



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

**FACULTAD DE QUIMICA**

**Aportación al Proyecto de Construcción de Bodegas Prefabricadas  
para la Conservación de Frutas en México**

*Reg. 11 del  
año 75 en  
TESIUNAM*

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
**INGENIERO QUIMICO**  
P R E S E N T A  
**DOMINGO ALARCON ORTIZ**

**México, D. F.**

**Enero de 1976**



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 esta 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.

CLAS. Resil  
ADQ. 1916  
FECHA 1916  
PROC. 17

JURADO ASIGNADO

Presidente:	Prof. Julio Terán Zavaleta
Vocal:	Prof. Claudio Aguilar Martínez
Secretario:	Prof. Guillermo Alcayde Lacorte
1er. Suplente:	Prof. Fernando Iturbe Hermann
2do. Suplente:	Prof. Alfredo R. Barrón Ruiz

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

Centro de Investigación de Materiales de la UNAM

SUSTENTANTE:

Domingo Alarcón Ortiz

ASESOR DEL TEMA:

SUPERVISOR TECNICO:

I.Q. Guillermo Alcayde Lacorte    I.Q. Francisco C. Muñoz Ruiz

Quiero hacer constar mi sincero agradecimiento a las siguientes personas:

Dr. Jorge Rickards Campbell  
Dr. Juan Antonio Careaga  
Dr. Eric Mayer Bustin  
Dr. Ariel Valladares Clemente  
I.Q. Guillermo Alcayde Lacorte  
I.Q. Francisco Muñoz Ruiz

por su valiosa colaboración, ideas y enseñanzas que me brindaron durante el desarrollo del presente trabajo en el Centro de Investigación de Materiales.

Agradezco en forma muy especial la  
colaboración que me brindaron

Halocarburos, S.A. (División Freón)  
Ing. Pedro Hernández F.

Poliurequimia, S.A.  
Ing. Alvaro Hernández

Agradezco a todas las personas que de alguna manera u otra colaboraron en la realización del presente trabajo.

A mis Padres con admiración, respeto  
y cariño

A mi Hernano.



Con veneración a la Universidad Nacional  
Autónoma de México

A la Facultad de Química

A mis Maestros

A mis Amigos

## I N D I C E

	Págs.
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	4
3. GENERALIDADES	7
3.1 Generalidades sobre Cámaras Frigoríficas.	7
3.1.1 Clasificación de Cámaras según su Tipo de Construcción.	7
3.1.2 Clasificación de Cámaras según su Capacidad.	8
3.1.3 Condiciones que se deben de Tomar en Cuenta para la Construcción de Cámaras Frigoríficas.	8
3.1.4 Aspectos Generales que se Deben de Tomar en Cuenta para el Diseño de Cámaras.	9
3.1.5 Aislamientos y Protecciones del Aislante.	11
3.1.6 Requisitos que se deben de cumplir para la Construcción de Cámaras Frigoríficas.	11
3.2 Generalidades sobre Espuma Rígida de Poliuretano.	15

3.2.1	Materias Primas Fundamentales.	15
3.2.2	Química General de Uretanos.	16
3.2.3	Agentes Complementarios para la Producción de Espumas de Poliuretano.	18
3.2.4	Sistemas de Espumado.	20
3.2.5	Procesos de Espumado.	24
3.3	Utilización del Proceso Frothing para Espumado de Poliuretano.	26
3.3.1	Descripción del Proceso.	30
3.3.2	Ventajas.	31
3.4	Comparación de la Espuma Rígida de Poliuretano con otros Materiales Aislantes.	32
3.4.1	Comparación con otros Materiales que se Utilizan como Aislantes Térmicos.	39
4.	PROPUESTA EXPERIMENTAL	47
4.1	Programa de Trabajo.	50
4.1.1	Descripción de Cada Punto del Programa de Trabajo.	52
4.2	Materiales Utilizados para la Fabricación de Paneles.	54
4.2.1	Laminados.	54
4.2.2	Material Aislante	58

4.3	Fabricación de Paneles.	59
4.3.1	Fabricación de Laminados.	59
4.3.2	Estructuración de Paneles.	62
4.3.3	Inyección de Espuma Rígida de Poliuretano.	64
5.	FABRICACION E INSTALACION DE LA BODEGA	67
5.1	Ensamble de Paneles.	67
6.	RESULTADOS	70
6.1	Evaluación del Diseño.	70
6.2	Evaluación Económica	86
7.	CONCLUSIONES	97
8.	BIBLIOGRAFIA	99

## INTRODUCCION

Recientemente se ha generado la preocupación por el desarrollo de materiales compuestos utilizables como aislamientos térmicos, debido a que los materiales aislantes tradicionales que se han utilizado hasta la fecha (Tabla 1) para la construcción de cámaras de conservación de alimentos, son poco eficientes como tales, además de que no satisfacen la demanda a nivel nacional para la construcción de cámaras de conservación.

