclo de refrigeración según las necesidades de la industria procesadora.

El capítulo ocho trata sobre la termodinámica del ciclo de refrigeración del refrigerante escogido, para luego proceder a seleccionar los equipos del ciclo de refrigeración.

El capítulo nueve concluye con la selección de los dispositivos de control y equipos anexos de los locales para un buen funcionamiento y servicio de los mismos.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	VI
INDICE GENERAL	VIII
SIMBOLOGIA	XII
INDICE DE FIGURAS	XIV
INDICE DE TABLAS	XVII
INTRODUCCION	XVIII
CAPITULO 1: FACTIBILIDAD DE EXPORTACION DEL MARACU- YA	21
1.1 El maracuyá en el sector agroindustrial	21
1.2 Desarrollo de la agroindustria del maracuyá	21
1.3 Análisis del problema	24
1.4 Estudio de factibilidad basada en estadísticas	25
CAPITULO 2: CARACTERISTICAS DEL MARACUYA	31
2.1 Introducción	31
2.2 Características generales de la planta	31

2.3 Características de la fruta	31
2.4 Características de la cosecha	33
2.5 Rendimiento de la planta	33
2.6 Transporte	34
2.7 Almacenaje	35
2.8 Composición del jugo de maracuyá	36
CAPITULO 3: PROCESAMIENTO DEL MARACUYA	38
3.1 Etapas del procesamiento de producción	39
3.2 Equipos para la extracción del jugo	46
3.3 Parámetros de control	48
CAPITULO 4: DIMENSIONAMIENTO DE LOS LOCALES FRIGORIFICOS	54
4.1 Cálculo de las dimensiones de los locales frigoríficos	54
4.2 Construcción del edificio e instalación del aislamiento térnico	56
CAPITULO 5: CALCULO DE LA CARGA FRIGORIFICA DE LA CAMARA DE CONGELACION	62

5.1 Aportes caloríficos internos	62
5.2 Aportes caloríficos externos	67
5.3 Carga de enfriamiento total	75

CAPITULO 6: CALCULO DE LA CARGA FRIGORIFICA DE LA CAMARA DE CONSERVACION

76

6.1 Aportes caloríficos internos	76
6.2 Aportes caloríficos externos	78
6.3 Carga de enfriamiento total	82

CAPITULO 7: SELECCION DEL REFRIGERANTE Y CICLO DE REFRIGERACION

83

7.1 Selección del refrigerante	83
7.2 Selección del ciclo de refrigeración	87
7.3 Cálculo de las temperaturas y presiones de condensación y evaporación	90

CAPITULO 8: TERMODINAMICA DEL CICLO DE REFRIGERACION

96

8.1 Temperaturas de evaporación y condensación del ciclo	96
--	----

8.2 Recalentamiento y subenfriamiento del ciclo de refrigeración	97
8.3 Análisis del ciclo de refrigeración	100
CAPITULO 9: SELECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO Y ANEXO DE LOS LOCALES FRIGORIFICOS	112
9.1 Selección de los dispositivos de control automático	112
9.2 Selección de los equipos anexos	117
9.3 Dimensionamiento de las tuberías de los locales frigoríficos	121
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	125
APENDICE	128
BIBLIOGRAFIA	144

SIMBOLOGIA

z	cambio de variable
y	valor estimado
x	valor independiente
a	coeficiente donde corta la recta a la ordenada
b	pendiente de la recta
Σ	sumatoria
t	temperatura
p	presión
c	condensación
e	evaporación
Δt	diferencia de temperatura
r	tasa de compresión
HR	humedad relativa
λ	coeficiente de conductividad
k	coeficiente de transmisión de calor
Q_r	potencia frigorífica del evaporador
Q_c	potencia calorífica del condensador
P	potencia del compresor

- m** caudal másico del refrigerante
- v_a** caudal volumétrico real del refrigerante
- η_v** rendimiento volumétrico
- v_t** caudal volumétrico teórico
- Q_s** aporte calorífico total del producto
- Q_p** aporte calorífico paredes, piso y tumbado
- c₁** calor específico por encima de la congelación
- c₂** calor específico por debajo de la congelación

INDICE DE FIGURAS

	Pag.
Figura 1.1 Exportaciones ecuatorianas de concentrado de maracuyá 1985-1997	30
Figura 3.1 Diagrama de flujo para la elaboración del jugo de maracuyá	52
Figura 3.2 Equipo para la extracción del jugo de maracuyá	53
Figura 4.1 Materiales que forman las paredes, tumbado y pisos de los locales frigoríficos	61
Figura 8.1 Distribución del equipo y diagrama del ciclo	99
Figura 8.2 Diagrama Presión vs Entalpia de la cámara de congelación	108
Figura 8.2.a Ampliación del ciclo de refrigeración de la cámara de congelación	109
Figura 8.3 Diagrama Presión vs Entalpia de la cámara de conservación	110

**Figura 8.3.a Ampliación del ciclo de refrigeración de la cámara
de conservación**

INDICE DE TABLAS

	Pag.
Tabla I Principales destinos del jugo de maracuyá	23
Tabla II Principales destinos del concentrado de maracuyá	24
Tabla III Datos estadísticos de las exportaciones del concentrado de maracuyá período 1985-1997	26
Tabla IV	28
Tabla v Composición de la fruta del maracuyá	32
Tabla VI Composición promedio del jugo de maracuyá por 100 gramos	37
Tabla VII Capacidad instalada vs capacidad utilizada	39
Tabla VIII Coeficiente de conductividad	58
Tabla IX Diferencia de temperatura vs coeficiente de transmisión de calor	60
Tabla X Calor metabólico del personal	74
Tabla XI Influencia de los CFC's en el potencial agotamiento del ozono	85
Tabla XII Diferencia de temperatura vs humedad relativa	93

INTRODUCCION

El maracuyá, es una fruta originaria de la región amazónica del Brasil, de donde fue llevada a Australia y luego a Hawái en 1923. Allí se fomentó la investigación, actualmente se cultiva en todas las naciones de clima tropical.

El maracuyá es una fruta introducida hace pocos años al país, con una gran aceptación en el medio. Sin embargo y a pesar de que Ecuador por sus condiciones ecológicas cuenta con amplias posibilidades de incrementar la producción agrícola, los típicos problemas estructurales no han permitido un racional desarrollo de los cultivos, manteniéndose éstos en pequeña escala y en mejor de los casos a nivel semicomercial. Las zonas de mejor rendimiento de los cultivos son la península de Santa Elena, Los Ríos, Manabí y El Oro.

En la actualidad se está incentivando este tipo de siembra, con ayuda de las empresas procesadoras, y asistencia técnica a los agricultores en sus siembras, a la vez las empresas les ofrecen las semillas para aquellos que las necesiten y les garantiza la compra de la producción.

El procesamiento del maracuyá hasta obtener el concentrado es laborioso pues requiere de equipos complejos, pero debe anotarse que la calidad del

producto final depende casi exclusivamente de la calidad de la materia prima utilizada, la cual debe ser fresca y madura.

Es necesario mencionar que el mercado que se destina la producción es el mercado externo, es decir, todo se exporta debido al buen precio que pagan en el extranjero y porque en el Ecuador aún puede consumir fruta fresca.

De las investigaciones realizadas en otras naciones, temas de investigación en la Escuela Superior Politécnica Nacional y prácticas vacacionales realizadas por los estudiantes del Programa en Tecnología en Alimentos de la Escuela Superior Politécnica del Litoral se determina que la preservación a bajas temperaturas del jugo de maracuyá mantiene sus características organolépticas y su composición química por períodos de tiempos prolongados.

El método de preservación a bajas temperaturas recomendados, es el uso de locales frigoríficos de aire forzado, donde las temperaturas de congelación y de almacenamiento del producto son -25°C y -18°C respectivamente, con el uso de éste método se puede almacenar grandes y medianas cantidades del producto.

Por esta razón el objetivo de la presente tesis, es el diseño y selección de los equipos que componen los locales frigoríficos, como un aporte en el desarrollo de las empresas procesadoras de la fruta para un mejor funcionamiento y servicio.

CAPITULO I

FACTIBILIDAD DE EXPORTACION DEL MARACUYA

1.1. EL MARACUYA EN EL SECTOR AGROINDUSTRIAL

Las cifras de exportación de los productos agrícolas no tradicionales del subsector frutas, vegetales, frescos y procesados, durante el período 86-90, tienen un volumen total de 38.196 Tm y un valor FOB de 31 millones 313 mil dólares.

La capacidad instalada para la elaboración de jugo concentrado de maracuyá (fines 1990), absorbía 8000 Ha. de cultivo de maracuyá, con un desfase de oferta real de 2700 Ha. cultivadas. Esto da la pauta de la necesidad de fomentar este cultivo cuyo subproducto, por su calidad, ha logrado colocarse en lugar preponderante en la oferta mundial.

1.2. DESARROLLO DE LA AGROINDUSTRIA DEL MARACUYA

La maracuyá amarilla es una fruta que en la última década representa interesantes condiciones económicas en el litoral ecuatoriano, en el mercado interno se la comercializa y consume como fruta fresca. También se la usa en la producción de jugos concentrados para la venta en el exterior.



Con la presencia de la agroindustria Ecuajugos S.A. desde 1980 se inicia la promoción e instalación de cultivos comerciales de maracuyá.

ZONAS DE CULTIVO EN ECUADOR

Las zonas apropiadas para este cultivo son, la zona baja de la cuenca del Guayas, comprendida desde El Triunfo hasta Bucay y en la dirección norte hasta la zona comprendida entre Catarama, Caluma, Echeandía, luego hacia Quevedo, La Maná, El Empalme, Puerto Inca y Chone. Otra área recomendada es la vecina a Isidro Ayora y Pedro Carbo.

ASPECTOS DE PRODUCCION

Un subproducto del maracuyá es el concentrado, el cual tiene gran acogida en el extranjero. También se vende jugo de maracuyá y maracuyá congelado.

La capacidad instalada para el procesamiento de jugo demanda una superficie cultivada de aproximadamente 8 a 10 mil Has., comparando con las 2.700 Ha. cultivadas, nos da la idea del gran desfase existente entre la demanda y oferta de materia prima.

MERCADOS DE CONSUMO EN EL EXTERIOR

Los principales mercados son: para el maracuyá congelado los Estados

Unidos, Chile y Holanda. El jugo de maracuyá tiene su mayor mercado en Holanda, Estados Unidos y Chile. Casi la misma proporción de consumo se da para el concentrado de maracuyá: Holanda y Estados Unidos.

A continuación se presenta un resumen de los principales mercados ecuatorianos:

TABLA I

PRINCIPALES DESTINOS DEL JUGO DE MARACUYA PERIODO (85-90)

NACION	PESO (TM)	VALOR (MIL \$)
CANADA	0.1	0.2
CEE	3096.2	4337
CHILE	292.3	199.2
ESTADOS UNIDOS	852.3	1326.2
JAPON	9.7	23.2
TOTAL	4250.5	5895.6

FUENTE: FEDEXPOR

TABLA II

**PRINCIPALES DESTINOS DEL CONCENTRADO DE MARACUYA PERIODO
(85-90)**

NACION	PESO (TM)	VALOR (MIL \$)
CEE	1787	3357.2
ESTADOS UNIDOS	604.4	1022.5
JAPON	17.7	63.4
TOTAL	2409.1	4443.1

FUENTE: FEDEXPOR

1.3. ANALISIS DEL PROBLEMA

En el ámbito mundial la agroindustria de jugos de frutas representó en 1989 casi 4 mil millones de dólares y en 1990 aproximadamente 5 mil millones de dólares constituyéndose en un sector productivo de gran dimensión. Desde 1980 la producción mundial se ha triplicado lo que ha significado nuevas fuentes de ingreso para países en desarrollo cuya base económica principal es la agricultura.

Las perspectivas de desarrollo de la industria son alentadoras debido que el consumo anual per capita de jugos en casi todos los mercados importantes es aún bajo, dentro de este contexto la industria ecuatoriana de procesamiento de maracuyá ha logrado reunir las condiciones

técnicas y físicas para satisfacer los requerimientos de calidad del mercado externo, el producto elaborado (jugo o concentrado) es lo más apetecido en el exterior generando mayores ingresos de divisas.

El principal producto de exportación es el jugo de maracuyá seguido por el concentrado, donde la estabilidad de color, sabor y olor depende del lugar donde se almacena el producto, así la congelación del producto mantiene satisfactoriamente la calidad por un año a -32°C . La existencia de nuevos mercados en Europa, el crecimiento poblacional y nuevas técnicas de cultivo garantizan una mayor oferta y demanda en aumento de los productos del maracuyá.

1.4. ESTUDIO DE FACTIBILIDAD BASADA EN ESTADISTICAS.

⇒ DATOS ESTADISTICOS DE EXPORTACIONES

Los datos estadísticos de exportaciones ecuatorianas de concentrado de maracuyá han sido proporcionados por la Federación Ecuatoriana de Exportadores y el Banco Central del Ecuador, en el período comprendido entre los años 1985 -1997, los datos son:

TABLA III

**DATOS ESTADISTICOS DE LAS EXPORTACIONES ECUATORIANAS DE
CONCENTRADO DE MARACUYA, PERIODO 1985-1997**

AÑO	PESO (TM)	AÑO	PESO (TM)
1985	72	1991	928
1986	24	1992	2903
1987	102	1994	443
1988	514	1995	5296
1989	650	1996	8008
1990	1047	1997	15473

FUENTE: FEDEXPOR Y BANCO CENTRAL DEL ECUADOR

⇒ AJUSTE ANALITICO DE LA CURVA DE TENDENCIA

Con el propósito de estimar la proyección de la demanda futura de las exportaciones del concentrado de maracuyá, se trazará un gráfico de coordenadas, cantidad exportada en toneladas métricas versus años, y así determinar la curva de tendencia, ver figura 1.1. La importancia principal del análisis de la curva de tendencia, radica en el hecho de permitir inferir un comportamiento medio para los períodos posteriores, bajo el supuesto de que permanecen estables todos los factores que ejercen influencia sobre la exportación del concentrado de maracuyá; es razonable esperar que la tendencia extrapolada será representativa del

crecimiento promedio de las exportaciones, en función de los años.

Al analizar los datos graficados observamos que la curva de tendencia no es lineal, se la aproxima a una función exponencial de la forma

$$y = be^{ax},$$

para determinar los valores de a y b , hay que linealizar la curva tomando logaritmos ambos miembros de la ecuación:

$$\ln y = ax + \ln b$$

realizando el cambio de variables

$$\ln y = z \text{ y } \ln b = c,$$

se transforma en una función lineal $z = ax + c$, el coeficiente a representa donde corta la recta de tendencia con la ordenada y el coeficiente c representa la pendiente de la recta, los mismos que se determinan con el método de los mínimos cuadrados, solucionando simultáneamente las ecuaciones:

$$nc + a \sum x = \sum z \quad (1.1)$$

$$c \sum x + a \sum x^2 = \sum xz \quad (1.2)$$

n , representa el tamaño de la muestra,

z , cambio de variable para linealizar la función exponencial

x , representa los años

usando las ecuaciones 1.1, 1.2 y el uso la siguiente tabla:

TABLA IV

AÑO	X	Z	X ²	XZ
1985	1	4,28	1	4,28
1986	2	3,18	4	6,36
1987	3	4,63	9	13,89
1988	4	6,24	16	24,96
1989	5	6,48	25	32,40
1990	6	6,95	36	41,70
1991	7	6,83	49	47,81
1992	8	7,97	64	63,76
1994	9	6,09	81	54,81
1995	10	8,57	100	85,70
1996	11	8,99	121	98,89
1997	12	9,65	144	115,8
Σ	78	79,86	650	590,36

se hallan los valores:

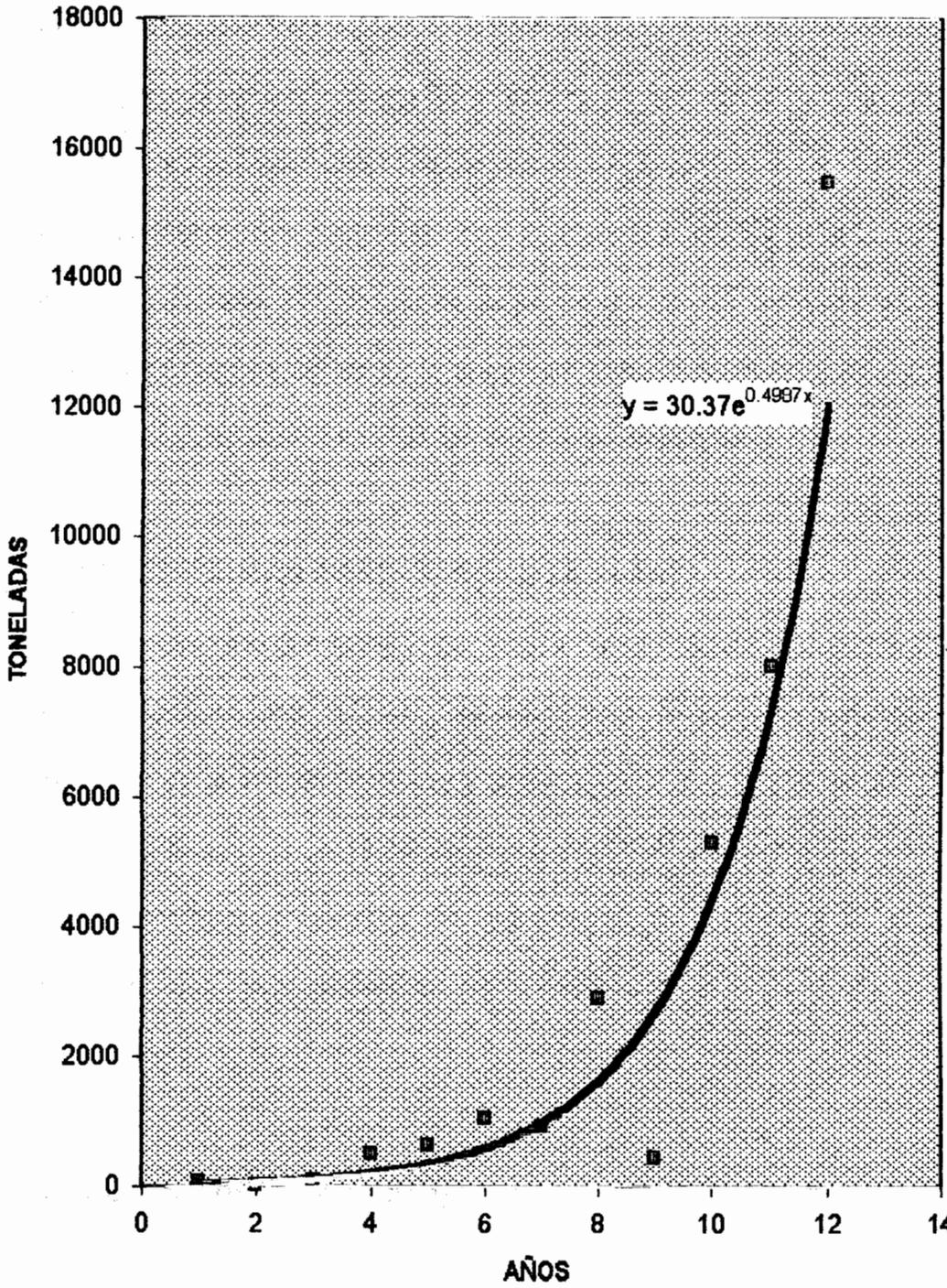
$$c = 3.43, a = 0.497$$

Reemplazando el valor de c en $\ln b=c$, el valor de la constante b es **0,37**, la curva de tendencia es $y=30.37e^{0.4987x}$, se calcula la desviación estándar s , el valor es 1409.94 Tm, extrapolando la curva de tendencia para el año 1998 el valor de exportación del concentrado de maracuyá

será 19861.83 Tm, siendo un valor medio, el valor estimado estará oscilando entre 18451.89 y 21271.77 Tm, de mantenerse las condiciones de los años anteriores.

