

14
290



**UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO**
FACULTAD DE ESTUDIOS
SUPERIORES
CUAUTITLAN



**“ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA,
ALMACENADORA Y CONGELADORA DE
PULPAS DE FRUTAS”.**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO EN ALIMENTOS

P R E S E N T A N :

JAIME GOMEZ | JORGE | ALBERTO

RAMIREZ GUAPO | JOSE FRANCISCO

ASESOR: I. A. ALFREDO ALVAREZ CARDENAS

CUAUTITLAN, IZCALLI, EDO. DE MEXICO

1993.

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

INDICE GENERAL

RESUMEN	1
INTRODUCCION.	2
OBJETIVOS.	5
CAPITULO 1 : ANALISIS ECONOMICO	
1.1 Producción nacional de frutas.	6
1.2 Situación del mercado de pulpas.	10
1.3 Abastecimiento de materia prima.	13
CAPITULO 2 : LOCALIZACION DE LA PLANTA.	
2.1 Macrolocalización	17
2.1.1. Criterios de selección.	17
2.1.2. Localización geográfica, climas e hidrografía.	18
2.1.3. Comunicaciones	19
a) Terrestres.	19
b) Aéreas	21
2.1.4. Servicios	22
a) Electricidad	22
b) Gas	22
c) Agua	23
2.1.5. Infraestructura Estatal	23
a) Parques Industriales	23
b) Mano de obra	23
c) Apoyos del gobierno.	25
2.2 Microlocalización.	26
2.2.1 Indicadores geográficos, climatológicos e hidrográficos.	28
2.2.2 Indicadores demográficos.	30
2.2.3 Educación y cultura.	30

2.2.4	Vivienda y salud.	31
2.2.5	Infraestructura.	32
2.2.6	Estímulos fiscales.	33
2.3	Ubicación del terreno	34

CAPITULO 3: INGENIERIA DEL PROYECTO

3.1	Consideraciones previas	36
3.1.1.	Envases y contenedores	36
3.1.2.	Características de las frutas	37
3.2	Características del proceso	39
3.2.1.	Descripción general del proceso	39
3.2.2.	Diagrama de bloques	43
	a) Fresa	43
	b) Mango	44
	c) Guayaba	45
	d) Guanábana	46
3.2.3.	Balances de materia y energía.	47
	a) Fresa	47
	b) Mango	48
	c) Guayaba	49
	d) Guanábana	50
3.2.4.	Equipo seleccionado	51
3.2.5.	Distribución de áreas	53
3.3	Capacidades	54
3.3.1.	Capacidad anual de la planta.	54
3.3.2.	Refrigeración de fruta	56
3.3.3.	Congelación	56
	a) Diaria	56
	b) Tiempo de congelación	57
3.3.4.	Conservación de congelación	60

CAPITULO 4: PROYECTO FRIGORIFICO

4.1	Dimensionamiento de locales	62
4.1.1.	<i>Blast freezers</i>	64
4.1.2.	Cámaras de refrigeración.	65
4.1.3.	Cámaras de conservación de congelación	68
4.1.4.	Dimensionamiento y cálculo de Q_0 para b.de hielo.	70
4.2	Aislamiento de muros de locales.	72
4.2.1.	Espesor de aislamiento y dimensiones exteriores.	72
4.2.2.	Comprobación de no condensación de vapor de agua en muros.	77
4.3	Cálculo de potencias frigoríficas	79
4.4	Instalación propuesta	85
4.5	Selección de equipos y accesorios.	89
4.5.1.	Fluido frigorífico	89
4.5.2.	Evaporadores.	92
	a) Selección y recálculo de Q_0	92
	b) Método de alimentación de líquido y descarche de evaporadores	94
	c) Cálculo de condiciones de trabajo.	99
4.5.3.	Selección de compresores.	103
4.5.4.	Selección de condensadores.	106
4.6	Recipientes a presión.	110
4.6.1.	Dimensionamiento.	110
	a) Tanques.	110
	b) Cálculo del serpentín del interenfriador.	113
	c) Tanques transvase.	115
4.6.2.	Cálculo del espesor de aislamiento de recipientes a presión.	116
4.7	Tuberías.	117
4.7.1.	Diámetros de tuberías y caídas de presión	117
4.7.2.	Cálculo de espesores de aislamiento de tuberías.	121
4.8	Distribución de planta (Plot Plant)	124
	CONCLUSIONES	129
	RECOMENDACIONES	131

ANEXO-1	132
ANEXO-2	134
ANEXO-3	136
ANEXO-4	140
ANEXO-5	142
ANEXO-6	144
ANEXO-7	146
BIBLIOGRAFIA	148

INDICE DE ESQUEMAS

Esquema 1 : Destino de la producción frutícola nacional	15
Esquema 2 : Distribución de equipos en área de proceso.	52a
Esquema 3 : Lay - out del área de proceso.	53a
Esquema 4 : Acomodo del producto en el <i>Blast freezer</i>	65
Esquema 5 : Acomodo del producto en la cámara de refrigeración	67
Esquema 6 : Acomodo de producto en la cámara de conservación	69
Esquema 7 : Composición de paredes, pisos y techos.	73
Esquema 8 : Instalación propuesta	86a
Esquema 9 : Juego de válvulas para cámara de refrigeración	95a
Esquema 10 : Juego de válvulas para cámara de conservación	95b
Esquema 11 : Juego de válvulas para banco de hielo	96a
Esquema 12 : Juego de válvulas para <i>Blast freezer</i>	98a
Esquema 13 : Diagrama de Moliere de la instalación	101a
Esquema 14 : Diagrama de tuberías de la instalación	120a
Esquema 15 : Plot Plant inicial	128a
Esquema 16 : Plot Plant a futuro	128b

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 : Ubicación de los centros abastecedores de fruta	18a
Figura 2 : Vías de comunicación terrestre en Guanajuato	20a
Figura 3 : Ubicación del terreno	34a
Figura 4 : Estimación de la función superficie	116a
Figura 5 : Estimación del espesor de aislamiento de tanques	116b
Figura 6 : Estimación de carga y caída de temperatura en tuberías de alta presión	118a
Figura 7 : Estimación de carga en tuberías de presión baja e intermedia	118b
Figura 8 : Estimación del espesor de aislamiento de tuberías	122a

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 : Producción nacional de guanábana.	7
Tabla 2 : Producción nacional de guayaba.	7
Tabla 3 : Producción nacional de fresa.	8
Tabla 4 : Producción nacional de mango.	9
Tabla 5 : Producción de alimentos infantiles a base de frutas	11
Tabla 6 : Producción de conservas alimenticias.	12
Tabla 7 : Producción nacional de bebidas a base de frutas.	12
Tabla 8 : Salarios mínimos en el estado de Guanajuato.	24
Tabla 9 : Sistema de parques industriales de Guanajuato.	24
Tabla 10 : Características de la fruta.	37
Tabla 11 : Composición química de la fruta.	38
Tabla 12 : Abastecimiento de fruta fresca a la EBR.	54
Tabla 13 : Condiciones de almacenamiento refrigerado.	56
Tabla 14 : Rotación de pulpa congelada en cámaras.	61
Tabla 15 : Materiales de construcción de los muros.	73
Tabla 16 : Dimensiones de locales.	76
Tabla 17 : Temperaturas del lado caliente de los muros.	79
Tabla 18 : Potencias frigoríficas.	84
Tabla 19 : Efecto tóxico del amoníaco.	91
Tabla 20 : Evaporadores seleccionados.	94
Tabla 21 : Condiciones termodinámicas evaluadas.	101
Tabla 22 : Compresores del lado de baja presión seleccionados.	105
Tabla 23 : Compresores del lado de alta presión seleccionados.	106
Tabla 24 : Condensadores seleccionados.	109
Tabla 25 : Recipientes a presión dimensionados.	111
Tabla 26 : Características del serpentín del interenfriador.	115
Tabla 27 : Espesores de aislamiento de recipientes a presión.	117
Tabla 28 : Características de las tuberías de la instalación.	121
Tabla 29 : Espesores de aislamiento de tuberías.	125

RESUMEN

Este trabajo es una respuesta al problema existente en una planta elaboradora de bebidas refrescantes del D.F. (que se denominará en el transcurso del trabajo como EBR.)

Esta planta utiliza pulpas de frutas para la elaboración de sus bebidas, siendo estas pulpas procesadas en sus propias instalaciones pero son congeladas y almacenadas en una empresa privada del Estado de México al no contar dicha planta con este servicio propio.

Aunada a la situación anterior, dicha planta tiene la intención de descentralizar el proceso de pulpeado de frutas a una localidad cercana a los centros de abastecimiento de materia prima.

Bajo este marco, se desarrolla este trabajo de Tesis como un anteproyecto para la instalación de la planta procesadora, congeladora y almacenadora de pulpas de fruta en el centro del país.

El equipo seleccionado para el arreglo de la línea de procesamiento de frutas es de tipo universal, por lo que se pueden procesar gran variedad de frutas en dicha línea solo cambiando las condiciones de operación.

Una ventaja de la planta proyectada será la de aprovechar sus instalaciones frigoríficas para ser rentados en las épocas que así se permitan ya que las necesidades de almacenamiento a baja temperatura en el estado de Guanajuato son muchas y esta podría ser una opción de recuperación de la inversión.

INTRODUCCION.

Como consecuencia de los cambios actuales que esta sufriendo el país, la industria ha tenido la necesidad de desarrollar dentro de su estructura los planes de mejoramiento de la calidad, los cuales tiene el fin de lograr la excelencia del producto en función a las necesidades del cliente para así tener fuerza competitiva para ingresar a los mercados internacionales.

Estos planes no solo involucran al Área de manufactura, involucran también a las Áreas de administración, planeación, mercadotecnia, recursos humanos y todas aquellas que de alguna forma reflejan su buen o mal funcionamiento en la calidad entregada al cliente de un producto terminado.

La industria de alimentos no está exenta de estos cambios, algunos medianos y grandes consorcios empiezan a implementar estos programas. Algunos de estos corporativos se caracterizan por poseer una gran cantidad de empresas que se maquilan materias primas entre sí. Un ejemplo de ello es la industria elaboradora de pulpas de frutas, que si bien recibe fruta fresca como materia prima, su producto terminado es materia prima para la elaboración de otros productos como mermeladas, jaleas, rellenos de pasteles, bebidas en general, etc.

La pulpa de fruta como materia prima para otras industrias debe cumplir con ciertas características sensoriales y microbiológicas requeridas por un comprador para asegurar que el producto final cumpla con la calidad exigida por el consumidor.

En el Distrito Federal existe una planta elaboradora de bebidas refrescantes que (a la cual se le denominará en el desarrollo del trabajo como EBR) emplea pulpas de diversas frutas como mango, tamarindo, guayaba, guanábana y fresa para tal fin.

Esta EBR tiene dentro de sus objetivos mediatos, descentralizar el proceso de pulpeado de frutas (que se realiza también en el D.F.) a otra región de la república con el fin de abastecer de materia prima a las plantas de la capital y a las plantas que se planea establecer en sitios estratégicos en el interior del país (zona occidente y frontera norte) con los objetivos de hacer frente a la competencia de empresas nacionales en esas regiones y aprovechar la ubicación de plantas en la zona norte para dar a conocer sus bebidas e iniciar la introducción de las mismas al mercado norteamericano.

Para iniciar el cambio en su estructura, la EBR esta realizando diagnósticos en todas sus áreas con el fin de identificar problemas y darles solución en función a su prioridad. En el área de producción, se han evaluado las diferentes etapas del proceso de elaboración tanto de pulpa como de producto terminado determinando los puntos críticos que evitan mejorar la calidad de la bebida :

- 1.- El área de procesamiento cuenta con un equipo subutilizado puesto que la cantidad de pulpa procesada es menor a la capacidad instalada de tales equipos.
- 2.-Problemas por falta de cámaras de congelación propias que originan desembolsos considerables por concepto de renta.
- 3.-El almacenamiento en frío existente en las plantas tiene una dudosa regulación que origina que la pulpa se fermente o desarrolle hongos, así como una pésima rotación de producto en cámaras que favorece la descomposición de la pulpa.

Los elevados costos de transportación de la fruta a la ciudad de México aunados a los puntos anteriores, encaminaron a la EBR a la búsqueda de alternativas de conservación de la pulpa. Se han realizado estudios de secado por aspersión que si bien han alcanzado el objetivo de conservar la pulpa, no cumplen con una de las políticas de la EBR:

La de conservar al máximo las propiedades naturales de frutas. Se ha probado el envasado en bolsas asépticas, pero su alto costo y la

característica de no ser reutilizable orillaron a la EBR a seguir conservando sus pulpas mediante el proceso de congelación.

Como una respuesta a esta problemática se desarrolla este trabajo de Tesis con el cual se pretende abatir costos de transportación de fruta al tener un centro de procesamiento cercano a las zonas de abastecimiento de la misma y ser una alternativa de recuperación de la inversión al rentar espacio frío a los productores de la región cuando la situación así lo permita.

Por lo tanto, se tienen contemplados los siguientes puntos:

-Realizar una revisión del estado del mercado de fruta en fresco y como pulpa a nivel nacional.(Cap. 1)

- Ubicar la planta en una localidad intermedia entre los centros de abastecimiento de fruta y la ciudad de México.(Cap.2)

-Diseñar los diagramas de flujo del procesamiento de materia prima acorde a las necesidades de la EBR y a las características de la fruta, estableciendo equipos de procesamiento y proponiendo el arreglo de distribución de áreas de proceso buscando seguridad y facilidades de maniobra y desplazamiento.(Cap. 3)

- Diseñar la instalación frigorífica acorde a las necesidades de refrigeración, congelación, conservación de congelación y agua fría de la planta, realizando el dimensionamiento de almacenes, cálculo de potencias frigoríficas, selección de equipo y accesorios, diseño de la red de tuberías y cálculos de espesores de aislamiento tanto de paredes como de tuberías.(Cap 4.)

OBJETIVO GENERAL.

Realizar el anteproyecto de una planta procesadora, congeladora y almacenadora de pulpa de fruta cuya finalidad sea abastecer de materia prima a una empresa elaboradora de bebidas refrescantes.

OBJETIVOS PARTICULARES.

Revisar el estado actual del mercado de frutas y pulpas de interés en el trabajo.

Realizar el estudio de macro y microlocalización para establecer la localidad mas apropiada a los intereses de la empresa.

Plantear los diagramas de flujo de los procesos de pulpeado de las frutas involucradas en el trabajo.

Diseñar la instalación frigorífica de la planta en función a las necesidades de baja temperatura en las diferentes etapas del proceso.

Seleccionar los equipos y accesorios requeridos por la línea de procesamiento de frutas y la instalación frigorífica en función a las necesidades originadas por el mismo proceso.

Diseñar el arreglo tanto del área productiva como de planta considerando criterios de funcionalidad de la instalación en base a las necesidades actuales y futuras de la planta.

CAPITULO 1

"ANALISIS ECONOMICO"

11 PRODUCCION NACIONAL DE FRUTAS

México, como uno de los países potencialmente más ricos en recursos agrícolas, está estimulando la productividad y eficiencia en el sector, dentro del cual, una de las actividades que destaca por su importancia, consecuencia de la captación de divisas, generación de empleos y contribución al mejoramiento de la dieta alimentaria de la población es la fruticultura. Esta ocupa un lugar relevante en la producción mundial resultado de la amplia variedad de climas y recursos con que cuenta el país.(15)

La EBR emplea para la elaboración de sus bebidas refrescantes, pulpas de mango, guayaba, guanábana, fresa y tamarindo; puesto que el tamarindo es más susceptible a ser conservado en su vaina por su baja humedad y a que dicha fruta luego de ser pulpeada es enviada inmediatamente al área de preparación de bebida, el presente trabajo contempla el procesamiento, congelación y conservación de pulpas de mango, guayaba, guanábana y fresa.

A excepción de la guanábana, las demás frutas son consideradas dentro de las 32 principales especies frutícolas (CONAFRUT 1988) debido a sus altos volúmenes de producción y a la elevada explotación a nivel industrial.(15)

La guanábana se cosecha principalmente en los estados de Colima, Nayarit y Jalisco, teniendo productores secundarios en Quintana Roo Tabasco y Veracruz además de otros estados con producciones de escasa significancia; los meses de mayor producción son diciembre y enero.

En la tabla 1 se puede ver cierta consistencia en cuanto a superficie sembrada pero grandes fluctuaciones en cuanto a los volúmenes de fruta cosechada, por otro lado, el valor de la producción ha aumentado con el paso de los años.

TABLA 1 : PRODUCCION NACIONAL DE GUANABANA

ANO	SUPERFICIE (HA) sembrada-cosechada		PRODUCCION (ton)	VALOR DE LA PRODUCCION (miles de pesos)
1980	-----	1 033	10 651	39 548
1981	2 229	1 287	9 018	56 506
1982	2 156	1 445	12 666	85 723
1983	2 153	1 853	9 541	86 431
1984	2 224	1 907	10 986	139 980
1985	-----	-----	-----	-----
1986	2 011	1 488	10 493	383 431
1987	1 831	1 485	11 977	1 224 563
1988	-----	-----	-----	-----
1989	2 110	2 075	7 446	1 103 644
1990	2 105	2 083	7 661	2 951 078

REFERENCIAS : 14, 15, 54, 58

TABLA 2 : PRODUCCION NACIONAL DE GUAYABA

ANO	SUPERFICIE (HA) sembrada-cosechada		PRODUCCION (ton)	VALOR DE LA PRODUCCION (miles de pesos)
1980	-----	16 790	178 921	486 197
1981	16 022	13 144	155 363	446 583
1982	23 373	19 321	284 565	1 054 124
1983	18 565	16 471	223 107	1 149 572
1984	17 383	14 274	196 413	1 716 474
1985	-----	13 294	148 253	2 677 294
1986	14 874	12 414	158 199	3 628 247
1987	15 017	7 307	60 365	3 009 327
1988	-----	-----	-----	-----
1989	15 680	14 452	200 842	27 000 000
1990	15 814	14 019	177 820	52 125 113

REFERENCIAS: 14, 15, 54, 58

La guayaba se cultiva principalmente en Aguascalientes y Zacatecas con un volumen aproximado de 90% del total de la producción nacional, se cultiva en 28 estados de la república. Los meses de mayor producción son octubre, noviembre y diciembre.

Si bien la superficie cosechada de guayaba, como se muestra en la tabla 2 ha ido aumentando en los últimos años, los volúmenes de producción fluctúan ampliamente de un año a otro.

La fresa se cultiva en 14 estados destacándose ampliamente los estados de Michoacán y Guanajuato por sus elevados volúmenes de producción. Los meses de mayor producción son febrero, marzo y abril.

Para el caso de esta fruta, la tabla 3 muestra que la superficie cosechada ha variado año con año siguiendo esa misma tendencia los volúmenes de producción en tanto que el valor de la producción ha aumentado sustancialmente.

TABLA 3: PRODUCCION NACIONAL DE FRESA

ANO	SUPERFICIE (HA) sembrada-cosechada		PRODUCCION (ton)	VALOR DE LA PRODUCCION (miles de pesos)
1980	-----	6 237	99 379	605 822
1981	8 197	8 025	120 550	937 824
1982	6 196	6 133	78 199	814 969
1983	3 724	3 706	53 911	988 877
1984	4 199	4 024	57 821	1 792 027
1985	-----	4 336	70 788	4 911 767
1986	4 513	4 500	69 635	5 269 646
1987	4 550	4 401	56 665	14 094 452
1988	-----	-----	45 000	-----
1989	4 383	3 922	68 087	41 110 324
1990	4 473	4 111	72 118	46 549 463

REFERENCIAS : 14, 15, 51, 53

El mango se cultiva prácticamente en todo el país (27 estados) destacando por sus los volúmenes de producción Veracruz, Chiapas, Guerrero, Michoacán y Nayarit. Los meses de mayor producción son mayo, junio y julio.

Para el caso del mango, la Tabla 4 muestra un incremento en la superficie sembrada a partir de 1987 notándose fluctuaciones a partir de ese año tanto en superficie cosechada como de los volúmenes de producción mostrándose en estos mismos periodos una tendencia a la alza en cuanto al valor de la producción.

TABLA 4 : PRODUCCIÓN NACIONAL DE MANGO

ANO	SUPERFICIE (HA) sembrada-cosechada		PRODUCCIÓN (ton)	VALOR DE LA PRODUCCIÓN (miles de pesos)
1980	-----	51 409	540 679	1 897 499
1981	71 980	59 748	560 811	2 557 491
1982	73 001	63 736	638 006	3 968 164
1983	76 196	65 628	795 930	12 368 999
1984	87 545	72 018	760 996	12 707 752
1985	-----	68 380	685 412	19 063 364
1986	97 756	77 922	851 317	33 929 378
1987	117 683	105 301	1 109 355	57 111 250
1988	-----	-----	1 090 000	-----
1989	107 252	96 234	1 122 158	187 694 135
1990	119 525	104 275	1 092 843	633 591 224

REFERENCIAS : 44, 45, 54, 58

Se observará de lo mostrado anteriormente, que existen grandes fluctuaciones en los volúmenes de producción de una misma fruta en años consecutivo originadas por ciertos factores naturales (inundaciones, heladas), económicos (capital, demanda del producto) y tecnológicos (uso de semilla mejorada, mecanización , labores agrícolas) que afectan directamente en el abasto de fruta en fresco.

Por ello es de alta prioridad contar con métodos de conservación de la fruta ya sea en fresco y/o procesados para aprovechar al máximo las épocas de abundancia y contar con materia prima suficiente durante las épocas de desabasto.

1.2 SITUACION DEL MERCADO DE PULPAS

Las frutas, como alimentos perecederos que son, requieren de algun método de conservación para prolongar su vida útil. Por su naturaleza, las frutas pueden someterse a diferentes procesos con el fin de disponer de ellas durante todo el año, desarrollar productos a partir de especies poco conocidas en determinadas regiones, controlar y regir los mercados de comercialización buscando con ello un mayor valor agregado.

Para el caso particular del presente trabajo, el producto de interés es la pulpa, la cual se define como "un producto semisólido con un contenido de 50% o mas de humedad, con un pH ácido, de consistencia suave y cremosa, que es empleado como materia prima destinada a la elaboración de néctares, bebidas, alimentos infantiles, postres, etc".(24)

La industria exige que esta pulpa sea entregada en fresco o mediante algun método de conservación aplicado previamente para evitar problemas durante el procesamiento (24)

Haciendo referencia a ello, es conveniente revisar algunas industrias que emplean pulpa de fruta. La tabla 5 muestra la producción de alimentos infantiles colados en el país en la cual se muestra la tendencia, creciente semestral en este ramo con el consecuente aumento en el valor de la producción; la fuente original no reporta volúmenes de producto por sabores ni la cantidad de pulpa empleada en las formulaciones.

En el Área de confitería es común el empleo de pulpas como ingrediente en la elaboración de goma de mascar, en el año 1990 se emplearon 90 toneladas de pulpa de mango para elaborar aproximadamente 300 toneladas de goma de mascar. (26)

TABLA 5 : PRODUCCION DE ALIMENTOS INFANTILES A BASE DE FRUTAS

PERIODO	VOLUMEN DE PRODUCCION (TONELADAS)	VALOR DE LA PRODUCCION (MILLONES DE PESOS)
ENE-JUL'89	3 464.2	13 295
JUL-DIC'89	6 860.1	26 978
ENE-JUL'90	9 131.2	36 170
JUL-DIC'90	9 884.8	44 648
ENE-JUL'91	12 574.4	52 195
JUL-DIC'91	6 418.7	36 487

REFERENCIA : 88

La pulpa de fruta que se desea conservar en el desarrollo de este trabajo se tiene destinada a la elaboración de bebidas refrescantes, es conveniente revisar el estado de esta industria.

Los datos sobre producción y valor de la misma en el área de bebidas refrescantes son cubiertos por la Cámara Nacional de las Conservas Alimenticias (CANAINCA). Los datos presentados por dicha cámara hasta el año de 1990, indican que la industria de los néctares y bebidas a base de fruta, es la que más ha presentado un mayor crecimiento en volumen de producción y el monto de sus ingresos tomando como referencia la tabla 6.(9)

Para el periodo 88-89, los ingresos en el ramo de las bebidas y néctares (no se ven en tablas) aumentaron el 126.5% y para el periodo 89-90 un 60.2 %, representando el 27.3% del ingreso total de CANAINCA.

Los precios por caja aumentaron en un 10.6% durante el período 89-90, debido al cambio del volumen del contenido.

TABLA 6: PRODUCCION DE CONSERVAS ALIMENTICIAS

PRODUCTO	PRODUCCION EN MILES DE CAJAS			
	1988	1989	1990	%
Mayonesa	6 589	6 457	8 446	13.2
Pasta y puré de tomate	2 659	2 253	2 442	3.8
Néctares y bebidas	19 733	21 095	30 546	47.6
Sopas, cremas y consomés	3 417	3 340	3 682	5.7
Mermeladas	1 138	1 143	1 296	2.0
Miel y jarabes	720	716	736	1.1
Gelatinas y postres	5 296	6 164	7 280	11.3
Otros productos	7 303	6 934	9 726	15.2
TOTAL	46 775	48 384	64 153	100.0

REFERENCIA: 9

TABLA 7 : PRODUCCION NACIONAL DE BEBIDAS A BASE DE FRUTAS

PERIODO	VOLUMEN DE PRODUCCION (MILLONES DE LTS)	VALOR DE LA PRODUCCION (MILLONES DE PESOS)
ENERO '90	179 534	107 833
FEBRERO '90	156 645	98 850
MARZO '90	180 820	113 632
ABRIL '90	178 895	112 015
MAYO '91	206 363	131 410
JUNIO '91	204 539	128 864
JULIO '91	182 442	117 340
AGOSTO '91	183 576	117 723
SEPTIE '91	178 728	118 718

REFERENCIA: 9

Si bien se conocen estadísticas de producción de bebidas, no se hace referencia a las frutas empleadas ni la cantidad de pulpa agregada, esto mismo sucede con los datos sobre bebidas de frutas registrados por el INEGI mostrados en la tabla 7.

Desafortunadamente, existen otras áreas industriales que emplean pulpa de fruta en sus productos terminados, pero su capacidad instalada y su volumen de producción no resultan significativos para ser tomados en cuenta por algún organismo público o privado, por lo que la información de consumo, producción y comercialización de pulpas de fruta como tal en el área de alimentos es escasa, confusa y en términos generales poco confiable.

13 ABASTECIMIENTO DE MATERIA PRIMA.

El abastecimiento de materia prima de una planta procesadora es una actividad prioritaria para establecer la capacidad de esta y lograr dar así satisfacción a la demanda del consumidor.(37)

Los problemas de abastecimiento pueden identificarse al revisar los eslabones integrantes de la cadena tradicional de comercialización.

La producción en huerto va a ser afectada por diversos factores como son los tecnológicos, económicos y naturales, los productores se ubican como unidades independientes con bajos volúmenes de producción que venden al mejor postor sus productos a precios por demás bajos.

El canal principal de comercialización de productos frutícolas es el denominado canal tradicional, el cual involucra un gran número de intermediarios que acaparan y distribuyen el producto a precios elevados ocasionando graves problemas de desabasto y excesivo costo del producto al consumidor final.(12,13)

Esta cadena en uno de sus eslabones, incluye a agentes acopiadores, compradores en huerta, comisionistas en campo y en centrales de abasto, que canalizan el producto en fresco hacia el centro de acopio.

En un segundo eslabón, se encuentran agentes redistribuidores que manejan grandes volúmenes de producto y tienen una gran capacidad de venta. Estos distribuidores se encuentran en los principales centros de consumo. Profundizando en el comercio redistribuidor, se sabe que tienen gran información sobre el gusto del consumidor y la situación en las áreas de producción, por lo que tienen una influencia directa en el establecimiento de precios al contar con la infraestructura necesaria para transportar, almacenar y conservar eficientemente el producto, trayendo como consecuencia la especulación en el mercado.

De esta manera se establece que el comerciante al contar con los medios (transporte, almacenes, capital etc.) se organiza de mejor manera que los productores, por lo que acaparan y abastecen a los grandes centros de consumo.

Una alternativa de solución a esta cadena tan nociva para el abastecimiento de materia prima es el canal moderno de comercialización; este se constituye por grupos integrados de productores (generalmente en cooperativas), que establecen contratos de trabajo con mayoristas, procesadores y empacadores con el fin de evitar riesgos económicos.

Estos contratos establecen cantidades a abastecer, tiempos de entrega, frecuencia de entrega, niveles de calidad, formas de pago, sanciones, medidas alternativas en caso de exceso o escasez de producto por diversas causas etc., todo ello buscando el máximo beneficio para ambas partes.

Para el caso particular del presente trabajo, la EBR se abastece de materia prima mediante contratos de trabajo con cooperativas de productores de las siguientes regiones :

Guanábana : Tecomán Col.

Guayaba : Apozol Zac. y Calvillo Ags.

Mango : Nueva Italia Mich. y Colima Col.

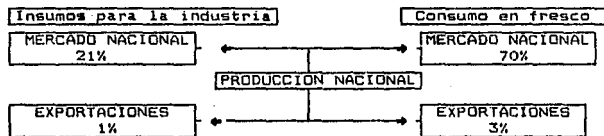
Fresa : Zamora Mich. y Tangancicuaro Mich.

Los contratos firmados en estas regiones tienen varios años de vigencia principalmente por la consistencia anual de los cultivos en tales regiones y el servicio preferencial de abastecimiento a la EBR por parte de los productores.

En las épocas en las cuales se llegan a presentar problemas de abastecimiento de fruta por alguno de los factores mencionados en páginas anteriores. La EBR recurre a otras organizaciones de productores para cubrir sus necesidades, encontrándose estos en Guanajuato para el caso de la guayaba y la fresa y en Michoacán para el mango y la guanábana.

El esquema 1 muestra el destino de la producción frutícola nacional : (32)

ESQUEMA 1 : DESTINO DE LA PRODUCCION NACIONAL FRUTICOLA



De este esquema se puede comentar que el consumo en fresco en el mercado nacional acapara el 70% de la producción frutícola mientras que los insumos para la industria nacional son del 21% en el

cual, el proceso de transformación es de vital importancia debido a que se logra satisfacer la demanda de productos frutícolas en cualquier época del año en diversas presentaciones. (15)

En México las agroindustrias que procesan frutas se desglosan de la siguiente manera :

Bebidas alcohólicas	56 %
Conservas	31 %

El restante 13% se dedican a la exportación de fresa, fabricación de bebidas fermentadas, alimentos congelados y enlatados y a la conservación de frutas deshidratadas (15, 32)

Cabe destacar que las mermas de manejo por producto en fresco son mayores que las exportaciones del mismo, por lo que se deben de establecer procedimientos básicos de manejo para evitar o disminuir al máximo tales pérdidas. (15)

El 55 % de la agroindustrias que procesan fruta se ubican en el Distrito Federal, Veracruz, Jalisco, Michoacán, Baja California, Guanajuato y Sinaloa. (15)

CAPITULO 2

"LOCALIZACION DE LA PLANTA"

2.1 MACROLOCALIZACION.

2.1.1. Criterios de selección.

Para llevar a cabo el presente apartado, se deben de revisar algunos criterios básicos para seleccionar la región más conveniente para los intereses de la EBR, como son (23,67):

- a) Suministro de materias primas
 - Capacidad de abastecimiento
 - Distancias
- b) Suministro de electricidad y combustibles
 - Costo
 - Reservas
 - Capacidad eléctrica y disponibilidad de varios combustibles.
- c) Suministro de agua
 - Calidad (mineral y bacteriológica)
 - Cantidad
 - Dependencia (en caso de no contar con pozo propio)
 - Costo
- d) Clima
 - Temperaturas máximas, medias y mínimas
 - Humedad relativa
 - Velocidad y dirección del viento dominante
- e) Vías de comunicación
 - Longitud
 - Tipo de carretera
 - Acceso a otros estados
 - Vías férreas
 - Aeropuertos

Con el fin de tener una idea mas clara de la región a seleccionar, se desglosan nuevamente las frutas manejadas por la EBR, los centros de abastecimiento de las mismas y la distancia de

los mismos a la Capital del país mostrándose la red de carreteras que comunican a los centros de abasto con el Distrito Federal en la figura 1 :

Guanábana : Tecomán Col. (721 km.)
Guayaba : Apozol Zac. (664 km) y Calvillo Ags. (577 km)
Mango : Nueva Italia Mich. (630 km) y Colima Col. (685 km)
Fresa : Zamora Mich. (577 km) y Tangancicuaro Mich. (570 km)

Al realizar un análisis de la figura anterior, se nota que las vías de comunicación atraviesan el estado de Guanajuato, por lo que el estudio de Macrolocalización se hará tomando a esta entidad como la alternativa más viable.