Debido a lo anterior se ha visto la necesidad de desarrollar materiales compuestos, utilizables para la construcción de cámaras de conservación de alimentos (frutas, carnes, pescado, lácteos, legumbres, etc.); con el fin de contribuir en parte al desarrollo tecnológico de este tipo de materiales que nuestro país requiere en el área de los alimentos, punto crítico de vital importancia.

El material a que se hace referencia en este trabajo, está constituido fundamentalmente de paneles estructurales ensamblables, los cuales se pueden instalar en cualquier lugar, exista o no exista una construcción previa, lo que da como resultado que se pueden construir cualquier tipo de cámaras de conservación de alimentos.

Este trabajo está centrado fundamentalmente a la construcción de bodegas prefabricadas para la conservación de frutas; estas bodegas de conservación se pueden construir: en los centros de producción (ejidos, pequeñas comunidades, etc.); en los sistemas de transportación frigorífica (marítimos, terrestres o aéreos) que se utilizan para trasladar las frutas de los centros de producción a los centros de consumo; asimismo como también se pueden construir en los centros de consumo masivo (bodegas urbanas polivalentes), a donde la fruta llegará con todas sus propiedades tanto de valor nutritivo como de valor alimenticio, lista para poder ser consumida, con lo cual se cumple de una manera satisfactoria la cadena del frío (etapas por las cuales pasa la fruta desde su cosecha en el campo hasta que llega al consumidor), lo que se traduce en que se obtenga un producto de la mejor calidad posible.

La construcción propuesta de bodegas para la conservación de frutas se hace a partir de paneles estructurales constituidos a su vez de laminados de plástico reforzado (resina poliéster con fibra de vidrio), fabricados por el proceso de moldeo por aspersión (Spray-Up).

Una vez que se tienen los laminados, se es-

estructuran los paneles, en los cuales se inyecta espuma rígida de poliuretano (material aislante) por el proceso Frothing.

Una vez que se tiene listo el panel, se procede al ensamblado, con lo cual se tiene la bodega completamente terminada para su utilización inmediata.

## 2. OBJETIVOS

El uso de bajas temperaturas se ha difundido cada vez mas en la actualidad, en varias industrias es necesario su uso, particularmente en la Industria de la Alimentación, que es el punto donde se centra este trabajo, específicamente en la conservación de frutas, donde cada año se pierde alrededor de un 60% de las cosechas por los malos sistemas o por la ausencia de medios que se tienen para su transportación de los centros de producción a los centros de consumo masivo, así como también a los escasos sistemas adecuados que se tienen en los centros de consumo para su conservación.

Por lo tanto el objetivo fundamental de este trabajo es una aportación sobre una nueva técnica de construcción de bodegas prefabricadas para la conservación de frutas.

La bodega como unidad estará constituida por una estructura formada por paneles prefabricados. Los paneles a su vez estarán formados por una estructura tipo "Sandwich", es decir, van a estar constituidos por laminados de un plástico reforzado (Resina Poliéster con Fibra de Vidrio), a los cuales se les va a inyectar espuma rígida de poliuretano utilizando el proceso de espumado Fro-



thing, el cual ofrece ventajas adicionales comparadas con el proceso tradicional de vaciado en lugar como son: bajas presiones de moldeo, mayor uniformidad en el tamaño de celda y de densidad, lo cual se traduce en mejores características físico-mecánicas.

Una vez que se tienen formados los paneles, estos se ensamblan en el lugar donde se tenga programada la construcción de la bodega, lo que ofrece una ventaja, en cierta medida esta ventaja se traduce en que las bodegas se pueden construir en los centros de producción, se puede hacer una modificación (reducción de forma y de tamaño, con lo cual se pueden adaptar a las unidades de transportación); así como también se pueden construir en los centros de consumo.

Todo lo anterior se traduce, en que la fruta una vez cosechada, tendrá un tratamiento adecuado hasta llegar a los centros de consumo masivo; además de que se disminuye en gran parte el alto porcentaje que se pierde de la producción anual, lo cual implica que se ayudaría a que el costo de algunas frutas bajara.

#### Programa de Trabajo

El programa de trabajo propuesto para la construcción de las bodegas es el siguiente:

El trabajo se desarrollaría en 5 etapas fundamentales, las cuales son:

- 2.1.1 Estudio y revisión del lugar donde se va a construir la bodega.
- 2.1.2 Diseño y construcción de los moldes para la fabri  
cación de los paneles.
- 2.1.3 Fabricación de los paneles.
- 2.1.4 Inyección de espuma de poliuretano en los paneles.
- 2.1.5 Construcción de la bodega (ensamblado de los pane  
les) en el lugar proyectado.