FIGURA # 1.1

EXPORTACIONES ECUATORIANAS DE MARACUYA 1985-1997



CAPITULO II

CARACTERISTICAS DEL MARACUYA

2.1. INTRODUCCION

La maracuyá amarilla (*Passiflora edulis*) es una fruta que presenta interesantes condiciones económicas para el Litoral y la Región Oriental del Ecuador. Comercialmente es un cultivo nuevo, con adecuados cultivos y manejo, la vida útil de la planta puede ser de cinco años o más. Las áreas de cultivo de la maracuyá son insuficientes para atender la demanda particularmente de las plantas procesadoras.

2.2. CARACTERISTICAS GENERALES DE LA PLANTA

El maracuyá es una planta de cuatro años de vida productiva, al sembrar hay un paso previo y otro posterior de suma importancia, la selección de la semilla en vivero y el transplante. La semilla se prepara en fundas pequeñas de 15 cm de ancho por 25 de alto con perforaciones en los costados y en el fondo, en cada funda se siembran cuatro semillas, una vez germinado, se desechará la menos fuerte y desarrollada.

2.3. CARACTERISTICAS DEL FRUTO

Es una baya esférica de exocarpio duro y mesocarpio seco, puede alcanzar hasta 10 cm. de largo y 8 cm. de diámetro, pesa aproximadamente 30 gr, en la madurez adquiere una coloración amarillo canario o ligeramente anaranjada, el coeficiente de conversión de fruto a jugo concentrado es 3:1.

La utilización del fruto para la producción de jugo genera gran cantidad de residuos (cáscara+semilla) ricos en aceite (semilla), pectina y material mineral.

La tabla V presenta la composición del fruto del maracuyá:

TABLA V

COMPOSICION DEL FRUTO DEL MARACUYA

PARTE DEL FRUTO	VAR. AMARILLA (%)
CASCARA	61.9
PULPA	38.1
RESIDUO	7.2
JUGO	30.9

2.4. CARACTERISTICAS DE LA COSECHA

Los jugos de los frutos maduros y los de frutos ligeramente sobremaduro no presentan diferencias, excepto por el mayor rendimiento atribuible a la deshidratación parcial de la cáscara, es importante tomar en cuenta las pérdidas que sufre el fruto después de cortado. Se conoce que las pérdidas son del orden del 10 al 20%.

Se recomienda la recolección de frutos bien maduros cuando se destinan a consumo inmediato o antes de su madurez total antes de su transporte y/o almacenamiento. Para el caso de fruto maduro, se puede optar por la recolección periódica de los frutos que han caído al suelo, dos veces por semana, y con intervalos más cortos en época de lluvia, cuando se producen condiciones favorables a la pudrición.

2.5. RENDIMIENTO DE LA PLANTA

La planta de maracuyá empieza a producir entre el noveno y décimo mes después de ser sembrada. El período de mayor cosecha varía según la zona, el régimen de riego y la época de transplante. En la costa generalmente abarca casi todo el año, con 2 o 3 meses de ausencia de producción, la recolección de los frutos debe hacerse normalmente por lo menos 2 veces a la semana en la época seca, y con mayor frecuencia, durante la temporada lluviosa. Se escogen los frutos caídos de la planta

utilizando sacos, cajones o canastas. No se deben cosechar frutos pintones para que maduren posteriormente, debido a que toman un sabor indeseable.

Una vez recolectados los frutos deben ser procesados lo antes posible, pues el sobremadurar rápidamente pierden peso y se arrugan por desecación, el almacenamiento antes y después del transporte debe hacerse en depósitos bien ventilados y de baja temperatura. El rendimiento varía mucho de acuerdo al clima y suelo, en suelos fértiles y con clima cálido, el rendimiento de una plantación puede alcanzar las 30 toneladas por hectáreas y llegar en algunos casos a 35 o 40 toneladas por hectáreas por año, en condiciones menos favorables se cosechan entre 5 y 25 toneladas de hectáreas por año*. El número de los frutos cosechados por la planta puede variar desde 50 hasta varios cientos y el peso por fruto varía de 50 hasta 150 gramos o más.

2.6. TRANSPORTE

La fruta destinada a la industria se transporta en cajas secas o a granel, el último sistema se utiliza cada vez con mayor frecuencia, porque

* Sin embargo FEDEXPOR y el Ministerio de Agricultura en estudios de factibilidad de maracuyá, asignan un rendimiento de 50 Tm/ha por año.

representa un mejor aprovechamiento del vehículo, facilita la descarga y el acoplamiento en la línea de producción de la planta y reduce los costos al eliminar el uso de la caja.

2.7. ALMACENAJE

El Instituto Centro Americano de Investigaciones y Tecnología Industrial de Guatemala (ICAITI), efectuó un ensayo de almacenamiento a 14⁰C con fruta cosechada Inmadura, la fruta maduró en forma adecuada en tres semanas, pero es recomendable almacenarla aproximadamente dos semanas. La fruta madura mostró los siguientes valores: azúcar totales 6%, acidez 4.5%, grados Brix entre 12 y 14 y ácido ascórbico 20 ml/100 g, al comparar los datos con la fruta madura a 23⁰C y 70-80% HR, la proporción de los componentes químicos es similar, el contenido de azúcares totales no alcanzan los valores de la fruta que madura a 23⁰C.

Si la fruta se almacena a menos de 80-85% de HR, se manifiesta depresiones en la misma que aumentan al madurar, esto no es de importancia comercial ya que las características organolépticas de la pulpa no se altera.

El Instituto de Tecnología de Alimentos de Brasil (ITAL) en sus trabajos de revisión e investigación concluye que el tiempo de almacenamiento

para los frutos de maracuyá amarillo es de 7 días a temperatura ambiente, después los frutos se deterioran rápidamente, se inicia el ataque de hongos, la pulpa comienza a fermentarse y se afecta el aroma y el valor nutritivo.

Pruthi y colaboradores (1958) concluyeron que el almacenamiento de maracuyá en sacos de polietileno y tratamientos con IIsol al 5% impartieron al fruto excelente protección contra pérdidas de peso, reduce el ataque de hongos y no se afecta la composición y calidad del jugo. Recubrir los frutos con parafinas también es efectivo para evitar la pérdida de humedad.

2.8. COMPOSICION DEL JUGO DE MARACUYA

El jugo tiene un color amarillo dorado, con una apariencia oscura causada por la maceración del material celular durante el proceso de extracción, su sabor es fuertemente ácido, tiene un olor penetrante y un aroma exótico; el color amarillo se debe principalmente a los pigmentos carotenoides, el olor característico reside en la presencia de un aceite volátil, que ha sido extraído por destilación en una concentración de 13-23 ppm. La composición aproximada del jugo de maracuyá, se puede apreciar en la tabla VI:

TABLA VI
COMPOSICION PROMEDIO DEL JUGO DE MARACUYA POR 100
GRAMOS

CONSTITUCION	VAR. AMARILLA
AGUA (gr)	82
RESIDUOS DE AZUCAR (gr)	7
AZUCAR TOTAL (gr)	10
FIBRA CRUDA (gr)	0.2
PROTEINA (gr)	0.8
GRASA (gr)	0.6
CALCIO (mg)	5
FOSFORO (mg)	18
HIERRO (mg)	0.9
VITAMINA C (mg)	12
VITAMINA A (mg)	570
SOLIDOS SOLUBLES (mg)	15
CALORIAS	78
pH	3.0
ACIDEZ TITULABLE	4.0
GRADOS BRUX	14



CAPITULO III

PROCESAMIENTO DEL MARACUYA

La capacidad instalada de procesamiento de las empresas ecuatorianas que procesan jugo de maracuyá es 159.300 Tm por año y la capacidad de procesamiento utilizada es 50.803 Tm por año, dando una capacidad sin uso de 68%.

La capacidad instalada para procesamiento de jugos demanda una superficie cultivada de 8 a 10 mil Ha. de maracuyá, para el año 1994 la superficie cultivada fue de 4.460 Ha., la diferencia entre la superficie de cultivo demandada y la superficie de cultivo real, influye mucho en la capacidad instalada y la capacidad utilizada de las empresas procesadoras de jugo de maracuyá.

La diferencia entre la capacidad instalada y la capacidad utilizada por algunas empresas procesadoras del maracuyá se puede apreciar en la tabla VII.

El diagrama de flujo del procesamiento para obtener el jugo concentrado de maracuyá se observa en figura # 3.1

TABLA VII
CAPACIDAD INSTALADA VS CAPACIDAD UTILIZADA

INDUSTRIAS PROCESADORAS	CAPACIDAD INSTALADA (TM)			CAPACIDAD UTILIZADA (TM)		
	HORA	DIA	AÑO	HORA	DIA	AÑO
ECUAJUGOS S.A	11.2	90	22500	2.7	21.5	5376
FRUTA DE LA PASION	4	32	8000	0.5	4	1000
TROPIFRUTAS S.A	4	32	8000	1	8	2000
INBORJA S.A	9	72	18000	5	40	10000
CONSERVERA DEL GUAYAS	2	16	4000	1	8	2000

FUENTE:REVISTA EL AGRO (DICIEMBRE 1992)

Entre las causas de la capacidad sin uso tenemos:

- a) La cantidad insuficiente de maracuyá cultivada con respecto a la capacidad instalada de procesamiento,
- b) Los precios inestables en el mercado interno y
- c) Maquinaria industrial no apropiada.

3.1. ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCION

- **RECEPCION DE LA MATERIA PRIMA**

La fruta no debe soportar un largo transporte, se debe ubicar la planta

procesadora en lugares cercano a los cultivos. Si la fruta se almacena a temperatura ambiente es recomendable que no exceda de los 10 días, la fruta empieza a marchitarse y contrae hongos, dando lugar a la fermentación de la pulpa, sin embargo si se almacena en un lugar refrigerado con una temperatura de 7 a 10⁰C, la fruta dura de 3 a 5 semanas.

Al llegar la fruta a la industria se procede a una inspección rigurosa, para descartar las frutas en mal estado, inmaduras o con cualquier suciedad que amerite la acción, la operación se realiza a mano, en mesas corrientes o móviles dependiendo de la capacidad de la industria, la fruta que se retira generalmente no sobrepasa el 5% en peso de la alimentación inicial.

Luego se continua con el lavado de las frutas, operación cuya finalidad es separar las partículas contaminantes adheridas a la fruta y reducir la microflora superficial, el sistema de lavado empleado depende de la capacidad de la industria, en unas se utilizan barricas especiales y en otras, maquinarias diseñadas para tal fin. En algunos casos se usan productos detergentes o una solución de HCl al 1%, que después son eliminados con fuertes aspersores de agua.

• **EXTRACCION**

Cortada la fruta se extrae la pulpa, evitando el mínimo contacto entre el jugo y la cáscara para prevenir la contaminación por enzimas. Los métodos de extracción de la pulpa varían desde la simple remoción a mano, por medio de cucharas, hasta los complicados sistemas mecánicos.

En las plantas industriales de mediana capacidad, el procesamiento consiste en cortar las frutas en mitades y sacar la pulpa por medio de cuchillas de acero inoxidable, existen igualmente procesos parcialmente mecanizados para una capacidad de 2.500 a 3.000 frutas por hora.

En plantas industriales donde se procesan grandes cantidades de fruta hay que tener en cuenta lo siguiente:

1. Que la fruta posea una cáscara dura
2. Que haya un contacto mínimo entre el jugo y la cáscara cortada para evitar la contaminación por enzimas.
3. Que las semillas y las partículas sean separadas del jugo y la pulpa.

Existen diferentes procesos desarrollados en los países donde se cultiva el maracuyá en gran escala, en E.E.U.U existe una máquina extractora de alimentación y descarga continua que produce un jugo de buenas

condiciones, entregando al mismo tiempo la semilla lavada y secada, con capacidad de 100 kg/hr de fruta.

En Hawai se diseñó una máquina extractora centrífuga bastante eficiente que trabaja con 900 kg/hr de fruta, con una eficiencia de 94%, la fruta es cortada en rebanadas de 5/8 de pulgada y se alimenta hacia abajo por una entrada tubular y los dientes de la sierra ayudan a empujar la fruta para luego realizar la operación de rebanado.

Algunas compañías comerciales utilizan un alimentador mecánico que consiste en ejes paralelos colocados en la parte superior de los ejes de las sierras, y tienen en su superficie unas barras pequeñas que siguen la dirección de los radios, las barras pequeñas cogen la fruta y la empujan hacia abajo obligándola a pasar a través de la sierra, el fruto cortado cae en un extractor centrífugo, que tiene una canasta de 50 cm. de diámetro y paredes perforadas e inclinadas. Los huecos son de 6 mm de diámetro situados a 1.5 cm. de distancia entre sí. Cuatro paletas radiales de 19 mm. de alto, están soldadas a las paredes para formar cuatro compartimientos y así asegurarse que las rebanadas de fruta giren a la misma velocidad que las canastas.

La fuerza centrífuga hace que las rebanadas se dirijan contra las

paredes inclinadas, las semillas, jugo y pulpa pasen radialmente por las perforaciones, las cáscaras son eliminadas por la parte superior. Como muchas de las semillas son cortadas en la operación de rebanado, se hace necesario el uso de mallas muy finas en la operación final.

Un extractor mecánico usado en Australia se basa en un principio diferente, consta de dos discos que rotan independientemente, montados de tal modo que existe un amplio espacio libre en la parte superior, pero en el fondo los discos casi se tocan. Toda la fruta es alimentada en el tope y al caer es aprisionada entre los discos, rompiendo la cáscara y llevada por los mismos discos y rechazada, la pulpa cae entre éstos a través de una malla y elimina fragmentos de la cáscara. El extractor procesa 5.000 libras de fruta por hora.

- **REFINACION**

Las semillas son separadas del jugo en un refinador de neopreno, provisto de una malla de acero inoxidable, las perforaciones son de 0.033 pulgadas de diámetro, luego pasa a través de otra malla con 60 perforaciones por pulgadas, para separar el resto de las semillas y mejorar el producto.

- **PRESERVACION DEL JUGO**

Para mantener el jugo en buenas condiciones por cierto período de tiempo, es esencial su preservación contra los microorganismos. Existen dos métodos de preservación del jugo de maracuyá:

a. Preservación química

Se realiza con dióxido de azufre, con ácido benzoico o ambos, en cantidades de 1.000 a 1.500 ppm. El método no es recomendado porque desmejora el sabor y aroma del producto.

b. Preservación térmica

Es uno de los métodos más comunes, utilizando intercambiadores de calor, pasteurizadores rotativos. La esterilización en un intercambiador de calor se debe tomar en cuenta lo siguiente:

- a) Durante la pasteurización el jugo pierde inevitablemente algo de sabor, por tener el calor gran influencia sobre los constituyentes sensibles.
- b) El calentamiento provoca que el jugo sea viscoso debido a su alto contenido de almidón, originando acumulación de depósitos gelatinosos en la superficie de los intercambiadores de calor, disminuyendo su eficiencia, además se altera el color, olor, sabor y aroma del jugo.

• CONCENTRACION

El jugo luego de ser tratado térmicamente es conducido al concentrador pasando de 14⁰Brix a 50⁰Brix, básicamente la etapa consiste en alimentar a una centrífuga de diseño especial con el jugo que será

sometido a un ambiente de alto vacío y calentamiento indirecto, preservando la integridad del jugo que mantiene el color y sabor para la exportación.

- **RECUPERACION DE AROMAS**

Durante la etapa de concentración se produce una liberación intensa de aroma proveniente del jugo de maracuyá. Este aroma es capturado mediante una torre recuperadora de aroma, para luego mezclarlo con el jugo concentrado.

- **REFRIGERACION**

El jugo concentrado que permanece a una temperatura media de 40°C , es enfriado en un enfriador de salmuera hasta 20°C , la etapa minimiza el costo de congelación y mantenimiento del producto congelado.

- **ENVASADO**

El jugo concentrado permanece a una temperatura de 20°C , es envasado en fundas de polietileno simple, la función de las fundas es la de evitar el contacto del jugo con las paredes del tambor de acero en el que será transportado. Las características de los tambores y fundas se hallan en el **apéndice a**.

- **CONGELACION**

Los tambores se colocan en la cámara de congelación durante setenta y dos horas, antes de ser transportados al puerto de embarque. La temperatura de congelación del producto es -18°C .

3.2. EQUIPOS PARA LA EXTRACION DEL JUGO

Para la producción a gran escala existen equipos para la extracción del jugo de maracuyá, el más recomendado es el proceso continuo diseñado por HONIRON, los equipos comprenden las siguientes etapas: lavado de la fruta, cortado y extracción del jugo, *figura 3.2*.

El proceso se inicia en una tolva alimentadora, donde la fruta es vaciada, luego un elevador inclinado mueve la fruta desde el alimentador a un lavador de tambor perforado, el mismo que está dotado de un rango de velocidad variable para el control de la cantidad de fruta procesada, después del lavado la fruta es llevada a un recipiente de inspección, donde aquellas estropeadas son rechazadas.

Un segundo elevador inclinado lleva la fruta a gran velocidad hacia la parte superior, donde se encuentra la unidad cortadora, la fruta cae entre los cuchillos circulares, la divide y la arroja a un extractor centrifugo de alta velocidad. En este punto la pulpa se separa de la cáscara y pasa

a través de las perforaciones que tienen la cesta del extractor, y la corteza sube, saliendo por la parte superior de la pared de la cesta.

Al equipo se le adapta un pulpeador tamizador, para separar las semillas del jugo, la malla cuenta con perforaciones de 0.033 pulgadas de diámetro con un sistema de paletas de goma para la operación, se recomienda una segunda etapa que consiste en hacer pasar el jugo a través de un cedazo de acero inoxidable, para separar los restos de la semilla.

Para pequeñas producciones, el equipo anterior puede ser sustituido por otros sencillos, que generalmente involucran, las etapas y equipos de procesamiento siguiente:

- a) Lavadora eléctrica de frutas
- b) Cuchillos de acero inoxidable para el corte de la fruta
- c) Pulpeadora tamizadora, separa las semillas de la pulpa, para una mejor refinación se utiliza un juego de 2 mallas. Todas las partes del equipo deben ser de acero inoxidable para obtener un jugo de buena calidad.
- d) Homogeneizador, permite obtener un jugo estable, utilizando una presión de 140 kg/cm^2 .
- e) Una caldera, con su equipo de tratamiento de agua.