2.1 Localización geográfica, climas e hidrología de Guanajuato.

El estado de Guanajuato se encuentra ubicado entre los $19^{\circ}52'02''$ y los $21^{\circ}52'09''$ latitud norte y los $99^{\circ}36'06''$ y los $102^{\circ}05'02''$ longitud oeste. Ocupa la parte central sur de la mesa del centro y parte del eje Neovolcánico o Sierra transversal. (54, 55)

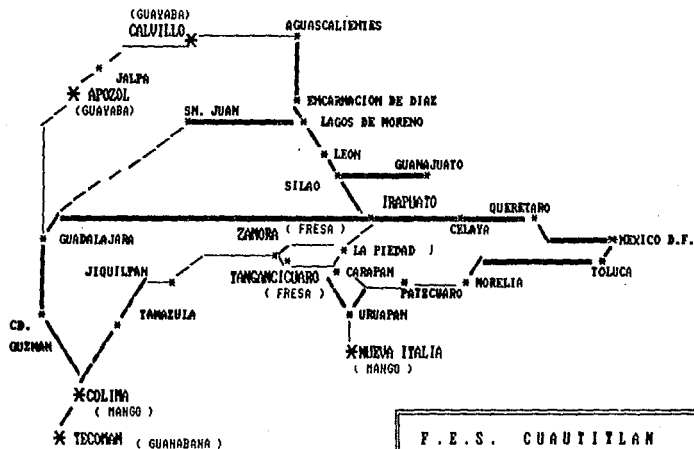
Sus límites son :



Al norte : Aguascalientes y San Luis Potosí.
Al sur : Michoacán
Al este : Querétaro
Al oeste : Jalisco

Su extensión territorial es de $30\ 589\ m^2$ y se encuentra dividido en 46 municipios y 5 400 localidades siendo su capital la ciudad de Guanajuato.

Los climas predominantes en el estado y principales municipios donde se manifiestan son :

FIGURA 1



 AUTOPISTA DE CUOTA DE 4 CARRILES
 CARRETERA FEDERAL DE 2 CARRILES

F. E. S. CUAUTITLAN			
ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA, CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA			
ESCALA	FECHA	DIBUJO	REVISO
	24/08/93	J. A. J. G.	
FIGURA 1 : UBICACION DE LOS CENTROS DE ABASTECIMIENTO DE FRUTA A LA EBR			

-Semiseco : San Felipe, San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo, Guanajuato y San Diego de la Unión.

-Templado : Apaseo el Alto, Apaseo el Grande, Jerécuaro, Yuriria, Pénjamo y Coroneo.

-Subhúmedo : Abasolo, Irapuato, Romita, Salamanca y Valle de Santiago.

Se considera una temperatura media anual de 16 a 18°C, una máxima de 36°C y una mínima de -1°C .

En cuanto al aspecto hidrográfico, este sistema pertenece a la vertiente del Océano Pacífico hacia el Golfo de México.

Con respecto a los ríos, existen grandes flujos de agua en la región, el Río Lerma nace en el Estado de México y penetra en el estado de Guanajuato por la región sureste del territorio, el río Laja con nacimiento en la Sierra de Santa Bárbara y del oeste al este de la ciudad de San Felipe. Existen otros ríos como el Turbio, Apaseo, Irapuato, Santa María y Guanajuato.

En el estado existen 34 presas sobresaliendo la de Solís, Ignacio Allende y la Purísima. La laguna que mas destaca es la de Yuriria con una longitud de 17 km. por 7 km de ancho y 2.6 m de profundidad. La precipitación pluvial es de 640 mm en promedio anual.

2.1.3 Comunicaciones.

a) Terrestres

El estado de Guanajuato cuenta con innumerables vías de comunicación terrestre que unen al centro con el norte, oriente y occidente del país.

El sistema carretero incluye un total de 5 674 km de carreteras distribuidas de la siguiente forma :

Km de carreteras de cuota y cuatro carriles	105
Km de carreteras pavimentadas federales de 2 y 4 carriles	868
Km de carreteras pavimentadas estatales de 2 y 4 carriles	1 261
Km de carreteras revestidas estatales	1 126
Km de carreteras rurales estatales	2 295
Km de carreteras de caminos rurales	20
Km totales de carreteras	5 674

considerándose transitables durante todo el tiempo el 78.3 % de la red estatal de carreteras.

Dentro de la red estatal de carreteras, se cuentan las siguientes carreteras que contactan con otros estados de la república mismas que se muestran en la figura 2:

MEX 110 : León- Irapuato- La Piedad- Guadalajara

MEX 41 : Irapuato- Cuéramaro-Arandas-Tepatitlán-Guadalajara

MEX 45 : Celaya- Moreleón-Morelia

MEX 57 : México-Querétaro-San Luis Potosí

MEX 111 : Guanajuato- San Miguel Allende- San Luis Potosí

Cabe hacer mención que se dispone de carreteras de cuatro carriles para el caso de las vías Querétaro-Irapuato-Silao-León y la vía Salamanca-Irapuato-Abasolo-La Piedad.

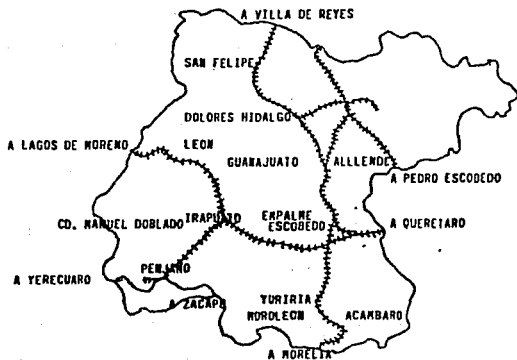
Actualmente ya está en funcionamiento la autopista de cuota de cuatro carriles León - Lagos de Moreno - Aguascalientes y está por terminarse la carretera de cuota de cuatro carriles León-Guadalajara la cual reducirá considerablemente el recorrido hacia el occidente y noroeste del país (55).

FIGURA 2 : VIAS DE COMUNICACION TERRESTRE EN GUANAJUATO

CARRETERAS



FERROCARRIL



Por otra parte, Ferrocarriles Nacionales dispone de 1 051 km. de vías férreas en la localidad, siendo los centros ferroviarios más importantes Irapuato, Acámbaro y Empalme Escobedo.

Se tienen conexiones con los estados de Jalisco, Querétaro, San Luis Potosí y Michoacán, siendo los principales ramales que cruzan la entidad (55):

México-Acámbaro-Uruapán

México-Guadalajara-Nogales

México-Cd. Juárez.

Empalme Escobedo-San Luis Potosí- Tampico

b) Comunicación aérea.

En la entidad se dispone del Aeropuerto Internacional del Bajío situado en el municipio de Silao. Además se cuentan con 9 aeropistas que funcionan como aviación alimentadora y de apoyo al medio rural.

Dos son las líneas aéreas que tienen base en el Aeropuerto del Bajío y son las siguientes :

Aeroméxico : que tiene conexiones a la ciudad de México, Mazatlán, Tijuana, Acapulco, Monterrey, Puerto Vallarta y Los Angeles.

Aeromar:La cual conecta al Bajío con Acapulco, Cd. Victoria, Ixtapa-Zihuatanejo, Monterrey, Lázaro Cárdenas, San Luis Potosí, Uruapán y México D.F.

Este aeropuerto viene a reforzar las excelentes vías de comunicación ya existentes, además de incrementar el número de vuelos nacionales y apertura de vuelos internacionales.

2.1.4. Servicios .

Uno de los factores primordiales con los que se debe de decidir acerca de la instalación de una planta en cierta localización es la cantidad, calidad y disposición de servicios con que cuenta.

En este aspecto, Guanajuato es autosuficiente en todos los servicios que una planta requiere y que a continuación se mencionan:

a) Electricidad.

El suministro es de 1 026 Mw siendo las principales fuentes de abastecimiento las plantas termoeléctricas de Salamanca y Celaya.

El estado se considera autosuficiente pues cubre mas del 90% de sus necesidades.

Los costos de energía eléctrica son los siguientes: (54)

Generación : N\$ 0.52/ Kw-hr

Transformación : N\$ 0.66/ Kw-hr

Distribución : N\$ 0.81/ Kw-hr

b) Gas.

Las fuentes de abastecimiento son las refineries de Salamanca y Tulancingo, teniéndose asegurado el abastecimiento al 100%.

Por otro lado, la refineria de Salamanca cuenta con una capacidad de 245 000 barriles diarios para procesar petróleo crudo y debido a su infraestructura abastece a ocho estados.

c) Agua.

El suministro se proporciona mediante una red de agua potable donde los pozos y las presas son los principales abastecedores del vital líquido, el costo del agua se encuentra en los N\$ 0.60 /m³ considerándose cubiertas las necesidades del estado.

2.1.5. Infraestructura estatal.

a) Parques industriales.

Dentro de los apoyos que brinda el gobierno del estado, se cuenta con el Sistema Estatal de Parques Industriales. Este fideicomiso busca favorecer a los empresarios que deseen invertir en la localidad mediante la venta de terrenos en parques o fraccionamientos industriales dirigidos por el gobierno y que cuentan con los servicios de agua, gas, electricidad y las excelentes vías de comunicación, agregando además las facilidades del gobierno en cuanto a disminución y tramitación de documentos oficiales.

El sistema estatal dispone de 13 parques industriales que se muestran en la tabla 9 de la página siguiente.

b) Mano de obra en la localidad.

En cuanto a la disponibilidad de mano de obra, el INEGI realizó un estudio estableciendo que la población para el año de 1990 fue de 3 644 493 habitantes de los cuales el 32.5 % conforman la población económicamente activa. Se menciona que el 3% de esa población está desempleada.

La Secretaría de Desarrollo Económico a través de la Dirección de Fomento Industrial proporciona cursos gratuitos de capacitación a personas desempleadas en base a los oficios que requiere la industria estatal y está dispuesta a emplear. (52)

El salario mínimo en la entidad es de N\$ 14.11, a continuación se detallan algunos salarios mínimos profesionales vigentes en la entidad a partir de diciembre de 1992; la tabla 8 describe el salario mínimo profesional de algunos oficios vigente en el estado de Guanajuato :

TABLA 8 : SALARIO MINIMO PROFESIONAL VIGENTES EN GUANAJUATO

PUESTO	SALARIO (N\$)
Archivista en oficina	18.75
Ayudante de contador	19.85
Chofer de camión de carga	21.08
Electricista instalador	20.13
Encargado de bodegas	18.60
Recepcionista en general	18.41
Velador	18.35

REFERENCIA : 55

TABLA 9 : SISTEMA DE PARQUES INDUSTRIALES DE GUANAJUATO

EN OPERACION	LOCALIDAD	ADMINISTRACION	SUPERFICIE (HAS)
SI	CELAYA	PUBLICO	409.50
SI	CELAYA	PRIVADO	4.66
SI	IRAPUATO	PRIVADO	272.50
SI	IRAPUATO	PRIVADO	6.40
NO	IRAPUATO	PRIVADO	10.00
SI	LEON	PUBLICO	953.0
SI	LEON	PRIVADO	24.0
SI	LEON	PRIVADO	6.0
SI	LEON	PRIVADO	43.0
SI	LEON	PRIVADO	11.0
SI	LEON	PRIVADO	14.0
NO	SAN FRANCISCO	PRIVADO	50.0
SI	APASEO EL GRANDE	PRIVADO	100.0

REFERENCIA : 55

En la tabla 9 se describen los parques industriales existentes en el estado de Guanajuato. Dicho parques cuentan con la infraestructura necesaria (agua, electricidad, vías de comunicación, etc) y el apoyo del gobierno (reflejado princioalmente en estímulos que se detallan más adelante) para ser una atractiva opción para el futuro inversionista.

c) Apoyos del gobierno.

El Gobierno del estado de Guanajuato ofrece diversos estímulos al inversionista: (55)

- Estímulos Estatales: El Gobierno del estado, con el fin de coadyuvar y fortalecer el desarrollo de la economía, apoya a los inversionistas ejerciendo su acción promotora, manteniendo la atención personal y colaborando para su instalación, desarrollo y éxito.

- Estímulos fiscales: La entidad tiene 9 municipios considerados de máxima prioridad nacional, 5 de máxima prioridad estatal y 32 considerados como resto del país. Las empresas que se establecen en los diversos parques industriales, gozarán de un trato especial que ofrece la Federación.

Estos estímulos varían de acuerdo a la ubicación, tamaño y actividad industrial de las empresas, tomando en cuenta la inversión, el número de empleados y la reubicación fuera de la zona III (Cd. de México).

Dentro de los apoyos financieros de fondos estatales y federales del estado de Guanajuato cuenta con una serie de fondos de financiamiento y asistencia técnica con el propósito de promover nuevas inversiones y consolidar las ya existentes.

Operan en el estado 17 fondos que dan servicio al sector industrial destacando:

INFOTEC : Fondo de Información Técnica y Documentación de la Industria.

FOMIN : Fondo Nacional de Fomento Industrial

FONEI : Fondo de Equipamiento Industrial.

FONEP : Fondo de Estudios y Proyectos

CONACYT : Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

FODEIN : Fondo de conjuntos, parques, ciudades industriales y centros comerciales.

FIDEC : Fideicomiso para el Desarrollo Comercial.

La existencia de estos fondos coadyuva a la instalación y operación eficiente de las empresas, lo que a su vez permite el desarrollo del sector industrial.

A través del análisis anterior del estado de Guanajuato se concluye que es una buena opción para la localización de la planta debido a que es autosuficiente en servicios, cuenta con una excelente red de carreteras y se cuenta con el apoyo del Gobierno estatal. Por lo tanto, el estudio de microlocalización se realizará en esta entidad.

2.2 MICROLOCALIZACION.

Teniendo como macrolocalización el estado de Guanajuato para la ubicación de la planta a diseñar, el siguiente paso es realizar la revisión de algunas de las localidades que integran a este estado para satisfacer los intereses de la empresa.

La administración del estado de Guanajuato ha brindado un gran impulso a la industria, dando opciones a los inversionistas que desean establecerse en la localidad para ubicarse en alguna ciudad constituyente del corredor industrial del Bajío.

Dicho corredor atraviesa la parte central del estado e incluye a las ciudades de Apaseo el Grande, Celaya, Salamanca, Irapuato, Silao, León, San Francisco del Rincón, Villagrán y Ciudad Manuel Doblado, que se consideran municipios de máxima prioridad nacional. En algunos de estos municipios se cuentan con parques y fraccionamientos industriales de los cuales ya se comentaron sus características.

En el aspecto industrial, el estado de Guanajuato en el año de 1970 tenía registrado 21,604 empresas divididas de la siguiente manera (34,55) :

TIPO	No.	% del total
Grandes	169	(0.78%)
Medianas	649	(3.00%)
Pequeñas	3 024	(14.00%)
Microindustrias	17 763	(82.22%)

Dentro de las principales empresas establecidas en el estado estas se clasifican en cuanto al tipo de inversión :

INVERSION NACIONAL

Química Central	PEMEX
Cemento Maya	Nabisco Famosa
Negromex	Acumuladores Monterrey
Albamex	Organización Bimbo

INVERSION EXTRANJERA

Haggamex	Gigante Verde
Calzado Zagua	Productos Vegetales de México
Industrias Goei	Bird Eye
Celanesse	

Continuando con el aspecto industrial, la Dirección de Fomento Industrial del estado (52) brinda asesorías para recomendar las opciones más apropiadas a los intereses de los particulares. En el presente caso, se recomendaron a las ciudades de León e Irapuato para los fines perseguidos. La ciudad de León presenta el inconveniente de tener dificultades para el abastecimiento de agua, además de existir carencias de mano de obra (25), por lo que se hace poco atractiva esta opción.

Debido a ello, se realizó un análisis de la ciudad de Irapuato con el fin de encontrar la alternativa deseada por la empresa.

2.2.1. Indicadores geográficos, clima e hidrografía de Irapuato.

El municipio de Irapuato se encuentra localizado entre los paralelos $20^{\circ}30'09''$ y $20^{\circ}46'08''$ latitud norte y el meridiano $100^{\circ}34'09''$ longitud oeste; se encuentra localizado en el centro del estado y a 45 Km de la capital del estado, siendo una vía obligatoria del occidente hacia la ciudad de México.

La ciudad de Irapuato se encuentra en la altiplanicie mexicana dentro de la meseta central y localizada en la región central del municipio del mismo nombre, con una latitud norte de $20^{\circ}40'28''$ y una longitud oeste de $101^{\circ}20'51''$.

Sus límites geográficos son: al norte los municipios de Silao y Guanajuato, al sur los municipios de Abasolo y Pueblo Nuevo, al oeste con los municipios de Romita y Abasolo, y al este con el municipio de Salamanca.

Su superficie es de 786.4 Km^2 , representando el 2.57% de la superficie total del estado. (16)

La altura de la ciudad es de 1,724 m sobre el nivel del mar. El municipio está dividido en 200 localidades, las cuales representan el 3.7% de las localidades a nivel estatal.

El clima predominante en Irapuato es el semicálido subhúmedo con lluvias en verano, la temperatura predominante es mayor de 18°C, la mínima alcanza los 3°C y la media anual se encuentra en 17.7°C, los vientos son templados con variantes durante todo el año, soplan generalmente del noroeste al sureste con velocidades variables que pueden ir de los 5 a los 70 Km/h, en caso extremo.

El municipio se encuentra ubicado en la región hidrográfica No. 12 llamada Lerma-Chapala-Santiago; región dividida en 6 cuencas, de las cuales Irapuato está en la cuenca No. 2 llamada río Lerma-Salamanca, la cual tiene su origen en la presa de Solís.

Así mismo se tienen 3 presas para el control del agua; dichas presas son :

- La presa del Conejo II con capacidad de 67'000,000 m³
- La presa de la Gaviá con capacidad de 150'000,000 m³
- La presa de la Purísima con capacidad de 195'000,000 m³

El río Temascatio se encausa por el oriente del municipio, sus principales afluentes son los arroyos del Temascatio y el Copal, el río Guanajuato tiene su cause al noroeste del municipio y sus afluentes son el arroyo Tepalcatepec y el río Silao.

Con relación a su orografía, el municipio no cuenta con grandes elevaciones debido a que se encuentra en llanuras y solo destacan en el norte, la Garrida (1980 msnm), el cerro de Temascatio (1750 msnm), al oriente el cerro Prieto (1 750 msnm), al poniente el cerro de Arandas (2 030 msnm) y el Veinte (2 340 msnm).

Con base a la macrozonificación sísmica, al estado le corresponde 2 zonas, la porción norte como asísmica y la porción sur como penisísmica.

La primera ocupa la mayor parte del estado y la segunda se encuentra hacia el centro y sur del estado.

Irapuato se encuentra en la zona penisísmica, en la cual se ha sentido sismos de los 5^o en la escala de Richter. Por esta misma zona pasa la falla de San Andrés y la falla transísmica.

2.2.2. Indicadores demográficos.

Se esperaba que para el año de 1990, la población en el municipio de Irapuato sería de 400,827 habitantes; el municipio se considera entre los más densamente poblados, esperándose 509.7 habitantes por Kilometro cuadrado.

La población urbana se estima en 291,121 habitantes, representando el 72.63% del total y la población rural se estima en 109,706 habitantes.

Analizando la estructura poblacional, tenemos que para el año de 1990 el 64.42% de la población posea 12 años ó más, es decir 258,213 habitantes; sin embargo la población económicamente activa (PEA), que representa la oferta de trabajo municipal, alcanzó solo el 34.35% de la población total con 137,684 habitantes siendo mayor que la estatal.

2.2.3. Educación y Cultura.

Cabe hacer mención de la infraestructura educativa en la localidad que involucra desde preescolar hasta estudios de postgrado:(16)

- 30 Jardines de niños (federales), 31 estatales y 15 particulares
- 1 Guardería infantil del I.M.S.S.
- 90 Primarias estatales y 130 federales.
- 24 Secundarias federales, 25 estatales y 16 particulares.
- 1 Preparatoria federal, 3 estatales y 3 particulares
- 3 Escuelas Normales estatales y 2 particulares
- 1 Escuela Superior de Ingeniería Agrícola
- 1 Escuela Superior de Enfermería y Obstetricia
- 1 Tecnológico de Monterrey
- 1 Universidad particular (Quetzalcoatl)

Los centros de Investigación Científica, Tecnológica, Cultural y Humanística son 4 y están integrados en un organismo denominado CINEDEG (Coordinadora de Instituciones de Investigación del Estado de Guanajuato); a continuación se detallan dichos centros : (16)

- Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares
- Centro de Investigaciones y Estudios del I.P.N.
- Ingeniería Agrícola y Alimentaria
- Escuela de Agronomía y Zootecnia.

2.2.4. Vivienda y Salud.

El municipio posee 66,143 viviendas (1990) con una densidad de 6.06 hab/casa, por tipo de casa el 98.24% son viviendas particulares. (16)

Del total de viviendas disponibles, el 85% disponen de agua entubada, el 84.65% poseen energía eléctrica en sus hogares, el 67% cocinan con gas y 41,220 viviendas poseen drenaje de tuberías públicas, índices superiores a los estatales, afirman que 43,773 son propias y el resto son de particulares. (16)

En el sector salud, Irapuato dispone de una amplia infraestructura, contando con hospitales públicos y privados :

- Hospital General B de Salubridad
- Hospital del I.M.S.S.
- Hospital Militar
- Centro de Salud
- Cruz Roja

2.2.5. Infraestructura.

Carreteras.-Posee vías de acceso a través de la carretera federal 110-45 de Irapuato a Cd. Juárez; la carretera 110-90 a Guadalajara vía corta por La Piedad; la carretera federal 45 super carretera México-Irapuato y la carretera federal 45 libre vía paralela a la super carretera; posee accesos con vías terrestres de 4 carriles.

Ferrocarriles.-El principal centro del estado es Irapuato con rutas de México a Cd. Juárez y México-Guadalajara, con servicios de carga y pasajeros.

Aeropuerto.-Se cuenta con una aeropista y con un aeropuerto en León a 45 min de Irapuato, además el Aeropuerto Internacional del Bajío se encuentra a 25 min de Irapuato.

Derivados del petróleo.-El municipio cuenta con una planta de almacenamiento de productos derivados del petróleo, la cual distribuye a las diferentes gasolineras e industrias de la región.

Energía Eléctrica.-La capacidad de energía eléctrica es de 65,000 Kva en 3 subestaciones de distribución: Arandas con 20,000 Kva y la industrial con 20,000 Kva. Actualmente la ciudad tiene un anillo con líneas de transmisión a 115 Kva, la cual alimenta a las 3 subestaciones de distribución.

Agua potable.-El municipio cuenta con 30 pozos de agua potable, encontrándose el nivel freático a 24 m de profundidad y el servicio de los pozos es de 1,248 lt/s, existen los pozos de uso particular que abastecen de agua a colonias que no cuentan con el líquido.

2.2.6. Estímulos Fiscales.

De acuerdo con el programa de desconcentración industrial de las áreas metropolitanas del Valle de México y Guadalajara, el Gobierno Federal dictó el Plan Nacional de Desarrollo Industrial, en el cual se determinan lugares, municipios y entidades federativas que gozan de estímulos fiscales.

El municipio de Irapuato está localizado en la zona 1 B considerado de máxima prioridad nacional. Para el presente caso es necesario el número de empleados y el valor de las ventas netas para establecer el tamaño de la planta :

-De 16 a 100 personas con ventas que excedan los N\$ 3,400 000 al año se considera una industria pequeña.

-De 101 hasta 250 personas con ventas totales hasta de N\$6,500,000 al año se considera una industria mediana.

El programa de fomento es el documento expedido por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial, en el cual se fijan los compromisos y obligaciones que asume la empresa, los estímulos y apoyos que les corresponden en base a su clasificación industrial así como a su ubicación geográfica, para promover el desarrollo conforme a los objetivos de la política nacional industrial.

Según el decreto, los estímulos fiscales se otorgan atendiendo también al lugar donde se desarrolle la actividad industrial, por lo cual se establecen las zonas geográficas :

Zona I	Máxima prioridad nacional
Zona II	Máxima prioridad estatal
Zona III	De ordenamiento y regulación
III-A	Area de crecimiento controlado
III-B	Area de consolidación

La actividad que se desea realizar en la planta se encuentra ubicada dentro de una actividad prioritaria por lo que los estímulos son válidos (grupo 20 : fabricación de alimentos, subgrupo 201 : preparación y envasado de frutas y legumbres, clase 2012 : preparación, congelación, elaboración de conservas y encurtidos de frutas y legumbres incluso jugos y mermeladas).

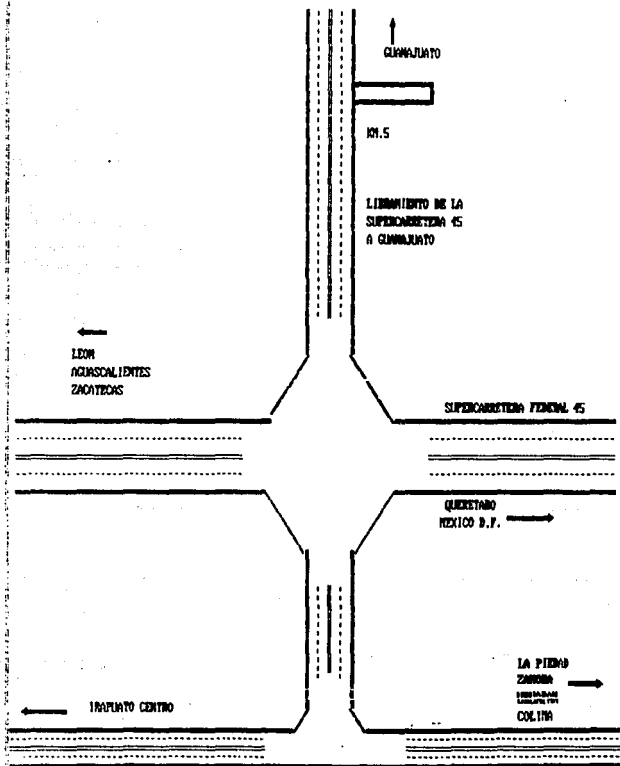
2.3 UBICACION DEL TERRENO.

Habiéndose encontrado que el municipio de Irapuato cuenta con los factores básicos que gobiernan la evaluación para la localización, se procede a establecer el sitio exacto de instalación de la planta.

El terreno donde se desea establecer la planta, se encuentra ubicado en el kilómetro 5 del libramiento Irapuato-Guanajuato (ver figura 3). Dicho libramiento conecta con la carretera Panamericana que lleva directo a la ciudad de Querétaro, es una vía directa a la ciudad de Guanajuato y entronca con la carretera 110 que enfila a la ciudad de La Piedad Michoacán. (36)

Este terreno dispone de un pozo propio cuya descarga puede satisfacer una tubería de 8-10'', también cuenta con un tendido eléctrico a su alrededor, por lo que la instalación de una subestación eléctrica daría solución al problema de abastecimiento de energía eléctrica. (36)

FIGURA 3: UBICACION DEL TERRENO



F. E. S. CUAUTITLAN			
ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA, CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA			
ESCALA	FECHA	DIBUJO	REVISO
NO	24/08/93	J. A. J. G.	
FIGURA 3 : UBICACION DEL TERRENO			

CAPITULO 3

"INGENIERIA DEL PROYECTO"

Con estas condiciones el terreno cumple con los requisitos que la empresa plantea, considerándose ahora las distancias de los centros de abasto de materia prima a la microlocalización propuesta y de ésta misma a la ciudad de México.

APOZOL-IRAPUATO	
Apozol-Guadalajara-La Piedad-Irapuato	324 Km
CALVILLO-IRAPUATO	
Calvillo-Aguascalientes-León-Irapuato	247 Km
ZAMORA-IRAPUATO	
Zamora-La Piedad-Irapuato	247 Km
TANGANCICUARO-IRAPUATO	
Tangancicuaro-Zamora-La Piedad-Irapuato	240 Km
COLIMA-IRAPUATO	
Colima-Zamora-La Piedad-Irapuato	328 Km
TECOMAN-IRAPUATO	
Tecomán-Colima-La Piedad-Irapuato	391 Km
NUEVA ITALIA-IRAPUATO	
Nueva Italia-Uruapan-La Piedad-Irapuato	300 Km

Y de la ciudad de Irapuato a la ciudad de México :

IRAPUATO-MEXICO D.F.

Irapuato-Salamanca-Celaya-Querétaro-México D.F. 330 Km

3.1 CONSIDERACIONES PREVIAS .

3.1.1. Envases y contenedores.

La pulpa de fruta se envasará en cubetas de PVC, con una capacidad de 17 Kg. Si bien no se tiene una norma mexicana que respalde su uso dentro del Área de alimentos, este material no ocasiona problemas de contaminación, es ligero, práctico y existe una gran disponibilidad en el mercado de tales cubetas, siendo de uso general en el manejo de volúmenes de producto de dicha capacidad (30).

Sus características son :

Peso	:	1.123 Kg
Diámetro	:	30 cm
Longitud	:	36 cm
Color	:	blanco
Capacidad	:	17 kg.

Para transportar a los lotes de cubetas, se emplearán tarimas de 2 vías, 4 entradas fabricadas con madera de pino con medidas 1200 mm de ancho por 1200 mm de largo. Esta clase de tarimas se encuentra normalizada (tipo 3) NORMA NOR-EE-86-1984 (59).

Esta tarima presenta la ventaja de contar con 4 accesos para las horquillas de los montacargas, su uso también es muy generalizado y son sumamente baratas, son más ligeras que otros materiales (metal plástico comprimido).

Sus características son :

Peso	:	40 Kg	Ancho	:	1200 mm
Longitud	:	1200 mm	Altura	:	150 mm
Capacidad de estibado : 869 lg (para el presente caso).					

La estiba máxima será de 5 tarimas con cubetas, la altura total de la estiba es de 6.15 mts, la cual está en función a la capacidad máxima de levantamiento del montacargas (6.1 m) y la resistencia de la tarima.(66)

3.1.2. Características de las frutas.

A continuación se presentan las tablas 10 y 11 donde se muestran las características de las frutas y composición y rendimiento de las mismas respectivamente:

TABLA 10: CARACTERÍSTICAS DE LAS FRUTAS

	FRESA	GUANABANA	GUAYABA	MANGO
FORMA	ACORAZONADO A OVAL	ACORAZONADO A OVAL	ESFERICA A ELIPSOIDAL	ACORAZONADO A OVAL
LARGO	2.5 a 4.0 cm	15 a 30 cm	4 a 12 cm.	9 a 17 cm.
DIAMETRO	2.5 a 4.0 cm	10 a 20 cm	1.5 a 10 cm	6 a 12 cm.
PESO	20 a 50 gr.	1 a 4 kg	15 a 56 cm	150 a 550 gr
COLOR	ROJO INTENSO	VERDE OSCURO	VERDE CLARO A CANARIO	AMARILLO A NARANJA
VARIEDAD	PICO DE PAJARO	CARACTERISTICA	CRIOILLA	MANILA

REFERENCIAS : 47, 56, 57, 58

Las pulpas obtenidas durante el procesamiento tienen las siguientes características :

FRESA: Sabor y aroma intenso con una coloración que oscila entre el rosado y el rojo intenso.

GUANABANA: La pulpa es blanca, fibrosa, blanda y jugosa, de sabor agradable y ligeramente ácido.

MANGO: La pulpa del mango tiene una coloración amarilla con un sabor dulce y muy aromático con una consistencia fibrosa.

GUAYABA: La pulpa de guayaba es de aroma intenso y característico con un color que oscila entre el amarillo y el rosado.

En referencia a la tabla 11, se puede ver claramente el efecto de la presencia de cáscara, semillas (guanábana y guayaba) y hueso (mango) en el bajo rendimiento de las frutas en comparación con la fresa.

TABLA 11 : COMPOSICION QUIMICA

	FRESA	GUANABANA	GUAYABA	MANGO
HUMEDAD	86.9 %	77.0 %	83.0 %	81.7 %
CARBOHIDRATOS	10.2 %	8.9 %	10.6 %	16.8 %
PROTEINA	0.23 %	0.89 %	0.65 %	0.8 %
GRASA	---	0.45 %	0.17 %	0.4 %
RENDIMIENTO (% PULPA)	86.5 %	67 %	76 %	77 %

REFERENCIAS : 5

3.2. CARACTERISTICAS DEL PROCESO.

3.2.1. Descripción general del proceso.

RECEPCION.-Esta operación tiene como finalidad llevar a cabo los controles de procedencia de las frutas, cantidad, hora de entrada, estado de maduración entre otros, arribando la fruta a la planta en rejas de madera que serán descritas mas adelante.

REFRIGERACION.-La refrigeración se llevará acabo en las condiciones especificadas para cada fruta. Esta refrigeración será en almacenes de corto tiempo, debido a que solo se tendrá la fruta en el almacén cuando la misma no pueda pasar a las líneas de procesamiento en el momento de su llegada a la planta.

PRELAVADO.-Esta operación se realiza al espresar sobre la fruta agua clorada con la intención de eliminar posibles contaminaciones microbianas, se realiza en una banda de rodillos que dispone de un sistema de agua por aspersión, el tiempo de exposición es de un minuto.

SELECCION.-Las rejas de madera son descargadas en un transportador de rodillos para que el personal realice esta operación de manera eficiente; aquí se elimina fruta en mal estado, fruta verde, hojas, tallos, piedras, etc.