3.3. PARAMETROS DE CONTROL

Los buenos resultados se obtienen controlando todas las etapas de producción, se deben conocer cada parámetro de calidad (*apéndice b*), normas sanitarias y especificaciones para obtener el jugo y concentrado de maracuyá (*apéndice c, apéndice d*).

Los parámetros de control son:

⇒ PORCENTAJE DE FRUTA DEFECTUOSA

Se usa la inspección visual en la muestra, separando en forma manual las frutas defectuosas y determinar su porcentaje por diferencia de peso.

$$\% \text{ fruta defectuosa} = (\text{Peso de fruta defectuosa} / \text{peso de muestra}) \times 100$$

⇒ PORCENTAJE DE RENDIMIENTO

Determina la cantidad de jugo que pueda extraerse de una cantidad de fruta (1 kg. standard), expresada en porcentaje

$$\% \text{ Rendimiento} = (\text{peso de jugo obtenido} / \text{peso de la muestra}) \times 100$$

⇒ GRADOS BRUX

Es la medición del porcentaje de sólidos solubles en la muestra.

Los grados Brix recomendado para el jugo de maracuyá son:

1. *Jugo fresco 14^o Brix*
2. *Jugo pasteurizado 13^o Brix*
3. *Jugo concentrado 50+/- 0.5^o Brix*

⇒ DETERMINACION pH

Es la medición con un potenciómetro, del grado de acidez de la muestra, el pH recomendado para el jugo de maracuyá es:

1. ***jugo fresco 2.9 +/- 0.1***

2. ***jugo pasteurizado 2.9 +/- 0.1***

3. ***jugo concentrado 2.8 +/- 0.1***

⇒ PORCENTAJE DE PULPA

Se usa una fuerza centrífuga por un tiempo determinado, para separar los sólidos presentes en la muestra, usando tubos cónicos graduados.

$$\% \text{ Pulpa} = \text{lectura en el tubo} \times 10$$

⇒ PARTICULAS NEGRAS

Se separa por filtración las partículas negras presentes en la muestra, el análisis se hace en el jugo clarificado, pasteurizado y concentrado. En ninguno de los tres casos deben existir partículas negras.

⇒ ACIDEZ

La acidez es el número de mg. de hidróxido de sodio o ml de solución álcali normalizada 0.1 N, necesario para neutralizar los ácidos libres presentes en la muestra, la acidez es expresada en porcentaje de ácido cítrico, ácido que mayormente está presente en la muestra.

JUGO FRESCO

$$\% \text{ ácido cítrico} = (C \times N \times \text{meq.} / \text{peso de muestra}) \times 100$$

C, volumen de NaOH consumido

N, normalidad del NaOH

meq., miliequivalente del ácido cítrico

JUGO CONCENTRADO

$$\% \text{ ácido cítrico} = (C \times N \times \text{meq.} / \text{peso de muestra}) \times 100$$

C, volumen de NaOH consumido

N, normalidad del NaOH

meq., miliequivalente del ácido cítrico

⇒ DENSIDAD

Se determina el peso de cada unidad de volumen de muestra, efectuado como un parámetro de calidad, la densidad recomendada para el jugo de maracuyá son:

1. Jugo fresco 1.049 +/- 0.002 g/cc

2. Jugo pasteurizado 1.060 +/- 0.002 g/cc

⇒ EXAMEN ORGANOLEPTICO

Se determina las características organoléptica como color, apariencia, sabor y aroma por medio de los sentidos del gusto, olfato y vista, se realiza la evaluación sensorial de la materia prima (jugo fresco) y jugo concentrado, con el siguiente procedimiento:

1. Preparar cuestionario
2. Muestras
3. Degustación
4. Instruir a panelistas

5. Evaluar los resultados de cuestionarios

Para realiza el análisis organoléptico se sigue normas alemanas (*apéndice e, apéndice f*).

FIGURA # 3.1

DIAGRAMA DE FLUJO PARA ELABORACION DE JUGOS

CONCENTRADOS

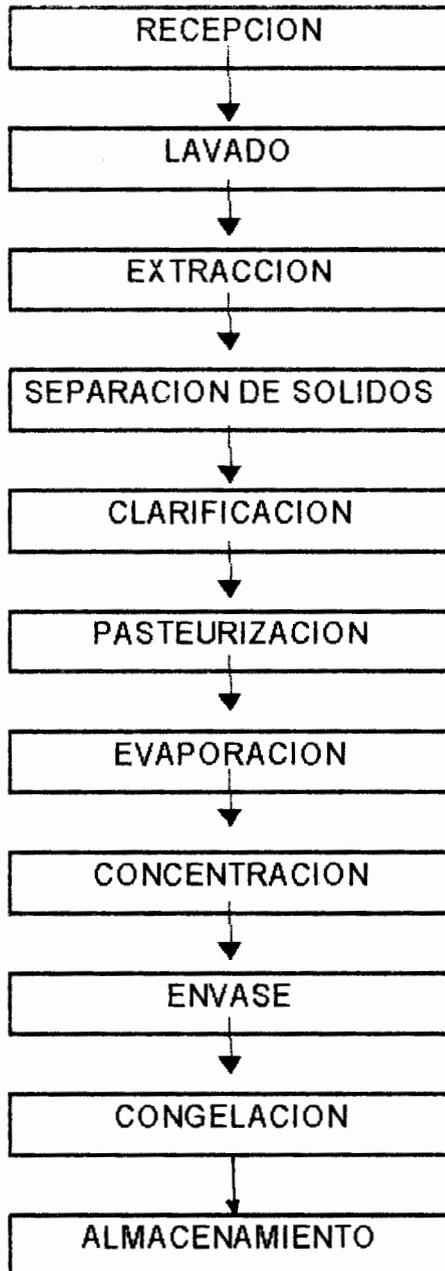
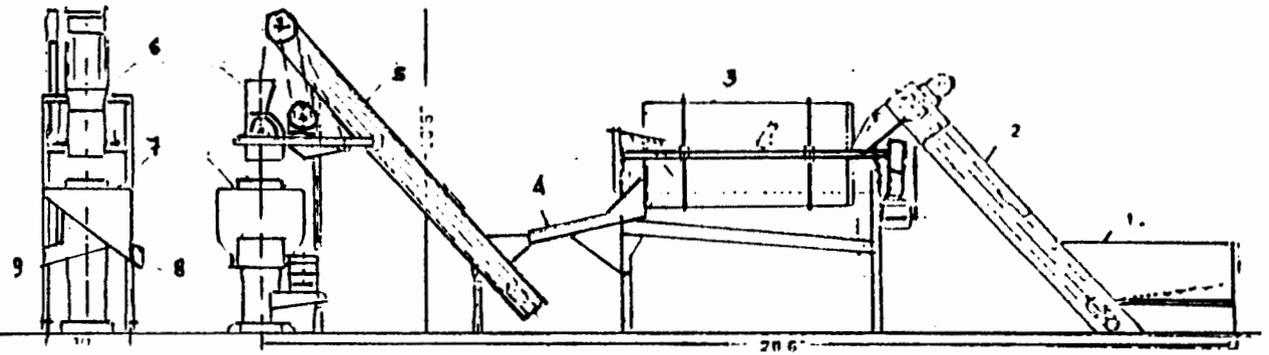


FIGURA 3.2

EQUIPOS PARA LA EXTRACCION DEL JUGO DE MARACUYA

EQUIPO PARA EL LAVADO, CORTADO Y EXTRACCION DEL JUGO DE MARACUYA



FUENTE: HONIRON

- 1 Tolva alimentadora lavadora
- 2 Elevador
- 3 Tambor de lavado
- 4 Panel de inspección
- 5 Elevador

- 6 Unidad de corte
- 7 Extractor centrífugo
- 8 Cáscaras
- 9 Jugó

CAPITULO IV

DIMENSIONAMIENTO DE LOS LOCALES FRIGORIFICOS

Las alteraciones de los productos de alto valor nutritivo dependen en gran manera de la temperatura, una de las formas de reducir al mínimo las pérdidas consiste en disminuir la temperatura a valores adecuados, por esto cuando la acción del frío cesa las reacciones de degradación intervienen a un ritmo acelerado, de aquí la necesidad de mantener permanentemente los productos en condiciones adecuadas de temperatura, desde el momento de su recolección, hasta el momento de su consumo.

4.1 CALCULO DE LAS DIMENSIONES DE LOS LOCALES FRIGORIFICOS

Se dimensionarán dos cámaras frigoríficas, una para la congelación del jugo concentrado del maracuyá y otra cámara para la conservación del mismo producto una vez congelado, para dimensionar las cámaras asumimos un promedio de 2 Tm/h de jugo concentrado, promedio de una planta de producción media, el trabajo de elaboración del producto lo distribuimos en dos turnos de 8 horas cada uno.

Siendo un valor conservador, se considerará que la cosecha del maracuyá, en la costa ecuatoriana es de diez meses al año, los dos meses restantes del año hay ausencia de la materia prima, se aumenta un

20% para cubrir los meses de escasez o afrontar cualquier imprevisto que se presente. En consecuencia el promedio del proyecto será de 2.5 Tm/h.

Para dimensionar las cámaras se consideran los siguientes parámetros:

1. Cantidad de jugo concentrado elaborado	2.5 Tm/h
2. Dos turnos de 8 horas laborables por día	16 horas
3. Dimensiones de los pallets	1250x1250x100
4. Datos del tambor de acero:	
Peso neto	230 Kg
Diámetro externo	59 cm.
Altura del tambor	88 cm.
Capacidad por tambor	55 gal. (210 lt.)
Capacidad de cada pallet	4 tambores

Las dimensiones de las cámaras frigoríficas se basan en datos reales, cantidad de producto, dimensiones de los pallets, uso de tambores de acero y conforme a normas recomendadas en el uso del sistema de paletización y montacargas.

Las dimensiones de la cámara de congelación serán:

Altura	5.60 m
Largo	7.00 m

Ancho 8.20 m

En las dimensiones de la cámara de conservación se debe tener en cuenta que el producto se lo exporta en un promedio de siete días, las dimensiones serán:

Altura 5.60 m

Largo 11.10 m

Ancho 12.10 m

4.2 CONSTRUCCION DEL EDIFICIO Y EL AISLAMIENTO TERMICO

Hoy en día los edificios se construyen de una sola planta, por motivos de ahorro de inversiones y para más fácil la manipulación y la explotación.

Se considerará para los cálculos de la carga frigorífica, los locales frigoríficos se hallan dentro de un galpón, el aporte calorífico que proviene de la radiación solar no incide en que existan diferentes condiciones de temperatura según la ubicación geográfica de cada pared en las cámaras, en consecuencia el aporte calorífico de las paredes, piso y tumbado sólo estará influenciado por la temperatura promedio del ambiente del galpón donde se ubican las cámaras.

⇒ **DATOS DE CONSTRUCCION DE LAS CAMARAS**

El piso será construido teniendo como base inicial hormigón armado de un espesor de 30 cm. luego aislamiento de espuma de poliuretano enlucido con una capa asfáltica de 5 cm. , a manera de barrera antivapor y la capa a la vez cubierta por una capa de hormigón ligeramente armado y de un espesor de 6 cm.

Las paredes y bloques de las cámaras son hechas de cemento aglomerado con un espesor de 15 cm, enlucido exterior de mortero de cemento con un espesor de 2 y 1 cm. respectivamente. El revestimiento antivapor consiste en una plancha galvanizada de 0.07 cm. El aislamiento a usarse en las paredes será el mismo material del piso. El tumbado estará constituido de igual forma y características de las paredes, figura # 4.1

A continuación se da una tabla de los materiales mas usados en la construcción con sus respectivos coeficientes de conductividad.

TABLA VIII
COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD

MATERIALES	COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD (λ) kcal/h m °C
Hormigón armado	1.3
Aglomerado de cemento	0.6
Bloques llenos	0.6 a 0.75
Bloques huecos	0.3 a 0.5
Mortero de cemento	0.8
Asfalto	0.7

FUENTE: CURSO DE REFRIGERACION (ING. VARGAS Z)

⇒ **MATERIALES AISLANTES**

La mayoría de los almacenes frigoríficos están aislados térmicamente con espuma de poliuretano. Su conductividad térmica media es del orden de $0.03 \text{ Kcal/ h m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, cabe la posibilidad de utilizar otros materiales, sobre todo de producción local.

En el folleto "CURSO DE REFRIGERACION", por el Ing. Vargas Z se recomienda que para el cálculo del espesor del aislante se considere una pérdida máxima de $8 \text{ a } 10 \text{ kcal/ m}^2 \text{ h}$ para cámaras frigoríficas normales y para bajas temperaturas se fija como pérdida máxima de $6 \text{ kcal/ m}^2 \text{ h}$.

Es importante evitar aislamientos cuyos espesores sean inferiores al valor límite de un espesor e bajo el cual las condensaciones exteriores aparecen cuando la temperatura exterior es menor a la temperatura de punto de rocío del aire, para determinar el valor e ó espesor económico para el aislante, se considera el coeficiente de transmisión de calor de la pared (k), la relación lineal entre los valores de Δt y k , para lo cual se usará la tabla VIII, para valores intermedios de Δt se debe interpolar y encontrar el valor de k , una vez hallado éste valor se usa la siguiente ecuación donde se encuentra el valor del espesor económico:

$$k = 1 / (1/h_i + \sum e/\lambda + 1/h_e), \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^0\text{C} \text{ (ec. 4.1)}$$

Donde h_i y h_e representa los coeficientes de convección superficial, prácticamente se adopta para estos coeficientes los valores siguientes:

- a) Pared en contacto con el aire exterior $h = 20 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^0\text{C}$
- b) Pared en contacto con el aire de cámara muy ventilada
 $h = 15 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^0\text{C}$
- c) Pared en contacto con el aire de una cámara ligeramente ventilada
 $h = 10 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^0\text{C}$
- d) Pared en contacto con el aire de una cámara no ventilada
 $h = 7 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h}^0\text{C}$

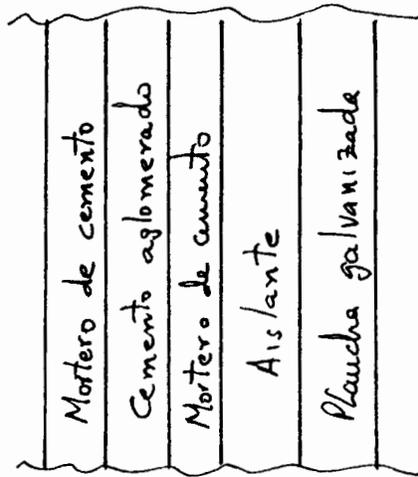
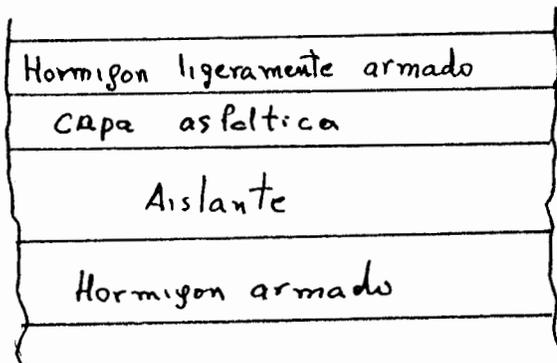
TABLA IX

DIFERENCIA DE TEMPERATURA (Δt) VS COEFICIENTE DE TRANSMISION DE CALOR (K)

Δt ($^{\circ}\text{C}$)	K ($\text{Kcal/m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$)
60	0.15
50	0.20
40	0.25
30	0.30
20	0.35
10	0.40

FUENTE: "CURSO DE REFRIGERACION", (ING. VARGAS Z)

FIGURA # 4.1

**MATERIALES QUE FORMAN LAS PAREDES, TUMBADO Y PISO DE LOS
LOCALES FRIGORIFICOS****PAREDES Y TUMBADO****PISO**

CAPITULO V

CALCULO DE LA CARGA FRIGORIFICA DE LA CAMARA DE CONGELACION

La determinación de la carga frigorífica se debe considerar los siguientes aportes caloríficos:

Aporte calorífico Interno, enfriamiento, congelación y sobreenfriamiento de los productos y el enfriamiento de los embalajes.

Aporte calorífico externo, es debido por los siguientes factores:

- a) Aporte calorífico por las paredes, piso y tumbado.
- b) Aporte calorífico debido por la infiltración de aire.
- c) Aporte calorífico debido por el trabajo del personal.
- d) Aporte calorífico debido por iluminación.
- e) Aporte calorífico debido por el uso de montacargas, etc.

5.1 APOORTE INTERNO

◆ CONGELACION DEL PRODUCTO

La cantidad de producto congelado será de 2,5 Tm/h de jugo concentrado de maracuyá, usando un montacargas para su manipulación, el producto estará en la cámara por tres días hasta su congelación a -18°C .

La cantidad de calor absorbida será calculada en tres partes, se usarán las siguientes ecuaciones:

a) Calor sensible entre t_i y t_c

$$Q_{s1} = m \cdot c_1 \cdot (t_i - t_c) \text{ (ec. 5.1)}$$

m , cantidad del producto en kg/día, 40.000 kg/día

c_1 , calor específico del producto antes de la congelación, kcal/ kg $^{\circ}\text{C}$

t_i , temperatura que se introduce el producto, 20°C

t_c , temperatura inicial de congelación del producto, $-2,2^{\circ}\text{C}$ temperatura recomendada por el texto "Empleo del frío en la industria de la alimentación" por R. Plank, editorial Reverté S.A. Barcelona

b) Remoción del calor latente para congelar el producto

$$Q_l = m \cdot h_{if} \text{ (ec. 5.2)}$$

h_{if} , calor latente de fusión del producto kcal/ kg

c) Calor sensible después de la congelación desde t_c hasta t_f

$$Q_{s2} = m \cdot c_2 \cdot (t_c - t_f) \text{ (ec. 5.3)}$$

c_2 calor específico del producto después de la congelación kcal/ kg $^{\circ}\text{C}$

t_f , temperatura de congelación del producto, -18°C

Los calores específicos y calor latente del producto, se determinará con el modelo matemático que relaciona los grados Brix del jugo concentrado del maracuyá y los sólidos totales del producto, la relación es lineal, la ecuación se halla en la tesis "Obtención de jugo concentrado congelado

de maracuyá”, por Nicolas Espinoza Maldonado previa la obtención del título de Ingeniero Químico de la Escuela Superior Politécnica Nacional.

La ecuación es la siguiente:

$$y = 1,101x - 0,105$$

donde

y, porcentaje de sólidos totales (%)

x, grados Brix

El porcentaje de los sólidos totales del jugo concentrado es 55%, el porcentaje de agua es del 45%, con los porcentajes calculados, se calculará el calor específico antes de la congelación, calor latente y calor específico después de la congelación del producto, usando las fórmulas que se encuentran en el libro “Ingeniería de los alimentos” por R.L Earlen, se usa el porcentaje de agua (p) del producto, son:

a) Calor específico por encima de la congelación

$$c_1 = (p/100) + (0.2 \cdot (100-p)/100) \text{ (kcal/kg } ^\circ\text{C)}$$

b) Calor latente

$$h_{if} = 80 \cdot p/100 \text{ (kcal/kg)}$$

c) Calor específico por debajo de la congelación

$$c_2 = (0.5 \cdot p)/100 + (0.2 \cdot (100-p))/100 \text{ (kcal/kg } ^\circ\text{C)}$$

Los valores calculados son:

a) Calor específico por encima de la congelación, $c_1 = 0,56 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

b) Calor latente, $h_{if} = 36 \text{ kcal/kg}$

c) Calor específico por debajo de la congelación, $c_2 = 0,33 \text{ kcal/kg } ^\circ\text{C}$

Se calcula el aporte calorífico del producto usando las ecuaciones 5.1, 5.2 y 5.3 con los resultados:

$$Q_{s1} = 497.280 \text{ kcal/día.}$$

$$Q_l = 1'440.000 \text{ kcal/día.}$$

$$Q_{s2} = 214.880 \text{ kcal/día.}$$

El aporte calorífico total del producto Q_s será:

$$Q_s = Q_{s1} + Q_l + Q_{s2} = 2'152.160 \text{ kcal/día.}$$

◆ ENFRIAMIENTO DEL EMBALAJE.

El enfriamiento del embalaje se calculará en dos partes, primero el enfriamiento de los tambores, segundo el enfriamiento de las fundas de polietileno.

⇒ ENFRIAMIENTO DE LOS TAMBORES.

Con 40.000 kg/día de producto da 174 tanques/día, con un peso de 18 kg por tambor esto equivale a 3.132 kg/día de tambores a ser enfriado, el aporte calorífico por los tambores será:

$$Q_{\text{tambor}} = m_{\text{tambor}} * c_{\text{tambor}} * (t_i - t_f)$$

C_{tambor} , calor específico del acero es 0,14 kcal/ kg $^{\circ}\text{C}$, entonces:

$$Q_{\text{tambor}} = 16.662 \text{ kcal/día}$$

⇒ ENFRIAMIENTO DE LAS FUNDAS DE POLIETILENO

En cada tambor se colocan dos fundas de polietileno de alta densidad con un peso de 406 gramos, el peso total de las fundas es 143 kg/día.

El aporte calorífico de las fundas será:

$$Q_{\text{funda}} = m_{\text{funda}} * c_{\text{funda}} * (t_i - t_f)$$

C_{funda} , calor específico de la funda, 0,55 kcal/kg $^{\circ}\text{C}$, valor que se encuentra en "The freezing preservation of foods", volumen dos, Van Arsdel W. Copley M., editora The Avi Publishing Company Inc, Westport, Connecticut (USA)., entonces:

$$Q_{\text{funda}} = 2.989 \text{ kcal/día.}$$

El aporte calorífico total del embalaje será:

$$Q_{\text{embalaje}} = Q_{\text{tambor}} + Q_{\text{funda}} = 19.651 \text{ kcal/día.}$$

◆ ENFRIAMIENTO DE LOS PALLETS

El material de los pallets es pino, el peso de los pallets es de 30 kilos por pallet. Con 44 pallets/día la cantidad total enfriada es 1.320 kg/día (1500 kg/día). El aporte calorífico de los pallets será:



$$Q_{\text{pallet}} = m_{\text{pallet}} \cdot c_{\text{pallet}} \cdot (t_i - t_f)$$

c_{pallet} , calor específico del pino 0.67 kcal/ kg °C, entonces:

$$Q_{\text{pallet}} = 38.190 \text{ kcal/día}$$

El aporte calorífico total del aporte interno será:

$$Q_{\text{total}} = Q_s + Q_{\text{embalaje}} + Q_{\text{pallet}} = 2'210.001 \text{ kcal/día}$$

5.2 APOORTE EXTERNO

♦ APOORTE CALORIFICO POR PAREDES, PISO Y TUMBADO

El aporte calorífico, se calculará con la fórmula:

$$Q_p = K \cdot S \cdot (t_a - t_{\text{cam}}) \cdot 24, \text{ Kcal/día (ec. 5.4)}$$

donde:

S, superficie de la transferencia de calor, m²

k, coeficiente global de transferencia de calor, kcal/kg °C

t_a , temperatura ambiente, °C

t_{cam} , temperatura interna de la cámara, °C

⇒ APOORTE CALORIFICO POR LAS PAREDES

Para el cálculo se utilizará la información del capítulo IV, donde se especifican los espesores y los coeficientes de conductividad de los materiales que componen las paredes, piso y tumbado, también la

información necesaria para encontrar el espesor económico e para el aislamiento térmico y el coeficiente global de transferencia de calor.

La diferencia de temperatura entre la temperatura del exterior y la temperatura interna de la cámara se calcula con la siguiente ecuación:

$$\Delta t = t_a - t_{cam} \text{ (ec. 5.5)}$$

La diferencia de temperatura entre la temperatura del medio ambiente y la temperatura del interior de la cámara es 57°C , de la tabla IX del capítulo IV, el coeficiente global de transferencia de calor es $0.165 \text{ kcal/m}^2 \text{ h }^{\circ}\text{C}$, se usará como coeficiente de convección superficial los valores:

- a) Pared en contacto con aire externo $h_e = 20 \text{ kcal/m}^2 \text{ h }^{\circ}\text{C}$
- b) Pared en contacto con aire en cámara muy ventilada $h_i = 15 \text{ kcal/m}^2 \text{ h }^{\circ}\text{C}$

Con la ecuación 4.1 del capítulo IV, se halla el espesor económico e_x del aislante de las paredes es 17 cm, el aporte calorífico de las paredes se determina con la ecuación 5.4, existen dos paredes de igual sección.

$$Q_{p1} = 20.730,12 \text{ Kcal/día}$$

$$Q_{p2} = 8.848,22 \text{ Kcal/día}$$

En el texto "Manual para la industria del camarón", por el Ing. Vargas Z., se recomienda construir una precámara entre la cámara de congelación y

la cámara de conservación, la precámara se hallará a una temperatura de 10°C , la diferencia de temperatura, entre la temperatura interna de la cámara y la temperatura de la precámara es de 35°C , el coeficiente global de transferencia de calor es igual a $0,275 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$, los coeficiente de convección superficial son:

a) Pared en contacto con aire en cámara ligeramente ventilada

$$h_e = 10 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$$

b) Pared en contacto con aire en cámara muy ventilada $h_i = 15 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$

El espesor económico e_x del aislante de la pared es 10 cm, el aporte calorífico de la pared es

$$Q_{p3} = 9.055,20 \text{ Kcal/día}$$

⇒ APORTE CALORIFICO POR EL PISO

Del texto "Principios y sistemas de refrigeración" por E. Pita de Noriega Editores, editorial Limusa, recomienda utilizar la temperatura del medio ambiente como la temperatura del piso, para el cálculo del aislamiento térmico del piso, la temperatura del piso es 32°C , la diferencia de temperatura, entre la temperatura del piso y la temperatura interna de la cámara es de 57°C , el coeficiente global de transferencia de calor es igual a $0,165 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$, los coeficiente de convección superficial son los siguientes:

a) Pared en contacto con aire en cámara muy ventilada $h_i=15 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C}$

b) El valor de h_e es igual a cero, no existe coeficiente convectivo

El espesor económico e_x del aislante del piso es 11 cm, el aporte calorífico del piso es

$$Q_{p4} = 12.956,33 \text{ Kcal/día}$$

⇒ APORTE CALORIFICO POR EL TUMBADO

Los datos de construcción del tumbado son iguales a los de las paredes.

La diferencia de temperatura, entre la temperatura del medio ambiente y la temperatura interna de la cámara es de 57°C , el coeficiente global de transferencia de calor es igual a $0,165 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C}$, los coeficiente de convección superficial son los siguientes:

a) Pared en contacto con aire en cámara no ventilada $h_e=7 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C}$

b) Pared en contacto con aire en cámara muy ventilada $h_i=15 \text{ kcal/m}^2 \text{ h}^{\circ}\text{C}$

El espesor económico e_x del aislante del tumbado es 17 cm, el aporte calorífico del tumbado será,

$$Q_{p5} = 12.956,33 \text{ Kcal/día}$$

El aporte calorífico total Q_p será igual a,

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} = 64.546,20 \text{ Kcal/día}$$

♦ APOORTE CALORIFICO POR RENOVACION DE AIRE

Al abrir la puerta de la cámara, tiene lugar la filtración de aire desde el exterior, la diferencia entre la entalpia del aire que se filtra y la del espacio representa una carga de calor que es preciso remover mediante el equipo de refrigeración, el aporte calorífico se calcula con la siguiente ecuación:

$$Q_{ren} = N \cdot V / v_a \cdot (h_a - h_r)$$

donde:

N, número de renovaciones por día

V, volumen interior de la cámara m³

v_a, volumen del aire en las condiciones del aire exterior en m³ / kg

h_a, entalpía del aire en las condiciones exteriores en kcal/kg

h_r, entalpía del aire en las condiciones interiores en kcal/kg

El número de renovaciones de aire recomendado es de 3.6 cambios de aire en un día, valor que se halla en la tabla 14.5 del texto "Principios y sistemas de refrigeración" por E. Pita, editorial Limusa, capítulo 14 sección 14.3, los valores de v_a, h_a y h_r se determina en el diagrama psicométrico para altas temperaturas y bajas temperaturas que se encuentran en el folleto "Curso de refrigeración" por Ing. Vargas Z. Con una temperatura de la precámara de 10⁰C y humedad relativa del 70%, la temperatura interna de la cámara de congelación es -25⁰C, con humedad relativa del 90%, los valores buscados son los siguientes:

a) $V = 321,44 \text{ m}^3$

b) $v_a = 0,8 \text{ m}^3 / \text{kg}$

c) $h_a = 5,8 \text{ kcal/kg}$

d) $h_f = -5,8 \text{ kcal/kg}$

El aporte calorífico por la renovación de aire será:

$$Q_{ren} = 16.779,20 \text{ kcal/día}$$

◆ APOORTE CALORIFICO POR LOS MOTORES

La manipulación del producto se realizará con un montacargas, el cual trabajará tres horas por día, con una potencia de 50 Hp.

El aporte calorífico por los motores esta dado por la ecuación:

$$Q_{motor} = \Sigma (860 \cdot P \cdot t)$$

donde:

860, factor de conversión, $1\text{Kw}=860 \text{ kcal/h}$

P, potencia del motor en Kw

t, número de horas de funcionamiento

El aporte calorífico es:

$$Q_{motor} = 96.105 \text{ kcal/día}$$

◆ APOORTE CALORIFICO POR EL PERSONAL

El personal que trabaja en la cámara de congelación es de 3 trabajadores, tres horas en un día, los cuales desprenderán calor y debe ser removido por el equipo frigorífico de la cámara.

El aporte calorífico se lo calcula con la fórmula:

$$Q_{\text{personal}} = N \cdot C \cdot t$$

donde

N, número de personas

C, calor desprendido por el personal Kcal/h

t, tiempo de permanencia del personal en la cámara

El calor desprendido por el personal se lo halla de la tabla X. El calor metabólico a -13°F es 360,36 kcal/h, extrapolando valores.

El aporte calorífico es,

$$Q_{\text{personal}} = 3.243,24 \text{ kcal/día}$$

TABLA X
CALOR METABOLICO DEL PERSONAL

Temperatura de la cámara °F	Calor metabólico	
	Btu/h	Kcal/h
0	1300	327,6
-10	1400	352,8
-20	1500	378,0
-30	1500	378,0

FUENTE: ING. VARGAS Z.

◆ APORTE CALORIFICO POR LA ILUMINACION

La iluminación es otro aspecto que se considera, en producir calor dentro de la cámara, el valor recomendado para cámara de congelación es de 12 W/m² por superficie de piso, el valor es recomendado del texto "Manual para manipuleo y procesamiento de camarón" texto adicional de tecnología pesquera, biblioteca del Instituto Nacional de Pesca.

El aporte calorífico por el alumbrado será:

$$Q_{\text{iluminación}} = 860 \cdot W \cdot t$$

donde

860, factor de conversión

W , potencia total de lámparas kw

t , tiempo de servicio en horas

La potencia total de las lámparas es 0,69 kw, el tiempo de servicio es 3 horas por día. Se tiene el aporte calorífico por alumbrado de:

$$Q_{\text{iluminación}} = 1.780,2 \text{ kcal/día}$$

5.3 CARGA DE ENFRIAMIENTO TOTAL DE LA CAMARA DE CONGELACION

La carga total está dada por la suma de los aportes interno y externo,

$$Q_{\text{enfriamiento}} = Q_{\text{total}} + Q_p + Q_{\text{ren}} + Q_{\text{motor}} + Q_{\text{personal}} + Q_{\text{iluminación}}$$

$$Q_{\text{enfriamiento}} = 2'392.454,81 \text{ kcal/día}$$

En la práctica se acostumbra tomar un factor de seguridad del 10% de la carga total de enfriamiento, por lo cual da:

$$Q_{\text{enfriamiento}} = 2'631.700 \text{ kcal/día}$$

La carga de enfriamiento total es 146.206 kcal/h trabajando 18 h/día, el valor en toneladas de refrigeración es 48,34.

CAPITULO VI

CALCULO DE LA CARGA FRIGORIFICA DE LA CAMARA DE CONSERVACION

Para el cálculo de la carga frigorífica se considerará las mismas variables del capítulo V, el producto se almacenará por siete días hasta su exportación.

6.1 APORTE INTERNO

◆ ENFRIAMIENTO DEL PRODUCTO

La cantidad de producto almacenado será de 80000 kg/día del jugo concentrado de maracuyá, la manipulación del producto será con montacargas y la temperatura de almacenamiento será -20°C .

La cantidad de calor absorbida se calculará, con la siguiente ecuación:

$$Q_s = m \cdot c_2 \cdot (t_i - t_f)$$

m , cantidad del producto, 80000 kg/día

c_2 , calor específico del producto después de la congelación,
 $0,34 \text{ kcal/kg } ^{\circ}\text{C}$

t_i , temperatura con que sale el producto de la cámara de congelación,
 -18°C

t_f , temperatura de almacenamiento del producto, -20°C .

El resultado del aporte calorífico del producto será:

$$Q_s = 54.400 \text{ kcal/día}$$

♦ ENFRIAMIENTO DEL EMBALAJE

El cálculo de esta variable se explicó en el capítulo V, los valores serán:

⇒ ENFRIAMIENTO DE LOS TAMBORES

El número de tambores enfriados será 348 tambores/día con un peso total de 6.264 kg/día. El aporte calorífico por los tambores será:

$$Q_{\text{tambor}} = m_{\text{tambor}} \cdot c_{\text{tambor}} \cdot (t_i - t_f)$$

$$Q_{\text{tambor}} = 1.753,92 \text{ kcal/día}$$

⇒ ENFRIAMIENTO DE LAS FUNDAS DE POLIETILENO

La cantidad de fundas enfriadas será 283 kg/día, el aporte calorífico de las fundas será:

$$Q_{\text{funda}} = m_{\text{funda}} \cdot c_{\text{funda}} \cdot (t_i - t_f)$$

$$Q_{\text{funda}} = 311,3 \text{ kcal/día}$$

El aporte calorífico total del embalaje será:

$$Q_{\text{embalaje}} = Q_{\text{tambor}} + Q_{\text{funda}} = 2.065,22 \text{ kcal/día}$$

◆ ENFRIAMIENTO DE LOS PALLETS

El total de pallets enfriados es 88 pallets/día con un peso de 2.640 kg/día.

El aporte calorífico de los pallets será:

$$Q_{\text{pallets}} = m_{\text{pallets}} \cdot C_{\text{pallets}} \cdot (t_i - t_f)$$

$$Q_{\text{pallets}} = 3.537,60 \text{ kcal/día}$$

El aporte calorífico total del aporte interno será:

$$Q_{\text{total}} = Q_S + Q_{\text{embalaje}} + Q_{\text{pallets}} = 60.002,82 \text{ kcal/día}$$

6.2 APOORTE EXTERNO

◆ APOORTE CALORIFICO POR PAREDES, PISO Y TUMBADO

⇒ APOORTE CALORIFICO POR LAS PAREDES

El cálculo de esta variable se explicó en el capítulo V, la diferencia de temperatura, entre la temperatura del medio ambiente y la temperatura del interior de la cámara es de 52⁰C, de la tabla IX del capítulo IV, el coeficiente global de transferencia de calor es igual a 0,19 kcal/m² h ⁰C, Los valores de los coeficientes de convección superficial serán los mismos valores usados en el capítulo V.

El espesor económico e_x del aislante de las paredes es 15 cm.

El aporte calorífico, considerando que existen dos paredes de igual sección, es.

$$Q_{p1} = 29.478,75 \text{ kcal/día}$$

$$Q_{p2} = 16.067,25 \text{ kcal/día}$$

La diferencia de temperatura entre la temperatura de la precámara y la temperatura interna de la cámara es de 30°C , el coeficiente global de transferencia de calor es igual a $0,30 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$, los valores de los coeficientes de convección superficial serán los mismos valores usados en el capítulo V.

El espesor económico e_x del aislante de la pared es 9 cm. El aporte calorífico es

$$Q_{p3} = 14.636,16 \text{ kcal/día}$$

⇒ APORTE CALORIFICO DEL PISO

La diferencia de temperatura, entre la temperatura del piso y la temperatura del interior de la cámara es de 52°C , el coeficiente global de transferencia de calor es igual a $0,19 \text{ kcal/m}^2 \text{ h } ^{\circ}\text{C}$, los valores de los coeficientes de convección superficial serán los mismos valores usados en el capítulo V.

El espesor económico e_x del aislante del piso es 15 cm. El aporte calorífico es

$$Q_{p4} = 31.847,58 \text{ kcal/día}$$

⇒ APORTE CALORIFICO DEL TUMBADO

La diferencia de temperatura, entre la temperatura del medio ambiente y la temperatura del interior de la cámara es de 52°C , el coeficiente global de transferencia de calor es igual a $0,19 \text{ kcal/m}^2 \text{ h }^{\circ}\text{C}$, los valores de los coeficientes de convección superficial serán los mismos valores usados en el capítulo V.

El espesor económico e_x del aislante del tumbado es 15 cm. El aporte calorífico es

$$Q_{p5} = 31.847,58 \text{ kcal/día}$$

El aporte calorífico total Q_p será igual a:

$$Q_p = Q_{p1} + Q_{p2} + Q_{p3} + Q_{p4} + Q_{p5} = 123.87732 \text{ kcal/día}$$

◆ APORTE CALORIFICO POR RENOVACION DE AIRE

Esta variable se explicó en el capítulo V, la ecuación para hallar el valor fue explicada en el mismo capítulo. Los valores de los parámetros que componen la ecuación serán:

N, número de renovaciones por día, valor recomendado 2,24

V, volumen de la cámara, 752,14 m³

v_a, volumen del aire en las condiciones exteriores, 0,8 m³/kg

h_a, entalpía del aire en las condiciones exteriores 5,8 kcal/kg

h_f, entalpía del aire en las condiciones interiores de la cámara -20°C de temperatura y 90% de humedad relativa, -4,48 kcal/kg.