Existen operaciones particulares para el caso de la fresa y la guanábana. La fresa durante su selección es despatada, es decir, se le elimina el pedúnculo para alimentar al lavado solo la parte carnosa del fruto.

LAVADO.-El lavado de las frutas se lleva acabo en un transportador de rodillos que incluye un banco de tubos que espresan agua limpia a temperatura ambiente, el tiempo de exposición de la fruta con el agua es de un minuto. Esta operación es con el fin de eliminar tierra, polvo y restos de fungicidas, cloro e insecticidas.

Para el caso de la guanábana, esta pasa hacia las mesas de pelado donde se le elimina la cáscara y el corazón de manera manual pues los equipos existentes en el mercado no garantizan que la pulpa quede completamente libre de residuos de cáscaras.

ESCALDADO: El escaldado se realiza por diversas razones entre las que destacan: inactivación de enzimas, fijar el color, expulsión de aire de los tejidos y facilitar el pelado y trituración de las frutas.

El escaldado se lleva a cabo mediante la inyección de vapor a un equipo *Thermo-screw*; para el caso del mango y la guayaba cuyas características de tamaño y dureza respectivamente hacen necesaria un tratamiento térmico más drástico son sometidas a una temperatura de 80°C por un tiempo de 3 minutos empleando vapor a 6 Kg/cm^2 .

Para la fresa, el tratamiento es menos severo pues su tamaño pequeño y su textura suave facilitan esta operación empleándose vapor a 4 kg/cm^2 alcanzando una temperatura de 60°C por un tiempo de 75 segundos.

La guanábana no se escalda pues en la práctica se ha visto que este tratamiento oscurece la pulpa, defecto crítico en una pulpa de coloración blanca.

PULPEADO.—Una vez que las frutas han pasado por el blanqueo, pasan por una transportadora que alimenta hacia el equipo de pulpeado.

El objetivo del pulpeado es separar la pulpa, de las partes no comestibles de la fruta (cáscaras, semillas y hueso).

Para el caso del mango y la guanábana, la flecha del despulpador dispone de cepillos con el fin de no romper el hueso al contacto con la malla y afectar las características sensoriales de la

pulpa (color y sabor) así como no obstruir las aberturas de la malla al ser pulpas fibrosas.

La guayaba y la fresa se trabajan con una flecha con paletas pues la pulpa no es fibrosa y la partícula de la pulpa tiende a ser esférica.

La malla empleada para la guanábana tienen una abertura de 3/16 pulg. en tanto que con las otras se pulpean con malla 0.060 pulg.

REFINADO.- El objetivo de los refinadores es el de tener una pulpa homogénea al pasar ésta por una serie de mallas de tamaño de abertura 0.023 y 0.020 pulg.

ACONDICIONAMIENTO.- Esta operación se lleva a cabo en tanques de acero inoxidable, en donde a la pulpa se le adiciona benzoato de sodio en una concentración del 0.01% y ácido ascórbico al 0.2%, estos ingredientes son incorporados a la pulpa mediante propelas.

ENFRIAMIENTO.- La pulpa ya acondicionada es enviada a un intercambiador de calor con el fin de disminuir su temperatura a 5 °C utilizando agua fría proveniente del banco de hielo. El equipo que llevará a cabo el enfriamiento de la pulpa es un intercambiador de superficie raspada (*Rototherm*) empleando agua a 2°C. (65)

ENVASADO.- El envasado se realiza inmediatamente después que la pulpa ha sido acondicionada, esta es envasada en cubetas de PVC, las cuales contendrán 17 Kg de pulpa.

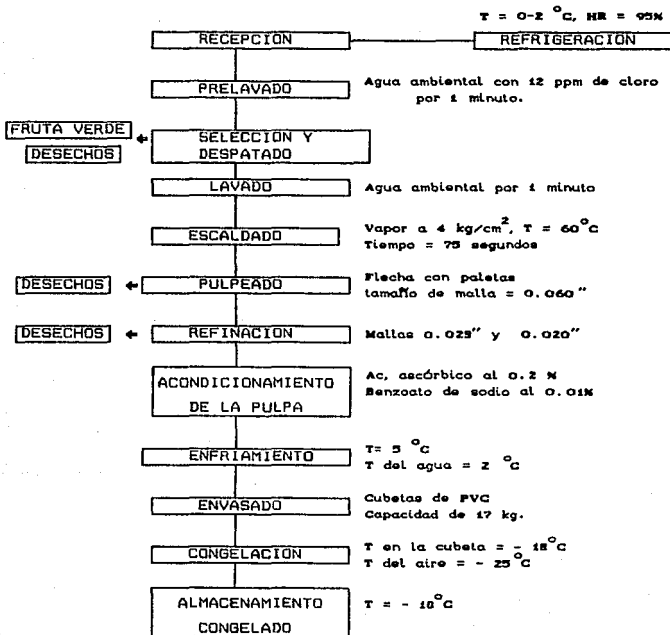
CONGELACION.- La congelación de la pulpa se hará en *Blast Freezer*, a una velocidad de aire de 10 m/s y alcanzando una temperatura en el centro de las cubetas de -18°C con aire a - 25 °C por un tiempo a establecer. Se selecciona el *blast freezer* pues las dimensiones tanto de la cubeta como de la estiba no dan opción para emplear otro sistema de congelación.

ALMACENAMIENTO.-El almacenamiento se realizará en cuartos de conservación de congelación a una temperatura de -18°C en el centro del producto procurando evitar fluctuaciones en la temperatura.

En los siguientes incisos se detallan los diagramas de bloques para las diferentes frutas continuando con los balances de materia y energía.

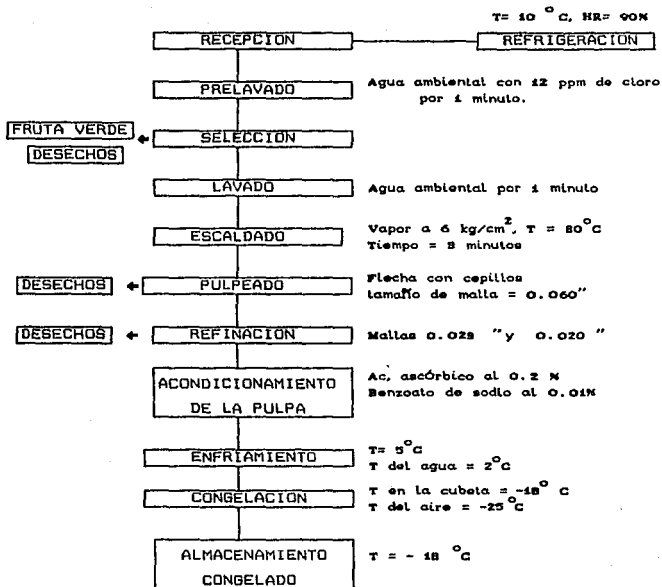
3.2.2. Diagrama de bloques

a) FRESA



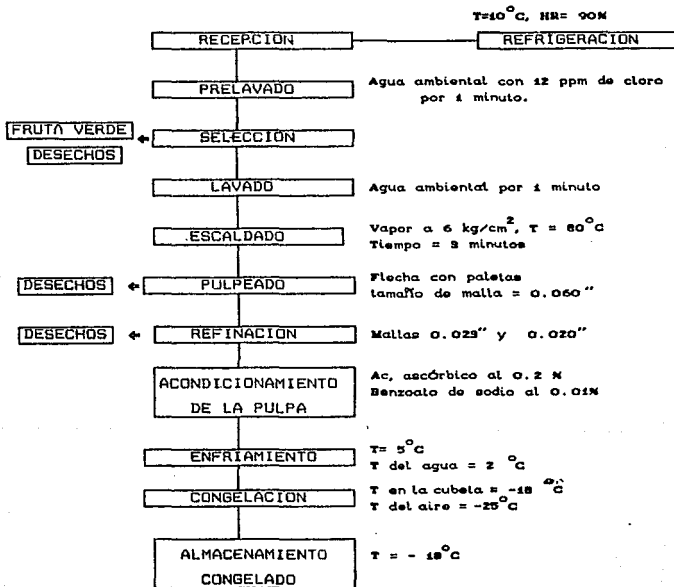
REFERENCIAS : 6, 8, 22

b) MANGO



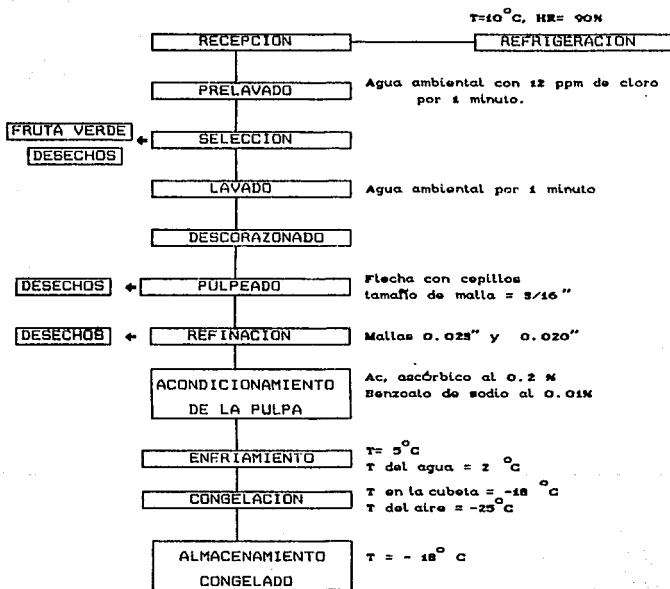
REFERENCIAS : 21, 22, 65

c) GUAYABA



REFERENCIAS : 22, 65

d) Guanábana



REFERENCIAS : 2, 7, 22, 40, 49

3.2.3 Balances de materia y energía

La nomenclatura empleada es la siguiente :

Mf = Masa de fruta Tf = Temperatura de la fruta

Ma = Masa de agua Ta = Temperatura del agua

Mv = Masa de vapor

a) FRESA

RECEPCION	REFRIGERACION	PRELAVADO
Mf = 118 980 kg/día Tf = 18°C	Mf = 118 980 kg/día Tf = 2°C	Mf = 118 980 kg/día Tf = 18°C Ma = 5 000 kg/día

SELECCION Y DESPATADO	LAVADO	ESCALDADO
Mf = 117 790 kg/día Tf = 18°C	Mf = 118 980 kg/día Tf = 80°C Ma = 5 000 kg/día	Mf = 117 790 kg/día Tf = 60°C Mv = 10 117 kg/día

REFINADO Y PULPEADO	ACONDICIONAMIENTO	ENFRIAMIENTO
Mf = 102 794 kg/día Tf = 80°C	Mf = 102 917 kg/día Tf = 80 °C	Mf = 102 917 kg/día Tf = 5°C Ta = 2°C

ENVASADO	CONGELACION	ALMACENAMIENTO
Mf = 102 917 kg/día Tf = 5°C	Mf = 102 917 kg/día Tf = -18°C T aire = -25°C	Mf = 102 917 kg/día Tf = -18°C

b) MANGO

RECEPCION	REFRIGERACION	PRELAVADO
Mf = 103 730 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 103 730 kg/dia Tf = 10°C	Mf = 103 730 kg/dia Tf = 18°C Ma = 4 360 kg/dia

SELECCION	LAVADO	ESCALDADO
Mf = 102 693 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 102 693 kg/dia Tf = 18°C Ma = 4 360 kg/dia	Mf = 102 693 kg/dia Tf = 80°C Mv = 8 355 kg/dia

PULPEADO Y REFINADO	ACONDICIONAMIENTO	ENFRIAMIENTO
Mf = 79 717 kg/dia Tf = 80°C	Mf = 79 872 kg/dia Tf = 80°C	Mf = 79 872 kg/dia Tf = 5 °C Ta = 2 °C

ENVASADO	CONGELACION	ALMACENAMIENTO
Mf = 79 872 kg/dia Tf = 5°C	Mf = 79 872 kg/dia Tf = -18°C T aire = -25°C	Mf = 79 872 kg/dia Tf = -18°C

c) GUAYABA

RECEPCION	REFRIGERACION	LAVADO
Mf = 106 640 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 106 640 kg/dia Tf = 10°C	Mf = 106 640 kg/dia Tf = 18°C Ta = 4 800 kg/dia
SELECCION	LAVADO	ESCALDADO
Mf = 105 573 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 80 909 kg/dia Tf = 80°C Ma = 4 500 kg/dia	Mf = 80 909 kg/dia Tf = 80°C Mv = 8 252 kg/dia
PULPEADO Y REFINADO	ACONDICIONAMIENTO	ENFRIAMIENTO
Mf = 80 748 kg/dia Tf = 80°C	Mf = 80 909 kg/dia Tf = 80°C	Mf = 80 909 kg/dia Tf = -18°C Ta = 2°C
ENVASADO	CONGELACION	ALMACENAMIENTO
Mf = 80 909 kg/dia Tf = 5°C	Mf = 80 909 kg/dia Tf = -18°C T aire = -25°C	Mf = 80 909 kg/dia Tf = -18°C

d) GUANABANA

RECEPCION	REFRIGERACION	PRELAVADO
Mf = 38 880 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 38 880 kg/dia Tf = 10°C	Mf = 38 880 kg/dia Tf = 18°C Ma = 1 700 kg/dia

SELECCION	LAVADO	DESCORAZONADO
Mf = 38 880 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 38 880 kg/dia Tf = 18°C Ma = 1 700 kg/dia	Mf = 26 100 kg/dia Tf = 18°C

PULPEADO Y REFINADO	ACONDICIONAMIENTO	ENFRIAMIENTO
Mf = 25 998 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 26 050 kg/dia Tf = 18°C	Mf = 26 050 kg/dia Tf = -18°C Ta = 2 °C

ENVASADO	CONGELACION	ALMACENAMIENTO
Mf = 26 050 kg/dia Tf = 5°C	Mf = 26 050 kg/dia Tf = -18°C T aire = -25°C	Mf = 26 050 kg/dia Tf = -18°C

3.2.4. Equipo seleccionado.

En este apartado se mencionan los equipos que integran la línea de procesamiento de frutas.

El arreglo y las características del equipo seleccionado (ver esquema 2) hacen que la línea de procesamiento se considere universal entendiéndose este término como aquella línea que puede procesar gran cantidad de frutas con los equipos básicos que la componen sin contar con otros equipos que se usan solo en ocasiones especiales (centrífugas, prensas, etc.)

Los equipos seleccionados son los siguientes :

Bandas de lavado y prelavado :

Marca : Savi Antonio

Modelo : SA 110

Largo : 7.20 m

Ancho : 0.91 m.

Potencia del motor : 5 Hp

Tipo : Rodillos

REFERENCIA : Alimentos Procesados, "Guía Empresarial 1993", Vol 12
No. 6, Julio 1993.

Bandas de selección :

Marca : Savi Antonio

Modelo : SA 202

Largo : 8.00 m

Ancho : 0.91 m.

Potencia del motor : 5 Hp

Tipo : Rodillos

REFERENCIA : Alimentos Procesados, "Guía Empresarial 1993", Vol 12
No. 6, Julio 1993.

Escaldador :

Marca : Rietz

Modelo : ~~Thermo-screw~~ TLW

Largo : 4.57 m

Diametro : 0.38 m

Potencia del motor : 20 Hp cuenta con variador de velocidad

Capacidad : 21.0 ft³

REFERENCIA: Bepex Co. " Bulletin 06-1A: water and steam blanchers and cookers" U.S. A.

Pulpeador y refinadores :

Marca : Polinox.

Modelo : D-7

Largo : 1.70 m

Ancho : 0.70 m.

Capacidad : 1.7 m³

Potencia del motor : 40 Hp

REFERENCIA : Polinox S. A. " Despulpador refinador Polinox Modelo D-7" MEXICO.

Equipo de enfriamiento :

Marca : Manzini

Modelo : ~~Rototherm~~ SCR 32715

Largo : 2.30 m

Ancho : 1.75 m.

Altura : 2.20 mts.

Potencia del motor : 5 Hp

Tipo : Tubos concéntricos y superficie raspada.

REFERENCIA: 65

Bombas :

Marca : Sentinel

Modelo : SE-6-75

Largo : 0.19 m

Ancho : 0.13 m.

Potencia del motor : 5 Hp , cuenta con variador de velocidad.

Tipo : Engranés

REFERENCIA : Manufacturera Tosa S.A. Bombas de engranes Sentinel Mexico.

ESQUENA 2 : DISTRIBUCION DE EQUIPOS EN AREA DE PROCESO



1. ALIMENTACION DE FRUTA
2. PULPEADO Y REFINACION
3. TANQUE DE PREPARACION DE BENZOATO DE SODIO
4. TANQUE DE PREPARACION DE ACIDO ASCORBICO
5. TANQUE DE ACONDICIONAMIENTO DE PULPA

F. E. S. CUAUTITLÁN
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MEXICO
 ESCUELA DE INGENIERIA EN ALIMENTOS
 ESQUENA 2 : AREA DE PROCESAMIENTO

Los tanques que servirán como espera de los equipos de enfriamiento, acondicionamiento y envasado tienen una capacidad de 1 750 gal, su diámetro es de 6 pies y su altura de 8 pies teniendo el fondo cónico, las entradas están por la parte superior, dispone de 2 entradas de inspección de 18''x.20'' en la parte baja, descarga por la parte del fondo y cuenta con un agitador con motor de 3 HP.

3.2.5. DISTRIBUCION DE AREAS.

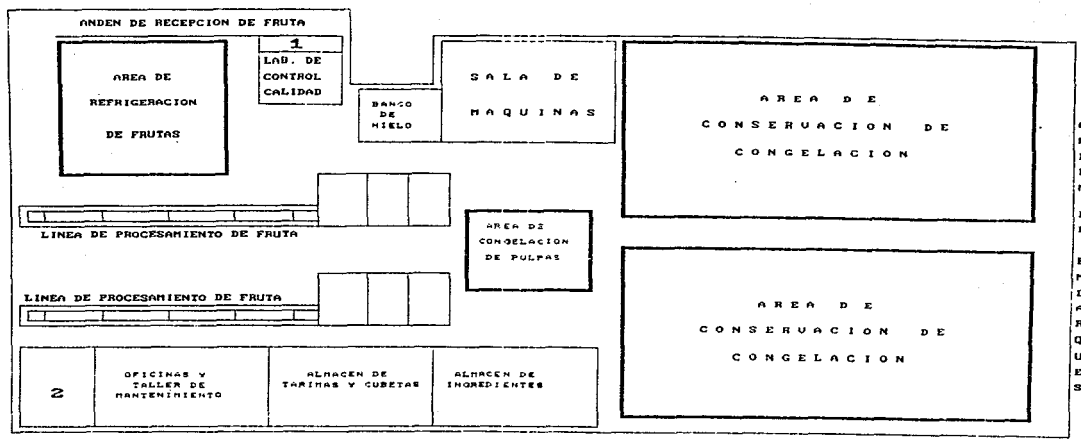
Para el desarrollo de la distribución de áreas de proceso se propone un patrón de flujo lineal debido a que el proceso es sencillo y el reducido número de equipos así lo plantea. La relación del espacio teórico se muestra como una configuración en L al estar las áreas de recepción y almacenamiento de materia prima (ver esquema 6), en posición norte-sur y almacén de producto terminado y embarque en una posición oeste-este. (1)

Las cámaras de refrigeración se encuentran junto al área de recepción, de manera que pueda almacenarse el producto que no sea procesado inmediatamente, y a su vez, se localiza frente al área de selección para alimentar la fruta directamente a la banda cuando el proceso así lo demande.

Las cámaras de conservación de congelación se localizan frente a los congeladores, de manera que el producto terminado congelado sea trasladado en el menor tiempo posible. Las cámaras de conservación a su vez, se encuentran localizadas cerca de la zona de embarque para facilitar el traslado del producto terminado al transporte.

El cuarto de máquinas se encuentra centralizado, de manera que a un lado de él se localiza la zona de alta presión y por el otro la zona de baja presión con el fin de realizar un arreglo lógico de los equipos involucrados para refrigeración y congelación.

ESQUEMA 3: LAYOUT DEL DE AREA DE PROCESO



- 1. OFICINAS DE RECEPCION DE FRUTA.
- 2. OFICINAS DE PRODUCCION.

F. E. S. CUAUTITLAN			
DISEÑO DE UNA PLANTA PROCESADORA			
CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPAS DE FRUTAS			
ESCALA	1/4"	1/8"	1/16"
	1/4"	1/8"	1/16"
	1/4"	1/8"	1/16"
ESQUEMA 3. LAYOUT DEL AREA DE PROCESOS.			

El banco de hielo se encuentra localizado frente a los equipos de enfriamiento de pulpa para reducir las distancias de desplazamiento del agua fría a la línea de procesamiento.

3.3 CAPACIDADES

3.3.1. Capacidad anual de la planta.

En base a las estadísticas de producción y ventas en los últimos años, se ha mostrado que la EBR tiene un crecimiento anual de la demanda del 10% (17); considerando expansiones en el futuro con el fin de tener un mercado de ventas más amplio en todo el país para hacer frente a la apertura comercial, así como para iniciar la introducción de sus productos a los mercados extranjeros, se realiza una proyección a 10 años de la demanda actual de fruta, tomando en cuenta un crecimiento anual de la misma de 15% (17) mostrandose tales valores en la tabla 12.

TABLA 12 : ABASTECIMIENTO DE FRUTA FRESCA A LA EBR (TONELADAS)

AÑO	MANGO	FRESA	GUAYABA	GUANABANA
1991	2 000	2 000	2 000	250
1992	2 300	2 300	2 300	288
1993	2 645	2 645	2 645	331
1994	3 042	3 042	3 042	380
1995	3 498	3 498	3 498	437
1996	4 023	4 023	4 023	503
1997	4 626	4 626	4 626	578
1998	5 320	5 320	5 320	665
1999	6 118	6 118	6 118	765
2000	7 038	7 038	7 038	879
2001	8 091	8 091	8 091	1 011

La cantidad de fruta que procesará la planta es de 25 300 ton. anuales la que será la capacidad de procesamiento de la misma.

Con los valores antes mencionados, se establecen las capacidades de procesamiento de la planta los cuales son :

Guayaba: 8 091 ton/año Fresa : 8 091 ton/año

Guanábana: 1 011 ton/año Mango : 8 091 ton/año

para un total de 25 284 toneladas que se redondean a 25 300 toneladas al año.

El año productivo se evalúa en función a los días laborables dentro de los periodos de aprovisionamiento de fruta en los cuales se excluyen domingos y días festivos , laborándose las 24 horas del día.

Los días laborables por periodo de fruta son los siguientes:

Guayaba (oct-dic.) 76 días.

Mango (may-jul.) 78 días.

Guanábana (enero) 26 días.

Fresa (feb-abr.) 68 días.

siendo la capacidad de procesamiento diario por fruta por periodo de

Guayaba: 8 091 ton/76 días = 106.46 ton/día

Mango : 8 091 ton/78 días = 103.73 ton/día

Fresa : 8 091 ton/68 días = 118.98 ton/día

Guanábana : 1 011 ton/26 días = 38.88 ton/día.

Puesto que el mayor volumen de procesamiento corresponde a la fresa, esta se considera la capacidad máxima y de diseño, en tanto la capacidad mínima corresponde a la guanábana

3.2.2. Refrigeración de fruta.

Puesto que la fresa es la fruta se recibe en la planta en una mayor cantidad, el dimensionamiento de cámaras se realizará en función a esta. Se plantean dos cámaras cuya capacidad sea la necesaria para dar almacenamiento al equivalente a un día de procesamiento de fresa es decir , 119 toneladas.

El fin de estas cámaras es almacenar temporalmente la fruta que ingrese a la planta y que no pueda ser procesada inmediatamente. Con ello se busca disminuir el porcentaje de mermas del producto originadas por condiciones ambientales adversas (lluvias, altas temperaturas etc.) empleando frutas con mejor calidad.

Las condiciones de almacenamiento refrigerado para las frutas a refrigerar se muestran en la tabla 13 :

TABLA 13 : CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO REFRIGERADO

FRUTA	T ^o ALMACEN	HUMEDAD RELATIVA	VIDA UTIL
FRESA	1 - 2 ^o C	95%	1 semana
MANGO	10 - 13 ^o C	90%	2-3 semanas
GUANABANA	10 ^o C	95%	1 semana
GUAYABA	7 - 10 ^o C	90%	3-4 semanas

REFERENCIAS : 6, 10, 21, 27, 28, 45, 60, 62, 69

3.3.3. Congelación.

a) Capacidad diaria

Para satisfacer la demanda de congelación de pulpa en la planta, se consideran los rendimientos de cada fruta mostrados en la tabla 11 que al ser aplicados a la capacidad diaria de procesamiento, arrojan los valores a establecer en este inciso:

Guayaba : 106.46 ton/día (0.76) = 80.91 ton/día
 Guanábana: 38.88 ton/día (0.67) = 26.05 ton/día
 Mango : 103.73 ton/día (0.77) = 79.87 ton/día
 Fresa : 118.98 ton/día (0.865) = 102.92 ton/día

puesto que la producción de pulpa congelada de fresa es la que arroja el mayor volumen, esta se manejará como criterio de diseño para realizar el dimensionamiento de los congeladores.

b) Tiempo de congelación

El tiempo de congelación es el factor crítico mas importante asociado a la selección de un sistema de enfriamiento pues dicho tiempo establece la capacidad de ese sistema, reflejándose su eficiencia en la calidad del producto congelado (28).

El tiempo de congelación para el presente trabajo será evaluado con la ecuación de Plank (11, 35) siendo esta :

$$\theta_f = \frac{\rho Hl}{(T_c - t_m)} \left[\frac{P a}{hc} + \frac{R a^2}{k} \right]$$

donde:

θ_f = Tiempo de congelación [=] seg

ρ = Densidad del producto [=] kg/m³

Hl = Calor latente de fusión [=] kJ/kg

T_c = Punto de congelación del producto [=] °C

T_m = Temperatura del medio de enfriamiento [=] °C

a = Longitud característica [=] mts.

hc = Coeficiente convectivo de transmisión de calor [=] W / m² °C

k = Conductividad térmica del producto [=] W / m² °C

P y R = Constantes referidas a las dimensiones del producto.

El modelo de cubeta existente en el mercado (que es de uso general) considerada para envasar la pulpa tiene la característica de que su cuerpo no es cilíndrico pues el diámetro superior es mayor al inferior (sin considerar el efecto de la tapa que va anclada al cuerpo de la cubeta) y que al ser acomodadas en la tarima no se compactan al 100% como para establecer que la tarima esta compuesta por una sola pieza de volumen 1.2 x 1.2 x 1.0 m; estos mismos espacios permiten la libre circulación del aire desplazado por los ventiladores de los evaporadores al centro de la tarima.

El diseño general de este tipo de congeladores se realiza para que sean lo mas pequeñas posibles con el fin de que el aire circule homogéneamente por todo el local y no existan diferencias de velocidad y temperaturas del aire en el interior de la misma.

Bajo este marco, donde los consideraciones principales son circulación homogénea (velocidad y temperatura) del aire en el interior de la cámara y espacios libres en el acomodo de cubetas en la tarima para que dicho aire circule, el tiempo de congelación se calculará considerando las dimensiones de una cubeta.

El radio de la cubeta se considera la dimensión característica (15 cm).

En las líneas siguientes se muestran ciertas propiedades físicas de las frutas, los valores mas importantes a considerar con la conductividad térmica y la difusividad térmica ya que los valores mínimos de las mismas muestran que fruta es la mas lenta para congelar y por tanto el cálculo del tiempo de congelación se realizará para tal fruta :

	FRESA	GUANABANA	GUAYABA	MANGO
Densidad, kg/m ³	1 067	1 069	1 069	1 068
Cond. Térmica, W/m ² °C	0.576	0.557	0.528	0.557
Cap. Calorífica, KJ/kg ² °C	3.848	3.750	3.600	3.718
Dif. Térmica, m ² /hr x 10 ⁻⁴	1.40	1.39	1.37	1.39

De los datos mostrados anteriormente la guanábana presenta la menor difusividad y conductividad térmicas por lo que el cálculo del tiempo de congelación se realiza para tal fruta.

A continuación se muestran algunas de los datos necesarios para calcular el tiempo de congelación para una cubeta con pulpa de guanábana empleando la ecuación de Plank :

$$\begin{aligned}
 H_1 &= \lambda (\chi \text{ agua}) = 333.32 \text{ kJ/kg} (0.77) = 265.65 \text{ kJ/kg} \\
 h_c &= 6.45 [v \text{ (m/s)}]^{0.78} = 6.45 (10)^{0.78} = 45.2 \text{ w/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (29) \\
 k &= 0.148 + 0.00493 (\% \text{ agua}) = 0.148 + 0.00493 (77) = \frac{0.528 \text{ W}}{\text{m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}}
 \end{aligned}$$

$$\rho = 1 069 \text{ kg/m}^3$$

$$T_c = -1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$T_m = -25 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$a = 0.15 \text{ m (que representa el punto frío de la cubeta)}$$

$$P = 1/2 \text{ y } R = 1/8 \quad (28)$$

Sustituyendo valores en la ecuación de Plank:

$$\theta_f = \frac{(1 069 \text{ kg/m}^3)(265 656 \text{ J/kg})}{-1 - (-25) \text{ } ^\circ\text{C}} \left[\frac{1 (0.15 \text{ m})}{2 45.2 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}} + \frac{1 (0.15 \text{ m}^2)}{8 (0.528 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C})} \right]$$

recordando que 1 W = 1 J/s:

$$\theta_f = \frac{79 788 \text{ seg} (1 \text{ hr})}{(3 600 \text{ s})} = 22.16 \text{ hr} = 22 \text{ hr con } 9 \text{ min}$$

teniendo en cuenta el efecto del envase como barrera a la transmisión de calor y la disponibilidad de desplazamiento de las tarimas congeladas al almacén de conservación se contempla un tiempo de 24 hrs, tiempo que en la práctica cae dentro del rango establecido para la congelación de este tipo de estibas que oscila entre las 20 y 24 horas (17). Este tiempo será empleado para establecer la potencia frigorífica de los *blast freezers*.

3.3.4. Conservación de producto congelado

Para cubrir este inciso, es necesario indicar previamente las necesidades de pulpa de la EBR, siendo estas (17):

Fresa: 132 ton/sem
Mango: 117 ton/sem
Guayaba: 110 ton/sem
Guanábana: 13 ton/sem

Todas estas cantidades han sido proyectadas a 10 años.

Con ello se plantea un plan de rotación de producto en cámaras que al finalizar el año productivo indicará (cuando existe la mayor acumulación de pulpa en almacenes) el espacio necesario de almacenamiento para conservar las pulpas.

A partir de la capacidad de congelación diaria y los requerimientos de pulpa semanales, se desarrolla el plan de rotación mensual mostrado en la tabla 14 el cual arroja las siguientes acumulaciones de producto en cámaras.

, Este plan de rotación se realiza considerando la producción diaria de pulpa en la planta de Irapuato y el requerimiento de la EBR, para mostrar un ejemplo, se muestra el plan de rotación para el mes de octubre cuando se procesa guayaba :

Producción diaria : 80.91 ton

Producción semanal : 485.46 ton

Consumo semanal de pulpa de guayaba en la EBR : 110.0 ton

Acum. inicial + Producción - Consumo = Acum. final

Semana 1	0	485.46	110.0	385.46
Semana 2	385.46	485.46	110.0	650.92
Semana 3	650.92	485.46	110.0	1 126.38
Semana 4	1 126.38	485.46	110.0	<u>1 501.6</u>

TABLA 14: ROTACION DE PULPA CONGELADA EN CAMARAS EN TONELADAS

MES	GUAYABA	GUANABANA	FRESA	MANGO	TOTAL
OCTUBRE	1 501.6	-	-	-	1 501.6
NOVIEMBRE	3 216.8	-	-	-	3 216.8
DICIEMBRE	4 636.5	-	-	-	4 637.5
ENERO	4 168.4	637.8	-	-	4 806.2
FEBRERO	3 728.4	585.8	1 838.7	-	6 153.0
MARZO	3 288.4	533.8	3 677.8	-	7 499.6
ABRIL	2 738.4	468.8	5 486.6	-	8 816.5
MAYO	2 298.4	416.8	4 958.6	122.7	9 245.0
JUNIO	1 858.4	364.8	4 430.6	1 571.6	9 674.0
JULIO	1 308.4	299.8	3 770.6	3 020.5	<u>10 131.0</u>
AGOSTO	958.4	234.8	3 110.6	4 571.7	8 271.0
SEPTIEMBRE	458.4	195.81	2 710.6	4 166.7	7 155.0

La mayor acumulación como se mencionó inicialmente se presenta en el mes de julio con un total de 10 131 toneladas que se redondean a 10 500. Si bien se espera que la acumulación aumente con el tiempo, también se espera que la demanda de pulpa de la EBR siga esa misma tendencia, con ello se lograría que la capacidad de almacenamiento de la planta durante las épocas de mayor acumulación permanezca constante.

CAPITULO 4

“INGENIERIA DEL PROYECTO FRIGORIFICO”

4.1 DIMENSIONAMIENTO DE LOCALES.

Para llevar a cabo el dimensionamiento de cámaras, es necesario tomar en cuenta el patrón de estibamiento en el interior de las mismas. Se define al patrón de estibamiento como la disposición más eficiente de las estibas dentro de una cámara, siendo la estiba el agrupamiento ordenado de un determinado número de envases en un contenedor (llámese tarima).

La naturaleza del producto proporciona información para establecer el espaciamiento entre estiba y estiba: para refrigeración este espaciamiento será generalmente mayor que en la congelación.

La existencia de montacargas favorece la manipulación de producto en el interior de la cámara al brindar facilidades para agrupar tarimas en estibas de una mayor altura aprovechándose al máximo el espacio en el interior de la cámara, obteniendo con ello una mayor densidad de almacenamiento (relación entre el peso del producto almacenado por cada metro cúbico de espacio disponible en el interior de la cámara).

Para el caso del presente trabajo, la secuencia de pasos para realizar el dimensionamiento de cámaras es la siguiente:

- a) Con la cantidad de producto a almacenar, se obtiene el número de contenedores (cubetas o cajas de madera) al relacionar el primer dato con la capacidad de cada contenedor.
- b) A continuación se define, en función a las dimensiones de la tarima, la distribución de contenedores en el tendido.
- c) Después, se define el número de tendidos por tarima en función a la resistencia mecánica del contenedor.

d) Conociendo la capacidad de cada tarima, se calcula el número de las mismas relacionando el número de contenedores entre el número de contenedores por tarima.

e) Teniendo el dato anterior y conociendo la máxima capacidad de levantamiento de montacargas (peso y altura), se define el número de tarimas por estiba.

Para establecer el patrón de estibamiento en el interior de las cámaras, es necesario definir previamente ciertas dimensiones que van a afectar la circulación del aire y el tránsito de montacargas en el interior de la cámara:

Distancia entre estiba y estiba (refrigeración) = 20 cm.

Distancia entre estiba y estiba (congelación) = 10 cm.

Distancia entre estiba y techo = 80 cm.

Distancia entre estiba y pared = 20-40 cm.

Pasillo para montacargas = 4 mts (66)

f) Con el número de estibas y la distancia de separación entre las mismas (en función si es refrigeración o congelación) se realiza la distribución de las mismas para obtener una forma rectangular o cuadrangular (por ejemplo, 16 tarimas con cubetas pueden arreglarse en una configuración 4 x 4 que es cuadrangular ó 2 x 8 que es rectangular).

g) Realizada esta distribución se analiza la necesidad de colocar pasillos centrales para el ingreso de montacargas, de ser afirmativo, dichos pasillos son considerados.

h) Las dimensiones de las cámaras se conforman por:

Largo y ancho, están en función a las dimensiones de la tarima, espacios entre estibas y entre estibas y paredes así como anchos de pasillos.

La altura va a estar en función al número y altura de las tarimas, altura y número de las tendidos por tarima, número de tarimas por estiba y el espacio entre estiba y techo.

La densidad de almacenamiento se obtiene al relacionar el peso del producto almacenado entre el volumen interno de la cámara (largo x ancho x altura).

4.1. Blast freezers.

Se propone el dimensionamiento de 3 equipos de congelación que trabajen al 100% durante la temporada de fresa (102.920 ton/día) y que durante la temporada de guanábana funcione uno ó quizá dos.

Se recuerda que cada cubeta tiene capacidad de 17 kg. y cada tarima tiene una capacidad de 48 cubetas en un acomodo de tres tendidos de 16 cubetas cada uno en un arreglo de 4 x 4 cubetas.

1.- Número de cubetas

$$\text{No. cubetas} = 102\ 920 \text{ kg} \left(\frac{1 \text{ cubeta}}{17 \text{ kg}} \right) = 6054.12 \text{ cubetas}$$

2.- Número de tarimas

$$\text{No. de tarimas} = 6055 \text{ cubetas} \left(\frac{1 \text{ tarima}}{48 \text{ cubetas}} \right) = 126.12 \text{ tarimas}$$

El 0.12 de tarima puede contemplarse dentro de las mermas de proceso por lo que al considerar tres blast freezer, la capacidad de cada uno es de 42 tarimas (34 306 Kg c/u)

El arreglo de las tarimas con cubetas y la distribución de cubetas en cámara se muestran en el esquema 4.

Las dimensiones interiores del local son :

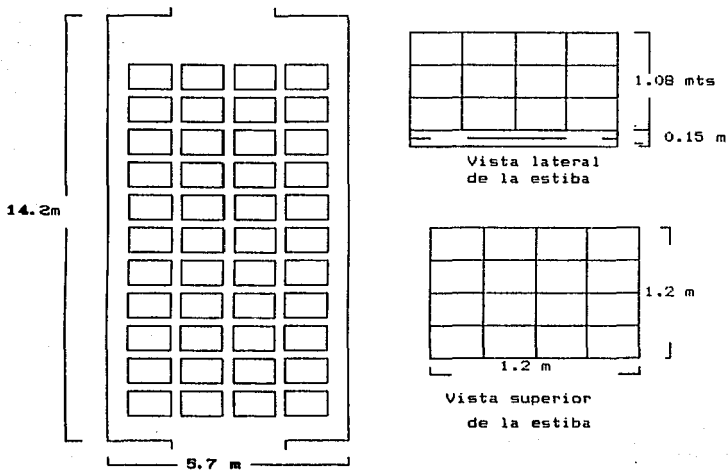
$$\text{Largo} : 11 (1.0) + 12 (0.1) + 2 (1.0) = 14.2 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} : 4 (1.2) + 3 (0.1) + 2 (0.3) = 5.7 \text{ mts.}$$

Altura : 2 mts.

$$\rho = 34\ 306 \text{ kg} / 161.88 \text{ m}^3 = 211.92 \text{ kg/m}^3$$

ESQUEMA 4 : ACOMODO DE PRODUCTO EN BLAST FREEZER



Distribución de tarimas en el
blast freezer

4.1.2. Cámaras de refrigeración.

Estas dos cámaras se dimensionan con el fin de almacenar la fruta que no pueda ingresar a la línea de proceso en el momento en que dicha fruta ingresa a la planta.

Puesto que la capacidad de la fresa es la mayor de todas las frutas contempladas, el dimensionamiento se realizará para almacenar el equivalente a dos días de trabajo (238 toneladas) que serán repartidas en dos cámaras, o sea 119 TON por cámara.

La fresa ingresa a la planta en cajas normalizadas con las siguientes características:

Capacidad de la caja : 6 kg.

Arreglo de tarima con cajas: 8 cajas por tendido con 20 tendidos.

Capacidad de la tarima con cajas : 960 kg.

Dimensiones de la caja : 50 x 30 x 10.5 cm.

El arreglo de la tarima con cajas se ve en el esquema 5.

por tanto el número de tarimas es :

$$\frac{119\ 000\ \text{kg} \ (1\ \text{tarima})}{960\ \text{kg}} = 123.96 \rightarrow 124\ \text{tarimas}$$

el arreglo propuesto es 18 x 7 tarimas con cajas por lo que las dimensiones interiores del local son :

$$\text{Largo} = 18 (1.0) + 17 (0.1) = 19.7\ \text{mts}$$

$$\text{Ancho} = 7 (1.2) + 6 (0.1) + 2 (0.3) + 3 (1) = 12.6\ \text{mts.}$$

$$\text{Altura} = 2.5\ \text{mts}$$

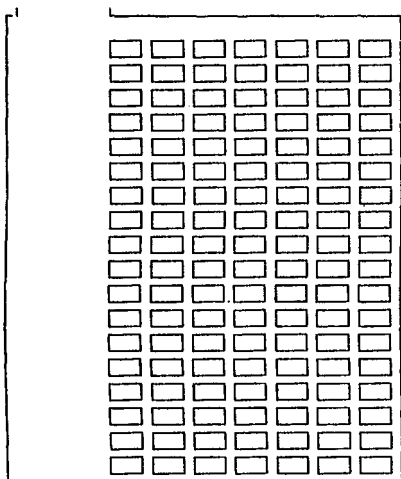
la densidad de almacenamiento es

$$\rho = 119\ 000\ \text{kg} / 620.55\ \text{m}^3$$

$$\rho = 191.77\ \text{kg/m}^3$$

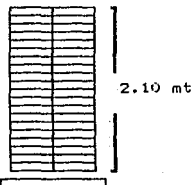
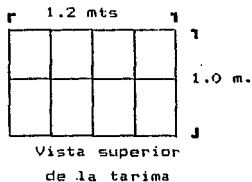
El arreglo de las tarimas y de la distribución de estas en la cámara se muestra en el esquema 5 :

ESQUEMA 5 : ACOMODO DE PRODUCTO EN CÁMARA DE REFRIGERACIÓN



Largo 19.7 m.

Ancho 12.6 m.



Arreglo de las cajas
en la tarima

4.1.3. Cámaras de conservación de congelación.

Se propone el dimensionamiento de 4 cámaras de conservación. La capacidad total de almacenamiento son 10 500 toneladas (partiendo de la capacidad mas alta que se alcanza en el mes de julio) correspondiendo por tanto 2 625 toneladas a cada cámara.

1.- Número de cubetas

$$\text{No. cubetas} = \frac{2\,625\,000 \text{ kg (1 cubeta)}}{17 \text{ kg}} = 154\,411.8 \text{ cubetas}$$

2.- Número de tarimas

$$\text{No. de tarimas} = \frac{154\,412 \text{ cubetas (1 tarima)}}{48 \text{ cubetas}} = 3\,216.91 \text{ tarimas}$$

3.- Número de estibas

$$\text{No. de estibas} = \frac{3\,216.91 \text{ tarimas (1 estiba)}}{5 \text{ tarimas}} = 643.38 \text{ estibas}$$

El arreglo de las tarimas y la distribución de cubetas en cámara se muestran en el esquema 6 (25 x 26 estibas).

Las dimensiones interiores del local son :

$$\text{Largo} : 26 (1.0) + 2 (0.1) (12) + 2 (3.0) = 33.0 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} : 25 (1.2) + 26 (0.1) = 32.6 \text{ mts.}$$

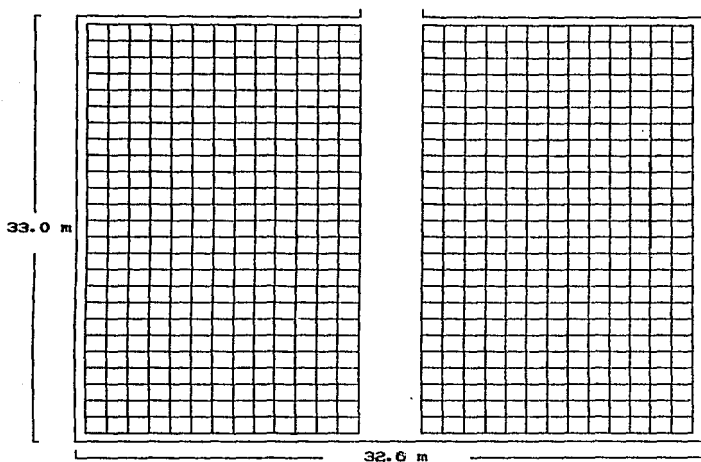
$$\text{Altura} : 5 (1.08) + 5 (0.1) + 1 = 6.9 \text{ mts.}$$

La densidad de almacenamiento es :

$$\rho = \frac{2\,625\,000 \text{ kg}}{7\,423.02 \text{ m}^3}$$

$$\rho = 353.63 \text{ /kg/m}^3$$

ESQUEMA 6 : ACOMODO DE PRODUCTO EN CÁMARA DE CONSERVACIÓN



Distribución de tarimas en la cámara de conservación

4.1.4. Dimensionamiento y cálculo de Q_0 para banco de hielo.

En una de las etapas del proceso de obtención de pulpa, se hace referencia al acondicionamiento de la pulpa; en esta etapa se incluye la disminución rápida de la temperatura de la pulpa como un paso previo a la congelación de la misma, esto con el fin de disminuir la carga térmica a eliminar durante esta última. Para llevar a cabo esta etapa, se cuenta con un intercambiador de calor de tubos concéntricos y de superficie raspada (*Rototherm*) en el cual el fluido de proceso (pulpa) pasa por un tubo y el fluido de servicio pasa por el otro.

El fluido de servicio propuesto es agua fría obtenida de un banco de hielo. El agua obtenida a temperatura ambiente (18°C) se enfría hasta alcanzar los 2°C para alimentar al *Rototherm*, saliendo a una temperatura de 40°C .

Puesto que el acondicionamiento es la única operación en todo el proceso que involucra el uso de agua fría, el cálculo del banco de hielo se realiza para eliminar el calor tanto del agua a temperatura ambiente como del producto a enfriar.

Cantidad de producto : 103 000 kg/día

Temperatura inicial : 80°C

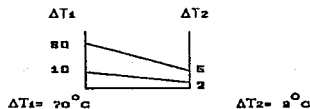
Temperatura final : 5°C

* Calor a eliminar del producto.

$$Q = W C_p \Delta T = (103\,000 \text{ Kg/día}) () \text{ kcal/kg } ^{\circ}\text{C} (80 - 5) ^{\circ}\text{C}$$
$$= 6\,915\,425 \text{ Kcal/día.}$$

* Gasto de agua

El LMTD se evalúa apartir de :



$$LMTD = \frac{\Delta T_1 - \Delta T_2}{\ln \Delta T_1 / \Delta T_2} = \frac{70 - 3}{\ln 70/3} = 21.27 \text{ } ^\circ\text{C}$$

siendo LMTD la diferencia media de temperaturas logarítmica

$$W = Q / C_p LMTD = 6\ 915\ 425 \text{ Kcal/día} / (1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(21.27^\circ\text{C})$$

$$= 325\ 125.33 \text{ kg/día} \quad (1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ kg})$$

$$\text{Vol} = 325.13 \text{ m}^3 / \text{día}$$

* Qo en el banco de hielo

$$Q_o = (325\ 125.3 \text{ Kg/día})(1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(10-2)^\circ\text{C}$$

$$= 2\ 601\ 009.2 \text{ kcal/día}$$

$$= 35.85 \text{ TR.}$$

* Qo a retirar del agua ambiente para alimentar banco de hielo

$$Q = (325\ 125.3 \text{ Kg/día})(1 \text{ kcal/kg}^\circ\text{C})(18-2)^\circ\text{C}$$

$$= 5\ 202\ 005.3 \text{ kcal/día}$$

* Tiempo previo para alcanzar la T^o de entrada al banco

$$\theta = \frac{5\ 202\ 005.3 \text{ kcal/día}}{2\ 601\ 009.2 \text{ kcal/día}} = 2 \text{ hrs.}$$

Los criterios para seleccionar el banco de hielo incluyen la temperatura de entrada y salida del agua, el volumen de agua a enfriar y la cantidad de calor a eliminar.

El banco de hielo seleccionado corresponde a la firma IRSSA el cual tiene las siguientes características de construcción (34):

MODELO : B A 45

Capacidad : 45 000 lbs. de agua

Capacidad del compresor : 37.2 TR.

Potencia del motor : 50 Hp.

Dimensiones del acumulador : (2) 2 Hp

Largo del tanque : 6.6 mts.

Ancho del tanque : 2.87 mts.

Altura del tanque : 2.74 mts.

4.2 AISLAMIENTO DE MUROS DE LOS LOCALES.

4.2.1. Espesor de aislamiento y dimensiones exteriores.

Una forma simplificada de evaluar el espesor de aislamiento es la siguiente:

Se emplea la ecuación de transmisión de calor que involucra el coeficiente global de transmisión de calor (U):

$$Q = U A \Delta T \quad (\text{Ec. 1})$$

pero U puede definirse como k/x ; sustituyendo en la ecuación anterior:

$$Q = \frac{k A \Delta T}{x} \quad (\text{Ec. 2})$$

la relación Q/A tiene un valor recomendado (18) de $10 \text{ kcal/m}^2\text{hr}$, al despejar x , la ecuación 2 queda :

$$x = \frac{k \Delta T}{Q/A} \quad (\text{Ec 3})$$

donde :

x = espesor de aislamiento, mts.

K = conductividad térmica del aislante, $\text{kcal/hr m}^\circ\text{C}$

ΔT = Diferencia de temperatura entre el interior y exterior de la cámara, $^\circ\text{C}$







Definida ya la ecuación a emplear para el desarrollo de este inciso, a continuación se describe la ubicación de las cámaras en el interior de la nave industrial :

A excepción de la pared este de la cámara de conservación No.1, como se podrá ver en el esquema 5 todas las paredes de las cámaras de congelación, refrigeración y conservación tendrán temperatura de pasillo.

El material a emplear como aislamiento térmico es el poliuretano expandido que presenta las características de facilidad de manejo (en placas o in situ), no es higroscópico, no pierde sus características aislantes con el tiempo, no es tóxico, hay disponibilidad de él en el mercado, así como tener una conductividad térmica bastante baja (0.022 kcal/ hr m² °C) (43,48).

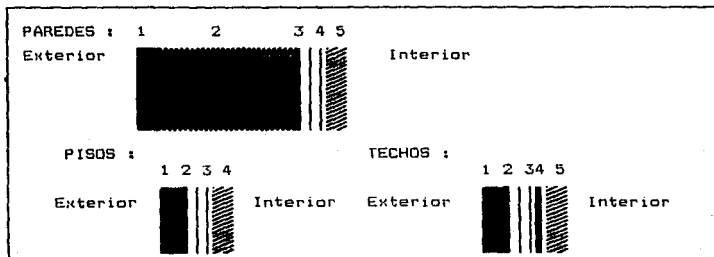
El tipo y material de construcción de los componentes de los muros se muestran en la tabla 15 así como la representación gráfica que se usará en el esquema 7 (43, 46, 48, 67) :

TABLA 15 : MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN DE LOS MUROS

Tipo de construcción	Tipo de material	Cond. Térmica Kcal/m ² hr °C
Aplanado exterior 	Yeso	0.750
Ladrillo. 	Adobe	5.000
Barrera de vapor 	Aluminio Bituminado	0.05
Aislamiento. 	Poliuretano Exp	0.022
Aplanado interior 	Yeso	0.480
Concreto. 	Concreto Mortero	1.200

En el esquema 7 se hace la representación gráfica de la composición de paredes, pisos y techos de los locales, los números en la parte superior de cada representación del componente de la pared indican la temperatura que es evaluada en esa superficie (T₁, T₂, T₃)

ESQUEMA 7: COMPOSICION DE PAREDES



Las dimensiones de los componentes de la pared son los siguientes :

PAREDES :

Aplanado exterior : 2 cm.
Ladrillo : 15 cm .
Barrera de vapor : 0.1 cm.
Aplanado interior : 2 cm .

TOTAL 19.1 cm.

PISOS :

Barrera de vapor : 0.1 cm.
Aplanado exterior : 2 cm.
Concreto : 10 cm.

TOTAL 12.1 cm

TECHOS :

Barrera de vapor : 0.1 cm.
Aplanado exterior : 2 cm.
Concreto : 10 cm.

TOTAL 12.1 cm

Las temperaturas ambientales en la ciudad de Irapuato Gto. que se usarán para el cálculo de espesores de aislamiento son las siguientes (61) :

T^omedia : 19^oC

T del mes más caliente : 31^oC

T máxima : 34^oC

con ello se evalúan las siguientes temperaturas (64):

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{cálculo} &= 0.4 (T^{\circ}\text{del mes más caliente}) + 0.6 (T^{\circ}\text{máxima}) \\ &= 0.4 (31) + (0.6) (34) \\ &= 32.8^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{pasillo} &= 0.55 T^{\circ}\text{cálculo} \\ &= 0.55 (32.8^{\circ}\text{C}) \\ &= 18.04^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{sala de máquinas} &= 0.7 T^{\circ}\text{cálculo} \\ &= 0.7 (32.8^{\circ}\text{C}) \\ &= 22.96^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T^{\circ}\text{piso} &= 0.5 (15 + T^{\circ}\text{cálculo}) \\ &= 0.5 (15 + 32.8^{\circ}\text{C}) = 23.9^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

Al considerar que las cámaras se encuentran en el interior de una nave industrial, la temperatura del techo es igual a la temperatura de pasillo por lo que la ecuación 3 es aplicada para conocer los espesores de aislamiento (x) de los muros en contacto con piso (3a), pasillo (3b) y sala de máquinas (3c); el valor 10 viene del valor mostrado para la relación Q/A .

$$x_{\text{piso}} = \frac{k (T^{\circ}\text{piso} - T^{\circ}\text{interior})}{10} \quad (\text{Ec } 3a)$$

$$x_{\text{pasillo}} = \frac{k (T^{\circ}\text{pasillo} - T^{\circ}\text{interior})}{10} \quad (\text{Ec } 3b)$$

$$x_{\text{sala de maq.}} = \frac{k (T^{\circ}\text{pasillo} - T^{\circ}\text{interior})}{10} \quad (\text{Ec } 3c)$$

La tabla 16 está compuesta por los gradientes de temperaturas entre el interior y exterior de los locales, el espesor de aislamiento calculado con las modificaciones a la ecuación 3 en cada caso, el grosor del muro constituido por los componentes descritos al inicio del inciso y las dimensiones exteriores de cada local basadas en la suma de las dimensiones interiores de los locales mas el grosor del muro llegando por último a establecer el área exterior de los locales que servirá para establecer la carga térmica a eliminar por infiltración de calor por paredes, pisos y techos.

TABLA 16 : DIMENSIONES DE LOCALES

	B. Freezer	C. Refrig	CCC 1	CCC2
ΔT (°C)				
Paredes	43.03	17.04	36.04	36.04
Pisos	48.09	22.90	41.90	41.90
Techos	43.04	17.04	36.04	36.04
Pared w (CCC 1)	-	-	40.96	-
Aislamiento (m)				
Paredes	0.095	0.037	0.095	0.095
Pisos	0.107	0.050	0.107	0.107
Techos	0.095	0.037	0.095	0.095
Pared w (CCC 1)	-	-	0.105	-
Grosor del muro				
Paredes	0.286 m	0.228 m	0.286 m	0.286 m
Pisos	0.228 m	0.171 m	0.228 m	0.228 m
Techos	0.216 m	0.158 m	0.216 m	0.216 m
Pared w (CCC 1)	-	-	0.296 m	-
Dimensión Ext.				
Largo	14.77 m	20.16 m	33.57 m	33.57 m
Ancho	6.27 m	13.06 m	33.16 m	33.17 m
Altura	2.44 m	2.83 m	7.34 m	7.34 m
Área exterior m ²	287.89	714.27	3 213.56	3 207.64

4.2.2. Comprobación de no condensación de vapor de agua en muros.

En este apartado se demostrará que no existe condensación de vapor en el interior de los muros y aislamiento térmico. Esto se justifica pues al haber presencia de condensado en los componentes antes mencionados, puede presentarse disminución en la capacidad aislante del poliuretano y debilitamiento de la estructura del muro al congelarse dicha humedad en el interior de los mismos.

Se busca que la temperatura del lado caliente del muro sea mayor a la temperatura de rocío del aire ambiental.

A partir de las ecuaciones de transmisión de calor por conducción aplicables a paredes :

$$Q = k/x A (T_{n-1} - T_n) \quad (4)$$

y por convección, se establecen las ecuaciones a emplear :

$$Q = h A (T_{n-1} - T_n) \quad (5)$$

despejando T_n :

$$T_n = T_{n-1} - (Q/a)(x/k) \quad (4a)$$

$$T_n = T_{n-1} - (Q/a)(1/h) \quad (5a)$$

Con la composición de paredes mostrada en el esquema 7 y las ecuaciones anteriores, se van evaluando las temperaturas en la superficie de cada componente de la pared:

$$T_1 = T_{\text{ambiente}} - (Q/A)(1/h_e)$$

$$T_2 = T_1 - (Q/A)(x_1/k_1)$$

$$T_3 = T_2 - (Q/A)(x_2/k_2) \dots$$

,y así consecutivamente hasta llegar a la temperatura del lado lado caliente del muro, donde T_1 es la temperatura en la superficie del muro que esta contacto con el exterior de la cámara, (h_e) es el coeficiente convectivo de transmisión de calor calculado a la velocidad del aire exterior, (x) es el espesor de componente del muro, (k) es la conductividad termica del componente del muro.

En función al esquema 7, las temperaturas a comparar con la temperatura de rocío que indicarán la presencia o no de condensación de vapor de agua en muros son las siguientes :

Paredes : T_4

Pisos : T_5

Techos : T_6

Para efectos de cálculo y recordando que todas los locales se encuentran en el interior de una nave industrial, se considera la velocidad del aire exterior igual a 12.4 m/s (velocidad máxima del aire en la Cd. de Irapuato, ref 65) y las temperaturas exteriores corresponden a la temperatura de pasillo y en su ocasión, a la temperatura de sala de máquinas. La humedad relativa del aire es de 60 % por tanto la temperatura de bulbo húmedo es 10°C. La temperatura del lado caliente de la pared debe ser mayor a este dato.

Los coeficientes convectivos de transmisión de calor se evalúan a partir de la ecuación 6 considerando las velocidades en el interior de los locales y la velocidad del aire exterior :

$$H_c = 6.45 (v \text{ m/s})^{0.78} \quad (\text{Ec. 6}) \quad (10, 35)$$

Vel ccc y cr = 0.5 m/s

Vel bf = 10 m/s

Vel ext = 12.4 m/s

Con ello los coeficientes convectivos son :

$$H_{ccc} = 6.45 (0.5)^{0.78} = 3.76 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H_{bf} = 6.45 (10)^{0.78} = 38.86 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$H_{ext} = 6.45 (12.4)^{0.78} = 45.96 \text{ kcal/hr m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Empleando las ecuaciones 4a y 5a con los datos de la tabla 15 se obtienen las temperaturas del lado caliente del muro; la tabla 17 muestra las temperaturas calculadas para cada muro así como la

temperatura de rocío existente en el medio ambiente exterior ($^{\circ}\text{C}$) para para cada caso; la temperatura del lado caliente del muro siempre debe ser mayor a la temperatura de rocío del ambiente:

TABLA 17 : TEMPERATURA DEL LADO CALIENTE DE LOS MUROS $^{\circ}\text{C}$

	PAREDES	PISOS	TECHOS
Temperatura de rocío	10.5	14.40	10.50
<i>Blast freezer</i>	17.06	22.65	17.36
Cámaras de refrigeración	17.06	22.65	17.36
Cámaras de conservación	17.06	22.65	17.36

Para el caso de la cámara de conservación 1 cuya pared oeste colinda con el cuarto de máquinas (la temperatura del cuarto es 23.94°C) y la temperatura de rocío 15.5°C) la temperatura evaluada es 21.98°C .

Puesto que las temperaturas evaluadas en todos los casos son superiores a la temperatura de rocío en el exterior, se concluye que no hay condensación de vapor en los muros de los locales dimensionados.

4.3 CALCULO DE POTENCIAS FRIGORIFICAS

En este apartado se establecerán los flujos de energía por unidad de tiempo que serán criterios básicos para el diseño de la instalación y la selección de todo el equipo.

Se puede considerar que el calor a eliminar en el interior de la cámara es originado por 4 fuentes que a continuación se mencionan :

1) El producto : Este a su vez se puede dividir en 2 "subfuentes" :

-El calor generado por la actividad metabólica del producto (para el caso de frutas y hortalizas).

-El calor generado por el cambio en el contenido calorífico en el producto y en los envases y contenedores (que incluye tanto el calor sensible como el latente) debido a una diferencia de temperatura.

2) Transmisión al exterior : Relacionado a la transmisión de calor por paredes al existir un gradiente de temperaturas entre el exterior y el interior de la cámara.

3) Equipo instalado en cámaras: Se refiere al calor generado por los motores de ventiladores y el alumbrado interior de la cámara.

4) Agentes externos: Aquí se incluyen a todos aquellos agentes que ingresan momentáneamente a la cámara generando calor en el interior de la misma: personal, motores de montacargas e ingreso de aire por apertura de puertas.

Los cálculos de las potencias frigoríficas individuales originadas por cada una de estas fuentes se evalúan a continuación :

1) Relacionado al producto :

El calor a eliminar del producto esta compuesto por tres partes: los calores sensibles por arriba y por abajo del punto de congelación y el calor latente de congelación.

a) Calor por arriba del punto de congelación (Ec 7):

$$Q_n = W \cdot c_{p_n} (T_1 - T_2)$$

donde: W = Masa de producto (kg)
 c_{p_n} = Capacidad calorífica por arriba del punto de congelación (Kcal/kg °C)

b) Calor por cambio de estado

$$Q_\lambda = W \cdot \lambda \text{ (Ec 8)}$$

c_{p_m} = Capacidad calorífica por abajo del punto de congelación (Kcal/kg °C)
 λ = Calor latente de congelación (kcal/kg)
 T_1 = Temperatura de entrada (°C)

c) Calor por abajo del punto de congelación (Ec. 9):

$$Q_m = W c_{pm} (T_c - T_f)$$

T_z = Temperatura final de refrigeración (que puede ser igual a T_c). °C

T_f = temperatura final de congelación (°C)

T_c = Punto de congelación °C

d) Calor generado por la respiración (Ec 10) :

$$Q_r = (W Cr t)$$

donde:

W = producto a introducir a la cámara, kg

Cr = Calor de respiración a la temperatura de entrada, kcal/kg hr

t = tiempo de permanencia del producto en el interior del local, hr

e) Calor por envases y tarimas (Ec 11):

$$Q_{et} = W c_p \Delta T$$

donde

W = Peso del material del envase o tarima (kg)

Cp = Capacidad calorífica del material (kcal/kg °C)

ΔT = Diferencia de la temperatura de entrada y la temperatura de almacenamiento (°C)

2) Relacionado a transmisión de calor del exterior:

A partir de las dimensiones exteriores del almacén (dimensiones interiores evaluadas en dimensionamiento de cámaras mas el espesor de aislamiento) y el valor de $Q/A = 10 \text{ kcal/m}^2$ se evalua el calor a eliminar referido a las horas en que el equipo trabaja al día (Ec 12):

$$Q_{ppt} = \left[\frac{10 \text{ kcal}}{\text{m}^2} \right] \left[\frac{\text{Area expuesta}}{\text{hrs de trabajo}} \right]$$

3) Relacionado a agentes externos :

a) Calor por personal (Ec 13):

$$Q_{pe} = (N_{pe}) (t) (f_p)$$

donde :

N_{pe} = Número de personas en el interior del almacén frío.

t = tiempo de permanencia del personal dentro del cuarto (hr)

f_p = factor que relaciona el calor disipado por personal por hora. Es función de la temperatura del cuarto frío.

b) Calor por motores (Ec. 14):

Aquí se considera el calor generado por los motores de los montacargas :

$$Q_m = (N_o \text{ motores}) (H_p) (f_m)$$

donde H_p = potencia del motor

f_m = Factor de conversión a kcal/Hp hr

c) Calor por entradas de aire :

Estas entradas de aire son originadas por la apertura de las puertas de las cámaras por lo que es una fuente mas de generación de calor (Ec 15):

$$Q_a = \frac{Ca}{\text{día}} \times \text{Vol} \times \text{factor}$$

donde $Ca/\text{día}$ son los recambios de aire al día en función al volumen de la cámara, vol. es el volumen interior de la cámara (m^3) y factor indica el calor a eliminar por m^3 , está en función a temperaturas exteriores e interiores y HR del del exterior.

4) Calor por equipos instalados en cámara :

a) Calor por iluminación (Ec 16):

$Q_i = 860 \times \text{Watts} \times t$ donde Watts es el total de watts en el interior de la cámara y t es el tiempo en que las luces están encendidas.

b) Calor por motores de ventiladores :

Se calcula igual que el calor por motores de montacargas involucrando también el número de evaporadores en la cámara.

La suma de todas estas fuentes dará la potencia frigorífica a eliminar en la cámara. Posteriormente se realiza la selección de evaporadores; conociendo las características de los mismos (y con ello el número de motores y potencia de los mismos) se recalcula la potencia frigorífica para obtener el valor real. A este valor se le adiciona un factor de seguridad que generalmente es un 10%.

Realizados los cálculos para cada local, la tabla 18 está constituida por las potencias frigoríficas evaluadas para cada rubro contemplado, llegando finalmente al cálculo de la potencia frigorífica del local sin considerar aún el calor por motores de los ventiladores que se verán más adelante.

TABLA 18 : POTENCIAS FRIGORIFICAS Kcal/día

Entrada de calor por :	Blast Freezers	C. Refrigeración	C. Conservación
Paredes	69,485.6	171 424.8	772 581.2
Producto :			
= Arriba del p.c	193 333.4	2 013 889.9	-
= Calor latente	2 476 111.0	-	-
= Abajo del p.c.	274 585.9	-	-
Respiración	-	1 104 853.2	-
Tarimas	25 975.7	60 963.84	-
Cubetas	5 771.3	-	-
Cajas de madera	-	317 124.40	-
Personal	1 434.5	1 434.55	4 832.2
Iluminación	2 116.8	8 780.37	33 419.4
Motores	2 088.3	61 268.25	51 058.97
Subtotal	3 110 412.9	3 735 694.3	903 985.7
+ 10 %	3 422 004.2	4 109 283.8	994 384.2
TR por cámara	47.15	56.82	14.95

4.4 INSTALACION PROPUESTA.

La instalación propuesta corresponde a un sistema de compresión de dos etapas. Este tipo de instalaciones se recomienda para producir temperaturas inferiores a -25°C y presiones entre 40 y 80 kpa man. de presión en succión, pues se logran temperaturas hasta de -55°C sin alcanzar relaciones de compresión de gran magnitud.