El aporte calorífico por renovación de aire será:

$$Q_{ren}=21.691,83 \text{ kcal/día}$$

◆ APORTE CALORIFICO POR LOS MOTORES

Para la manipulación del producto desde la cámara de congelación a la cámara de almacenamiento se usará un montacargas.

El aporte calorífico por los motores será:

$$Q_{motor}= 96.105 \text{ kcal/día}$$

◆ APORTE CALORIFICO POR EL PERSONAL

El personal que trabaja en la cámara será 3 trabajadores. La ecuación para calcular el aporte se explicó en el capítulo V, el calor metabólico del personal se determina de la tabla X, interpolando el valor buscado es 337,68 kcal/h, el aporte calorífico será:

$$Q_{\text{personal}} = 3.039,12 \text{ kcal/día}$$

♦ APORTE CALORIFICO POR ILUMINACION

El valor recomendado para cámaras de conservación es de 10 W/m^2 por superficie de piso, la potencia de las lamparas será 1,3 Kw, el aporte calorífico por iluminación será:

$$Q_{\text{iluminación}} = 3.354 \text{ kcal/día}$$

6.3 CARGA DE ENFRIAMIENTO TOTAL DE LA CAMARA DE CONSERVACION

La carga de enfriamiento esta dada por la suma de los aportes internos y los externos,

$$Q_{\text{enfriamiento}} = Q_{\text{total}} + Q_p + Q_{\text{ren}} + Q_{\text{motor}} + Q_{\text{personal}} + Q_{\text{iluminación}}$$

$$Q_{\text{enfriamiento}} = 308.070 \text{ kcal/día}$$

En la práctica se toma un factor de seguridad del 10% de la carga total de enfriamiento, por lo cual tenemos

$$Q_{\text{enfriamiento}} = 338.877 \text{ kcal/día}$$

La carga de enfriamiento total es 18.827 kcal/h trabajando 18h/día, el valor en toneladas de refrigeración es 6,22.

CAPITULO VII

SELECCION DEL REFRIGERANTE Y CICLO DE REFRIGERACION

7.1. SELECCION DEL REFRIGERANTE

Los refrigerantes se clasifican en dos grandes grupos:

Refrigerantes primarios: son aquellos que actúan haciendo uso de su calor latente de vaporización, para absorber calor del cuerpo o sustancia a enfriar. Estos refrigerantes son usados en los sistemas de refrigeración directa.

Refrigerantes secundarios: son aquellos que han sido previamente enfriados por los refrigerantes primarios para posteriormente ser utilizados como agentes de enfriamiento para absorber calor del cuerpo o sustancia a enfriar. Estos refrigerantes son usados en los sistemas de refrigeración indirecta.

Los refrigerantes más usados en las instalaciones industriales hasta -
- 40°C son el amoníaco y los refrigerantes primarios como el R22 con sistemas de una o dos etapas, en especial para cámaras de congelación rápida y para las cámaras de almacenamiento de productos.

Los refrigerantes primarios son:



- a) Amoníaco (R 717)
- b) R 12 (actualmente en desuso)
- c) R 22
- d) R 502

De los refrigerantes anteriores tenemos los siguientes comentarios:

- a) El amoníaco por su alta toxicidad, presenta problemas de seguridad para el personal que trabaja en la planta.
- b) Durante muchos años, se han utilizado con éxito los refrigerantes halogenados (CFC's), aparentemente eran la opción ideal debido a su combinación de propiedades únicas, pero sus componentes principales como el cloro y el flúor, se los han relacionado con el agotamiento de la capa de ozono del planeta, la tabla XI nos da una idea acerca de su magnitud.

En 1989 para tratar sobre este problema se reunieron en Montreal los representantes de 44 naciones, como resultados se firmó el Protocolo de Montreal, decidiendo en reducirse en un 50% la producción de los CFC hasta Julio 1998.

El uso del refrigerante R 12 fue vetado completamente y su producción quedó prohibida desde 1995. El Consejo de Ministros Europeos del

Medio Ambiente acordó disminuir en 85% la utilización del R 11, R 12 y R 502 hasta el 31 de Diciembre de 1993, y prohibir el uso de éstos en equipos nuevos a partir del 1 de Enero de 1996.

TABLA XI

**INFLUENCIA DE LOS CFC's EN EL POTENCIAL AGOTAMIENTO DEL
OZONO**

REFRIGERANTE	ODP	GP
R 11	1.0	0.32
R 12	1.0	1.0
R 115	0.6	1 a 3
R 22	0.05	0.07
R123	0.01	0.01
R 125	0	< 0.2
R 134 a	0	< 0.1
R 502	0.33	1.33

FUENTE: SEMINARIO SOBRE REFRIGERACION INDUSTRIAL

(CIMEG)

Poder de reducción de la capa de ozono (ODP)

Potencial de Invernadero (GP)

El uso de refrigerante R 22 estará disponible hasta el 2020 y quedará

completamente prohibido su uso para el 2040.

Con lo expuesto anteriormente se están desarrollando refrigerantes alternativos para sustituir los CFC's, la serie alternativa de Du Pont sobre la base de compuestos de hidroclorofluorocarbono (HCFC) e hidrofurocarbono (HFC) se denominan refrigerantes SUVA.

Las pruebas han demostrado que los HCFCs y los HFCs exhiben propiedades y características de rendimiento similares a los CFC's, pero con un impacto ambiental enormemente reducido, ofrecen una toxicidad aceptable, una estabilidad en el uso, no son inflamables y presentan una baja reactividad fotoquímica. Y aunque no son sustitutos directos, los refrigerantes HCFC y HFC requieren cambios mínimos en el equipo cuando se comparan con otros productos, que no son alternativos de este tipo.

Du Pont ofrece una lista de los refrigerantes SUVA, que reemplazarán a los CFC's, y son los siguientes:

- a) SUVA Centri-LP (HCFC 123), que reemplazará al CFC 11.**
- b) SUVA Chill-LP (HCFC 124), que reemplazará al CFC 114.**
- c) SUVA Cold-MP y Trans A/C (HFC 134 a), que reemplaza al CFC 12, actualmente disponible.**

A continuación se detalla el siguiente criterio para seleccionar el refrigerante a ser usado:

Después de la reducción de la capa de ozono se escoge entre:

- a) Baja temperatura, CO₂, R123**
- b) Industrial, amoníaco, R 22**
- c) Comercial, R134 a, R 22, R125**
- d) Chillers de compresores centrífugos, HCFC 123**
- e) Agentes de espacios en aislamientos HCFC 123 y R 142 a.**

Con lo expuesto en los párrafos anteriores, la selección del refrigerante para los locales frigoríficos que operarán en un rango de temperaturas bajo cero, deberá no ser nocivo para la salud del personal, el amoníaco por ser altamente tóxico no se considera, de los refrigerantes primarios halogenado que no perjudica a la capa de ozono y que se utiliza en la industria es el R22, por el momento de los refrigerantes SUVA que se comercializa es el R134a que reemplaza al R12, por lo tanto el refrigerante a usarse es el R22.

7.2. SELECCION DEL CICLO DE REFRIGERACION

Los sistemas de refrigeración difieren según las necesidades de producción frigorífica, espacio disponible y facilidad de instalación. Los sistemas de refrigeración se clasifican de acuerdo al tipo de refrigerante

a emplearse en la instalación frigorífica, dependiendo si se usan refrigerantes primarios o refrigerantes secundarios, tenemos:

1. Sistemas de refrigeración directa
2. Sistemas de refrigeración indirecta

En la sección anterior se seleccionó los refrigerantes primarios, el sistema de refrigeración directa será el sistema usado a continuación.

SISTEMA DE REFRIGERACION DIRECTA

El sistema de refrigeración directa o llamados de expansión directa se clasifican según las etapas de presión a la cual trabajen los compresores de la planta frigorífica. Se clasifican en:

1. CICLOS A UNA ETAPA DE COMPRESION MECANICA
2. CICLO A DOS ETAPAS DE COMPRESION MECANICA

1. CICLOS A UNA ETAPA DE COMPRESION MECANICA.

Este sistema opera exclusivamente con refrigerante primario. El fluido refrigerante es desplazado por medio del compresor que lo comprime a alta presión y temperatura para luego circular a través del condensador, donde se licúa, para continuar hacia la válvula de expansión, en la válvula de expansión el refrigerante cae su presión y temperatura para ser introducido en un evaporador, luego al pasar el refrigerante por éste, se

evapora extrayendo calor del aire circulante dentro del local a enfriar.

2. CICLO A DOS ETAPAS DE COMPRESION MECANICA

En el folleto escrito por el Ing. Vargas Z, titulado "Curso de refrigeración", se recomienda adoptar un ciclo a dos etapas, dependiendo de la tasa de compresión (r) del refrigerante seleccionado.

Siendo el refrigerante R 22 un refrigerante del grupo de los hidrocarburos halogenados o cloro flúor carbonados las condiciones para usar dicho ciclo son:

a) El diferencial de temperatura entre las temperaturas de condensación y evaporación debe ser mayor o igual a 70°C .

$$\Delta t = t_c - t_e \geq 70^{\circ}\text{C}.$$

b) La tasa de compresión entre la presión de condensación y de evaporación es igual o mayor a 10.

$$r = p_c / p_e \geq 10$$

Estas condiciones se toman en cuenta dado que cuando aumenta la tasa de compresión se reduce la eficiencia volumétrica del compresor y aumenta el calor de compresión, para aumentar la eficiencia de operación en bajas temperaturas, la compresión puede realizarse en dos etapas, la tasa de compresión de cada etapa será igual a la raíz cuadrada de la

tasa de compresión total (1/4 del total de la tasa de compresión para el límite normal de operación en compresores de dos etapas).

La compresión de dos etapas puede lograrse con el uso de dos compresores, conectando la descarga de uno de ellos con la succión del segundo, a través de una botella intermedia de presión, sin embargo dada la dificultad de mantener los niveles correctos de aceite en ambos cárteres, es más recomendable usar un compresor con cilindros múltiples.

7.3 CALCULO DE LA TEMPERATURA Y PRESION DE CONDENSACION Y EVAPORACION

Para seleccionar el ciclo de refrigeración, debemos hallar la tasa de compresión para la cámara de congelación y conservación del concentrado de maracuyá. Primero determinar las temperaturas y presiones de condensación y evaporación respectivamente, para la determinación de los parámetros de temperatura debemos establecer sus condiciones de diseño tal como sigue:

1) Para la determinación de la temperatura ambiente y de la humedad relativa, tenemos que usar las condiciones meteorológicas de la ciudad de Guayaquil, para la región de la costa ecuatoriana, se tiene una temperatura promedio máxima de 32⁰C para el mes de Febrero y una temperatura promedio mínima de 19⁰C para el mes de Agosto.

Para determinar la humedad relativa de la ciudad de Guayaquil, usaremos las recomendaciones del texto "Handbook of Fundamentals", publicada por la American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., las condiciones ambientales de diseño (tabla XIII), para los cálculos de aire acondicionado y refrigeración, se escoge la temperatura de bulbo seco la temperatura de 32°C , como la temperatura de bulbo húmedo la temperatura de 27°C , usando la carta psicrométrica para altas temperatura la humedad relativa es del 65%.

2) Del texto escrito por el Ing. Vargas Z, titulado "Manual de la Industria del camarón" recomienda para las cámaras de congelación y conservación los siguientes valores:

- a) Temperatura de la cámara de congelación, -25°C con 90% de humedad relativa.
- b) Temperatura de la cámara de conservación, -20°C con 90% de humedad relativa.

Para evitar los problemas de desperdicio de agua ó de tratamiento de ésta, hemos seleccionado un condensador enfriado por aire. De acuerdo a lo recomendado en el folleto titulado "Curso de refrigeración", escrito por el Ing. Vargas Z. y conforme a la práctica usual se asume una diferencia de temperatura entre la temperatura ambiente y el refrigerante

de 10 a 15⁰C, para nuestro proyecto asumo una diferencia de 10⁰C, la temperatura de condensación será:

$$\Delta t = t_c - t_{\text{aire}}$$

$$t_c = 32 + 10 = 42^0\text{C}$$

La presión de condensación para el refrigerante 22 con la temperatura de condensación hallada anterior es,

$$p_c = 16.59 \text{ kg./cm}^2$$

El evaporador usado en este tipo de instalaciones, es un evaporador enfriador de aire de tubos aleteado, hallamos la temperatura de evaporación con las siguientes condiciones:

a) Temperatura de la cámara de congelación, -25⁰C con 90% de HR, para este cálculo utilizaremos la tabla XII, de la tabla XII, con 90% de HR, la diferencia de temperatura para el evaporador de tubos aleteados es de 5⁰C.

La temperatura de evaporación será:

$$\Delta t = t_{\text{cam}} - t_e$$

$$t_e = -25 - 5 = -30^0\text{C}$$

b) La presión de evaporación para el refrigerante 22 correspondiente a la temperatura de evaporación hallada anteriormente de acuerdo a las tablas termodinámicas será:

$$p_e = 1.679 \text{ kg./cm}^2$$

TABLA XII

DIFERENCIA DE TEMPERATURA VS. HUMEDAD RELATIVA

HUMEDAD RELATIVA(%)	90	85	80	75
TUBOS LISOS (°C)	3	5	7	10
TUBOS CON ALETAS (°C)	5-6	7-8	9-10	12-13

FUENTE: CURSO DE REFRIGERACION (ING. VARGAS Z)

La tasa de compresión para la cámara de congelación será igual a:

$$r = p_c / p_0 = 9.76$$

La tasa de compresión hallada es menor a 10, se escogerá el ciclo de una etapa de compresión mecánica para la cámara de congelación.

Para la cámara de conservación, se hallará la temperatura de evaporación con las siguientes condiciones:

a) Temperatura de la cámara de conservación, -20°C con 90% de humedad relativa. Por usar el mismo valor de humedad relativa, de la tabla XII, la diferencia de temperatura para los evaporadores de tubos aleteados es de 5°C , la temperatura de evaporación es:

$$\Delta t = t_{\text{cam}} - t_e$$

$$t_e = -20 - 5 = -25^{\circ}\text{C}$$

b) La presión de evaporación para el refrigerante 22 correspondiente a la temperatura de evaporación hallada anteriormente es:

$$p_e = 2.06 \text{ kg./cm}^2$$

La relación de compresión para la cámara de almacenamiento es:

$$r = p_c / p_e = 8$$

La relación de compresión hallada es menor a 10, se escogerá el ciclo de una etapa de compresión mecánica para la cámara de conservación.

TABLA XIII
TEMPERATURAS DE DISEÑO

Table 2 . . . Climatic Conditions for Other Foreign Countries (Continued)

Col. 1 Country and Station	Col. 2 Latitude and Longitude	Col. 3 Elevation, Ft.	Winter				Summer							
			Col. 4			Col. 5 Design Dry-Bulb			Col. 6 Outdoor Daily Range F deg	Col. 7 Design Wet-Bulb				
			Mean of Annual Extremes	99%	97½%	1%	2½%	5%		1%	2½%	5%		
CUBA														
Camaguey Bay	19 51N/75 09W	21	60	64	60	94	93	92	16	82	81	80		
Havana	23 08N/82 21W	80	54	59	62	92	91	89	14	81	81	80		
CZECHOSLOVAKIA														
Prague	50 05N/14 25E	662	3	4	0	88	85	83	16	66	65	64		
DELMARY														
Capehagen	55 41N/12 33E	43	11	16	19	79	76	74	17	68	66	64		
DOMINICAN REPUBLIC														
Santo Domingo	18 29N/69 54W	57	61	63	65	92	90	88	16	81	80	80		
ECUADOR														
Guayaquil	2 10S/79 53W	20	61	64	65	92	91	89	20	80	80	79		
Quito	0 13S/78 32W	9446	30	36	39	73	72	71	32	63	62	62		
EL SALVADOR														
San Salvador	13 42N/89 13W	2238	51	54	56	98	96	95	32	77	76	75		
ETHIOPIA														
Add. Ababa	9 02N/38 45E	7753	35	39	41	84	82	81	28	60	65	64		
Amara	15 17N/38 55E	7628	36	40	42	83	81	80	27	65	64	63		
FIJI														
Hotiaki	60 10N/21 57E	30	-11	-7	-1	77	74	72	14	66	65	63		
FRANCE														
Lyon	45 42N/4 47E	938	-1	10	11	91	89	86	23	71	70	69		
Marseille	43 18N/5 23E	246	23	25	28	90	87	84	22	72	71	69		
Nantes	47 15N/1 34W	121	17	22	26	80	83	80	21	70	69	67		
Nice	43 42N/7 16E	39	31	34	37	87	85	83	15	73	72	72		
Paris	48 49N/2 29E	164	16	22	25	89	86	83	21	70	68	67		
Strasbourg	48 35N/7 16E	165	9	11	16	80	83	80	20	70	69	67		
FRIGIAN GUANIA														
Cayenne	4 56N/52 27W	20	69	71	72	93	91	90	17	83	83	82		
GERMANY														
Berlin	52 27N/13 18E	187	6	7	12	84	81	78	19	68	67	66		
Hamburg	53 31N/9 58E	66	10	12	16	80	76	73	13	68	66	65		
Hannover	52 21N/9 10E	561	7	16	20	82	78	75	17	68	67	65		
Munich	49 31N/8 58E	359	2	8	11	87	85	82	18	71	69	68		
Munich	48 09N/11 34E	1729	-1	5	9	86	83	80	18	68	66	64		
GHANA														
Accra	5 33N/0 12W	88	65	68	69	91	90	89	13	80	79	79		
GREATER														
Cuba	36 09N/5 24W	11	38	42	45	92	89	86	14	76	75	74		
GREECE														
Athens	37 58N/23 43E	354	29	33	36	96	93	91	18	72	71	71		
Thessaloniki	40 37N/22 57E	78	23	28	32	95	93	91	20	77	76	75		
GUINEA														
Nouakchott	61 14N/45 25W	85	-23	-12	-8	66	63	61	20	56	54	52		
GUATEMALA														
Guatemala City	14 37N/90 31W	4855	45	48	51	83	82	81	24	69	68	67		
GUAYANA														
Georgetown	6 50N/58 19W	6	70	72	73	89	88	87	11	80	79	79		
HAI														
Port au Prince	18 33N/72 20W	121	63	65	67	97	95	93	20	82	81	80		
HONDURAS														
Tegucigalpa	14 06N/87 13W	3094	44	47	50	89	87	85	28	73	72	71		
HONG KONG														
Hong Kong	22 18N/114 10E	109	43	48	50	92	91	90	10	81	80	80		
HUNGARY														
Budapest	47 31N/19 02E	394	8	10	14	90	86	84	21	72	71	70		
INDIA														
Delhi	61 08N/21 56E	59	8	14	17	59	58	56	16	54	53	53		
INDONESIA														
Ammanabad	23 02N/72 35E	163	49	53	56	109	107	105	28	80	79	78		
Bangalore	12 57N/77 37E	3024	53	56	58	96	94	93	26	75	74	74		
Bombay	18 54N/72 09E	37	62	65	67	96	94	92	13	82	81	81		
Calcutta	22 32N/88 20E	21	49	52	54	98	97	96	22	83	82	82		
Madras	13 04N/80 15E	51	61	64	66	104	102	101	19	84	83	83		
Nagpur	21 09N/79 07E	1017	45	51	54	110	108	107	30	79	79	78		
New Delhi	28 35N/77 12E	703	35	39	41	110	107	105	26	83	82	82		
INDONESIA														
Djakarta	6 11S/106 50E	26	69	71	72	90	89	88	14	80	79	78		
Kopang	10 10S/123 31E	118	63	66	68	94	93	92	20	81	80	80		
Makassar	5 08S/119 28E	61	61	66	68	90	89	88	17	80	80	79		
Medan	3 35N/98 41E	77	66	69	71	92	91	90	17	81	80	79		
Palembang	3 06S/104 46E	20	67	70	71	92	91	90	17	80	79	79		
Surabaya	7 13S/112 43E	10	64	66	68	91	90	89	18	80	79	79		

CAPITULO VIII

TERMODINAMICA DEL CICLO DE REFRIGERACION

En capítulos anteriores se escogió como sistema de refrigeración el ciclo de compresión mecánica de una etapa, con el diagrama presión-entalpía se analizará el funcionamiento del sistema de refrigeración, las diferentes características importantes de funcionamiento son, capacidad de enfriamiento, potencia requerida por el compresor, flujo de refrigerante y cantidad de calor rechazado en el condensador, en el capítulo se analizarán los ciclos de refrigeración para los locales frigoríficos.

8.1 TEMPERATURA DE EVAPORACION Y CONDENSACION DEL CICLO

La temperatura de condensación del ciclo se determinó en el capítulo VII, el valor es 42°C , la presión de condensación es 16.60 kg/cm^2 , la temperatura de evaporación se determinó para los locales frigoríficos y son:

- a) Temperatura de evaporación para la cámara de congelación, -30°C y la presión de evaporación es 1.70 kg/cm^2 .
- b) Temperatura de evaporación para la cámara de conservación, -25°C y la presión de evaporación es 2.06 kg/cm^2 .

8.2 RECALENTAMIENTO Y SUBENFRIAMIENTO DEL CICLO DE REFRIGERACION.

En los evaporadores de expansión directa, el refrigerante está por lo general recalentado antes de salir del evaporador, esta condición provee un medio de control del flujo del refrigerante cuando se utiliza una válvula termostática de expansión, y ayuda a evitar que entre líquido al compresor y evitar daños, las temperaturas típicas de control del recalentamiento recomendada por el texto "Principios y sistemas de refrigeración" por E. Pita, varían entre 3 y 8⁰C.

El subenfriamiento del refrigerante produce el aumento del efecto refrigerante y se produce menor cantidad de gas de vaporización, en el folleto "Curso de refrigeración" por el Ing. Vargas Z, recomienda utilizar el mismo intervalo de temperatura tanto para el recalentamiento y el subenfriamiento del refrigerante, es conveniente aprovechar el gas frío de succión para subenfriar el refrigerante líquido caliente que sale del condensador, y suministrar al gas cualquier recalentamiento adicional necesario para impedir que entre líquido al compresor, lo cual se puede lograr con un intercambiador de calor de líquido y succión. La figura #8.1, muestra en forma esquemática un circuito en el cual se utiliza un intercambiador de calor.

Para determinar la temperatura de recalentamiento y subenfriamiento del refrigerante en el ciclo de refrigeración para los locales frigoríficos, se utiliza la diferencia de temperatura de 6°C .

Para la cámara de congelación se tiene los valores:

- a) Temperatura de recalentamiento del refrigerante -25°C**
- b) Temperatura de subenfriamiento del refrigerante 37°C**

Para la cámara de conservación se tiene los valores:

- a) Temperatura de recalentamiento del refrigerante -20°C**
- b) Temperatura de subenfriamiento del refrigerante 37°C**

FIGURA # 8.1
DISTRIBUCION DEL EQUIPO

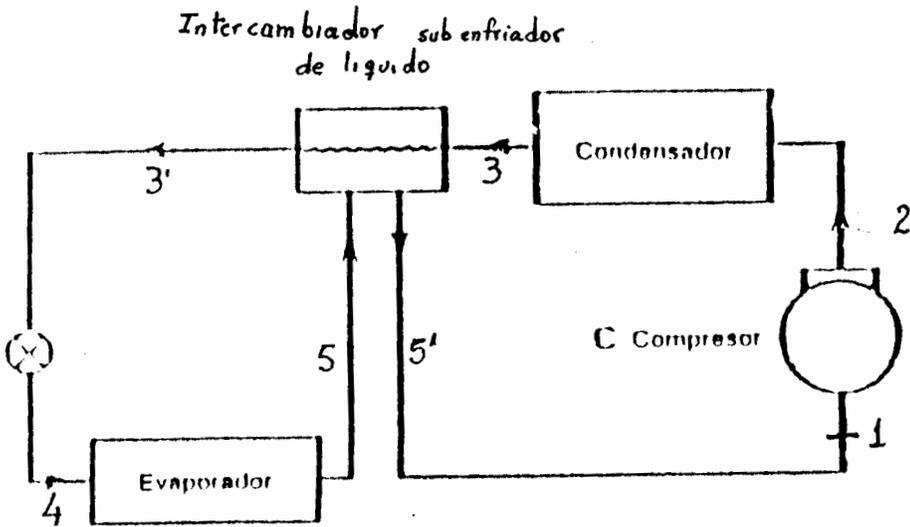
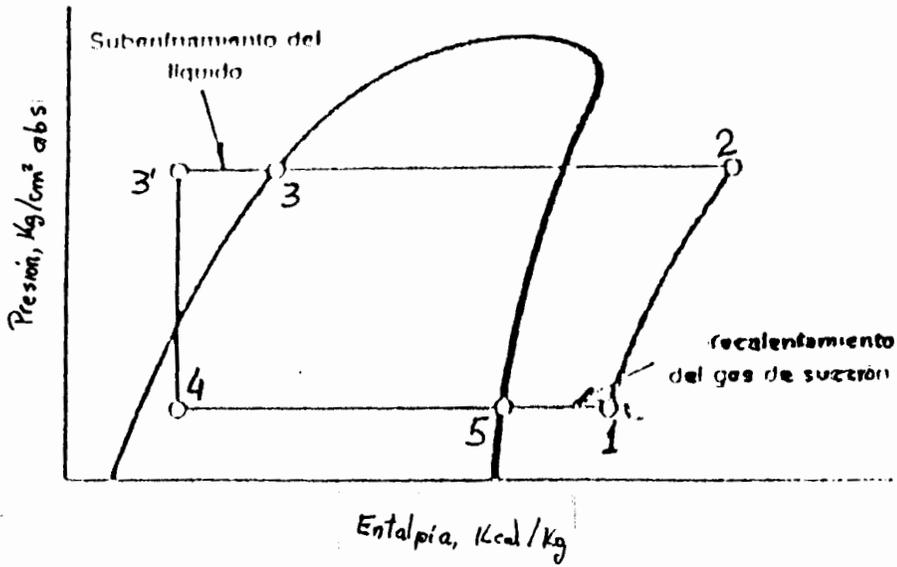


DIAGRAMA DEL CICLO



8.3 ANALISIS DEL CICLO DE REFRIGERACION

Del diagrama presión entalpia, figura # 8.2, para la cámara de congelación los valores son:

a) Punto 1, vapor recalentado entrando al compresor

$$T_1 = -25^{\circ}\text{C}, h_1 = 58 \text{ kcal/kg}, p_1 = p_5 = 2 \text{ kg/cm}^2, v_1 = 0.14 \text{ m}^3/\text{kg},$$

$s_1 = 0.24 \text{ kcal/ kg }^{\circ}\text{C}$, proceso de compresión del refrigerante hasta el punto 2.

b) Punto 2, vapor recalentado entrando al condensador

$$T_2 = 42^{\circ}\text{C}, h_2 = 72 \text{ kcal/kg}, p_2 = 17 \text{ kg/cm}^2$$

c) Punto 3, líquido saturado del refrigerante

$$T_3 = 42^{\circ}\text{C}, p_3 = 17 \text{ kg/cm}^2$$

d) Punto 3', refrigerante subenfriado, el refrigerante pasa por la válvula termostática hasta el punto 4

$$T_3 = 42^{\circ}\text{C}, p_3 = 17 \text{ kg/cm}^2, h_3 = 21 \text{ kcal/kg}$$

e) Punto 4, refrigerante entrando al evaporador

$$T_4 = -30^{\circ}\text{C}, h_4 = 21 \text{ kcal/kg}, p_4 = 2 \text{ kg/cm}^2$$

f) Punto 5, vapor saturado a la salida del evaporador

$$T_5 = -30^{\circ}\text{C}, h_5 = 56 \text{ kcal/kg}, p_5 = 2 \text{ kg/cm}^2$$

Del diagrama de presión entalpia, figura # 8.3, para la cámara de conservación los valores son:

a) Punto 1, vapor recalentado entrando al compresor

$$T_1 = -19^{\circ}\text{C}, h_1 = 58 \text{ kcal/kg}, p_1 = 2 \text{ kg/cm}^2, v_1 = 0.11 \text{ m}^3/\text{kg},$$

$s_1 = 0.23 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}$, proceso de compresión del refrigerante hasta el punto 2.

b) Punto 2, vapor recalentado entrando al condensador

$$T_2 = 42^{\circ}\text{C}, h_2 = 71 \text{ kcal/kg}, p_2 = 17 \text{ kg/cm}^2$$

c) Punto 3, líquido saturado del refrigerante

$$T_3 = 42^{\circ}\text{C}, p_3 = 17 \text{ kg/cm}^2$$

d) Punto 3', refrigerante subenfriado, el refrigerante pasa por la válvula termostática hasta el punto 4

$$T_3' = 37^{\circ}\text{C}, p_3' = 17 \text{ kg/cm}^2, h_3' = 21 \text{ kcal/kg},$$

e) Punto 4, refrigerante entrando al evaporador

$$T_4 = -25^{\circ}\text{C}, h_4 = 21 \text{ kcal/kg}, p_4 = 2 \text{ kg/cm}^2$$

f) Punto 5, vapor saturado a la salida del evaporador

$$T_5 = -25^{\circ}\text{C}, h_5 = 58 \text{ kcal/kg}, p_5 = 2 \text{ kg/cm}^2$$

DETERMINACION DE LAS CARACTERISTICAS PRINCIPALES DEL CICLO DE REFRIGERACION

Para la cámara de congelación se tienen las siguientes características:

a) Potencia de la máquina frigorífica,

$$Q_f = Q_{\text{enfriamiento}}/t'$$

$Q_{\text{enfriamiento}}$, carga de enfriamiento total

t' , tiempo de marcha comercial->14 a 16 h

Industrial->18 a 20 h

El tiempo escogido es de 18 horas, el procesamiento del jugo concentrado del maracuyá se realiza a niveles Industriales, el valor de la potencia frigorífica es,

$$Q_f = 146206 \text{ kcal/h (170 Kw)}$$

b) Caudal másico del refrigerante

$$m = Q_f / (h_1 - h_5) = Q_f / E.R = 4120 \text{ kg/h}$$

c) Caudal volumétrico real del refrigerante

$$v_a = Q_f / (h_1 - h_5) * v_2 = 565 \text{ m}^3/\text{h}$$

Del folleto "Curso de refrigeración" por Ing. Vargas Z, recomienda escoger un compresor volumétrico de pistones alternativos cuando los caudales son menores a 1500 m³/h.

d) Potencia calorífica del condensador

$$Q_c = Q_f * (h_3 - h_2) / (h_1 - h_5)$$

$$Q_c = 59340 \text{ kcal/h}$$

Para la cámara de conservación se tienen las siguientes características:

a) Potencia de la máquina frigorífica,

$$Q_f = Q_{\text{enfriamiento}} / t'$$

$Q_{\text{enfriamiento}}$, carga de enfriamiento total

t' , tiempo de marcha comercial->14 a 16 h

Industrial->18 a 20 h

El tiempo escogido es de 18 horas, el procesamiento del jugo concentrado del maracuyá se realiza a niveles industriales, el valor de la potencia frigorífica es,

$$Q_f = 18827 \text{ kcal/h (18827 fg/h)}$$

b) Caudal másico del refrigerante

$$m = Q_f / (h_1 - h_5) = Q_f / E.R = 513.41 \text{ kg/h}$$

c) Caudal volumétrico real del refrigerante

$$v_a = Q_f / (h_1 - h_5) * v_2 = 5.75 \text{ m}^3/\text{h}$$

El compresor seleccionado será un compresor volumétrico de pistones alternativos, considerando las recomendaciones anteriores.

d) Potencia calorífica del condensador

$$Q_c = Q_f * (h_3 - h_2) / (h_1 - h_5)$$

$$Q_c = 6880 \text{ kcal/h}$$

CALCULO Y SELECCION DEL COMPRESOR

La selección del compresor volumétrico de pistones alternativo, se realizó en los párrafos anteriores, se calcula sus características principales, entre ellas son:

- a) Número de cilindros
- b) Diámetro interior de los cilindros
- c) Carrera de los pistones
- d) Velocidad de rotación del compresor.

Para la cámara de congelación el compresor tiene los siguientes valores:

a) Rendimiento volumétrico, el cual se obtiene de la curva rendimiento volumétrico vs relación de compresión, la figura se halla en el folleto "Curso de refrigeración" por el Ing. Vargas Z (*apéndice h*). Con una relación de compresión de 9.8 se tiene:

$$\eta_v = 61\%$$

Con el valor se determinará el caudal volumétrico teórico, de la siguiente ecuación:

$$\eta_v = v_a / v_t$$

Por lo tanto

$$v_t = 926 \text{ m}^3/\text{h}$$

Se calcula la velocidad lineal de los pistones con la siguiente ecuación:

$$v = 2 \cdot L \cdot n$$

L, carrera del pistón

n, velocidad en rpm

El valor para ser aceptado debe estar en el rango de velocidades de 2 a 5 m/s, el valor de L, se halla de la relación L/d entre la carrera del pistón y el diámetro del cilindro, el valor del diámetro asumido es 10 cm, el valor de L/d escogido es 0.8 valor recomendado en el folleto "Curso de refrigeración" por Ing. Vargas Z, lo cual da el valor de:

$$L = 8 \text{ cm}$$

El valor de la velocidad asumimos de 1150 r.p.m., valor recomendado en el folleto anterior, el valor buscado es:

$$V=3.06 \text{ m/s}$$

Valor aceptable pues está en el rango establecido anteriormente.

El número de pistones se halla de la siguiente ecuación:

$$v_1 = \pi d^2 L z / 4$$

Despejando z, el número de pistones es:

$$z = 22 \text{ pistones}$$

Del libro "Instalaciones frigoríficas para buques pesqueros", por Ing. Angel Vargas Z, los compresores volumétricos de pistones alternativos se clasifican en, compresores en línea llevan como máximo 3 cilindros y compresores en V con 4, 8 y 16 cilindros, los compresores más usados en la en instalaciones frigoríficas industrial son del tipo abierto.

Del cálculo el número de pistones es de 22, para la cámara de congelación se escoge un compresor en V de 8 cilindros, se necesita 3 compresores del tipo abierto.

La potencia del compresor se calcula con la siguiente fórmula:

$$P = m \cdot (h_3 - h_2) / \eta_v \eta_i$$

$$P = 121.260 \text{ kcal/h (141) kw}$$

Para la cámara de conservación el compresor tiene los siguientes valores:

a) Rendimiento volumétrico, el cual se obtiene de la curva rendimiento volumétrico vs relación de compresión, la figura se halla en el folleto "Curso de refrigeración" por el Ing. Vargas Z (**apéndice h**). Con una relación de compresión de 8.1 se tiene:

$$\eta_v = 66\%$$

Con este valor se determinará el caudal volumétrico teórico, de la siguiente ecuación:

$$\eta_v = v_a / v_t$$

Por lo tanto

$$v_t = 8.78 \text{ m}^3/\text{h}$$

La velocidad lineal de los pistones, es igual a la anterior, porque se está usando los mismos valores de la cámara de congelación.

El número de pistones se halla de la siguiente ecuación:

$$v_t = \pi d^2 L z / 4$$

Despejando z, se halla el valor de:

$$z = 2 \text{ pistones}$$

Para la cámara de conservación se usará un compresor en línea, del tipo abierto según las recomendaciones anteriores.