El sistema de dos etapas consiste en uno o más compresores que operan a una baja presión de succión y que descargan a presión intermedia y uno o más que succionan a presión intermedia para descargar al condensador (a presión de condensación). Si bien el costo del equipo se incrementa al usar un sistema de dos etapas, este trabaja con mayor eficiencia (70 % en una etapa a 80% en dos etapas .) y tiene menores costos de operación. (4)

En este tipo de instalaciones, se debe de contar con un interenfriador, recipiente cuya función es eliminar el sobrecalentamiento del gas de descarga de la primera etapa para prevenir a su vez, sobrecalentamiento en el gas que ingresa al compresor del lado de alta presión. Esto se realiza al poner en contacto el gas de descarga del compresor de baja presión con un baño de refrigerante líquido a presión y temperatura intermedia. El calor removido del gas de descarga es absorbido por la evaporación de parte del líquido en el baño el cual pasa a través del compresor de la etapa de alta hacia el condensador donde dicho calor es eliminado al medio ambiente.

Por economía de la planta, el líquido para los evaporadores en el lado de baja presión es subenfriado después de dejar el condensador (o en su defecto, recipiente de presión controlada), incrementando el efecto refrigerante por kilogramo de amoníaco. Esto disminuye el desplazamiento del compresor de baja presión por kw proporcionado y reduce el requerimiento de potencia de operación.

En la instalación propuesta, (ver esquema B) se cuenta con un interenfriador cerrado (tipo serpentín y coraza) debido a su elevada eficiencia en sistemas con largos tramos de tubería. El nivel en el interenfriador se mantiene mediante una válvula de flotador la cual a su vez controla a la válvula solenoide de alimentación de líquido procedente del recipiente de presión controlada.

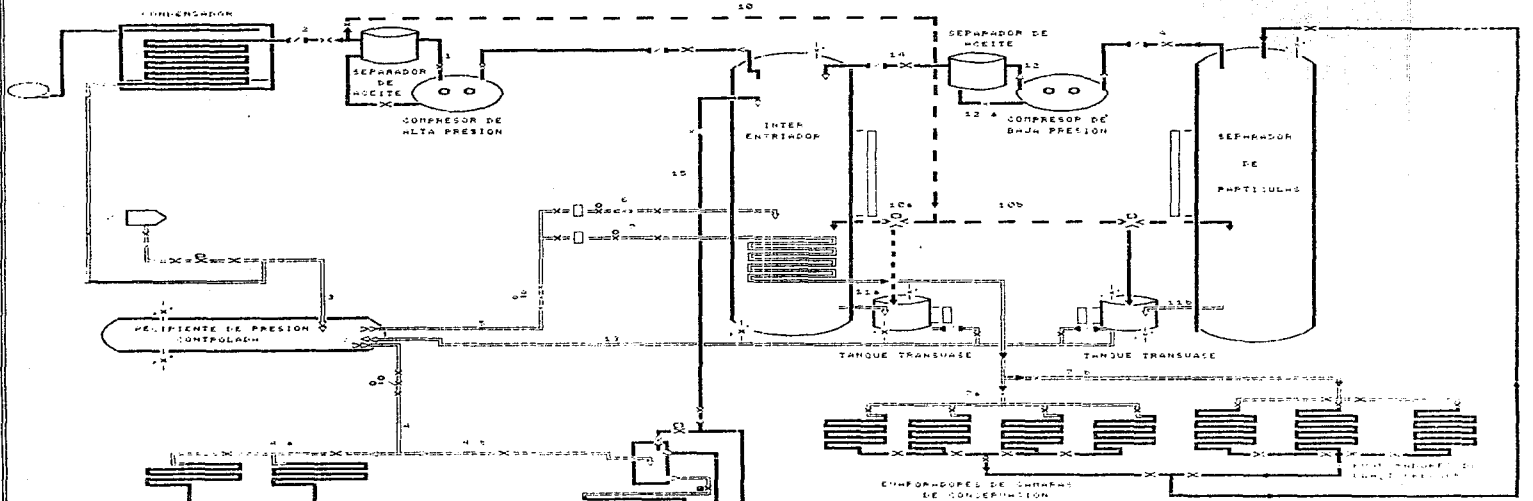
El líquido con alta presión del recipiente fluye a través del serpentín sumergido en la parte interior del interenfriador, donde es subenfriado de 3 a 5°C en relación a la presión intermedia, posteriormente, este líquido es enviado a los evaporadores de los *blast freezers*.

Realizando un seguimiento de las líneas, el compresor de alta descarga al separador de aceite (línea 1), el cual elimina el aceite que haya sido arrastrado por el gas a presión de condensación; este dispositivo cuenta con una línea de retorno de aceite al carter del compresor (línea 1 a). A la salida de este separador se encuentra un juego de válvulas paso-check, que tienen la finalidad de evitar retorno de líquido al plato de válvulas del compresor.

El gas que abandona el separador de aceite ingresa al condensador (línea 2), donde cede calor latente de condensación más calores de recalentamiento, saliendo del condensador como líquido saturado a presión de condensación.

Antes de llegar al recipiente de presión controlada, se encuentra un juego de válvulas de flotador-válvula moduladora de presión de líquido. La válvula reguladora abre su asiento cuando la válvula de flotador ha alcanzado cierto nivel manifestándose ello como una caída de presión en la línea del piloto localizada en su parte superior, la válvula reguladora de presión abre su asiento cuando se reduce la presión en la línea de piloto, esta reducción de presión se origina por un aumento del nivel de líquido en la coraza de la

ESQUEMA B : INSTALACION FRIGORIFICA DE LA PLANTA



F. E. S. CAUTION
 ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA DE REFRIGERACION
 CON EL SISTEMA DE LAMINAS DE BAJA PRESION DE REFRIGERACION
 ESQUEMA B : INSTALACION FRIGORIFICA DE LA PLANTA

flotadora, al abrir la válvula reguladora su asiento, hay flujo de líquido del condensador al recipiente de presión controlada (línea 3). Este flujo de líquido origina un descenso en el nivel de la coraza del flotador abriendo así su orificio aumentando la presión en la línea de piloto, por lo que el orificio de la válvula reguladora es cerrado, cortando así el flujo de líquido del condensador al recipiente de presión controlada.

El líquido ingresa al recipiente de presión controlada, este recipiente transfiere líquido a presión de condensación a la línea de alimentación de cámaras de alta temperatura (línea 4) y al interenfriador (línea 5), en tanto recibe el líquido proveniente de los tanques transvase del interenfriador y del separador de partículas (línea 13).

Las líneas de descarga del recipiente de presión controlada cuentan con válvulas reguladoras de presión las cuales detectan los excesos de presión generados por exceso de líquido en el mismo recipiente y se desenergizan para descargar a los evaporadores de alta temperatura y al interenfriador.

En la línea de descarga del recipiente de presión controlada al interenfriador cerrado, se cuenta con dos líneas secundarias: una que ingresa al serpentín (línea 7) donde el líquido es subenfriado para ser enviado a cámaras de baja temperatura y otra que cuenta con una válvula de expansión donde el líquido es expansionado a presión intermedia en el interior del interenfriador (línea 6).

El gas expansionado dentro del interenfriador favorece el subenfriamiento del líquido transportado en el serpentín, el líquido acumulado en el interenfriador es descargado al tanque transvase; existe en este juego de tanques (al igual que en separador de partículas) una válvula de tres vías accionada por gas sobrecalentado proveniente de la línea de descarga del compresor de

alta presión; el interenfriador al igual que el tanque transvase cuentan con niveles de flotador que actúan sobre la válvula de tres vías así como sobre la válvula solenoide de alimentación de líquido desde el recipiente de presión controlada al interenfriador (línea 5).

Al alcanzar el máximo nivel de líquido en el interenfriador, la válvula solenoide de alimentación de líquido se desenergiza (se cierra) y la válvula de tres vías abre el ingreso de gas caliente al interenfriador (línea 10 a) para descargar al transvase, al llenarse el transvase (alcanzar su nivel máximo) la válvula de tres vías cierra la descarga de gas del interenfriador y abre la descarga de gas (línea 10 b) al transvase hasta alcanzar el nivel mínimo en el mismo, con el cual la línea de descarga de gas se cierra energizado la solenoide de alimentación de líquido al interenfriador iniciando un nuevo ciclo.

El gas saturado a presión intermedia existente en el interenfriador, es succionado por el compresor de alta (línea 16); aquí también hay un juego de válvulas paso-check para evitar regreso de líquido al plato de válvulas del compresor desde la línea de succión durante los paros.

Retomando la línea del serpentín del interenfriador, esta línea también se divide en dos líneas secundarias: una que alimenta a los *blast freezers* (línea 7a) y otra que alimenta a las cámaras de conservación (línea 7b). La descarga de los evaporadores (gas saturado a presión de evaporación) se dirige a la parte alta del separador de partículas (línea 8) donde los gases son succionados por el compresor de baja presión (línea 9) y el líquido acumulado es enviado al tanque transvase (línea 11a) mediante la válvula de tres vías que conecta a estos recipientes con la línea de gas caliente; el líquido a presión de evaporación se descarga al recipiente de presión controlada (línea 13).

El compresor de baja presión descarga al separador de aceite

(línea 12) el cual retorna el exceso de aceite arrastrado por el gas al carter del compresor (línea 12a), en tanto el gas ingresa a la parte alta del interenfriador (línea 14). Este compresor también está protegido con un juego de válvulas paso-check.

En el lado de alta presión, el líquido descargado a evaporadores proveniente del recipiente de presión controlada (línea 4) tiene dos líneas secundarias, una hacia los evaporadores de las cámaras de refrigeración (línea 4a) y otra hacia el banco de hielo (línea 4b), cuyas descargas se unen para ingresar a la parte alta del interenfriador (línea 15).

Todos los recipientes involucrados cuentan con válvulas de seguridad para desahogar a los mismos cuando se presenten excesos de presión .

Otra observación importante es la presencia de válvulas de paso en todos los recipientes y tuberías con el fin de eliminar líneas durante la época en la cual solo trabajen las cámaras de conservación y trabajar únicamente las necesarias.

La descripción en detalle del juego de válvulas en la succión y descarga de los evaporadores tanto de alta como de baja temperatura se revisará mas adelante.

4.5 SELECCION DE EQUIPOS Y ACCESORIOS.

4.5.1. Selección del fluido frigorífico

Se entiende por fluido frigorífico "a toda aquella sustancia cuya temperatura de ebullición a presión normal es inferior a la temperatura ambiente y cuyas restantes propiedades permiten un aprovechamiento práctico del bajo punto de ebullición para la producción de frío industrial".(39)

Para llevar a cabo la selección del fluido frigorífico (f.f.) se deben de revisar algunos criterios relacionados a las características propias del mismo fluido y que a continuación se mencionan (39, 41, 42, 44, 46, 68):

* Comportamiento ante el calor :

- Un punto de congelación muy bajo, con el fin de evitar solidificación del f.f. bajo las condiciones de trabajo.
- un valor elevado de calor latente de ebullición pues es la principal fuente de eliminación de calor.
- que la presión de condensación sea todo el tiempo superior a la atmosférica, con el fin de evitar entradas de aire al sistema que ocasionen un aumento en el gasto de energía para comprimir el gas (presión de condensación mas presión del aire).

* Efecto de la presión :

- Se recomienda una relación de compresión baja (comprendida entre 1 y 6) que indican una operación mas eficiente del compresor.

* Propiedades químicas :

- No sufra modificaciones bajo las temperaturas y presiones de trabajo que ocasionen reacciones con el agua , el lubricante o los materiales de construcción de la instalación con el consecuente deterioro de la misma (corrosión, explosiones, disminución del poder lubricante del aceite etc.)
- No sea inflamable ni explosivo como gas o como líquido o mezclado con aceite lubricante.
- No sea tóxico. Esto es muy relativo, pues todo los f.f. son peligrosos; en cuartos cerrados reemplazan el aire respirable con la consecuente falta de oxígeno.
- Tenga la facilidad de comprobar fugas.

Desde el punto de vista práctico, el amoniaco y los freones 12 y 22 son los mas empleados en la industria, pero la política ecológica actual tiende a eliminar del mercado a estos últimos por atacar la capa de ozono, por tanto el f.f. propuesto para continuar el diseño de la instalación es el amoniaco.

El amoniaco es un gas incoloro, irrespirable con un olor muy picante, si bien se considera un gas tóxico según A.S.A.STD 9.1. (Grupo 2, donde la toxicidad y explosividad destacan) esto representa una ventaja ya que la comprobación de fugas es inmediata y los peligros de explosiones (entradas de aire al sistema) se eliminan. En la tabla 19 se resume el efecto tóxico del amoniaco en función a la concentración de este en el aire; como se podrá ver es facilmente detectable por el olfato a bajas concentraciones siendo esta una de sus principales ventajas como se mencionó previamente.

TABLA 19 : EFECTO TOXICO DEL AMONIACO

ppm de amoniaco	efecto
0	Inerte
5	Detección mínima del olfato
20	Irritación nasal
25	Límite inferior de exposición
50	Valor límite de exposición
2 000	Inicia efecto tóxico grave
5 000	Acción cáustica sobre los tejidos.
30 000	Dosis mortal
130 000	Límite inferior de inflamabilidad
250 000	Límite superior de inflamabilidad

REFERENCIA : 74

4.5.2. Evaporadores.

a) Selección y recálculo de Qo.

Un evaporador es cualquier superficie de transferencia de calor en la cual se vaporiza un líquido volátil para eliminar calor de un espacio refrigerado.

Uno de los criterios principales para llevar a cabo una selección de evaporadores es la diferencia de temperaturas del evaporador (DT), esta se define como la diferencia de temperaturas entre la temperatura del aire que entra al evaporador (tomada generalmente como la temperatura de diseño del espacio) y la temperatura de saturación del refrigerante correspondiente a la presión de salida del evaporador. La DT es el principal factor que regula la humedad en el espacio refrigerado; mientras menor sea la DT mayor será la humedad relativa en el local.

Los criterios de selección para los evaporadores son :

- Temperatura de evaporación.
- Sistema de alimentación.
- Diferencia de temperaturas.
- Carga a eliminar.
- Fluido frigorífico a emplear.
- Humedad relativa.

Para efectos del presente trabajo, se cuentan con *blast freezers*, cámaras de conservación y cámaras de refrigeración; las cargas a eliminar en cada local son las siguientes:

- Blast freezer : 47.17 TR (3 locales)
- Cámaras de conservación : 14.95 TR (4 locales)
- Cámaras de refrigeración : 61.77 TR (2 locales)

La temperatura de evaporación en los locales del lado de baja presión (Blast freezer y cámaras de conservación) es de -30°C en tanto que la temperatura en el interior es de -25°C .

Para el caso de las cámaras de refrigeración, la temperatura de evaporación es de -4°C y la temperatura en el local de 1°C .

Los puntos principales de la tabla 20 son los calores a eliminar de los locales que al considerar el sistema de alimentación de líquido y el f.f. dan la información necesaria para la selección del modelo del evaporador el cual a su vez, en función al número de unidades y ventiladores por unidad, se conocerá el calor a eliminar en motores que sumado a las entradas de calor a cada local mostradas en la tabla 16, darán como resultado el Qo recálculado que será empleado para evaluar las condiciones de trabajo de la instalación; la capacidad de eliminación de calor de los evaporadores debe ser siempre mayor al calor a eliminar del local.

Los evaporadores de las cámaras de conservación y los *Blast freezer* cuentan con descarche por medio de gas caliente, que consiste de un serpentín colocado en la parte inferior de la charola por donde pasa el gas de descarga del compresor durante el ciclo de descarche antes de llegar al serpentín. Este gas calienta la charola para evitar que se congele el agua que escurre del serpentín. En la línea de drenaje saliendo del difusor también hay un alambre que se energiza al entrar el deshielo para evitar que se congele el agua.

Para el caso de los evaporadores de las cámaras de refrigeración el descarche se realiza por paro de ciclo, contemplando un tiempo de dos horas para esta operación.

El tiempo de operación de los equipos de congelación y de conservación de congelación es de 23 horas con 55 minutos al día siendo el tiempo restante empleado para el descarche de los evaporadores.

Los métodos de descarche y los juegos de válvulas necesarios se revisarán en el siguiente apartado.

TABLA 20 : EVAPORADORES SELECCIONADOS

	C. Refrig	C. C. C.	B. Freezer
Calor a eliminar (BTUH)	681 840	179 400	566 040
Marca del evaporador	York Recold	York Recold	Frigid Coil
Modelo	SC 2100XRA	1700 XR6A	AIC-L-726
Alimentación	Expansión	Expansión	Recirculación
ΔT	9°F	9°F	9°F
Capacidad del evaporador	90 000 BTUH	112 500 BTUH	341 829 BTUH
Material de construcción	Acero	Inoxidable	Aluminio
Peso del equipo lb	22 350	1 420	2 935
Capacidad del serpentín	40 ft ³	14.0 ft ³	9.3 ft ³
largo	123 1/2''	75 1/4''	194''
Ancho	33 3/4''	36 1/2''	45''
Altura	33 3/4''	32''	69 3/4''
Conexión de succión	1 3/4''	1 1/2''	1 1/4''
Conexión de descarga	1/2''	1/2''	3/4''
Diámetro del ventilador	18''	18''	42''
Potencia del ventilador	1/2 Hp (5)	1/2 hp (3)	5 Hp (3)
Volumen Desplazado	18 300 PCM	11 000 PCM	70 422 PCM
Calor de motores (BTUH)	66 375	13 275	88 500
Calor total a eliminar	748 215 BTUH	192 625 BTUH	654 540 BTUH
Cap. de evap's (BTUH)	810 000 (8)	213 300 (4)	683 658 (2)
Qo recalculado en TR	62.35	16.06	54.55

REFERENCIAS : REFRIGERACION INDUSTRIAL S. A. DE C. V. DIFUSORES TIPO INDUSTRIAL MEXICO.

FRIGID COIL MANUAL DE EVAPORADORES U. S. A.

b) Método de alimentación de líquido y descarche de evaporadores

En la presente sección se mostrarán los juegos de válvulas involucrados para alimentación y descarche de evaporadores en función al tipo de cámara involucrada.

- Cámaras de refrigeración. (Esquema 9)

El líquido descargado del recipiente de presión controlada entra al difusor por una línea donde se encuentra una válvula solenoide (1) y una válvula de expansión termostática (2) (que regula el flujo de refrigerante a través del serpentín del difusor para evitar el sobrecalentamiento del gas de descarga).

Cuando el termostato (4) existente en el interior de la cámara sensa que la temperatura del cuarto llegó a la temperatura de control, abre sus contactos desenergizando la válvula solenoide (1) delíquido y así interrumpe el flujo de líquido al evaporador. Como el evaporador ya no enfría el aire que pasa por su superficie, la temperatura del cuarto sube hasta que llega a una temperatura donde el termostato cierra sus contactos nuevamente, causando flujo de refrigerante a través del difusor.

Durante el tiempo que el difusor deja de enfriar el aire del cuarto, los abanicos siguen funcionando y el aire que pasa por el difusor que se encuentra por arriba del punto de congelación del agua, derrite cualquier escarcha formada sobre la superficie del serpentín durante el ciclo de enfriamiento.

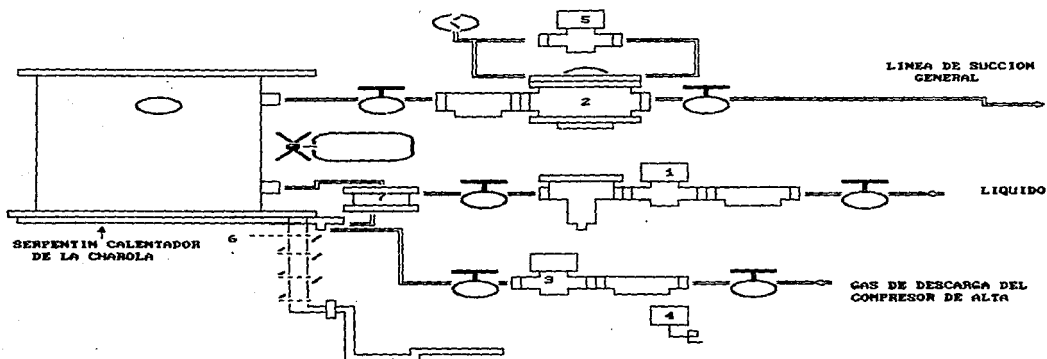
En la línea de succión se dispone de una válvula reguladora de presión, esta válvula limita la diferencia de temperaturas entre el refrigerante y el aire del cuarto para que no exceda cierto límite.

- Evaporadores de cámaras de conservación. (Esquema 10)

En evaporadores de baja temperatura (abajo de 0°C), la superficie del evaporador se escarcha permanentemente perdiendo eficiencia en la transmisión de calor, siendo necesario disponer de un mecanismo de descarche.

El sistema propuesto es el descarche por gas caliente, este sistema se basa en el derretimiento del hielo debido a la condensación del gas caliente de descarga del compresor de alta presión alimentado al serpentín del evaporador durante el deshielo. Al

ESQUEMA 10 : JUEGO DE VALVULAS PARA CÁMARAS DE CONSERVACION DE CONGELACION

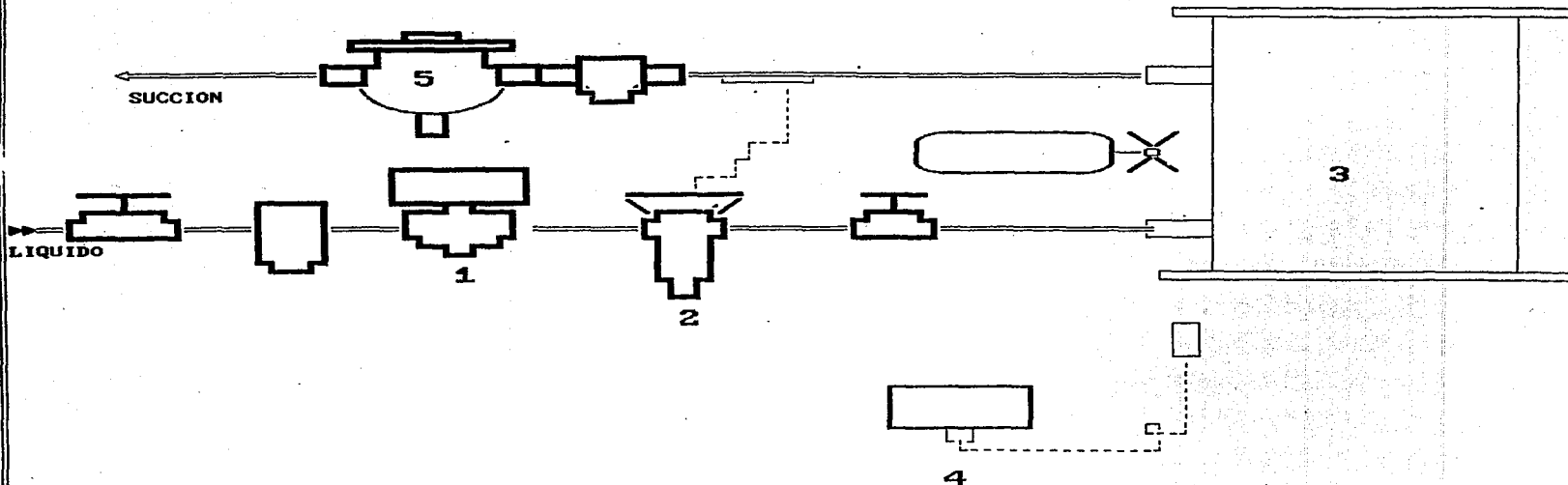


- 1.- Valvula solenoide de liquido marca R.S. mod.87A
- 2.- Valvula reguladora de presion marca R.S.mod.84CB
- 3.- Valvula solenoide marca R.S. mod S7A
- 4.- Termostato marca Barber Colman, mod.4121.

- 5.- Valvula solenoide de valvula 2
- 6.- Alambre calefactor.
- 7.- Valvula check vertical marca R.S. Mod 688K

F. E. S. - CUAUTILIAN			
ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA DE CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA			
ESCALA	FECHA	DIBUJO	REVISO
	24/08/53	J.V.A.	J.O.
ESQUEMA 10: VALVULAS DEL EQUIPAMIENTO DE CÁMARA DE CONSERVACION DE CONGELACION			

ESQUEMA 9 : JUEGO DE VALVULAS PARA EVAPORADORES DE CAMARAS DE REFRIGERACION



- 1.- Valvula solenoide marca Refrigerating Specialities, Mod. S7A (orificio de 3/4 ")
- 2.- Valvula de expansion termostatica marca ALCO, Mod TG 28-BZ
- 3.- EVAPORADOR.
- 4.- Termostato marca Barber Colman mod.4121.
- 5.- Valvula reguladora de presion de evaporacion marca Refrigerating Specialities Mod. A4AZ-ST

F. E. S. CUAUTITLAN

ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA,

CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA

ESCALA	FECHA	DIBUJO	REVISO
--------	-------	--------	--------

24/08/93

J.A.J.G.

ESQUEMA 9: VALVULAS DE LOS EVAPORADORES DE CAMARAS DE REFRIGERACION

terminar el deshielo, el gas de descarga contiene líquido que viaja junto con el gas de succión hacia el separador de partículas.

El difusor para deshielo por medio de gas caliente dispone de un serpentín en la parte inferior de la charola por donde pasa el gas de descarga del compresor durante el ciclo de descarche antes de llegar al serpentín.

En la línea de salida del difusor existe una válvula (2) accionada por piloto que cierra al desenergizarse el piloto. Esta válvula se mantiene completamente abierta con mínima caída de presión cuando esta energizado el piloto y se convierte en reguladora de presión al desenergizarse el piloto permitiendo el aumento de presión en el interior del serpentín para asegurar un descarche rápido.

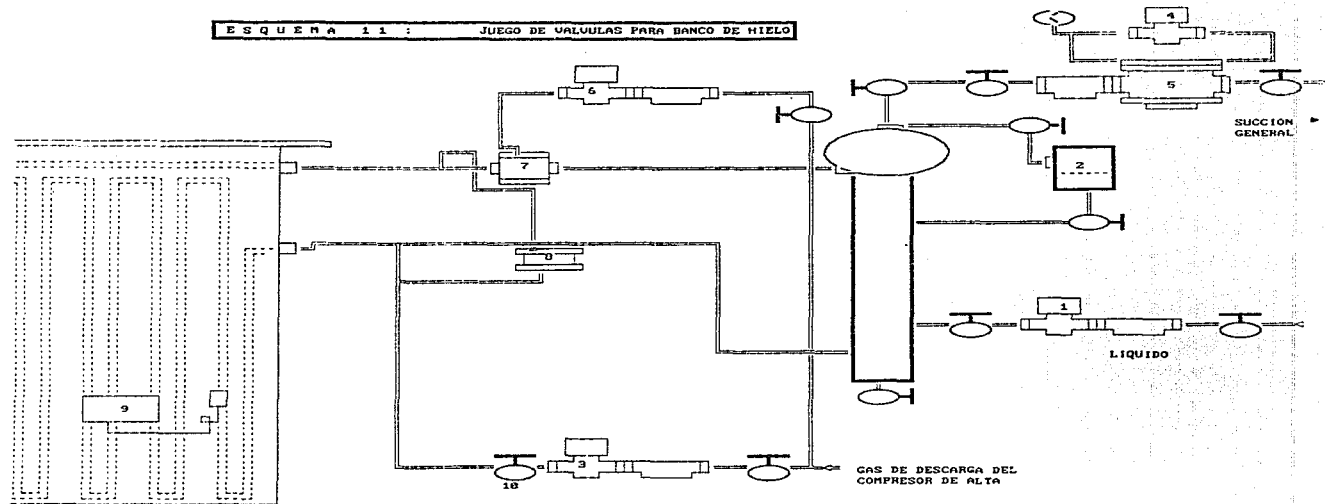
Al iniciar un deshielo los abanicos se apagan, la solenoide de líquido (1) y la válvula de piloto 3 de la válvula (2) se desenergizan cerrando el paso de líquido y la succión del evaporador; al mismo tiempo, se energiza la válvula solenoide (3) permitiendo la entrada al gas de descarga del compresor primero a la charola y luego al serpentín, el alambre (7) también se energiza.

Al terminar el deshielo, cierra la válvula solenoide de gas (3) y se desenergiza el alambre calentador, se energiza el piloto (5) para abrir válvula (2) y se energiza solenoide (1) para permitir nuevamente el flujo de refrigerante, después de un cierto tiempo el abanico se pone en marcha nuevamente. Se coloca una válvula de retención (7) en la línea de gas que sale de la charola y entra al difusor para que no se llene el serpentín de la charola con líquido entre deshielos.

- Serpentín del banco de hielo (Esquema 11)

El sistema propuesto muestra un sistema de control de nivel de interruptor de flotador (2) operando una solenoide (1) en la línea de alimentación de líquido, para asegurar caída de presión baja a la salida del evaporador se usa una válvula reguladora de presión.

ESQUENA 11 : JUEGO DE VALVULAS PARA BANCO DE HIELO



- 1.- VALVULA SOLENOIDE DE LIQUIDO marca NS mod.SBF
- 2.- INTERRUPTOR DE FLOTADOR marca RS mod.RS- 898-LLX
- 3.- VALVULA SOLENOIDE DE GAS marca RS mod.SBF
- 4.- VALVULA SOLENOIDE DE VALVULA 6
- 5.- Valvula reguladora con piloto marca R S. mod A4CB

- 6.- Valvula solenoide marca R.S. mod.R5A
- 7.- Valvula reguladora de presion de gas marca R.S.mod.CK-2
- 8.- Valvula check vertical marca R.S. mod. CK-2
- 9.- Control de espesor de hielo marca White Rodgers mod. 16A35-3.
- 10.- Valvula de paso marca Hori/RS mod. UC-884

F. E. S. CUAUTILAN			
PROTECTOR DE UNA PLANTA PROCESADORA,			
SOMELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA			
ESCALA			
FECHA	DISEÑO	REVISOR	
22/08/73	[Signature]	[Signature]	
ESQUENA 11 VALVULAS DEL SERPENTIN DEL BANCO DE HIELO			

En sistemas inundados se recomienda cerrar la succión con una válvula automática (5) al estar satisfecho el termostato. Al existir bastante líquido en el serpentín y en el acumulador, el efecto de enfriamiento continua hasta que se evapora una buena cantidad de líquido; cuando el termostato "pide frío" el serpentín no comienza a enfriar hasta que se alimenta con suficiente líquido para efectuar la recirculación interna. Por esto es preferible cerrar succión y alimentación de líquido con una válvula automática (7).

También se recomienda cerrar la línea de succión del acumulador con una válvula automática para que la presión dentro del serpentín suba para efectuar un rápido deshielo.

Al estar satisfecho el termostato indicando que la temperatura del tanque llegó a la temperatura de control, se desenergiza la válvula solenoide de líquido (1) y la solenoide de piloto (4) cerrando la reguladora (5). El serpentín está aislado del sistema.

Al presentarse el deshielo, se desenergiza la solenoide de la válvula (1) parando el flujo de amoníaco al acumulador y desenergizando la solenoide de piloto (4) y cerrando la válvula (5), la válvula (3) se energiza alimentando gas al serpentín, aquí también se energiza la solenoide de piloto (6) de la válvula operada por gas (8) colocada en la línea de retorno de refrigerante del serpentín al acumulador. Esta válvula está abierta cuando está desenergizada la solenoide de piloto y debe tener mínima resistencia al flujo de refrigerante en posición abierta para no impedir la recirculación de refrigerante del serpentín al acumulador.

Al cerrar la válvula (7) e introducir gas de descarga a la parte superior del serpentín, existe una diferencia de presión que causa flujo de refrigerante del serpentín al acumulador por la línea A-B, vaciando el serpentín.