La potencia del compresor se calcula con la siguiente fórmula:

$$P = m'(h_3 - h_2) / \eta_v \eta_i$$

$$P = 12.900 \text{ kcal/h (15 kw)}$$



FIGURA # 8.2 a

AMPLIACION DEL CICLO DE REFRIGERACIÓN DE LA CAMARA DE
CONGELACION

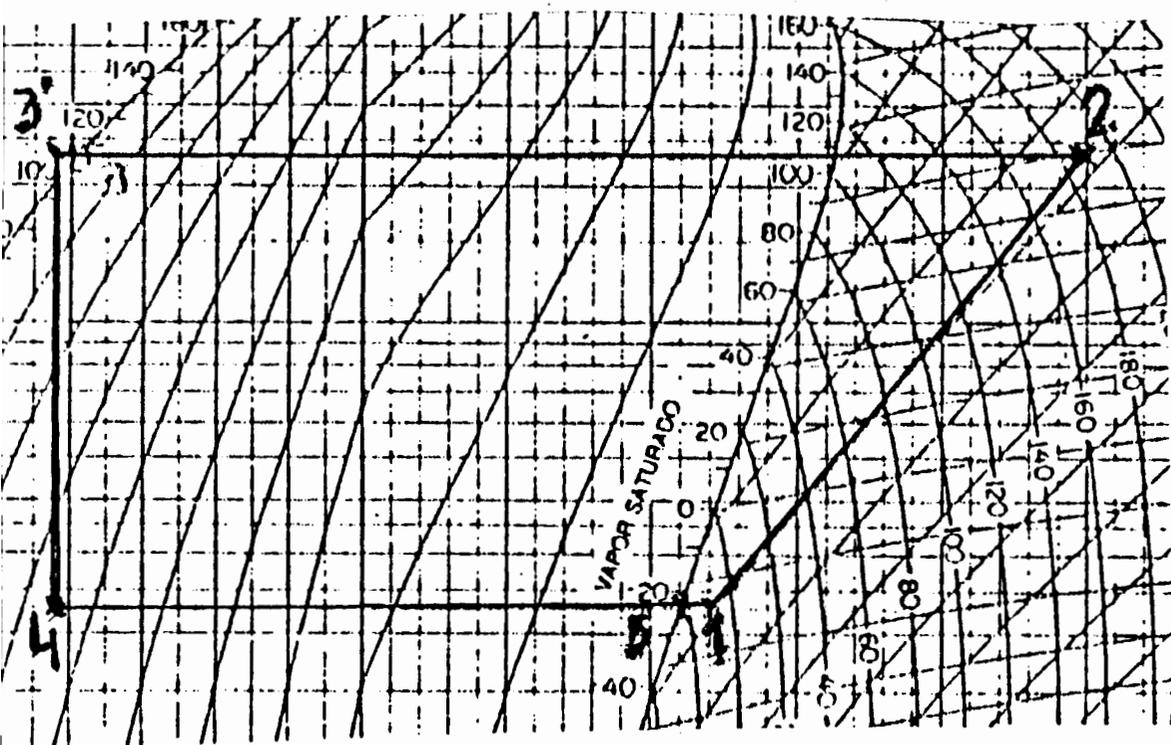


FIGURA # 8.3

DIAGRAMA PRESION VS ENTALPIA DE LA CAMARA DE CONSERVACION

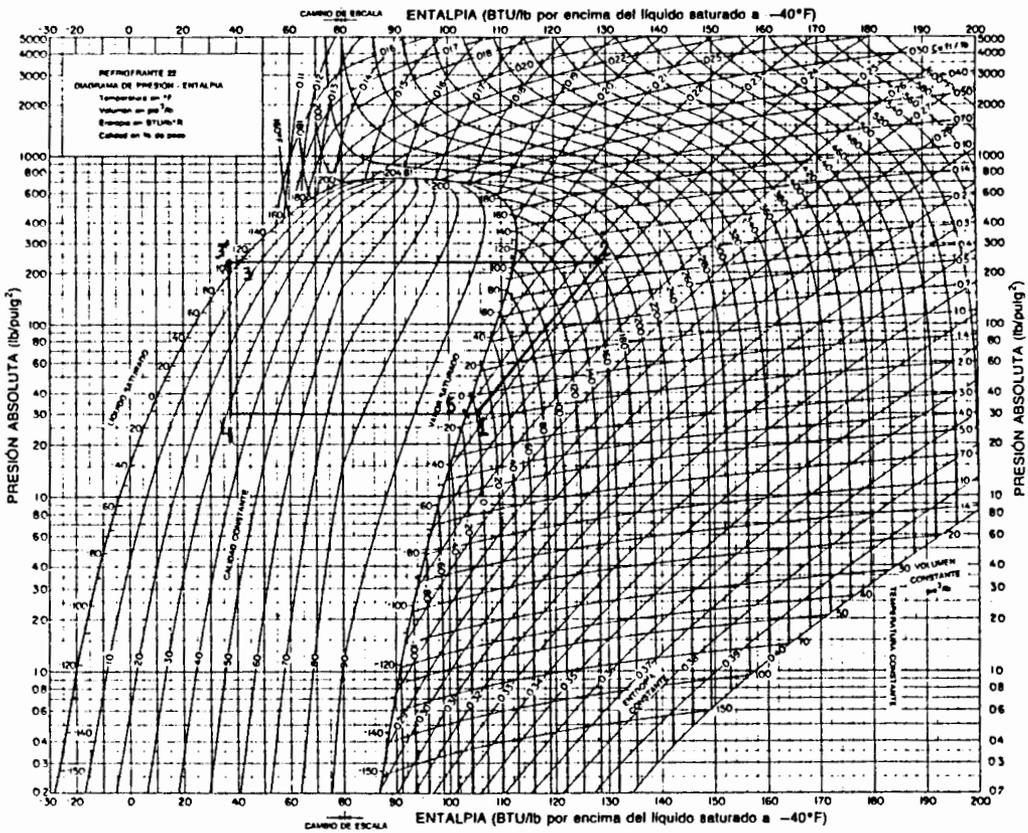
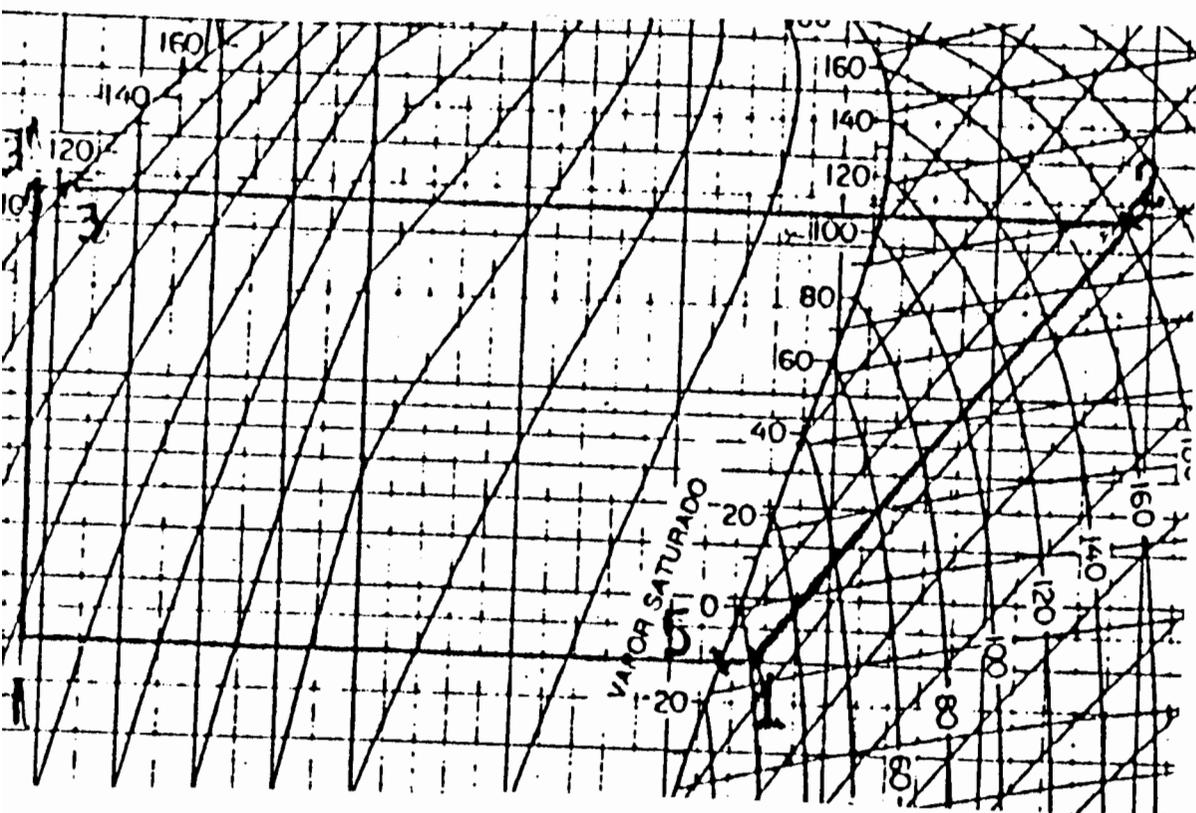


Figura A.3 Diagrama de presión - entalpia del Refrigerante 22 (unidades del sistema inglés). (Reimpreso de *Fundamentals ASHRAE Handbook & Product Directory*, 1981, con autorización).

FIGURA # 8.3 b

AMPLIACION DEL CICLO DE REFRIGERACION DE LA CAMARA DE
CONSERVACION



CAPITULO IX

SELECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO Y ANEXO DE LOS LOCALES FRIGORIFICOS.

Los dispositivos de control y anexos en las instalaciones frigoríficas, tienen por objeto la regulación de la operación de los equipos y también el de proporcionar la seguridad de los mismos en caso de falla, la selección de los dispositivos para los locales frigoríficos, se basan en principios similares para lograr los objetivos anteriormente mencionados, los detalles de la disposición de los dispositivos de control y equipos anexos de los locales frigoríficos, se aprecia en el anexo G.

9.1 SELECCION DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL AUTOMATICO

Los dispositivos seleccionados serán dos, uno para la cámara de congelación y el otro para la cámara de conservación:

♦ TERMOSTATOS

Los termostatos seleccionados serán termostatos de ambiente tipo bulbo, del folleto "Curso de refrigeración" por el Ing. Vargas Z, se recomienda este dispositivo para refrigerar una sola cámara, el cual pondrá en marcha el compresor.

Para el correcto funcionamiento del dispositivo se debe ajustar el

diferencial del termostato, el valor del diferencial se encuentra en el texto "Instalaciones frigoríficas para buques pesqueros" por Ing. Vargas Z. En nuestro caso para controlar la temperatura ambiente de los locales frigoríficos, el valor del diferencial será regulado de 3 a 4⁰C, los termostatos seleccionados son:

Marca Danfoss

Modelo RT 11

Temperatura máxima permisible del bulbo 70⁰C

◆ PRESOSTATOS

Los presostatos seleccionados para los locales frigoríficos serán, presostatos de alta y baja combinados con el fin de controlar la excesiva baja de presión o la excesiva alta de presión, tener en un mismo sitio ambos dispositivos de control y reducir el mantenimiento del dispositivo.

Los valores de regulación del presostato se encuentran en el texto "Instalaciones frigoríficas para buques pesqueros", por Ing. Vargas Z, el valor del lado de baja presión está entre 40 cm de mercurio a 4 kg/cm² y su diferencial a fijar será de 0.5 a 3 kg/cm², para el lado de alta presión los valores son 5 a 20 kg/cm² y su diferencial es de 3 a 6 kg/cm², el presostato seleccionado es:

Marca Danfoss

Modelo MP 15

Temperatura ambiente permisible 40 a 60⁰C

Presión de prueba permisible:

Lado de baja presión, 16 atm.M (228 psig)

Lado de alta presión, 32 atm.M (455 psig)

♦ HIGROSTATO

A cada producto refrigerado corresponde una temperatura y un grado higrométrico óptimo que conviene mantener. La cámara de congelación debe tener una temperatura interna de -25⁰C y humedad relativa de 90%, la cámara de conservación la temperatura interna es -20⁰C con la misma humedad relativa, el higrostató seleccionado es:

Marca Danfoss

Modelo EKH

♦ VALVULA DE EXPANSION TERMOSTATICA

Son usadas principalmente para:

- a) Regular el flujo del refrigerante a través del evaporador**
- b) Regular el recalentamiento del refrigerante que sale del evaporador.**

Debido a su alta eficiencia y facilidad de adaptación a cualquier tipo de aplicación frigorífica, este tipo de válvula es la que más se usa en refrigeración. Del texto "Instalaciones frigoríficas para buques pesqueros",

por Ing. Vargas Z, nos indica que las válvulas de expansión termostática vienen ajustadas para un recalentamiento de 4 a 6⁰C desde fábricas, para la cámara de congelación la capacidad frigorífica es de 146206 kcal/h, la válvula de expansión termostática seleccionada es:

Marca Danfoss

Modelo TEX 55

Presión de prueba máxima permítida 28 atm.M

Ajuste de recalentamiento 4⁰C

Para la cámara de conservación la capacidad frigorífica es de 18827 kcal/h, la válvula de expansión termostática seleccionada es:

Marca Danfoss

Modelo TX 5

Presión máxima de prueba 28 atm.M

Ajuste de recalentamiento 4⁰C

♦ VALVULA SOLENOIDE

Estas válvulas van instaladas antes de la válvula de expansión termostática, con el fin de cortar el paso de refrigerante cuando la instalación frigorífica se encuentra parada. Existen dos tipos de válvulas solenoides:

1) Acción directa

2) Operadas por piloto

Las válvulas seleccionada para las cámaras será del tipo acción directa, la cual actúa en dos posiciones:

1) Abierta

2) Cerrada

Las cámaras frigoríficas funcionarán con refrigerantes CFC's, la selección será:

Marca Danfoss

Modelo EVSA 25

Temperatura del medio -60 a 50⁰C

Temperatura ambiente -50 a 60⁰C

Máxima presión de prueba 34 atm.M (484 psig)

Diferencial de presión para abrir la válvula

Mínima 0 atm. (0 psi)

Máxima 17.5 atm (249 psi) para corriente AC

Máxima 15 atm (213 psi) para corriente DC

◆ VALVULA DE PRESION CONSTANTE

Sirve para mantener la presión del evaporación en un valor deseado y evitar que la presión de evaporación descienda más del valor. Estas

válvulas se instalan en la tubería de aspiración del evaporador, manteniendo una presión constante del lado de baja, la válvula seleccionada será:

Marca Danfoss

Modelo CPP 22

Máxima presión de prueba permitida 26.5 atmM

Temperatura máxima permitida 100⁰C

9.2 SELECCION DE LOS EQUIPOS ANEXOS

Los equipos seleccionados serán dos, uno para la cámara de congelación y el otro para la cámara de conservación:

♦ SEPARADOR DE ACEITE

Como característica de los refrigerantes Clorofluorcarbonados, es el mezclarse parcial o totalmente con el aceite lubricante, se utiliza un dispositivo que separe el aceite del refrigerante a la descarga del compresor, para recuperar el lubricante retornándolo al compresor.

El principio de funcionamiento se basa en la separación del lubricante por las siguientes condiciones:

- a) cambio brusco de dirección de la mezcla aceite-refrigerante
- b) reducción brusca de velocidad de la mezcla

c) choque contra las paredes del separador.

Del texto "Instalaciones frigoríficas para buques pesqueros" por Ing. Vargas Z, recomienda el separador de aceite enfriado por aire, cuando se usa refrigerantes CFC's, la selección será:

Marca Danfoss

Modelo OUB 1

Máxima presión para abrir 315 psig (22 atm.M)

Máximo diferencial de presión entre el lado de alta y baja presión 330 psi (23 atm)

Máxima presión de prueba con el OUB 1, 470 psig (33 atm.M)

♦ **BOTELLA DE LIQUIDO**

La botella de líquido es usada con el fin de acumular o recibir el refrigerante que se ha licuado en el condensador o controlar la cantidad de refrigerante que hay en el sistema, va ubicada en la parte inferior del condensador, también tiene una mirilla de control de nivel de líquido, sea cuando el sistema esté en operación ó fuera de servicio.

♦ **DESHIDRATADOR**

El objetivo del deshidratador es eliminar la humedad del refrigerante, la misma que podría causar:

- a) obstrucción en la válvula de expansión,
- b) contaminación del aceite del compresor,
- c) corrosión de las tuberías.

Quando la substancia deshidratante se encuentra saturada de humedad, y se coloca otra nueva y evitar la parada completa del sistema, el deshidratador se coloca entre una tubería de derivación (bypass) conectada con válvulas para que el refrigerante circule directamente, en tanto se efectúa el reemplazo de la anterior substancia, el deshidratador seleccionado es del tipo regenerable será:

Marca Danfoss

Modelo DS

Máxima presión de prueba, 28 atm.M

◆ VISORES DE LIQUIDO

Los visores se colocan a continuación del deshidratador y antes de la válvula de expansión, sirve como indicador que el líquido refrigerante se encuentre fluyendo para tener una idea si falta refrigerante en el sistema. Algunos visores funcionan como indicadores de humedad del refrigerante, para lo cual en un marco exterior lleva un triángulo a cada extremo con colores diferentes indicativos de humedad en el refrigerante.

Los colores indicativos de humedad en el refrigerante son:

- a) Verde para indicar que no hay humedad (Dry)
- b) Amarillo cuando existe humedad (Wet).

Los visores usados para cada cámara serán cuatro, uno después del deshidratador, el otro antes del separador de aceite, otro en el compresor y el último en la botella de líquido, los visores seleccionados son:

Marca Danfoss

Modelo SGI, usado en la tubería

SGR, usado en el compresor y la botella de líquido

Máxima presión de prueba 28 atm.M

◆ **FILTROS**

Estos aparatos auxiliares se utilizan a la aspiración del compresor para evitar la introducción de suciedad arrastrada por el refrigerante. También se utiliza filtros antes de la válvula de expansión. Se usará dos filtros por cada cámara frigorífica, los filtros seleccionados son:

Marca Danfoss

Modelo DCR

Máxima presión de prueba 28 atm.M

◆ **INTERCAMBIADOR DE CALOR LIQUIDO VAPOR**

Tiene dos funciones:

- 1) Subenfriar el líquido que proviene del condensador antes de entrar a la válvula de expansión
- 2) Recalentar el refrigerante en estado gaseoso que proviene del evaporador y se dirige hacia el compresor.

A fin de mejorar el intercambio térmico, muchos de ellos llevan aletas en su interior. El intercambiador seleccionado será:

Marca Danfoss

Modelo HE

Máxima presión de prueba 28 atm.M

9.3 DIMENSIONAMIENTO DE LAS TUBERIAS DE LOS LOCALES FRIGORIFICOS

La distribución de la tubería en una instalación frigorífica de expansión directa se divide en:

- a) Tubería de gas caliente, ubicada entre el compresor y el condensador
- b) Tubería de líquido, ubicada entre la botella de líquido y la válvula de expansión.
- c) Tubería de succión o aspiración, ubicada entre el evaporador y el compresor.

El material de las tuberías es cobre, usado con los refrigerantes

halógenos. Las funciones básicas de las tuberías son:

- a) Proveer un medio de circulación del fluido refrigerante en el sistema**
- b) Proveer un medio de retorno al aceite que circula mezclado con el refrigerante.**

Para cumplir estas funciones las tuberías deben seguir las observaciones:

- 1) La instalación de la tubería sea lo más corta, recta y directa dentro de lo posible, para evitar cambios de dirección, uso excesivo de accesorios y caídas de presión.**
- 2) Las tuberías horizontales deberían instalarse con una ligera inclinación en dirección del flujo de refrigerante, para facilitar el desplazamiento del aceite que circula mezclado con el refrigerante. Esta inclinación en la práctica deberá ser no menor de 1/2" (13 mm) por cada 10 pies (3 m) de longitud de tubería.**
- 3) Con el uso de refrigerantes CFC's, las velocidades recomendadas para el dimensionamiento de las tuberías deberán ser las siguientes:**
 - Tubería de gas caliente, 15 a 25 m/s**
 - Tubería de líquido, 0.5 a 1.25 m/s**
 - Tubería de succión, 8 a 15 m/s.**

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE DESCARGA DEL COMPRESOR

Para dimensionar el diámetro de la tubería de descarga del compresor se usará la ecuación de continuidad.

$$m = \rho * v * a \text{ (ec. 9.1)}$$

donde

m , caudal másico del refrigerante, kg/h

ρ , densidad del refrigerante, kg/m³

v , velocidad del refrigerante en la tubería, m/s

a , área de la sección transversal de la tubería, m². como el área transversal de la tubería es circular $a = \pi * d^2 / 4$.

El diámetro interior de la tubería del lado de gas del compresor será:

a) Cámara de congelación:

velocidad 15 m/s, densidad 71.43 kg/m³, flujo másico 4120 kg/h. usando la ecuación 9.1 despejando el valor del diámetro se tiene:

$$\underline{\underline{d = 40 \text{ mm}}}$$

b) Cámara de conservación

velocidad 15 m/s, densidad 71.43 kg/m³, flujo másico 513.41 kg/h. usando la ecuación 9.1 despejando el valor del diámetro se tiene:

$$\underline{\underline{d = 13 \text{ mm}}}$$

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE LIQUIDO

El dimensionamiento de la tubería de líquido será:

a) Cámara de congelación:

velocidad 0.5 m/s, densidad 1145.80 kg/m³, flujo másico 4120 kg/h con la ecuación 9.1 el valor del diámetro será:

$$\underline{\mathbf{d=50\ mm}}$$

b) Cámara de conservación

velocidad 0.5 m/s, densidad 1145.80 kg/m³, flujo másico 513.41 kg/h con la ecuación 9.1 el valor del diámetro será:

$$\underline{\mathbf{d=20\ mm}}$$

DIMENSIONAMIENTO DE LA TUBERIA DE SUCCION

El dimensionamiento de la tubería de succión será:

a) Cámara de congelación:

velocidad 8 m/s, densidad 1362.95 kg/m³, flujo másico 4120 kg/h con la ecuación 9.1 el valor del diámetro será:

$$\underline{\mathbf{d=12\ mm}}$$

b) Cámara de conservación

velocidad 8 m/s, densidad 1347.52 kg/m³, flujo másico 513.41 kg/h con la ecuación 9.1 el valor del diámetro será:

$$\underline{\mathbf{d=5\ mm}}$$

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego de terminado el análisis y estudio de la tesis, las conclusiones son:

1. Las exportaciones no tradicionales representan un importante rubro dentro de las exportaciones totales, es así en 1990 las exportaciones no tradicionales representaban el 7% de las ventas totales al exterior, en 1996 el porcentaje de las exportaciones no tradicionales representaba el 24% de las ventas totales al exterior.
2. De acuerdo a la encuesta realizada por la Federación Ecuatoriana de Exportadores, la capacidad instalada de procesamiento de jugo concentrado de maracuyá es de 159.003 Tm por año y la capacidad de procesamiento utilizada es de 50.803 Tm por año, lo que determina una capacidad sin uso de 68%.
3. En los países situados en zonas cálidas, el frío es eficaz para preservar la calidad de los productos procesados, la temperatura se debe mantener sin interrupción en límites estrechos para impedir que las reacciones enzimáticas y el crecimiento de microorganismos lleguen a niveles perjudiciales que afecten al consumidor, de lo contrario se alterarían la buena calidad del producto final.
4. Para la congelación y/o conservación de productos a bajas temperaturas de

grandes y medianas cantidades, es necesario el diseño de locales frigoríficos adecuados, los cuales deben ser construidos para una fácil manipulación del producto y su mejor conservación.

Sobre la base de las conclusiones arriba mencionada podemos emitir las siguientes recomendaciones:

1. Para obtener una buena calidad del jugo de maracuyá, la materia prima utilizada debe estar en óptimas condiciones de cosecha y cumplir con los parámetros de control.
2. El desfase en la provisión de materia prima es bastante alto, lo que motiva la capacidad sin uso de las empresas procesadoras de maracuyá, es por lo tanto un mercado de ser satisfecho implementando mayor áreas de cultivo de la fruta.
3. Aprovechar la capacidad instalada cuando no haya suficiente maracuyá y utilizar las instalaciones para procesar otros tipos de frutas tropicales como piña, naranja, puré de banano, etc.
4. Las cámaras de congelación y conservación deberán permanecer a las temperaturas de diseño recomendadas, para así asegurar que el producto cumpla su tiempo de vida útil en óptimas condiciones.

5. Los procedimientos seguidos en la presente tesis para el diseño de locales frigoríficos para el jugo concentrado de maracuyá, se podrán utilizar como guía para el diseño de otros locales y considerar el producto que se congelará, Implementar programas de mantenimiento de los equipos seleccionados para un mejor funcionamiento y explotación adecuada de los locales frigoríficos.

6. Para obtener resultados confiables, se deberá calibrar los dispositivos de control, en forma periódica y preventiva como parte del mantenimiento y control operativo de los equipos.

APENDICES

APENDICE A

ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE EMBALAJE

1. FUNDAS DE POLIETILENO

<u>ANALISIS</u>	<u>METODO</u>	<u>ESPECIFICACIONES</u>
Peso	Balanza	406 +/- 5.1 g.
Largo	Flexómetro	159 +/- 0.2 cm.
Ancho	Flexómetro	97 +/- 0.3 cm.
Espesor	Micrómetro	0.176 +/- 0.032 mm.
Resistencia	Manual	Buena
Apariencia	Visual	Normal
Color	Visual	Blanco o transparente

2. TAMBORES DE METAL CON DOS RODONES

<u>ANALISIS</u>	<u>METODO</u>	<u>ESPECIFICACIONES</u>
Peso	Balanza	18 +/- 0.5 kg.
Diámetro interno	Flexómetro	57 +/- 0.5 cm.
Diámetro externo	Flexómetro	59 +/- 0.5 cm.
Capacidad	Manual	55 galones
Altura	Flexómetro	88 cm
Hermeticidad	Visual	Excelente
Color	Visual	Amarillo

APENDICE B

PARAMETROS DE CONTROL

1. RECEPCIÓN DE LA FRUTA

Porcentaje de fruta defectuosa	Max. 4%
Porcentaje de rendimiento	Min. 25%
Grado Brix	Min. 14
pH	2.9 +/- 0.1

2. LAVADO Y SELECCIÓN

Limpieza de la materia prima

Frescura Max. defecto 0.5%

3. JUGO FRESCO

Grados Brix	Min. 14
pH	2.9 +/- 0.1
Acidez	25 a 50 g/l
Densidad	1.049 a 1.074 g/cc
Mohos	Max. 30000 col/g
Levaduras	Max. 30000 col/g
Gérmenes totales	Max. 30000 col/g
Análisis organoleptico	Normal

4. JUGO CLARIFICADO

Partículas negra	Ninguna
Porcentaje de pulpa	Min. 16%
Pureza	Jugo claro

5. JUGO PASTEURIZADO

Grados Brix	Min. 13
pH	2.9 +/- 0.1
Acidez	25 a 50 g/l
Densidad	1.060 +/- 0.002 g/cc
Mohos	Max. 100 col/g
Levaduras	Max. 100 col/g
Gérmenes totales	Max. 1500 col/g
Partículas negra	Ninguna

6. JUGO CONCENTRADO

Grados Brix	Min. 50 +/- 0.5
pH	2.8 +/- 0.1
Acidez	138.64 +/- 6 g/l
Partículas negra	Ninguna
Porcentaje de pulpa	Min. 16%
Mohos	Max. 100 col/g
Levaduras	Max. 100 col/g
Gérmenes totales	Max. 1500 col/g

Análisis organoléptico

Normal

7. ENVASADO

Grados Brix

50 +/- 0.5

Temperatura de llenado

Max. 20⁰C

Peso tambor

Jugo 210 kg.

Concentrado 230kg.

Sellado

Dos funda interior

Una funda exterior

APENDICE C
NORMA SANITARIA, OFSAMPAN IALUTZ
ORGANIZACION PANAMERICANA DE LA SALUD

JUGO DE MARACUYA

1. OBJETO

Esta norma tiene como objeto definir las características y establecer las normas sanitarias que debe tener el jugo de maracuyá.

2. DEFINICION

Jugo de maracuyá es el líquido obtenido por extracción del maracuyá, por proceso tecnológicos adecuados.

3. DESIGNACION

El producto será designado "JUGO DE MARACUYA".

4. NORMAS DE CALIDAD Y CARACTERISTICAS

4.1 CARACTERISTICAS GENERALES

El producto será preparado con frutas frescas maduras, sanas, limpias, exentas de lodos, parásitos y de detritus animales o vegetales. Podrá contener o no sólidos insolubles. No deberá contener fragmentos de cáscara, de semillas, o partículas gruesas de la pulpa, no deberá contener sustancias extrañas a su composición normal, excepto las previstas en esta norma. Deberá estar exento de hongos, fermentación, parásitos, productos de descomposición y otras sustancias que indiquen

manipulación defectuosa del producto.

4.2 CARACTERISTICAS ORGANOLEPTICAS

Aspecto	líquido con o sin sólidos insolubles
Color	amarillo anaranjado
Olor	propio de la fruta
Sabor	propio de la fruta

4.3 CARACTERISTICAS FISICAS Y QUIMICAS

Acidez, ácido cítrico máximo 4%

Sólidos totales mínimo 18%

Cenizas, mínimo 0.6%

4.4 CARACTERISTICAS MICROBIOLOGICAS

Ausencia de microorganismos patógenos y microorganismos resultantes de la descomposición del producto.

4.5 CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS

En el jugo limpio ocasionalmente son observados elementos del maracuyá, en el jugo turbio con sólidos insolubles son observados células finas, alargadas longitudinalmente con contenido granuloso.

4.6 MEDIOS DE CONSERVACION

El producto deberá ser sometido a tratamiento térmico adecuado, como conservadores serán aceptados el dióxido de azufre, en el límite máximo de 0.60 mg. benzonato de sodio máximo 0.12 cg, ácido ascórbico con 0.02 g.

5. NORMAS DE ENVASE Y ACONDICIONAMIENTO

El jugo de maracuyá deberá ser acondicionado de manera que quede al abrigo de la humedad y de contaminación, el envase deberá ser de material resistente a la acción del producto. Las características organolépticas y composición del producto no deberán ser alterados por el material del envase, el espacio libre no deberá exceder del 5% del volumen del recipiente.

6. ROTULACION

En el rótulo deberá constar la denominación "JUGO DE MARACUYA", seguida de la marca comercial. Será obligatoria la declaración de los aditivos incluidos, la proporción y la clase a que pertenecen. Deberá constar el nombre del fabricante y la dirección de la fábrica, el peso neto en unidades del sistema métrico decimal, el número de identificación y la fecha de fabricación.

CONCENTRADO DE MARACUYA

1. DESCRIPCION

El concentrado de maracuyá proviene del jugo extraído de frutas sanas y limpias, el aroma recuperado durante la evaporación es añadido al concentrado. El producto es pasteurizado, no contiene aditivos ni preservantes.

2. VARIEDAD

Passiflora Edulis Sims o Flavicarpa

3. CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO PROCESADO

a. FISICO QUIMICO **RANGO**

Grados Brix	49 - 51
pH	2.8 - 3.3
Acidez	10 - 15
Contenido de pulpa (%)	15 - 30

b. MICROBIOLOGICO

Recuento total	Max. 15000col/g
Mohos, levaduras (OGY- AGAR)	Max. 100 col/g
Mohos, levaduras (HOWARD)	Max. 30%

c. ORGANOLEPTICO

Diluir el concentrado a jugo de 4 grados Brix y añadir jarabe de azúcar de 60 grados Brix hasta que la mezcla llegue a 14 grados Brix. Sabor, olor y

color deben ser característicos al jugo fresco de buena calidad preparado en igual manera.

4. EMBALAJE

1. B 8997: tanque metálico de 230 kg de peso neto y 248 kg. de peso bruto provistos de dos fundas de polietileno cerradas individualmente.

E 112120: bidones plásticos de 230 kg de peso neto y 240 kg de peso bruto provisto de una funda de polietileno.

2. Marcación: Producto, # Lote, grados Brix, Acidez, Peso Neto y Fecha de fabricación.

5. TIEMPO DE CONSERVACION

Doce meses a -18°C .

APENDICE E

NORMAS ALEMANAS

Tab. 7: RSK-Values for Passion Fruit Juice

		guide value	range		central value
			from	to	
A. sensory analysis**)					
colour/appearance	(points)	min. 3	2	4	3
aroma	(points)	min. 3	3	6	4
flavour	(points)	min. 5	5	10	7
B. chemical analysis					
relative density 20 °/20 °C		min. 1.055	1.049	1.074	1.057
Brix, ref. corr.		min. 13.5	12.0	18.0	14.0
soluble solids	g/l	min. 142.5	125.8	193.5	148.0
titratable acids (pH 7.0)					
expr. as tartaric acid	g/l	35	30	55	40
expr. as mval/l		467	400	773	533
L-malic acid	g/l	—	1.3	5	2.7
citric acid	g/l	—	25	50	35
D-isocitric acid	mg/l	min. 200	170	380	250
citric acid-isocitric acid ratio		max. 200	100	230	140
tartaric acid	g/l	n.d.			
glucose	g/l	—	20	55	—
fructose	g/l	—	20	53	—
glucose-fructose ratio		min. 1.0	0.95	1.2	1.05
sucrose	g/l	—	10	45	—
sucrose, % in total sugar		max. 50	—	—	—
reduction-free extract	g/l	min. 55	50	90	70
ash	g/l	min. 5.0	4.5	8.0	6.0
alkalinity number		min. 11	11	14.5	12.5
potassium (K)	mg/l	min. 2500	2200	3500	2700
sodium (Na)	mg/l	max. 200	—	—	—
magnesium (Mg)	mg/l	min. 120	100	200	140
calcium (Ca)	mg/l	—	35	150	70
chloride (Cl)	mg/l	—	50	300	100
nitrate (NO ₃)	mg/l	max. 30	—	—	—
phosphate (PO ₄)	mg/l	min. 400	350	850	550
sulphate (SO ₄)	mg/l	max. 400	—	—	—
formol number					
(ml 0.1 mol NaOH/100 ml)		min. 22	20	50	30
proline	mg/l	min. 200	150	1500	—

APENDICE F

TABLA DE PUNTAJE (NORMA ALEMANA)

1. COLOR Y APARIENCIA

PUNTAJE

4	color fuerte, transparente o turbio
3	color norma, transparente o turbio
2	color fuerte o normal, claro o turbio color leve o profundo
1	fuerte o normal, etiquételo limpio, pero la pulpa de fruta está precipitada o mal color

2. AROMA

PUNTAJE

6	aroma excepcional
5	aromático, bastante aroma de fruta
4	con olor a fruta
3	aroma de fruta presente
2	aroma de fruta alterada
1	aroma raro o defectuoso



3. SABOR

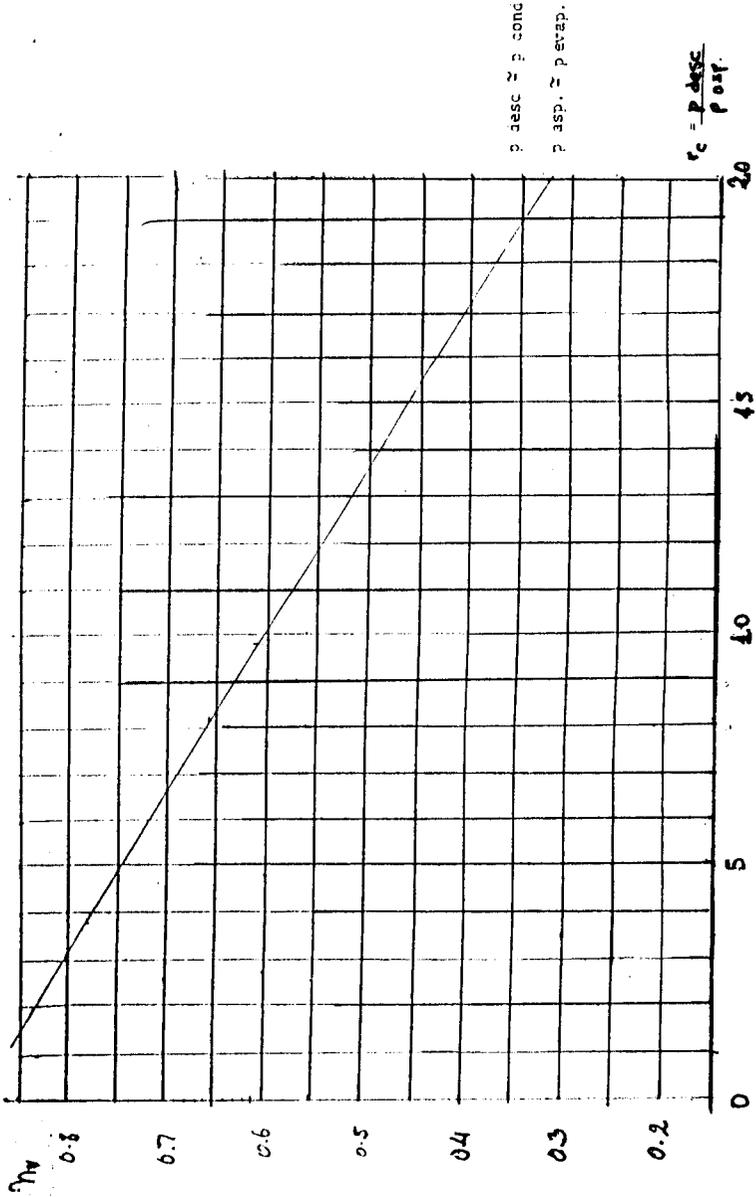
PUNTAJE

10	sabor excepcional
9	mucho sabor a fruta
8	con sabor a fruta
7	presencia a sabor a fruta
6	sabor a fruta
5	sabor a fruta ligero a viejo
4	sabor a fruta pero anormal
3	sabor anormal
2	libre de sabor
1	falta de sabor a fruta

APENDICE H

CURVA DE RENDIMIENTO VOLUMETRICO VS RELACION (TASA) DE COMPRESION

Nota: Se asume que esta curva es válida para todos los compresores y fluidos refrigerantes considerados:



BIBLIOGRAFÍA

- 1. Alarcón Creus J, Tratado práctico de refrigeración automática, novena edición, Editorial Alfaomega S.A., México, 1981**
- 2. Alba Romero, Practica profesional, ESPOL, 1980**
- 3. Centro de Desarrollo Industrial del Ecuador, Estudio agroindustrial para la obtención del jugo de maracuyá, Ecuador, 1988**
- 4. Espinosa Maldonado, Tesis "Obtención de jugo concentrado congelado de maracuyá", Escuela Superior Politécnica Nacional, Quito-Ecuador, 1977**
- 5. FAO circular # 771, Planning and Engineering Data, Edición J. Grahann, Roma, Octubre 1984**
- 6. Federación Ecuatoriana de Exportadores, Comercialización externa del maracuyá y sus productos, Ecuador, 1990**
- 7. Hurtado Pascual Fernando, Tesis "Ensayo de procesamiento de maracuyá", La Molina, Lima-Perú, 1968**
- 8. IIR, Recommendations for the processing and handling of frozen foods, segunda edición, Paris-Francia, 1972**
- 9. Organización Panamericana de la Salud, Normas Sanitarias de Alimentos, tomo dos, Enero, 1980.**
- 10. Philip Nelson y Donald Tressler, Fruit and vegetable juice processing technology, tercera edición, USA, 1980.**
- 11. Pita Edward G, Principios de sistemas de refrigeración, primera edición, editorial Limusa, México, 1991**

12. **Plank Rudolf, Empleo del frío en la industria de la alimentación, editorial Reverté S.A., Barcelona**
13. **Van Arsdelw y Copley M, The freezing preservation of Foods, volumen dos, Editorial The Avi Publishing Company INC, Westport Connecticut, USA**
14. **Vargas Zuñiga Angel, Curso de refrigeración, editorial Series VZ, 1986**
15. **Vargas Zuñiga Angel, Instalaciones frigorífica para buques pesqueros, segunda edición, editorial Series VZ, 1994**
16. **Vargas Zuñiga Angel, Manual de la industria del camarón, editorial Series VZ, 1987**
17. **Vargas Zuñiga Angel, Transporte de carga en buques refrigerados, editorial Series VZ, 1991**