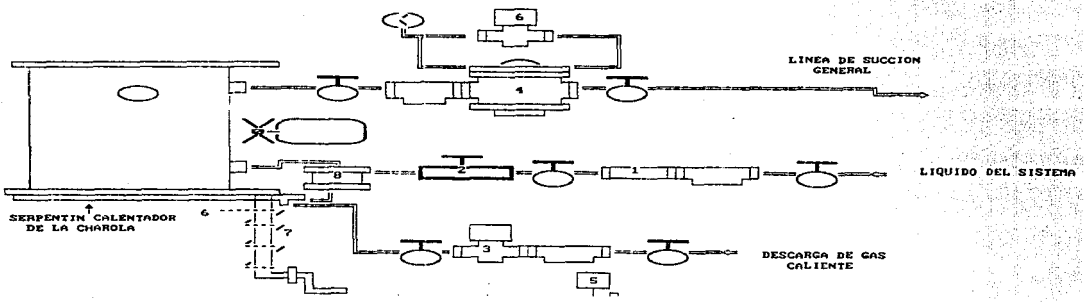
Al terminar el deshielo, se desenergiza la solenoide 3 que interrumpe el paso de gas de descarga al serpentín y también se desenergiza la válvula solenoide de piloto (6) abriendo nuevamente la válvula (7); al abrir esta, todo el líquido acumulado viaja hacia el serpentín por la línea B-A. Se abre la válvula solenoide (1) de alimentación de líquido y se energiza la solenoide de piloto (4) que abre válvula (5) plenamente; después de un tiempo, el serpentín se se encuentra trabajando nuevamente.

- Evaporadores del *blast freezer*. (Esquema 12)

Para este caso la válvula (2) se ajusta para permitir el paso de refrigerante al serpentín en una cantidad 3 veces mayor al equivalente a una expansión seca; al alcanzar la temperatura del cuarto la temperatura de control, el termostato (5) desenergiza el piloto (6) de la válvula automática (4) en la línea de salida del difusor causando que se cierre. Al cerrar esta válvula, aumenta la presión en el interior del evaporador y por tanto cierra automáticamente la válvula de retención (1) para evitar retorno de líquido.

Cuando se alcanza el deshielo, la válvula automática (4) en la línea de succión del evaporador cierra, al mismo tiempo se apagan los abanicos y se energiza solenoide (3), permitiendo que entre gas de descarga al serpentín del difusor a través del serpentín de la charola y la válvula de retención (8) al mismo tiempo que se energiza al alambre (7) envuelto en el tubo de drenaje del difusor. Al terminar el deshielo cierra solenoide (6), desenergiza alambre (7) y abre válvula (4) reiniciando el ciclo de enfriamiento.

ESQUEMA 12 : JUEGO DE VALVULAS PARA BLAST FREEZER



- 1.- Valvula Check marca Phillips mod. 700 JRH
- 2.- Valvula de expansion manual marca Henry mod. VC-828
- 3.- Valvula solenoide marca R.S. mod S7A
- 4.- Valvula reguladora de presion automatica marca R.S. mod. A4CB

- 5.- Termostato.
- 6.- Valvula solenoide marca R.S. mod S7A.
- 7.- Alambre de calentamiento.
- 8.- Valvula de retencion marca Phillips mod. 700 JRH.

F. E. S. CUAUTITLAN
 INGENIEROS Y MECANICOS DE REFRIGERACION
 ESCHELON DE CALIDAD
 ESQUEMA 12 : JUEGO DE VALVULAS PARA BLAST FREEZER

c) **Cálculo de condiciones de Trabajo.** (Referido al diagrama de Molieré y al diagrama de flujo)

Para llevar a cabo el cálculo de condiciones de trabajo de la instalación , es necesario definir previamente algunos términos que serán empleados en este inciso donde (h_n) es la entalpía evaluada en el punto n mostrado en el diagrama de Molieré (Esquema 13) :

- 1.- Potencia frigorífica (Q_0), se muestran en la tabla 1B, kcal/hr.
- 2.-Producción frigorífica (q_0): Para baja presión se evalúa como $q_{0b} = h_2 - h_1$ y para alta presión como $q_{0a} = h_8 - h_4$, kcal/kg.
- 3.-Producción frigorífica volumétrica (q_v): Para baja presión se evalúa como $q_{vb} = q_{0b} / v_1$ y para alta presión $q_{va} = q_{0a} / v_8$, kcal/m³.
- 4.-Equivalente específico del trabajo de compresión (A_T): Se evalúa para baja presión como $A_{Tb} = h_2 - h_1$ y para alta presión como $A_{Ta} = h_4 - h_8$, kcal/kg.
- 5.-Flujo másico de refrigerante (G): G_z es igual a $Q_0 \text{ cong} / (h_2 - h_1)$ y G_r es igual a $Q_0 \text{ refrig} / (h_8 - h_4)$; G_t es igual a la suma de G_z y G_r , kg/hr
- 6.-Caudal en volumen (G_v): V_b es igual a $G_t v_1$ y $V_a = G_r v_8$, m³/hr.
- 7.- Potencia frigorífica específica (K_i) : Para el lado de alta presión $K_{ia} = q_{0a} / B60 A_{Ta}$ y para el lado de baja presión $K_{ib} = q_0 / B60 A_{Tb}$, kcal/kw-hr.
- 8.-Equivalente total del trabajo de compresión (AT): para alta presión $A_{Ta} = G_t A_{Ta}$ y para baja presión $A_{Tb} = G_z A_{Tb}$, kcal/hr.
- 9.-Potencia indicada (N_i) : Para alta presión $N_{ia} = A_{Ta} / B60$ y para baja presión $N_{ib} = A_{Tb} / B60$, kilowatts.
- 10.-Coeficiente frigorífico (E) : $(Q_0 / A_{Ta} + A_{Tb})$, adimensional.

11.- Coeficiente frigorífico relacionado al ciclo de Carnot (E_c): Es la relación entre $T_o / T - T_o$, adimensional.

12.-Rendimiento económico (μ): Relaciona los coeficientes frigoríficos de la instalación con aquel relacionado al ciclo de Carnot para hacer una comparación con la realidad, $\mu = E/E_c$, adimensional.

13.-Calor cedido en el condensador (Q): $Q_o + AT_a + AT_b$, kcal/hr .

La instalación propuesta consta, como ya se revisó en el transcurso del trabajo, de 4 cámaras de conservación, 3 *blast freezers*, 2 cámaras de refrigeración y 1 banco de hielo, siendo por tanto una instalación de cámaras polivalentes.

La temperatura máxima de congelación se tiene en los *blast freezers* ($- 25^{\circ}\text{C}$), la diferencia de temperaturas entre el evaporador y el cuarto es de 5°C , por lo que la temperatura de evaporación es de $- 30^{\circ}\text{C}$.

La presión y temperatura intermedias se evalúan en función a la presión mínima de refrigeración con la siguiente ecuación :

$$P_i = P \text{ mas baja de refrigeración} - 0.5 \text{ kg/cm}^2$$

para el presente caso, la presión mínima de refrigeración es 3.778 kg/cm^2 y por tanto la presión intermedia es 3.278 kg/cm^2 y la temperatura intermedia -7.5°C .

Al trabajar con un subenfriamiento, la temperatura en esta condición se evalúa como :

$$T_{\text{sub}} = T_i + 10^{\circ}\text{C}$$

$$\begin{aligned} \text{Por tanto } T_{\text{sub}} &= -7.5 + 10 \\ &= 2.5^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Las temperaturas y presiones que se emplearán para el cálculo de condiciones de trabajo son las siguientes :

$$T_o = -30^{\circ}\text{C}$$

$$T_i = -7.5^{\circ}\text{C}$$

$$T = 38^{\circ}\text{C}$$

$$T_{\text{sub}} = 2.5^{\circ}\text{C}$$

$$P_o = 0.9503 \text{ kg/cm}^2 \quad P_i = 3.278 \text{ kg/cm}^2 \quad P = 14.99 \text{ kg/cm}^2$$

Las relaciones de compresión (RC) para los lados de alta y baja presión son las siguientes:

$$RCA = 14.99/3.278 = 4.57$$

$$RCB = 3.278/0.9503 = 3.45$$

Con estas temperaturas y presiones se evalúan las entalpías, y volúmenes de líquidos y gases que servirán para conocer trabajos de compresión, calores de condensación, potencias y rendimientos de la instalación, datos que se detallan en la tabla 21:

TABLA 21 : CONDICIONES TERMODINAMICAS EVALUADAS

$$h_1 \left| \begin{array}{l} P_o \\ v_{\text{sat}} \end{array} \right. = 391.91 \text{ kcal/kg} \quad v_1 = 0.963 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_2 \left| \begin{array}{l} P_i \\ v_{\text{sob}} \end{array} \right. = 425.00 \text{ kcal/kg}$$

$$h_3 \left| \begin{array}{l} P_i \\ v_{\text{sat}} \end{array} \right. = 399.41 \text{ kcal/kg} \quad v_3 = 0.3806 \text{ m}^3/\text{kg}$$

$$h_4 \left| \begin{array}{l} P \\ v_{\text{sat}} \end{array} \right. = 463.00 \text{ kcal/kg}$$

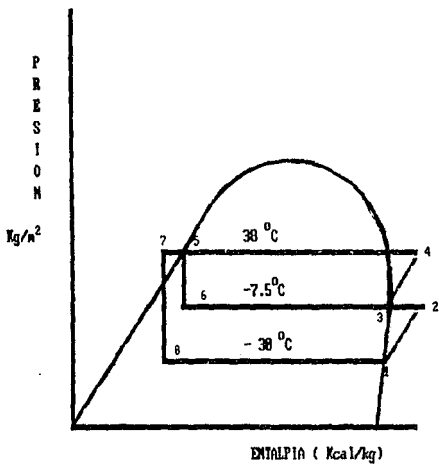
$$h_5 \left| \begin{array}{l} P \\ l_{\text{sat}} \end{array} \right. = 139.65 \text{ kcal/kg}$$

$$h_6 \left| \begin{array}{l} P \\ l_{\text{sat}} \end{array} \right. = 139.65 \text{ kcal/kg}$$

$$h_7 \left| \begin{array}{l} P \\ l_{\text{sat}} \end{array} \right. = 107.00 \text{ Kcal/kg}$$

$$h_8 \left| \begin{array}{l} P \\ l_{\text{sat}} \end{array} \right. = 107.00 \text{ Kcal/kg}$$

ESQUEMA 13 : DIAGRAMA DE MOLIERE DE LA INSTALACION



F. E. S. CUAUITILAN			
ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA, CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA			
ESCALA	FECHA	DIBUJO	REVISO
NO	24/08/93	J. A. J. G.	
ESQUEMA 13 : DIAGRAMA DE MOLIERE			

Las potencias frigoríficas en los equipos de refrigeración, congelación y la potencia total de la instalación son las siguientes :

$$Q_0 \text{ total} = 1\,174\,642.6 \text{ kcal/hr}$$

$$Q_0 \text{ cong.} = 689\,139.4 \text{ kcal/hr}$$

$$Q_0 \text{ refr.} = 485\,503.2 \text{ kcal/hr}$$

La nomenclatura de los gastos es la siguiente:

Gr = Gasto de refrigeración

Gc = Gasto de congelación

Cálculo de gastos en la instalación.

$$Gr_1 = Q_0 \text{ bh} / h_b - h_c = 108\,410.4 / 399.41 - 138.65 = 415.90 \text{ kg/hr}$$

$$Gr_2 = Q_0 \text{ cr} / h_b - h_c = 377\,092.8 / 399.41 - 138.65 = 1\,446.13 \text{ kg/hr}$$

$$Gr = 415.90 + 1\,446.13 = 1\,862.03 \text{ kg/hr}$$

$$Gz_{\text{RF}} = Q_0 \text{ RF} / h_1 - h_0 = 494\,877 / 391.99 - 107.0 = 1\,736.47 \text{ Kg/hr}$$

$$Gz_{\text{cc}} = Q_0 \text{ cc} / h_1 - h_0 = 194\,261.76 / 391.91 - 107 = 681.83 \text{ Kg/hr}$$

$$Gz = Q_0 \text{ RF} + Q_0 \text{ cc} = 1\,736.47 + 681.83 = 2\,418.31 \text{ Kg/hr}$$

$$Gc = Gz \left[\frac{h_2 - h_7}{h_8 - h_6} \right] = 2\,418.31 \left[\frac{420 - 107.0}{399.41 - 139.85} \right] = 2\,916.21 \text{ kg/hr}$$

$$Gt = Gc + Gr = 2\,916.21 + 1\,862.03 = 4\,778.24 \text{ kg/hr}$$

$$G_1 = Gc - Gz = 2\,916.21 - 2\,418.31 = 497.60 \text{ kg/hr}$$

Condiciones en baja presión

$$V_m = Gt \ V_1 = (4\,778.2)(0.963) = 4\,601.4 \text{ m}^3/\text{hr}$$

$$AT_m = h_2 - h_4 = 425 - 391.91 = 33.09 \text{ Kcal/kg}$$

$$AT_m = Gz \ AT_m = (2\,418.31)(33.09) = 80\,021.88 \text{ kcal/hr}$$

$$N_1 = AT_m / 860 = 80\,021.88 / 860 = 93.06 \text{ kw}$$

$$K_1 = q_0 \ 860 / AT_m = (260.76)(860) / 33.09 = 6\,777.07 \text{ kcal/kw-hr}$$

$$Q_m = Q_c + AT_m = 689\,139.4 + 80\,021.88 = 769\,161.28 \text{ kcal/hr}$$

Condiciones en alta presión

$$V_A = G_R V_B = (1\ 862.03)(0.3806) = 708.69\ m^3/hr$$

$$A_{TA} = H_4 - H_3 = 463 - 399.41 = 63.59\ Kcal/kg$$

$$A_{TA} = G_R A_{TA} = (4\ 601.44)(63.59) = 292\ 605.57\ kcal/hr$$

$$N_i = A_{TA} / 860 = 292\ 605.57 / 860 = 340.24\ kw$$

$$K_i = q_o / 860 / A_{TA} = (259.8)(860) / 63.59 = 3\ 513.6\ kcal/kw-hr$$

$$Q_o = Q_{OB} + Q_{OR} + A_{TA}$$

$$= 689\ 139.40 + 485\ 503.20 + 292\ 605.57 = 1\ 467\ 248.17\ kcal/hr$$

$$E = Q_o / (A_{TA} + A_{TB}) = 1\ 174\ 642.60 / (292\ 605.5 + 80\ 021.8) = 3.15$$

$$E_c = T_o / (T - T_o) = 243 / (311 - 243) = 3.57$$

$\mu = E / E_c = 3.15 / 3.57 = 0.883$

4.5.3. Selección de compresores.

Para seleccionar un compresor para una aplicación específica se necesita conocer lo siguiente (18):

- 1.- La capacidad refrigerante requerida.
- 2.- La temperatura de succión.
- 3.- La temperatura de descarga.
- 4.- Fluido frigorífico a emplear

La capacidad refrigerante requerida es el promedio de la carga horaria obtenida a partir de los cálculos de la carga térmica.

En el presente caso la máxima capacidad en baja presión es 227.89 TR que corresponde a trabajar todos los locales de la instalación frigorífica del lado de congelación (3 *blast freezers* y 4 cámaras de conservación); la capacidad media se presenta en la época de procesamiento de guanábana al trabajar con 4 cámaras de conservación y un *blast freezer* (118.79 TR) y las condiciones mínimas al contar solo con las cámaras de conservación (64.24 TR).

Los compresores de tornillo son compresores de producción frigorífica elevada, con desplazamiento entre los 800 y 4 800 m³/hr. Estos compresores tienen la gran ventaja de poder manejar grandes volúmenes de gas con un amplio rango de relaciones de compresión, puesto que tiene pocas partes bajo fricción, los cambios de piezas debido a desgaste mecánico son mínimas, los golpes de líquido no afectan al compresor puesto que no tiene válvulas de succión o descarga (41).

Con él se efectúa una reducción de potencia de 100 a 10% mediante un dispositivo de control. Este dispositivo consiste de una válvula de desvío la cual se mueve paralela al eje del rotor y cambia el tamaño de la apertura de acuerdo con la capacidad requerida. El gas de succión es bypassado a la succión antes de comprimirse, de tal manera que no utiliza potencia adicional para la capacidad requerida.

Este tipo de compresor se propone para ser empleado en el lado de baja presión donde se requiere una eliminación más rápida del calor.

Criterios :

Capacidad máxima a desplazar de gas = 2 328.8 m³/hr

Capacidad media a desplazar de gas = 1 214.0 m³/hr

Capacidad mínima a desplazar de gas = 656.6 m³/hr

Temperatura de succión : - 30^o C = - 22^oF

Temperatura de descarga : - 7.5^oC = 18.5^oF

El conjunto de compresores seleccionados corresponde a la marca FRICK, siendo elegidos dos compresores "Booster" del modelo RDB 100 y un compresor "Booster" modelo RDB 50 mostrándose sus características de construcción en la tabla 22.

Con estos equipos, la capacidad máxima se cubre al trabajar los tres compresores (2 500 m³/hr, 232.01 TR), la capacidad media al trabajar un compresor RDB 100 con el compresor RDB 50 (1770 m³/hr, 138.87 TR) y la capacidad mínima se alcanza con el compresor RDB 100 (1 005 m³/hr, 93.14 TR).

TABLA 22: COMPRESORES DEL LADO DE BAJA PRESION SELECCIONADOS

MODELO	RDB 100	RDB 50
Capacidad (TR)	100.5	50.0
Desplazamiento (m ³ /hr)	1 005	500
Peso (kg)	2 721	2 220
Largo (mm)	3 632	3 632
Ancho (mm)	1 572	1 572
Altura (mm)	1 245	15245
Conexión succión (mm)	157.4	157.4
Conexión descarga (mm)	101.6	101.6

REFERENCIA: BLASQUEZ A. " EQUIPO, VALVULAS Y ACCESORIOS " . MEXICO

Para el lado de alta presión, se propone también el empleo de compresores rotatorios ya que así se facilita el trabajo de mantenimiento, cambio de refacciones etc.

En el presente caso la máxima capacidad son 708.69 m³/hr de gas a desplazar, en tanto la capacidad mínima es de 158.29 m³/hr.

CRITERIOS :

Capacidad máxima : 708.69 m³/hr, 160.55 TR

Capacidad mínima = 158.29 m³/hr, 35.85 TR

Temperatura de succión : - 7.5°C = 18.5°F

Temperatura de descarga : 38°C = 100.4°F

El equipo seleccionado corresponde a la marca FRICK consistiendo de un compresor modelo RXB 24 y 2 compresores RXB 30 siendo sus características de construcción las mostradas en la tabla 23.

Con estos equipos, la capacidad máxima se cubre al trabajar los tres compresores (858 m³/hr, 169.8 TR) y la capacidad mínima con el compresor RDB 24 (248 m³/hr, 50.2 TR).

TABLA 23: COMPRESORES DEL LADO DE ALTA PRESION SELECCIONADOS

MODELO	RXB 30	RXB 24
Capacidad (TR)	63.7	51.0
Desplazamiento (m ³ /hr)	305	248
Peso (kg)	953	862
Largo (mm)	2 060	2 030
Ancho (mm)	1 300	1 300
Altura (mm)	1 240	1 240
Conexión succión (in)	4	3
Conexión descarga (in)	3	2 1/2

REFERENCIA: BLASQUEZ A. EQUIPO, VALVULAS Y ACCESORIOS . MÉXICO

4.5.4. Selección de condensadores.

Su función en el ciclo de refrigeración es ceder al ambiente todo el calor que contienen los vapores para pasarlos a la fase líquida, el calor a eliminar es la suma de los calores absorbidos en el evaporador del ambiente de la cámara y el correspondiente trabajo mecánico de compresión.

Los condensadores son de tres tipos generales :

- a) Enfriador por aire.
- b) Enfriados por agua.
- c) Evaporativos.

Los condensadores evaporativos se han impuesto por la necesidad de reducir el consumo de agua de condensación en instalaciones de gran potencia frigorífica, más aún si se tiene en cuenta que generalmente estas instalaciones se instalan en grandes ciudades donde el suministro de agua puede estar afectada por sequías temporales o el costo puede resultar elevado, además de ser compacto y no depender de una torre de enfriamiento.

Se utilizan frecuentemente cuando se desean temperaturas de condensación inferiores a las que pueden obtenerse con condensadores enfriados por agua y donde el suministro de la misma no es adecuada para una intensa utilización.

El vapor de refrigerante caliente fluye a través de tuberías dentro de una cámara con rociadores de agua en donde es enfriado mediante la evaporación de agua que entra en contacto con los tubos de refrigerante.

Dado a que la eficiencia de un condensador evaporativo depende de la evaporación del agua que se encuentra circulando en su envoltura, la selección de este se hace tomando en cuenta principalmente la temperatura de bulbo húmedo del ambiente.

Los criterios de selección de un condensador evaporativo son los siguientes :

- Carga total de condensación (Q_0 total + trabajos de compresión)
- Temperatura de condensación
- Temperatura de bulbo húmedo
- Cantidad y calidad del agua
- Humedad relativa de la localidad

Los condensadores seleccionados corresponden a la marca RECOLD. Este tipo de condensador consiste de un serpentín de 3/4" de diámetro galvanizado en caliente colocado dentro de una envoltura de lámina galvanizada. En la parte inferior de la envoltura hay una charola de agua donde se mantiene el nivel de agua constante por medio de una válvula flotadora. Una bomba centrífuga succiona de la charola, recircula agua por el serpentín a través de unos atomizadores. Para efectuar alta evaporación del agua y de esa forma aumentar la eficiencia del condensador, un abanico tipo centrífugo manda aire de ambiente por el serpentín en dirección contracorriente del agua.

Este tipo de condensadores poseen un serpentín de preenfriamiento que elimina el recalentamiento del gas de descarga y que se coloca en la parte superior de este, logrando con ello un aumento de aproximadamente un 15% de su capacidad.

Por recomendación del fabricante, es necesario considerar un factor para determinar la carga real que el condensador va a manejar, debido al recalentamiento del gas. Este factor depende directamente de la temperatura de succión del condensador. Para el caso del presente trabajo, el factor evaluado a -7.5°C es 0.9482 (40).

Las condiciones máximas de trabajo corresponden a la suma de la potencia frigorífica total mas los trabajos de compresión de los lados de alta y baja presión (485.20 TR = 1 467 248.17 kcal/hr).

Para evaluar la carga real a manejar por el condensador se divide la carga total entre el factor mencionado anteriormente :

$$\text{Carga real} = \frac{1\ 467\ 248.17\ \text{kcal/hr} \ (1\ \text{TR})}{(0.9482) \ (3\ 024\ \text{kcal/hr})} = 511.71\ \text{TR}$$

La selección del equipo evaluada a $T^{\circ}\text{w} = 66^{\circ}\text{F}$ (18°C) y $T^{\circ}\text{c} = 100^{\circ}\text{F}$ (38°C) es la siguiente, mostrada en la tabla 24.

El grupo de condensadores seleccionados consiste de 2 equipos modelo DF 375 A y un equipo DFC 305 A.

Con ello la carga máxima de calor de condensación a eliminar se alcanza trabajando los tres condensadores (529.60 TR) y la mínima carga se alcanza trabajando unicamente el condensador DFC 305 A (81.60 TR).

TABLA 24: CONDENSADORES SELECCIONADOS

Modelo	DFC 305 A	DF 375 A
Marca	Recold	Recold
Capacidad, TR	81.6	224
Volumen de aire CFM	14 100	38 300
No. y diámetro de ventilador	3-15''	2-30''
Potencia del ventilador Hp	7 1/2	15
GPM de agua	100	252
Potencia de bomba de agua, Hp	1	2
Longitud total, pulgadas	140	177
Altura total, pulgadas	83 1/4	116 1/4
Ancho total, pulgadas	65 1/4	94 1/2
Longitud de charola, pulgadas	124 1/2	159
Entrada de gas caliente, pgs	2 1/2	2 1/2
Salida de condensado, pgs	3	2 1/2
Peso de embarque, libras	5 500	8 800
Peso de Operación, libras	4 850	10 500
Carga de refrigerante, libras	50	97

REFERENCIA: REFRIGERACION INDUSTRIAL S.A. DE C.V. CONDENSADORES EVAPORATIVOS TIPO DRI-FAN MEXICO.

4.6 RECIPIENTES A PRESION.

4.6.1. Dimensionamiento.

a) Tanques

En este apartado, se realizará el diseño del separador de partículas, el interenfriador (así como su serpentín) y el recipiente de líquido, donde se incluye sus dimensiones interiores (diámetro interno y área transversal), grosor de lámina y dimensiones exteriores.

Para el caso de los dos primeros recipientes, el cálculo se realizará usando el dimensionamiento para tanques verticales, en tanto que el recipiente de líquido se evaluará como un tanque horizontal. En los dos primeros casos, la mezcla líquido vapor existe en una mayor cantidad que en el recipiente de líquido por lo que se requiere una mayor distancia vertical para lograr la separación de la fase vapor disminuyendo así el riesgo de que ingrese refrigerante líquido al compresor.

El dimensionamiento del interenfriador y el separador de partículas lleva la siguiente secuencia :

- Evaluar el diámetro interior del tanque utilizando la ecuación 17 (3):

$$IDS = \sqrt{1273.2 (L/S) / SV}$$

IDS = Diámetro interior del tanque, m.
L/S = Flujo Volumétrico de refrigerante m³/s
SV = Velocidad de separación del vapor, mm/s

- Obtener la longitud del tanque considerando el criterio de $L/D=3$ (3)

- El área transversal al flujo se evalúa como $\pi D^2/4$
- El volumen del tanque se evalúa como $\pi D^2 L / 4$.

El cálculo del grosor de lámina se evalúa considerando a los tanques como recipientes con presión interna (ya que su presión de operación debe estar por arriba de la presión atmosférica puesto que en caso contrario habría infiltración de aire en el sistema al existir cualquier fisura en el recipiente).

la secuencia de cálculo es la siguiente :

Cuando se presenta una relación diámetro del tanque a espesor de lámina (D_o/t) igual o mayor a 10, la presión externa de diseño (P_a) se calcula con la ecuación 18 :

$$P_a = \frac{4 B}{3 D_o/t} \quad (\text{Ec. 18})$$

donde B es un factor basado en el material de construcción de la lámina y se evalúa usando la tabla correspondiente en la página 38 del libro Vessels Design en función a D_o/t , D_o/L (L = longitud del tanque) y la temperatura de operación del tanque.

- El espesor de lámina se evalúa inicialmente en la tabla de la pag. 43 de Vessel Design en función a longitud y diámetro del tanque.

Cuando P_a es mayor a la presión existente en el cuarto de máquinas, el grosor de lámina es el apropiado.

Para el separador de partículas, el gasto de refrigerante para congelación ($2\ 916.21\ \text{m}^3/\text{hr}$) será criterio para establecer el diámetro interno del tanque, en tanto que para el interenfriador cerrado, la suma de los gastos de refrigerante para congelación y refrigeración ($4\ 778\ \text{m}^3/\text{hr}$) será criterio para establecer el diámetro del tanque.

La velocidad de separación se evalúa en la tabla 2 del capítulo 2 de la ref. 3, la cual es función de la temperatura en el interior del recipiente, el refrigerante y la distancia de separación vertical (el valor recomendado es de 610 mm).

Para el primer caso, a la temperatura de -30°C , distancia de separación de 609 mm y amoníaco como refrigerante, la velocidad de separación es 1 600 mm/s, mientras que para el segundo, evaluando a -7.5°C y el mismo refrigerante, la velocidad de separación es 840 mm por segundo.

En la tabla 25 se resumen las dimensiones evaluadas para estos recipientes.

Por lo que respecta al recipiente de presión controlada, este recipiente es un tanque de alta presión para el cual existen diferentes firmas de constructores.

El recipiente de presión controlada debe tener el volumen suficiente para almacenar mínimo el 75 % del total de líquido que circula por la instalación, factor que junto con la potencia frigorífica de la instalación serán criterios para seleccionar el recipiente; el volumen de líquido saturado se evalúa a temperatura intermedia.

$$G_v = G_t \times V_{l,s}$$

$$G_v = (4\,778.24 \text{ kg/hr}) (1.716 \text{ lt/kg}) (0.75)$$

$$G_v = 6\,149.59 \text{ lt/hr}$$

considerando un tiempo de residencia de 30 min (62), el volumen a almacenar de refrigerante es :

$$\text{Vol} = \frac{6\,149.59 \text{ lt/hr} (1 \text{ m}^3)}{0.5 \text{ hr} \quad 1\,000 \text{ lt}} = 12.30 \text{ m}^3$$

este dato junto con $Q_0 = 388.44 \text{ TR}$ son criterios con los cuales se selecciona el recipiente con capacidad de 338/452 TR fabricado por la.

firma Alberto Blasquez con placa de lámina de acero de 1/2 pulgada de espesor especificación ASTM-A-285 GRADO C con un diametro de 36 plg. el volumen de este tanque es :

$$\begin{aligned} \text{Vol} &= \pi D^2 L = \pi (0.836 \text{ m}^2) (4.87 \text{ m}) \\ &= 12.79 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

En la tabla 25 tambien se encuentran resumidas las dimensiones principales del recipiente de presión controlada.

TABLA 25: RECIPIENTES A PRESIÓN DIMENSIONADOS

	Sep. partículas	Interenfriador	Resc líquido
Gasto de Refrigerante	2 918 lt/hr	4 778.2 lt/hr	6 297.34 lt/h
Temperatura, °C	- 30	- 7.5	38
Velocidad separación	1 600 mm/s	840 mm/s	-
Diámetro interno, m	0.845	1.418	0.836
Largo del tanque, m	1.934	4.250	4.87
Area transversal, m ²	0.508	1.58	0.55
Volumen, m ³	0.978	6.715	12.78
Tipo de lámina	Placa de acero ASTM 285 Grado C		
Grosor de lámina, pg	1/4	5/16	1/2

b) Cálculo del serpentín del interenfriador.

Este cálculo se realiza teniendo como criterios las temperaturas de condensación, evaporación e intermedia, la carga en el lado de baja presión y los grados de subenfriamiento del líquido:

$$T^{\circ}\text{C} = 38^{\circ}\text{C}$$

$$Q_0 \text{ baja} = 689\ 139.4 \text{ kcal/hr}$$

$$T^{\circ}\text{i} = -7.5^{\circ}\text{C}$$

$$T^{\circ}\text{ev} = -30^{\circ}\text{C}$$

1.- Cálculo del LMTD

$$\text{LMTD} = \frac{\Delta T_2 - \Delta T_1}{\ln \frac{\Delta T_2}{\Delta T_1}} = \frac{(T_c - T_i) - 10^{\circ}\text{C}}{\ln \left[\frac{(T_c - T_i)}{10} \right]}$$

$$\text{LMTD} = \frac{[38 - (-7.5)] - 10}{\ln \frac{[38 - (-7.5)]}{10}} = 23.43 \text{ } ^\circ\text{C}$$

2.- Disminución de entalpía en el serpentín

$$\begin{aligned} \Delta H_s &= 1.16 (T_c) - 1.1 T_i - 11.9 \\ &= 1.16 (38) - 1.1 (-7.5) - 11.9 \\ &= 40.43 \text{ kcal/kg.} \end{aligned}$$

3.- Aumento de entalpía en el evaporador

$$\begin{aligned} \Delta H_y &= 0.387 T_c - 1.1 T_i + 292.8 \\ &= 0.387 (38) - 1.1 (-7.5) + 292.8 \\ &= 315.76 \text{ kcal/kg} \end{aligned}$$

4.- Masa de líquido fluyendo por el serpentín

$$M_s = Q_o / \Delta H_y = \frac{689 \text{ 139.40 kcal/hr}}{315.76 \text{ kcal/kg}} = 2 \text{ 182.48 kg/hr}$$

5.- Capacidad de Refrigeración

$$\begin{aligned} Q_s &= M_s \times \Delta H_s = (2 \text{ 182.48 kg/hr.})(40.43 \text{ kcal/kg}) \\ &= 88 \text{ 237.6 kcal/hr} \end{aligned}$$

6.- Area requerida

$$Ph = \frac{Q_s}{250 (\text{LMTD})} = \frac{88 \text{ 237.6}}{(250)(23.43)} = 15.06 \text{ m}^2$$

para esta área de transferencia el grupo EPN (Alberto Blasquez : Equipos, válvulas y accesorios Mexico) dispone de un serpentín con un área de 15.6 m² con 5 tubos en paralelo, tomando como criterio una velocidad del líquido en el interior del serpentín de 1 m/s :

$$W = \frac{0.00122 (M_s)}{\text{No tubos}} = \frac{0.00122 (2 \text{ 182.48})}{5} = 0.532 \text{ m/s}$$

puesto que el dato evaluado es inferior a 1 m/s, el serpentín elegido es apropiado.

Las características de construcción del serpentín del interenfriador se detallan en la tabla 26 :

TABLA 26 : CARACTERISTICAS DEL SERPENTIN DEL INTERENFRIADOR

MARCA Y MODELO	EPN-VS 11
SUP. DE TRANSMISION DE CALOR (m ²)	15.6
No. DE TUBOS EN PARALELO	5
DIAMETRO MAXIMO (mm)	1007
DIAMETRO DE PASO (mm)	905
ALTURA (mm)	770
TAMANO DEL CABEZAL (in)	2.5
PESO APROXIMADO (Kg)	2
VOLUMEN INTERNO (lt)	72

c) Tanques Transvase

El dimensionamiento de estos tanques es con el fin de desahogar líquido acumulado en el fondo del interenfriador y del separador de partículas para ser enviados al recipiente de presión controlada.

Debido a las dimensiones del interenfriador , el tanque transvase se dimensiona con una capacidad del 10 % de la capacidad del interenfriador, aliviando de manera constante el líquido acumulado en el fondo de este.

Para el caso del transvase del separador de partículas, la acumulación de líquido no es de la misma proporción que en el caso anterior por lo que el tanque se dimensionará considerando un 25% de la capacidad del separador.

$$\begin{aligned}
 \underline{\text{Vol Transvase Inter}} &= \text{Vol Interenfriador (0.1)} \\
 &= 6.715 \text{ m}^3 \text{ (0.1)} \\
 &= 0.6715 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

si la altura del tanque es de 1.2 mts el diámetro es :

$$\begin{aligned}
 \text{vol} &= \pi D^2 h / 4 \\
 D &= \frac{2 \sqrt{\text{vol}}}{\pi h} = \frac{2 \sqrt{0.6715}}{1.2 \pi} = 0.844 \text{ m}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \underline{\text{Vol Transvase S de P.}} &= \text{Vol Separador (0.25)} \\
 &= 0.979 \text{ m}^3 \text{ (0.25)} \\
 &= 0.245 \text{ m}^3
 \end{aligned}$$

si la altura del tanque es de 1.2 mts el diámetro es :

$$\begin{aligned}
 \text{vol} &= \pi D^2 h / 4 \\
 D &= \frac{2 \sqrt{\text{vol}}}{\pi h} = \frac{2 \sqrt{0.245}}{1.2 \pi} = 0.510 \text{ m}
 \end{aligned}$$

4.6.2 Cálculo de espesores de aislamiento de recipientes a presión.

Un método empleado en el cálculo de pérdidas de calor en un superficie expuesta al aire es aquel que usa un factor que representa la transmisión de calor tanto de convección como de radiación. Este factor es función del tipo y posición de la superficie, velocidad del aire y la diferencia de temperaturas entre el fluido y el aire.

La secuencia de cálculo es la siguiente (20) :

-Estimar la función superficie de la figura 4 trazando una horizontal desde K hasta ΔT (T medio - T superficie), después trazar verticalmente hasta alcanzar ΔT_0 (T superficie - T aire) y posteriormente, trazar una línea horizontal hasta alcanzar, nuevamente el eje izquierdo; trazar una línea paralela a la línea de

FIGURA 4: ESTIMACION DE LA FUNCION SUPERFICIE

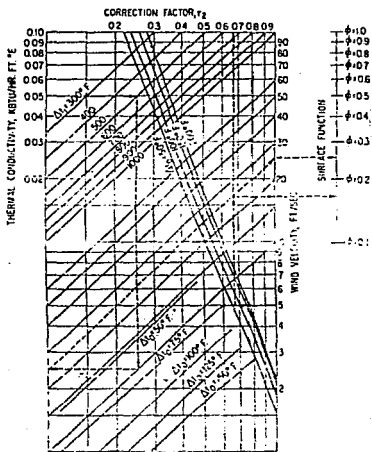
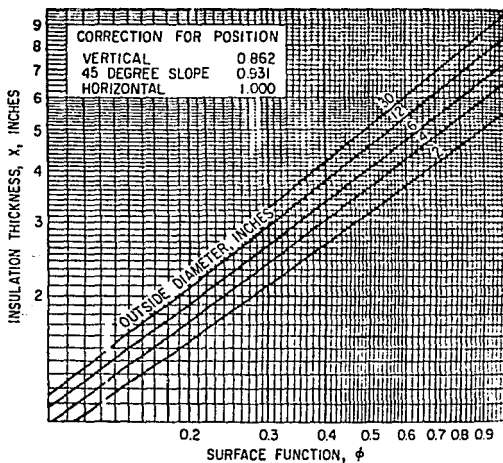


FIGURA 5: ESTIMACION DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO DE TANQUES



referencia de 45° que termina en la línea base de la velocidad del viento.

- Trazar una línea horizontal del punto de terminación anterior del paso anterior a la línea de función superficie donde se lee este valor (ϕ).
- Estimar el espesor de aislamiento de la figura 5 como función de la posición superficie y diámetro del tanque.
- Multiplicar el espesor evaluado por el factor de corrección por posición (0.862 para tanques verticales y 1.0 para tanques horizontales).

El factor de superficie evaluado a $k = 0.014 \text{ Btu/ft hr}^{\circ}\text{F}$, valores de $\Delta T_i = 100^{\circ}\text{F}$ y $\Delta T_o = 50^{\circ}\text{F}$ (valores mínimos de la tabla) y velocidad del viento es de 12.4 m/s o 40 ft/s es 0.4, por lo que el espesor de aislamiento para los diferentes tanques se muestra en la tabla 27 :

TABLA 27 : AISLAMIENTO DE RECIPIENTES A PRESION

Tanque	Diámetro	Espesor	F.de corrección	Espesor
Interenfriador	55.83''	→ 4.695''x	0.862 =	10.28 cm.
Rec. de líquido	36''	→ 4.423''x	1.000 =	11.23 cm.
Sep. de partículas	25.39''	→ 4.206''x	0.862 =	9.21 cm.
Transvase del inter	33.23''	→ 4.373''x	0.862 =	9.57 cm.
Transvase del s. de p.	20.08''	→ 4.061''x	0.862 =	8.89 cm.

4.7 TUBERIAS.

4.7.1. Dimensionamiento de tuberías y caídas de presión.

En este apartado se calcularán los diámetros de tuberías por donde se transportará el fluido frigorífico en sus diferentes etapas así como las respectivas caídas de presión.

El criterio de dimensionamiento será la caída de presión, la cual esta directamente relacionada con el tipo de tubería (succión, descarga, líquido etc.) y la temperatura de succión (para este tipo de tubería).

La secuencia de cálculo para establecer la caída de presión es la siguiente : conociendo previamente el tipo de tubería, temperaturas de trabajo y toneladas de refrigeración a transportar por la tubería :

- a) Establecer la longitud de tramo recto de la tubería.
- b) Establecer el tipo y cantidad de accesorios existentes en la tubería con el fin de conocer su longitud equivalente.
- c) Sumar los valores de a y b para conocer la longitud total de tubería.
- d) Las tablas de selección de diámetro de tubería se encuentran para alta presión en la figura 6 y presiones baja e intermedia en la figura 7. Dependiendo del caso, las tuberías se seleccionan de la siguiente forma :

- Succión : Con temperatura de succión y Toneladas de refrigeración.

- Descarga, recipiente a sistema y condensador a recipiente : Con las toneladas de refrigeración, se lee directamente en el apartado de cada uno de estos diámetros.

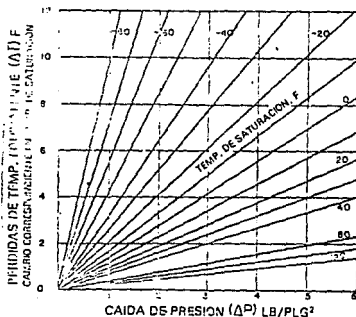
e) La caída de temperatura existente en la tubería se evalúa con las siguientes ecuaciones (18):

$$\Delta T \text{ alta} = \left[\frac{L e}{L 50} \right] \left[\frac{TR \text{ reales}}{TR \text{ tablas}} \right]^{1.8}$$

FIGURA 6: ESTIMACION DE CARGA Y CAIDA DE TEMPERATURA EN TUBERIAS DE ALTA PRESION

Capacidades de tubo refrigerante para refrigerante-717 (amoniac) (Para usarse en pes. o de alta presión). Toneladas de refrigerante resultantes en un tubo con caída de presión de 100 pies de longitud equivalente de tubo correspondiente a un cambio de 1°F (ΔT) en la temperatura de saturación

Tubo Tomate		Tubos de succión*					Tubos de la descarga $\Delta P = J-J$	Tubos con líquido		
		Temperatura de la succión F						Tamaño del tubo		Condensador a receptor, velocidad = 100 pies/min
IPS	SCH	-10 $\Delta P = 0.32$	-20 $\Delta P = 0.52$	0 $\Delta P = 0.78$	20 $\Delta P = 1.05$	40 $\Delta P = 1.48$	IPS	SCH		
1	80				2.58	3.75	4	40	13.5	27.0
1	80				5.14	7.30	4	40	24.0	48.0
1	40	3.24	5.57	8.90	13.4	19.4	4	40	36.0	72.0
1	40	4.83	8.75	13.70	20.2	29.4	4	40	57.5	115.0
2	40	9.34	16.4	26.2	39.4	57.3	2	40	118.9	237.8
2	40	15.0	26.0	42.2	62.5	91.2	2	40	187.2	374.4
3	40	26.9	46.0	73.9	111.0	162.3	3	40	335.2	670.4
4	40	55.1	94.5	151.0	225.0	327.3	4	40	676.0	1352.0
5	40	102.0	172.0	272.0	408.0	592.0	5	40	1228.0	2456.0
6	40	160.0	280.0	445.0	662.0	958.0	6	40	1986.0	3972.0
8	40	338.0	570.0	908.0	1355.0	1960.0	8	40	4120.0	8240.0
10	40	605.0	1030.0	1640.0	2430.0	3555.0	10	40	7336.0	14672.0
12	1D	975.0	1660.0	2640.0	3940.0	5680.0	12	1D		8750.0



**FIGURA 7: ESTIMACION DE CARGA EN TUBERIAS DE PRESION
BAJA E INTERMEDIA**

TABLA 19-5 Capacidades de tubo refrigerante para Refrigerante-717 (Amoníaco) (Para usarse en caso simple o de alta presión). Toneladas de refrigerante resultantes en un tubo con carga de fricción de 100 pies de longitud equivalente de tubo correspondiente a un cambio de 1°F (ΔT) en la temperatura de saturación

Tubo Tamaño		Tubos de succión*					Tubos de la descarga $\Delta P = J \cdot J$	Tubos con líquido			
		Temperatura de la succión F						Tamaño del tubo		Condensador a velocidad = 100 pies/min	Receptor al sistema $\Delta P = J \cdot J$
IPS	SCH	-40 $\Delta P = 0.32$	-20 $\Delta P = 0.52$	0 $\Delta P = 0.78$	20 $\Delta P = 1.08$	40 $\Delta P = 1.48$	IPS	SCH			
1	80						3	80	13.5	27.7	
	60						2	80	24.9	60.7	
1 1/2	80		2.11	3.46	5.14	7.30	1	80	41.5	170.0	
	40	3.24	5.57	8.90	13.4	19.4	1	40	86.2	261.0	
2	40	4.83	8.75	13.70	20.2	29.4	1 1/2	40	117.2	439.5	
	40	9.34	16.4	26.2	39.4	57.3	2	40	193.5	1004.0	
2 1/2	40	15.0	26.0	42.2	62.5	91.2	2 1/2	40	276.0	1593.0	
	40	26.9	46.0	73.9	111.0	162.0	3	40	425.0	2344.0	
3	40	36.1	64.5	101.0	150.0	220.0	4	40	736.0	3750.0	
	40	102.0	172.0	272.0	408.0	592.0	5	40			
3 1/2	40	160.0	280.0	445.0	662.0	958.0	6	40			
	40	338.0	570.0	908.0	1355.0	2060.0	8	40			
4	40	605.0	1030.0	1640.0	2430.0	3550.0	10	40			
	12	975.0	1660.0	2640.0	3940.0	5680.0	12	ID			

donde L_e es la longitud equivalente total de tubería en pies y la diferencia de temperatura en $^{\circ}\text{F}$.

$$\Delta T_{\text{baía}} = \left[\frac{L_e}{100} \right] \left[\frac{\text{TR reales}}{\text{TR tablas}} \right]^{1.8}$$

Conociendo la ΔT en la tubería, se pasa a la gráfica anexa a la figura 6 en la cual se muestra la caída de temperatura en función a la caída de presión: para conocer esta última, se entra a la tabla con la ΔT y dirigiéndose horizontalmente a la temperatura de trabajo en la tubería, se traza una línea vertical donde se conocerá la caída de presión.

Las tuberías a dimensionar son las siguientes :

- 1.- Tubería general de descarga de líquido al lado de alta presión :
Esta tubería alimenta líquido desde el recipiente de presión controlada a las cámaras de refrigeración y banco de hielo.
- 2.- Tubería general de descarga de líquido al lado de baja presión :
Esta tubería alimenta líquido al serpentín del interenfriador, a los *Blast freezers* y a las cámaras de conservación de congelación.
- 3.- Tubería de succión del lado de alta presión : esta línea absorbe los vapores que descargan los evaporadores del lado de alta presión y los manda al interenfriador.
- 4.- Tubería general de succión de baja presión : Esta línea absorbe los vapores que descargan los evaporadores del lado de baja presión y los lleva al separador de partículas.

Para alimentar líquido a los locales tanto de alta como de baja presión, se hace la siguiente consideración : La tubería general de alimentación de líquido es tomada por cuestiones de cálculo como un recipiente, por lo que el dimensionamiento de estas tuberías se realiza bajo el criterio de alimentación de líquido del recipiente al sistema.

- 5.- Tubería de succión del *blast freezer*.
- 6.- Tubería de alimentación de líquido al *blast freezer*.
- 7.- Tubería de succión de las cámaras de conservación de congelación.
- 8.- Tubería de alimentación de líquido a las cámaras de conservación.
- 9.- Tubería de succión de las cámaras de refrigeración.
- 10.- Tubería de alimentación de líquido a las cámaras de refrigeración
- 11.-Tubería de succión del banco de hielo.
- 12.-Tubería de alimentación de líquido al banco de hielo.
- 13.-Tubería de descarga de gas del compresor de alta al condensador
- 14.-Tubería de succión del compresor de alta desde el interenfriador.
- 15.-Tubería de descarga del compresor de baja al interenfriador.
- 16.-Tubería de succión del compresor de baja desde el separador de partículas.
- 17.-Tubería de descarga de líquido del condensador al recipiente de presión controlada.
- 18.-Tubería de descarga de líquido del recipiente de presión controlada al interenfriador

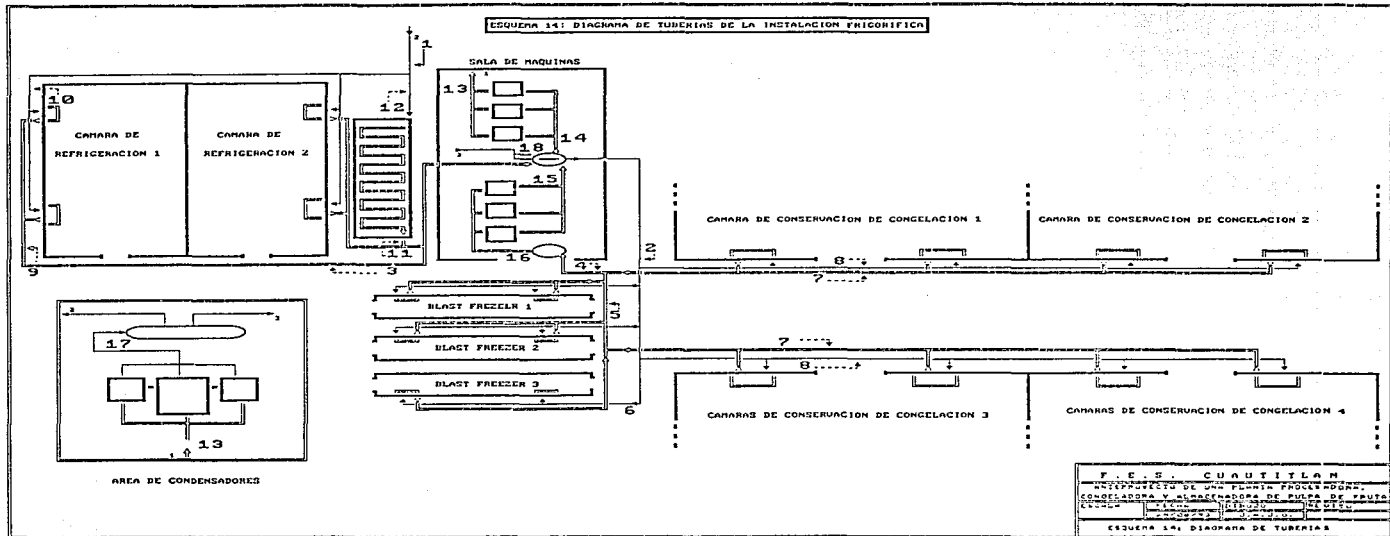
El esquema 14 muestra la distribución de tuberías de la instalación a los locales.

Los criterios son los siguientes (18,46) :

- ΔP tubería de succión = 0.725 lb/in² (-30°C), 2.55 lb/in² (-7.5 °C)
- ΔP de líquido (condensador a recipiente)= 5.075 lb/in²
- ΔP alimentación de líquido = 5.075 lb/in²
- ΔP tubería de descarga = 3.33 lb/in²

La tabla 28 resume todos los datos evaluados anteriormente situándose en la última columna la caída de presión en cada tubería.

ESQUEMA 14: DIAGRAMA DE TUBERIAS DE LA INSTALACION FRIGORIFICA



F. E. S. CAUTITLAN
 EQUIPO DE UNA PLANTA REFRIGERACION
 CONDENSADOR Y SERVICIOS DE PULPA DE CAJITA
 ESQUEMA 14: DIAGRAMA DE TUBERIAS

TABLA 28 : CARACTERISTICAS DE LAS TUBERIAS DE LA INSTALACION

TUBERIA	LARGO	LONG. TOTAL	T	Ø	TR _L	TR _R	ΔT	ΔP
	ft	ft	°F	pg			°F	lb/in ²
1	95.98	128.16	18.5	1 1/4	160.55	281	0.94	0.94
2	233.20	361.20	-22	1 1/2	227.89	343	2.22	1.11
3	129.91	195.40	18.5	6	160.55	280	1.44	1.44
4	233.26	361.2	-22	6	227.89	393	1.30	0.68
5	134.61	161.71	-22	3 1/2	54.55	75	0.91	0.46
6	134.61	143.91	-22	3/4	54.55	75	0.79	0.40
7	278.98	278.98	-18.5	3 1/2	32.12	75	0.69	0.35
8	278.98	288.28	-22	3/4	32.12	75	0.63	0.32
9	52.88	75.48	18.5	3	124.70	111	1.86	1.86
10	52.88	58.78	18.5	3/4	124.70	130	1.09	1.09
11	21.98	26.18	18.5	2	35.85	23	1.23	1.23
12	21.98	24.68	18.5	1/2	35.85	30	0.69	0.69
13	48.36	76.86	100	5	485.23	123	0.29	0.29
14	26.24	93.24	18.5	5	227.96	398	0.71	0.71
15	27.84	88.39	-22	5	254.35	260	0.85	0.43
16	19.98	90.18	-22	5	227.89	187	1.29	0.65
17	39.97	74.96	100	4	388.44	338	0.55	1.65
18	16.40	21.40	100	1 1/4	227.89	281	0.29	0.87

4.7.2. Cálculo de espesores de aislamiento de tuberías.

El cálculo del aislamiento de tuberías se realizará empleando la siguiente secuencia considerando poliuretano expandido como aislante:

- 1.- Establecer las horas/año que trabajará la tubería a aislar.
- 2.- Evaluar el diámetro exterior (mm) de la tubería a aislar.
- 3.- Conocer el costo del m³ de aislamiento así como del recubrimiento exterior del mismo más costos de colocación.

4.- Se supone un valor de espesor de aislamiento (Ea) el cual se introduce en la siguiente ecuación (64)

$$M = Ca + Cr/Ea$$

donde M es un factor que incluye los costos de aislamiento (Ca) y de recubrimiento (Cr) y los espesores de aislamiento (Ea) y, así como las veces que el espesor de aislamiento cabe en un metro.

5.- El factor M calculado se sustituye en la siguiente ecuación (64):

$$A = \frac{(M)(a)}{2(k)(\Delta T)(H)(\$)}$$

donde a = factor que involucra el periodo y tasas de amortización del aislamiento.

k = conductividad térmica del aislamiento (kcal/m hr °C)

ΔT= Diferencia de temperaturas entre el ambiente y el fluido transportado en la tubería.

H = horas por año que será utilizada la tubería.

\$ = costo de la energía (pesos / caloría)

con el valor A calculado, se va a la gráfica A vs S (un ejemplo es la gráfica B), donde se entra con el valor A hasta alcanzar la curva del diámetro exterior de la tubería, en este punto se traza una horizontal alcanzándose un valor de espesor de aislamiento; este valor debe coincidir con el supuesto de lo contrario suponer otro espesor y realizar de nuevo la secuencia (64).

Los valores a emplear son los siguientes :

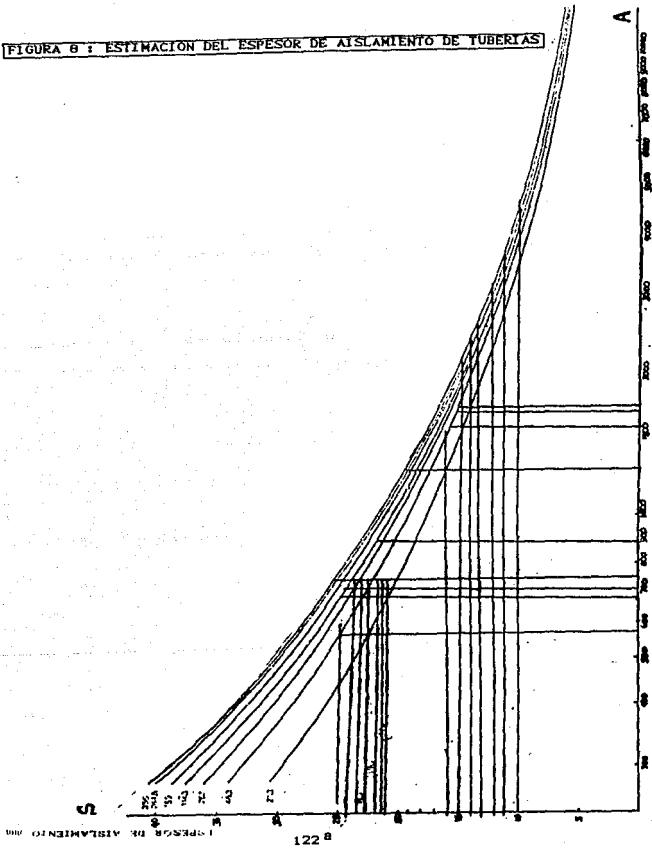
Ca = N\$ 50.00 /m² (poliuretano expandido con CO₂)

Cr = N\$ 5.00 (película de algodón recubierta de alquitrán)

k = 0.022 kcal/hr m °C

\$ = N\$ 0.00001/cal

FIGURA 6 : ESTIMACION DEL ESPESOR DE AISLAMIENTO DE TUBERIAS



El tiempo de operación para tuberías que alimentan a locales de alta presión es de 288 días (6912 h/año) en tanto que para las de baja presión es de 365 días (8760 h/año).

El valor α evaluado con un período de amortización de 10 años y una tasa de amortización de 16% es 0.207.

Los ΔT 's se evaluarán considerando como la temperatura ambiental a la temperatura de pasillo (18.04°C), temperatura del medio en alta presión -7.5°C y temperatura del medio en baja presión de -30°C .

En la tabla 29 se hace el resumen de cálculos de este apartado, ubicándose en la última columna el espesor de aislamiento para cada tubería.

TABLA 29 : ESPESOR DEL AISLAMIENTO DE TUBERÍAS							
TUBERÍA	ϕ NOM pg	ϕ EXT mm	Hr/AÑO	ΔT $^{\circ}\text{C}$	M	A	GROSOR mm
1	1 1/4	42.2	6 912	25.5	250 000	660	25
2	1 1/2	48.3	8 760	48.0	162 889	182	36
3	6	168.3	6 912	25.5	235 182	627	27
4	6	168.3	8 760	48.0	113 285	128	56
5	3 1/2	101.6	6 912	48.0	135 111	191	45
6	3/4	26.67	6 912	48.0	137 936	195	44
7	3 1/2	101.6	8 760	25.5	216 668	456	30
8	3/4	26.67	8 760	48.0	149 000	166	40
9	3	88.9	6 912	25.5	250 000	666	25
10	1	33.4	6 912	25.5	288 009	768	21
11	2	60.33	6 912	25.5	258 333	688	24
12	1/2	21.37	6 912	25.5	300 000	799	20
14	5	141.3	8 760	25.5	211 290	444	31
15	5	141.3	8 760	48.0	114 909	128	55
16	5	141.3	8 760	48.0	114 909	128	55

4.8. DISTRIBUCION DE PLANTA.

Una de las relaciones mas importantes en el diseño de una planta es aquella que relaciona el flujo interno y externo al área productiva. Esta relación se describe en el plot plant, dibujo o bosquejo sobre el cual se forman las configuraciones físicas de una instalación productiva y las áreas y accesos a localizarse en la misma. (1, 37)

Con el "plot plant" se busca :

- Hacer el mejor uso de la tierra.
- Ubicar la construcción en la posición mas efectiva sobre la tierra.
- Ser una preplanificación sobre las necesidades de expansión futura.
- Relacionar el flujo interno y externo de la planta.
- Asegurar la orientación apropiada de los edificios en relación a los elementos naturales (vientos, lluvias, luz solar etc.) y sugerir el arreglo interior de las instalaciones que pudieran verse afectadas por esa orientación.
- Asegurar localización equitativa del espacio disponible a las funciones y actividades.
- Ayudar en la planeación de un lugar agradable y un arreglo de las estructuras propuestas en el espacio disponible.

El plot plant debe incluir :

- Localización del terreno.
- Tanques, subestaciones y demás servicios.
- Caminos y derechos de vía, accesos a la planta.
- Caminos de montacargas.
- Areas verdes, áreas de recreación.
- Estacionamientos.
- Areas de recepción y embarque.
- Expansiones futuras.

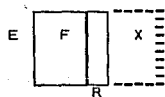
Este último punto es muy importante pues debe pensarse en un área dentro del terreno existente para llevarla a cabo. La expansión es un prerequisite de cada espacio en una planta pues es una necesidad originada por razones de aumento en el volumen de producción, diversificación de productos, procesos o servicios. Si bien el espacio se debe de agregar en función el flujo de materiales, deben se hacerse planes mas específicos para su aprovechamiento.

El plot plant puede desarrollarse según tres alternativas :

- Ideal : Seleccionar un lugar potencial para el desarrollo de la nueva instalación.
- Práctico : Usar un sitio existente y rediseñar facilidades para implementar flujo óptimo en las estructuras existentes.
- Amplio rango : Diseño optimo del lay out para el sitio nuevo o ya existente y planear el incremento gradual a un periodo de 5 a 10 años.

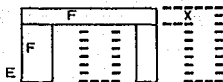
El plot plant puede desarrollarse a partir de 5 configuraciones en función a las expansiones futuras (i) donde R significa recepción, F fabricación, X expansión y E embarque :

Espejo :



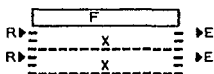
Duplica el espacio productivo al duplicar también el layout original, es simple de ejecutar. Forma un corredor central para la planta completa y un área de recepción, el área de producción está libre de cuellos de botella. Su desventaja radica en limitarse a una sola expansión originando dos áreas de producción separadas.

En T :



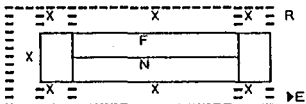
Agrega departamentos sin interrumpir el flujo, proporciona recepción y almacenamiento en el punto de uso minimizando el manejo de materiales, su desventaja radica en el hecho de forzar la extensión del área de ensamble principal.

Lineal :



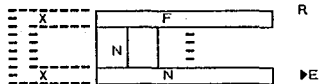
Expansión ilimitada al agregar bloques adicionales, bajo costo de construcción con mínima interferencia de columnas, el flujo es lineal, su desventaja radica en tener un terreno con el mismo nivel de tierra.

En U :



Combina recepción y embarque en una localidad centralizada, aunque un uso muy frecuente lo convierte en pesado, se emplea para casos temporales.

En C :



Permite la adición de varios departamentos sin afectar el área de flujo o construcción, este se restringe por la forma del diseño original.

Debido a que el terreno disponible se encuentra junto a una carretera, es recomendable dejar una franja de terreno junto a la misma con el fin de facilitar el acceso a la planta a los transportes y evitar posibles transtornos viales en la autopista.

Se propone manejar el Área de oficinas y el Área de procesos por separado, con el fin de controlar entradas y salidas correspondientes a cada Área de manera mas efectiva. El Área de oficinas cuenta con un acceso, en tanto que las Áreas de proceso cuentan con dos que funcionan como entrada y salida.

Cada una de estas Áreas cuenta con casetas de vigilancia; para el Área de procesos, la báscula se localiza junto a la caseta seguido de los baños y vestidores para personal obrero. Junto al Área de procesos se localiza la enfermería.

El Área de tratamiento de aguas se localiza junto al pozo, se dispone de un laboratorio de aguas para verificar la calidad de el agua tratada y el agua que sera utilizada por las calderas, que se localizan tambien en esta Área.

El Área de aguas se localiza frente al banco de hielo y este a su vez, frente a las Áreas de lavado y escaldado.

Al fondo del terreno se localizan las Áreas de desperdicios que contactan directamente con la salida de la planta; el estacionamiento de vehículos pesados se encuentra frente a la zona de embarque.

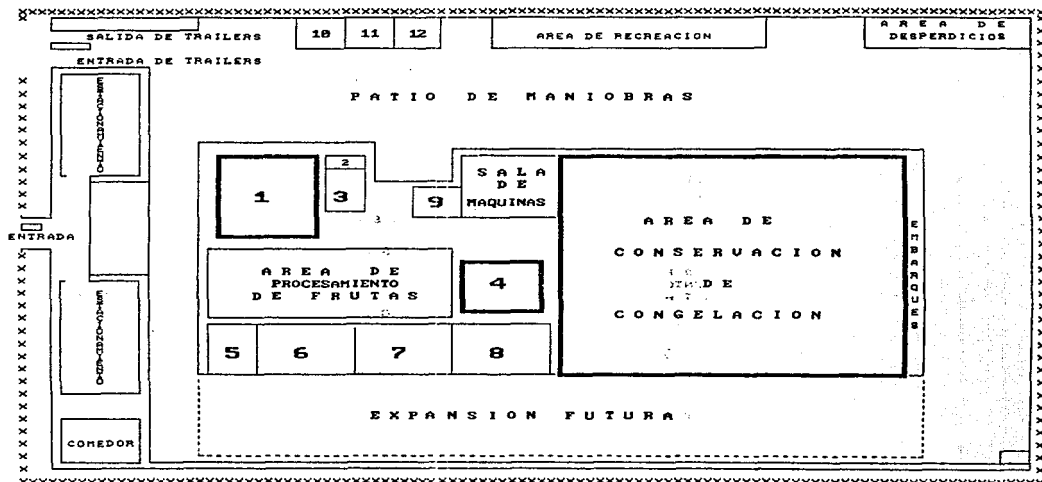
Se cuenta con un almacén de refacciones y mantenimiento general que dará servicio a las Áreas de pulpeado, y a futuro a la planta embotelladora (expansión futura).

La expansión que se considera a futuro, cuenta con un terreno cercano al Área de producción por lo que se desean aprovechar algunas ventajas que la primera ofrece, como son, ubicación de las Áreas de elaboración de bebidas al Área de ingredientes, ubicar la zona de descongelación de pulpa frente a los andenes de embarque de pulpa congelada, aprovechar las facilidades de transporte en la recepción

para el ingreso de azucar y material de envasado y del área de embarque para la salida al mercado de producto terminado.

Puesto que el desarrollo de la planta elaboradora de bebidas queda fuera de los objetivos de este trabajo, se presenta el plot plant inicial de la planta (esquema 15) y el "plot plant" futuro considerando dicha expansión (esquema 16).

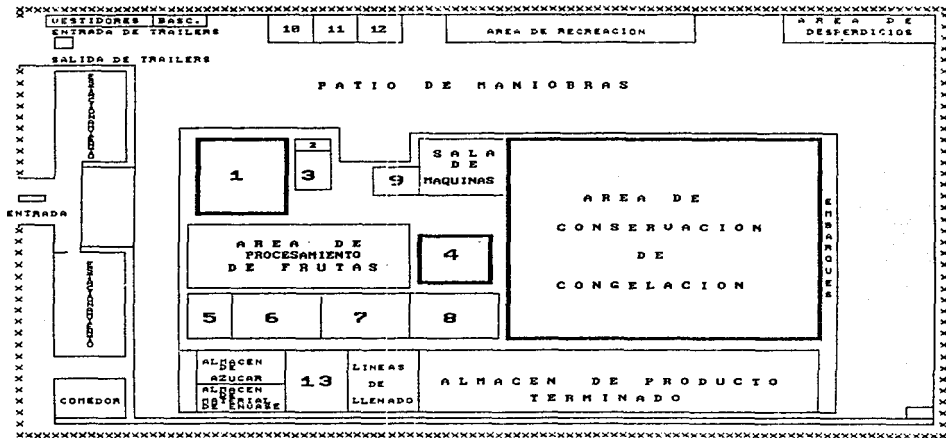
ESQUEMA 15: PLOT PLANT INICIAL



- 1.- AREA DE REFRIGERACION.
- 2.- OFICINAS DE RECEPCION DE FRUTA.
- 3.- LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.
- 4.- AREA DE CONGELACION.
- 5.- OFICINAS DE PRODUCCION.
- 6.- OFICINAS Y TALLER DE MANTENIMIENTO.
- 7.- ALMACEN DE TARINAS Y CUBETAS.
- 8.- ALMACEN DE INGREDIENTES.
- 9.- BANCO DE HIELO.
- 10.- AREA DE CALDERAS.
- 11.- AREA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.
- 12.- POZO

F. E. S. CUAUTITLAN			
ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA, CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA			
ESCALA	FECHA	DIBUJO	REVISO
	24/08/93	J.A.J.O.	
ESQUEMA 15 : PLOT PLANT INICIAL			

ESQUEMA 16: PLOT PLANT A FUTURO



- 1.- AREA DE REFRIGERACION.
- 2.- OFICINAS DE RECEPCION DE FRUTA.
- 3.- LABORATORIO DE CONTROL DE CALIDAD.
- 4.- AREA DE CONGELACION.
- 5.- OFICINAS DE PRODUCCION.
- 6.- OFICINAS Y TALLER DE MANTENIMIENTO.
- 7.- ALMACEN DE TIRAMIS Y CUBETAS.
- 8.- ALMACEN DE INGREDIENTES.
- 9.- BANCO DE HIELO.
- 10.- AREA DE CALDERAS.
- 11.- AREA DE TRATAMIENTO DE AGUAS.
- 12.- POZO
- 13.- AREA DE PREPARACION

F. E. S. - CUAUTITLAN			
ANTEPROYECTO DE UNA PLANTA PROCESADORA, CONGELADORA Y ALMACENADORA DE PULPA DE FRUTA			
ESCALA	FECHA	DIBUJO	REVISO
	27-06-73	J. G. J. G.	
ESQUEMA 14 - PLOT PLANT A FUTURO			

LIBRERIA DE INGENIERIA Y CONSTRUCCION DE CUERPO TECNICO

CONCLUSIONES

- La información existente sobre frutas en fresco muestra la amplia variación que presentan las cosechas de un año a otro, por ello las empresas que utilizan frutas en fresco como materia prima deben de disponer de métodos de conservación de las mismas para tener el máximo aprovechamiento de ellas durante todo el año productivo.
- La información existente sobre volúmenes de producción de pulpas de frutas así como su empleo en la industria es escasa, confusa y en términos generales, muy poco confiable.
- El canal moderno de comercialización es la mejor alternativa para el abastecimiento de materia prima, al existir una comunicación directa entre clientes y proveedores donde el beneficio de ambas partes es el principal objetivo.
- El estado de Guanajuato es una buena opción para la consolidación de inversiones, debido al desarrollo industrial existente en este estado durante los últimos años (propiciado por las acciones del gobierno) así como con la buena infraestructura existente en la localidad.
- Irapuato es una propuesta que cubre los principales requisitos para la ubicación de una planta, debido a las amplias facilidades que otorga el gobierno estatal por ser municipio considerado de máxima prioridad nacional aunado a la magnífica red de carreteras con que cuenta esta localidad.
- Los diagramas de bloques para el procesamiento de las frutas mostrados en el capítulo 3 del trabajo, son aplicables al trabajar con una línea de procesamiento universal, la cual será utilizada para el pulpeado de las cuatro frutas, teniendo con ello una gran ventaja al no tener equipo de uso especializado que se tenga parado por largos periodos de tiempo.

- La planta propuesta tiene la ventaja de poder congelar, almacenar y procesar productos frutícolas de agricultores de la región principalmente en la época donde el procesamiento de pulpa sea mínimo o nulo, siendo ésta una importante alternativa de recuperación de la inversión.

-La ubicación y características de la planta son condiciones apropiadas para la futura instalación de líneas de envasado de bebida con los cuales se pueden abarcar nuevos mercados de ventas y/o competir con los productos existentes en la región.

- Desde el punto de vista del área productiva de una elaboradora de bebidas, el empleo de pulpa congelada representa una menor inversión en equipos así como un menor empleo de mano que obra (que puede ser mejor aprovechada) en comparación al empleo de pulpa de fruta que ha sido conservada con algún otro método.

RECOMENDACIONES

- El presente trabajo es un anteproyecto, el cual puede ser continuado con estudios de factibilidad económica comparándolo con otros sistemas de conservación como son la evaporación o el envasado aséptico con los cuales se respalde el mismo para ser una propuesta real para la solución del problema que le dio origen.

- El método de congelación aplicado a las pulpas de frutas es una buena opción para que las pequeñas cooperativas regionales que distribuyen a los grandes centros de consumo, obtengan mayores beneficios económicos al diversificar sus productos.

- Los centros de abastecimiento de materia prima, pueden ser vistos como alternativas viables para la instalación de procesadoras de frutas y de líneas de envasado de bebidas (en general), con los cuales se logre un abatimiento de los costos de transportación , aprovechando la ubicación para abastecer mercados donde la comercialización de este tipo de productos sea escasa o nula.

- El estado de Guanajuato tiene en la actividad agrícolas a una de sus principales fuentes de ingresos . Como sucede en otras localidades, Guanajuato no esta exento de registrar pérdidas de grandes volúmenes de producción por no existir en la entidad alternativas para conservar alimentos en fresco o procesado. Si bien es cierto que algunas empresas almacenadoras y congeladoras han invertido en el sur del estado teniendo un gran éxito económico, el resto del estado carece de estos servicios y los exige, por lo que la congelación es una magnífica oportunidad para brindar este servicio donde el éxito se tiene prácticamente garantizado.

**CALCULO DE ESPESORES DE AISLAMIENTO Y DIMENSIONES
EXTERIORES DE CAMARAS**

En el presente anexo se retoma la secuencia de cálculo mostrada en la página 75 para establecer el espesor de aislamiento de paredes, dimensiones exteriores de cámaras y área exterior de las mismas. En el presente caso, se realiza la ejemplificación para el dimensionamiento del *blast freezer*.

Primero se calcula el espesor de aislamiento de paredes, pisos y techos con la siguiente ecuación :

$$x = \frac{k \Delta T}{U}$$

donde x es el espesor de aislamiento (m), k es la conductividad térmica del aislamiento (kcal/hr m °C), ΔT es la diferencia de temperaturas entre el exterior y el interior de la cámara y U es el coeficiente global de transmisión de calor (kcal/hr m² °C).

Retomando las temperaturas calculadas en la página 70, los espesores de aislamiento para los muros del *blast freezer* son :

$$\text{Paredes : } x = \frac{k \Delta T}{U} = \frac{0.022 \text{ kcal (18.04 + 25) }^{\circ}\text{C}}{\text{hr m}^{\circ}\text{C (10 kcal/hr m}^2\text{ }^{\circ}\text{C)}} = 0.095 \text{ mts}$$

$$\text{Pisos : } x = \frac{k \Delta T}{U} = \frac{0.022 \text{ kcal (23.09 + 25) }^{\circ}\text{C}}{\text{hr m}^{\circ}\text{C (10 kcal/hr m}^2\text{ }^{\circ}\text{C)}} = 0.107 \text{ mts}$$

$$\text{Techos : } x = \frac{k \Delta T}{U} = \frac{0.022 \text{ kcal (18.04 + 25) }^{\circ}\text{C}}{\text{hr m}^{\circ}\text{C (10 kcal/hr m}^2\text{ }^{\circ}\text{C)}} = 0.095 \text{ mts}$$

con ello, el grosor de aislamiento del muro se evalua como la suma de los espesores de los componentes de los muros mostrados en la página 73 mas el espesor de aislamiento recién calculado:

$$\boxed{\text{Grosor del muro}} = \text{Grosor de pared} + \text{grosor de aislamiento} :$$

$$\text{Paredes} = 0.191 + 0.095 = 0.286 \text{ m}$$

$$\text{Pisos} = 0.121 + 0.107 = 0.228 \text{ m}$$

$$\text{Techos} = 0.121 + 0.095 = 0.216 \text{ m}$$

Las dimensiones exteriores de la cámara se calculan al sumar el grosor del muro mas las dimensiones interiores de la cámara mostradas en la página 64 :

$$\boxed{\text{Dimensión exterior}} = \text{dimensión interior} + \text{grosor del muro} :$$

$$\text{Largo} = 14.2 + (2) (0.286) = 14.77 \text{ mts.}$$

$$\text{Ancho} = 5.7 + (2) (0.286) = 4.87 \text{ mts.}$$

$$\text{Altura} = 2.0 + (0.216) + (0.228) = 2.44 \text{ mts.}$$

El área exterior total se obtiene al sumar 2 veces el área exterior de cada uno de los muros; A es el ancho, L es el largo y a es la altura.

$$\boxed{\text{Area exterior total}} = 2 [AxL + Lxa + Axa] =$$

$$2 [(14.77 \times 4.87) + (14.77 \times 2.44) + (4.87 \times 2.44)] =$$

$$\boxed{\text{Area exterior total} = 316.01 \text{ mts}^2}$$

A N E X O 2

Comprobación de no condensación de vapor de agua en muros.

Aplicando las ecuaciones (4a) y (5a) mostradas en la página 77 y considerando los espesores y conductividades de los materiales que componen los muros (mostrados en la página 73), se realiza el ejemplo para las paredes del *blast freezer* :

$$T_n = T_{n-1} - (Q/a)(x/k) \quad (4a)$$

$$T_n = T_{n-1} - (Q/a)(1/h) \quad (5a)$$

considerando la composición de las paredes del *blast freezer*, las ecuaciones anteriores se adaptan para este caso :

$$T_1 = T_{\text{ambiente}} - (Q/A)(1/h_e)$$

$$T_2 = T_1 - (Q/A)(x_1/k_1)$$

$$T_3 = T_2 - (Q/A)(x_2/k_2)$$

$$T_4 = T_3 - (Q/A)(x_3/k_3)$$

donde :

T_1 = Temperatura en la superficie del aplanado exterior.

T_2 = Temperatura en la superficie del ladrillo.

T_3 = Temperatura en la superficie de la barrera de vapor.

T_4 = Temperatura en la superficie del aislamiento térmico.

puesto que T_4 es la temperatura en la superficie del aislamiento térmico, la temperatura calculada debe ser mayor a la Temperatura de rocío del medio ambiente (10.5°C).

El coeficiente convectivo de transmisión de calor se calcula con la siguiente ecuación :

$$H_c = 6.45 (v \text{ m/s})^{0.78}$$

donde v es la velocidad del aire exterior (m/s), para el presente caso es 12.4 m/s, sustituyendo valores :

$$H_c = 6.45 (12.4)^{0.78} = 45.96 \text{ kcal/hr m}^2\text{C}$$

Para estos equipos, las condiciones existentes son las siguientes:

Temperatura exterior (temperatura de pasillo) = 18.04°C

Humedad relativa exterior = 60 %

Temperatura de rocío = 10.5°C

Temperatura interior del equipo = $- 25^{\circ}\text{C}$

sustituyendo datos de las páginas 72 y 73 junto con los anteriores se tiene :

$$T_1 = T_{ext} - (q/a) (1/h_e) = 18.04 - 10 (1/45.97) = 17.82^{\circ}\text{C}$$

$$T_2 = T_1 - (q/a) (R_1/k_1) = 17.82 - 10 (0.02/0.75) = 17.56^{\circ}\text{C}$$

$$T_3 = T_2 - (q/a) (R_2/k_2) = 17.56 - 10 (0.15/5.0) = 17.26^{\circ}\text{C}$$

$$T_4 = T_3 - (q/a) (R_3/k_3) = 17.26 - 10 (0.001/0.05) = \underline{17.06^{\circ}\text{C}}$$

puesto que T_4 es mayor a la temperatura de rocío, no hay condensación

A N E X O 3

CALCULO DE POTENCIAS FRIGORIFICAS

A continuación se muestra la aplicación de la secuencia de cálculo de la potencia frigorífica comentadas entre las páginas 79 a 83 para el caso del *blast freezer*.

1. Calor por paredes

$$Q_p = U \times \text{área exterior} \times \text{horas al día}$$

donde U es el coeficiente global de transmisión de calor el cual es igual a 10 kcal/m²hr (18), el área exterior es la calculada en el anexo 1 (289.44 m²) y las horas al día que las paredes están en contacto con el medio ambiente, que son las 24 hrs. Sustituyendo valores :

$$\begin{aligned} Q_{ppt} &= (10 \text{ kcal/m}^2\text{hr}) (289.44 \text{ m}^2) (24 \text{ hr/día}) = \\ &= \underline{69,465.6 \text{ kcal/día}} \end{aligned}$$

2. Calor por producto : El cálculo de eliminación de calor total para el caso de congelación de un producto está integrado por tres partes: la eliminación de calor sensible hasta alcanzar el punto de del producto (Ec. 2a), la eliminación del calor latente de congelación del producto (Ec 2b) y la eliminación del calor hasta alcanzar la temperatura deseada en el centro de producto (Ec. 2c).

$$Q_n = \text{peso producto} \times C_{p_n} \times (T_i^{\circ} - T_c^{\circ}) \quad (\text{Ec } 2a)$$

$$Q_{\lambda} = \text{peso producto} \times \text{calor latente de congelación} \quad (\text{Ec } 2b)$$

$$Q_u = \text{peso producto} \times C_{p_u} \times (T_c^{\circ} - T_f^{\circ}) \quad (\text{Ec } 2c)$$

donde T_i es la temperatura inicial del producto que en el presente caso es la temperatura ambiental (18°C), T_c es la temperatura de congelación del producto siendo esta - 1°C y T_f es la temperatura

final de congelación (-18°C). C_{p_n} y C_{p_u} son las capacidades caloríficas por arriba y por abajo del punto de congelación (0.94 y 0.67 kcal/kg $^{\circ}\text{C}$). El peso de producto corresponde al mostrado en la página 64 ($34\ 272$ kg/día). Sustituyendo valores :

$$Q_{C_n} = (34\ 272 \text{ kg/día }) (0.94 \text{ kcal/ kg }^{\circ}\text{C}) (5 + 1) = \\ = 193\ 333.43 \text{ kcal/día}$$

$$Q_{\Delta} = (34\ 272 \text{ kg/día }) (72.248 \text{ kcal/ kg }) = \\ = 2\ 476\ 111.0 \text{ kcal/día.}$$

$$Q_{C_u} = (34\ 272 \text{ kg/día }) (0.67 \text{ kcal/ kg }^{\circ}\text{C}) (- 1 + 18)^{\circ}\text{C} = \\ = 274\ 585.95 \text{ kcal/día.}$$

3. Calor por cubetas y tarimas: Para lo cual se emplea la ecuación 2b considerando también el número de estas unidades.

$$Q_t = (\text{Tarimas/día}) (\text{peso de la tarima}) (C_p) (T^{\circ}_i - T^{\circ}_f) \\ Q_c = (\text{Cubetas/día}) (\text{peso de la cubeta}) (C_p) (T^{\circ}_i - T^{\circ}_f)$$

sustituyendo valores:

$$Q_t = (42 \text{ tarimas}) (25.6 \text{ kg/tarima}) (0.67 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}) (18 + 18^{\circ}\text{C}) \\ = 25\ 975.7 \text{ kcal/día}$$

$$Q_c = (714 \text{ cub's/día}) (1.13 \text{ kg/cub}) (0.311 \text{ kcal/kg}^{\circ}\text{C}) (5 + 18)^{\circ}\text{C} = \\ = 5\ 771.27 \text{ kcal/día}$$

4. Calor por personal: Se contempla la entrada al local de dos montacarguistas por un tiempo equivalente a 3 hrs diarias. El factor considerado se obtiene de la referencia tabla 10-15 de la referencia 18 estando en función a la temperatura del local. La ecuación a emplear es:

$$Q_{\text{per}} = \text{No. personas} \times \text{tiempo} \times \text{factor}$$

Sustituyendo valores:

$$Q \text{ per} = (2 \text{ personas})(3 \text{ hr/día})(1400 \text{ BTU/hr per})(0.252 \text{ kcal/BTU}) \\ = \underline{2116.8 \text{ kcal/día}}$$

5. Calor por iluminación: La ecuación es la siguiente:

$$Q_i = \text{fact iluminación} \times \text{tiempo} \times \text{área iluminada}$$

donde el factor de iluminación es igual a $10 \text{ W/m}^2\text{hr}$, el tiempo de encendido de las lámparas es similar al de entrada de personal y el área iluminada es el área perpendicular a la dirección de la luz siendo esta $14.2 \times 5.7 \text{ m}^2$ (valores de la página 64):

$$Q_i = (10 \text{ W/m}^2\text{hr})(3 \text{ hr/día})(80.94 \text{ m}^2)(0.86 \text{ kJ/W}) = \\ = \underline{2088.25 \text{ kcal/día}}$$

6. Calor por motores: La ecuación es la siguiente:

$$Q_m = \text{No. motores} \times \text{potencia} \times \text{factor} \times \text{tiempo}$$

Se calcula el calor para dos montacargas que trabajan 3 hrs al día, el factor por motor del montacargas se obtiene de la tabla 10-14 de la referencia 18. Sustituyendo valores:

$$Q_m = (2 \text{ motores})(13.78 \text{ Hp})(0.252 \text{ kcal/BTU})(2950 \text{ BTU/Hp hr})(3\text{hr/día}) = \\ = 61464.3 \text{ kcal/día}$$

La suma de todos los calores antes mencionados proporciona la carga de calor a eliminar de la cámara siendo este valor **3110 Q12.0** kcal/día que divididas entre el tiempo de congelación comentado en la página 60 (24 hrs) dan la potencia frigorífica del local que es de **129621.37 kcal/día**; se considera un factor de seguridad de 10% por lo que la potencia frigorífica deseada es **142583.51 kcal/hr** o **47.14 TR.**

Para el caso de las cámaras de refrigeración se contempla el calor de respiración por producto el cual se determina a partir de la cantidad de producto que ingresa a la cámara y el calor de respiración de la fruta fresca a la temperatura de almacenamiento.

Los otros calores a considerar son el calor por paredes, por producto, en el cual se considera la temperatura inicial igual a la temperatura de entrada y la temperatura final igual a la temperatura de la cámara; calor de tarimas, embalajes, personal, iluminación y motores de montacargas que se evalúan con las ecuaciones descritas anteriormente considerando una temperatura en la cámara de 1°C.

La potencia de las cámaras de conservación de congelación se calcula considerando solo el calor de paredes, personal, iluminación y por motores de montacargas .

A N E X O 4

SELECCION DE EVAPORADORES Y RECALCULO DE Q_0 .

En función a la potencia frigorífica de la cámara, diferencia de temperaturas entre la temperatura del evaporador y el interior de la cámara y el método de alimentación del evaporador se selecciona el modelo;

Continuando con el *blast freezer*, la potencia frigorífica del local es 47.17 TR o 566 040 BTUH, la ΔT es igual a 5°C o 9°F y el tipo de alimentación es por recirculación.

Con estos criterios se selecciona el evaporador de la marca Frigid Coil modelo AIC-L-726 cuya capacidad a 1°F es 37 981 BTUH y a 9°F es 341 829 BTUH. Este equipo consta de 3 ventiladores con una potencia de 5 Hp cada uno.

Al relacionar la carga a eliminar entre la capacidad del equipo se obtiene el número de evaporadores necesarios a incluir en la cámara :

$$\frac{566\ 040}{341\ 829} = 1.66 \text{ evaporadores} \rightarrow 2 \text{ evaporadores}$$

al considerar los dos evaporadores, la capacidad total de eliminación de calor de los equipos es de 683 658 BTUH.

El calor a eliminar por funcionamiento de los motores de los ventiladores es :

$$Q_0' = \frac{\text{No evaporadores (No ventiladores)}}{\text{evaporador}} \frac{(\text{Hp})}{\text{ventilador}} (\text{factor})$$

$$Q_0' = \frac{2 \text{ evaporadores} \times 3 \text{ ventiladores} \times 5 \text{ Hp} \times 2950 \text{ BTU/ Hp hr}}{\text{evaporador} \quad \text{ventilador}} = 88\ 500 \text{ BTUH}$$

$$Q_0' = 566\ 040 + 88\ 500 = 654\ 540 \text{ BTUH}$$

puesto que la capacidad de los evaporadores es mayor a la carga a eliminar la selección del evaporador ha sido correcta y el Co recalculado es de 654 540 BTUH o 54.55 TR.

DISEÑO DE RECIPIENTES A PRESION

En este apartado, se desarrolla la secuencia de cálculo mostrada en la página 110 mostrando el ejemplo del dimensionamiento del interenfriador.

$$IDS = \sqrt{1273.2 (L/S) / SV}$$

IDS = Diámetro interior del tanque, mm.
 L/S = Flujo Volumétrico de refrigerante m³/s
 SV = Velocidad de separación del vapor, mm/s

La suma de los gastos de refrigerante para congelación y refrigeración serán criterio para establecer el diámetro interno del tanque siendo este valor 4 778.24 m³/hr. .

La velocidad de separación, como se comentó en la página 111, se evalúa considerando la temperatura del interenfriador (-7.5^oC) y distancia de separación de 610 mm siendo el valor buscado 840 mm/s.

Los cálculos son los siguientes:

$$IDS = \sqrt{\frac{1273.2 (4778 \text{ m}^3/\text{hr})}{(3600 \text{ seg/hr}) (840 \text{ mm/s})}}$$

$$= 1418 \text{ mm} = \underline{1.418 \text{ mts.}}$$

Considerando L/D = 3 la longitud del tanque es:

$$L = 3 D = 3 (1.418 \text{ mts}) = \underline{4250 \text{ mm} = 4.25 \text{ mts}}$$

El área transversal es :

$$a = \pi D^2/4 = \pi (1.418 \text{ mts})^2/4 = \underline{1.58 \text{ m}^2}$$

El volumen del interenfriador abierto es :

$$V = a \times L = (1.418 \text{ m}^2) (4.250 \text{ m}) = 5.253 \text{ m}^3$$

Para el cálculo de espesor de lámina, se tomará el criterio de presión en el cuarto de máquinas igual a 12.28 psia , que es la presión ambiental en la ciudad de Irapuato.

a) $L = 4.250 \text{ mts} = 167.32 \text{ ''}$

b) $Do = 1.418 \text{ mts} = 55.82 \text{ ''}$

c) $L/Do = 3$

con los datos a y b, se evalúa en la tabla de la pag. 42 de Vessels Design el espesor de lámina, el cual corresponde a 5/16''

$$\begin{aligned} Do/t &= 1.418 \text{ mm} / (5/16'') (25.4 \text{ mm} / 1'') \\ &= 178.64 \end{aligned}$$

para $L/Do = 3$, $Do/t = 178.64$, temperatura inferior a 300°F, placa de acero ASTM-A-285 grado C, el valor de B es igual a 2 800, por tanto:

$$P_a = \frac{4 B}{3 Do/t} = \frac{4 (2 800)}{3 (178.64)} = 20.90 \text{ psig}$$

puesto que P_a es mayor que la presión en el cuarto de máquinas, el grosor del separador de partículas es 5/16''.

A N E X O 6

DIMENSIONAMIENTO DE TUBERIAS

El ejemplo se realiza considerando la secuencia de cálculo mostrada en las páginas 118 y 119 para el caso de la tubería 1 (tubería de descarga general del lado de alta presión).

- Primero se contempla la longitud de tramo recto de tubería entre el recipiente de presión controlada y las tuberías de alimentación de líquido a equipos de alta presión :

Longitud de tramo recto : 29.25 ft (95.96 ft)

- Posteriormente se establecen los accesorios y con ello, la longitud equivalente de cada uno de ellos para a su vez, llegar a la longitud total de tramo de tubería recta :

Accesorios :	Longitud equivalente :
Codo de 90° standard (3) →	7.5 ft.
T con ΔP en línea (4) →	22.0 ft.
Válvula de paso (2) →	1.2 ft.
Conexión (1) →	1.5 ft.
Longitud equivalente total	33.2 ft.

Longitud total de tramo recto de tubería =

Longitud de tramo recto + Longitud equivalente total :

$$95.96 \text{ ft} + 33.2 \text{ ft} = 128.16 \text{ ft}$$

Con la temperatura en la línea (-7.5°C ó 18°F), las toneladas de refrigeración en la línea (160.55) y el tipo de tubería, se pasa a la figura 6 para seleccionar un diámetro de tubería que para el presente caso es 1 1/4" la cual tiene una capacidad de 281 lR

La caída de temperatura en la línea se calcula con la ecuación siguiente:

$$\Delta I = \frac{\text{Long Equiv Total}}{50} \cdot \frac{\text{IR tubería}}{\text{IR tablas}}$$

Sustituyendo valores en la ecuación anterior :

$$\Delta I = \frac{128.16}{50} \cdot \frac{160.55}{281.00} = 0.936^{\circ}\text{F}$$

con este ΔI se pasa a la gráfica anexa a la figura 6 donde se entra con $\Delta I = 0.936^{\circ}\text{F}$ y temperatura en línea de 18.5°F teniéndose una caída de presión en la línea de 0.94 lbs/in^2 que comparada con la ΔP permisible en tuberías de descarga mostradas en la página 100 (3.33 lb/in^2) es menor y por tanto la selección ha sido correcta.

ESPESOR DE AISLAMIENTO DE TUBERIAS

Se realiza el siguiente cálculo continuando con el ejemplo de la tubería 1 de la instalación (Descarga general del lado de alta presión).

Siguiendo la secuencia mostrada en las páginas 121 y 122, el primer paso es considerar los días al año que la tubería va a estar en funcionamiento (H); para el presente caso la tubería estará en operación 298 días al año.

A continuación se consideran los costos de aislamiento (Ca) y de recubrimiento (Cr) los cuales son actualmente M\$ 50.00 y M\$ 5.00 respectivamente, la conductividad térmica (k) del poliuretano expandido que es 0.022 kcal/hcm⁰C, el costo de la energía eléctrica (E) es de M\$ 0.00001/kcal, el diámetro de la tubería es 1 1/4" y la diferencia de temperatura ΔT entre el interior y el exterior de la tubería el cual es igual a [18.04 - (-7.5)] = 25.54⁰C.

A continuación se supone un valor de espesor de aislamiento (Ea) el cual se introduce la ecuación (1):

$$M = Ca + Cr/Ea$$

sustituyendo valores y considerando un espesor de aislamiento de 0.025 m se tiene:

$$M = 50 + 5/0.025 = 250$$

este valor se incluye en junto con los valores antes mencionados en la ecuación (2):

$$A = \frac{(M) (a)}{2(k) (\Delta T) (H) (E)}$$

donde (a) es un factor que como se comentó en la página 123 considera la amortización de la tubería, en este caso para un periodo de amortización de 10 años y una tasa de amortización de 16% es 0.207.

Sustituyendo valores en la ecuación 2:

$$A = \frac{(250)(0.207)}{2(0.022)(25.5)(6.912)(0.00001)} = 667$$

con este valor A y con el diámetro de tubería en milímetros, se pasa a alguna figura similar a la figura B donde se entra a la misma con el valor A y trazando una línea horizontal se alcanza la curva que corresponda al diámetro de la tubería, llegando a este punto, se traza una línea horizontal hasta alcanzar algún valor de espesor de aislamiento; este valor debe de coincidir con el espesor de aislamiento propuesto en la ecuación 1 de lo contrario, suponer otro espesor y repetir la secuencia.

Para el presente caso, 0.025 m es el espesor de aislamiento de la tubería 1.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- Apple J. "Layout and plant design" John Wiley and Sons, U.S.A. 1980.
- 2.- Araque R. "La guanabana" Consejo de bienestar rural, Venezuela 1987.
- 3.- ASHRAE "Guide and Data Book; Refrigeration" New York 1986.
- 4.- ASHRAE "Guide and Data Book; Fundamental Handbook" New York 1989.
- 5.- Badui S. "Diccionario de Tecnología de alimentos" Alhambra España 1988.
- 6.- Billiard F. "Le froid humide" REV.GEN.FROID, Marzo 1990 Paris.
- 7.- Briseño E. "Estudio técnico económico de una planta procesadora de pulpa de guanábana concentrada con aroma reincorporado" TESIS UNAM 1986.
- 8.- Caballero L. "Estudio comparativo de diversos sistemas de congelación aplicados a la fresa" Tesis UNAM 1981.
- 9.- CANAINCA "Memorias estadísticas de 1990" México 1991.
- 10.- Ciubanu A. "Cooling Technology in the food industry" Abacus Press, Bucarest 1971.
- 11.- Cleland A. y Earle R. "Freezing of irregular shapes under times variables conditions" IIF Comisions Cz,D1,D2 y D3 Hamilton New Zealand 1982.
- 12.- CONAFRUT "Informador comercial agrícola : El mercado del mango" México 1975.
- 13.- CONAFRUT "Informe comercial Frutícola: aspectos relevantes sobre la comercialización de la guayaba" México 1975.
- 14.- CONAFRUT "Producción Frutícola de los años 1978-1988" Mexico 1989.
- 15.- CONAFRUT "Programa nacional de Desarrollo frutícola 1987-1988" México 1988.
- 16.- Consultores S.A. "Perfil Económico de Irapuato Gto." Irapuato 1991.

- 17.-Chavez R, " Entrevista personal " Director de manufactura de la S.C.T. Pascual, México ,Diciembre de 1991
- 18.- Dossat R." Principios de refrigeración " CECSA, México 1988.
- 19.- Duran T.S. " Frigoconservación de la fruta "Aedos España 1983.
- 20.- Evans F. " Equipment desing handbook for refinery and chemical plants " Gulf Publishing Company, U.S.A 1985.
- 21.- FAO, " Guayaba , Seminario sobre frutas tropicales"Colombia 1981.
- 22.- FAO " Seminario sobreprocesamiento de frutas tropicales " Colombia 1981.
- 23.- Farral A. " Food engineering sistems " Vol.2 Utilities Avi.Publishing Co. U.S.A 1979.
- 24.- F.O.S " Transformación de frutas y hortalizas " SECOFI México 1990.
- 25.- Garcia A. Entrevista Personal, (Gerente del Fideicomiso de la Cd Industrial de León Gto), Diciembre 1991.
- 26.- Gaytán J.J. Entrevista personal, (Jefe de Producción Compañia Dulcera Lady Baltimore), Agosto 1991.
- 27.- González M." Conservación de chicozapote y manqo manila en refrigeración " TESIS UNAM 1984.
- 28.- Heldman D." Food process engineering "Avi Publishing Co.,USA
- 29.- Heldman R. " Introduction to food engineering "AP, U.S.A. 1984
- 30.- Hess "Principios de envasado de alimentos "Acribia España 1970.
- 31.- Hoyos E.A."Deshidratación de la guanábana por el proceso de atomización" Seminario sobre procesamiento de frutas tropicales. Costa Rica 1981.
- 32.- INEGI "Anuario estadístico de Comercio Exterior 1978-1988 " México 1988.
- 33.- INEGI, " Encuesta Industrial 1991 " México 1991.
- 34.- IRRSA "Catálogo de equipos y recipientes a presión " México.
- 35.- Lage J.C. " Panorama sistemático de las aplicaciones de la tecnología de bajas temperaturas a los alimentos " UNAM 1989.

- 55.- Secretaría de Desarrollo Económico del Estado de Guanajuato, "Porqué y donde instalar una planta en el estado de Guanajuato "Guanajuato 1990.
- 56.- SECOFI " Fresa (Fragaria Vasca) Especificaciones, México 1987.
- 57.-SECOFI " NOM-40-1982: Productos alimenticios no industrializados para uso humano - Fruta fresca- Guayaba- Especificación "México 1982
- 58.- SECOFI " NOM-PF 58-1985 "Productos alimenticios para uso humano - Mango- (Manguifera Indica L.) México 1985.
- 59.- SECOFI "NOM-EE-86-1984: Envases y embalajes, madera, tarimas y dimensiones "México 1984.
- 60.- Servicios Integrados de Abasto " Manuales Técnicos para la elaboración de cursos de capacitación :Almacenamiento de frutas y hortalizas .México 1982"
- 61.- Servicio Meteorológico Nacional "Fichas de condiciones ambientales en la Cd. de Irapuato Gto. de 1985 a 1991" México.
- 62.- Snowdon A.L."A color atlas of post-harvest diseases and disorder of fruits and vegetables "Vol 1 ,Wolf Scientific LTD Barcelona 1990.
- 63.- Soler C."Alternativas para el aprovechamiento del mango " YESIS UNAM 1984.
- 64.- Straffi A." Apunti di Fisica Tecnica Instituto Culturale Italiano, Italia 1983.
- 65.- Tito Manzini y Figli " Rototherm:Scambiatore di calor a superficie detersa " Parma Italia.
- 66.- Toyota Motor Co. " Catálogo de montacargas FBE " Naqoya 1991.
- 67.- Vilbrandt F." Chemical Engineerig Plant Design " Mc Graw Hill Tokio 1979.
- 68.- Vrinat A. " Le securite et le ammoniac "REV. GEN.Froid, No 74 Junio 1990. Paris.
- 69.-Will R.H." Post harvest "New South Wales University Press Limited,Kensington N.S.W., Australia 1987.