Un desarrollo con mayor detalle se analizará en el capítulo de Propuesta Experimental.

### 3. GENERALIDADES

#### 3.1 Generalidades sobre Cámaras Frigoríficas

Las aplicaciones para la utilización de bajas temperaturas son muy variables. En este caso se enfocará principalmente a la conservación de frutas.

##### Definición de Cámara Frigorífica

Se trata simplemente de una estructura forrada a manera de un depósito o de un cuarto debidamente aislado, en cuyo interior se desea mantener una temperatura inferior a la del exterior.

#### 3.1.1 Clasificación de Cámaras según su Forma de Construcción (6)

3.1.1.1 Refrigeradores contruidos de albañilería, en cuyo caso la colocación del material aislante se efectúa siguiendo las mismas condiciones y requisitos que se requieren para la construcción de cámaras frigoríficas. Dentro de esta clasificación se encuentran también los depósitos cuya estructura puede ser de madera o metálica y el exterior puede ser de madera (completamente seca) barnizada o esmaltada; de algún material plástico o también puede ser una plancha de hierro debidamente pintada al duco o una plancha de acero inoxidable.

3.1.1.2 Refrigeradores, contruidos de madera o de metal,

portátiles, aquí también la colocación del material aislante se efectúa siguiendo las condiciones y requisitos que se especifican para la construcción de cámaras frigoríficas.

El acabado interior en este tipo de refrigeradores puede ser una plancha de hierro, esmaltada al fuego o de algún material plástico moldeado.

El exterior de este tipo de refrigeradores está siempre esmaltado al duco.

3.1.1.3 Cámaras Desmontables, constituidas por paneles que se ensamblan en el lugar donde se va a instalar la cámara frigorífica.

3.1.2 Clasificación de Cámaras según su Capacidad

El volumen de las cámaras depende de diversos factores: naturaleza del producto a conservar, cantidad para almacenar, embalajes o empaques de los productos a conservar, etc.

3.1.3 Condiciones que se deben de tomar en cuenta para la Construcción de Cámaras Frigoríficas

En la construcción de cámaras frigoríficas, se deberá de tomar en cuenta el lugar donde se va a instalar la cámara, es decir, si el lugar donde se vaya a instalar es una habitación previamente construida y donde se aprovecharán las paredes o si se va a instalar a la intemperie.

De acuerdo a lo anterior siempre se deberán tomar en cuenta las siguientes condiciones:

- 3.1.3.1 Cuando la cámara se vaya a construir a la intemperie, se tendrá que evitar que esté directamente expuesta a la radiación solar, construyendo si fuera el caso un doble techo o pared con paso de aire intermedio.
- 3.1.3.2 En el caso que se tenga un cuarto ya construido, deberá de calcularse si una vez que sea colocado el material aislante, se dará cabida a la cantidad de producto (Género) que se quiere conservar o enfriar, teniendo en cuenta el tiempo de almacenamiento y su disposición dentro de la cámara.
- 3.1.3.3 Se deberá de tener en cuenta el tipo y cantidad de accesorios que se vayan a colocar dentro de la cámara, lo cual ya es una particularidad, dependiendo de las necesidades del usuario.
- 3.1.3.4 Se deberá de tener en cuenta que la cámara tenga un sistema de alumbrado interior, el cual sea manejado y controlado desde el exterior.
- 3.1.3.5 Sistema de alarma de seguridad que deberá estar accionado desde el interior y del exterior.
- 3.1.4 Aspectos Generales que se deben de tomar en cuenta para el Diseño de Cámaras Frigoríficas

De acuerdo al diseño que se tenga para la cá

para, es el tipo de piso que se tendrá que utilizar, de los cuales existen 2 clases:

- 3.1.4.1 Piso apoyado directamente sobre el terreno. El que se utiliza con mayor frecuencia, pero debe evitarse si el terreno es flojo.
- 3.1.4.2 Piso elevado sobre el terreno. Cuando se utiliza este piso se deberá tomar en cuenta la utilización de refuerzos estructurales dependiendo de las cargas que tenga que soportar el piso.

Otro aspecto importante es el de tener un buen sistema de drenaje, para que los cimientos y el terreno permanezcan libres de agua líquida y con esto evitar inundaciones en las cercanías de la cámara.

El agua de lluvia deberá de controlarse para que no moje o humedezca el terreno sobre el cual estará cimentada la cámara.

El terreno donde se cimentará la cámara deberá ser compacto para evitar asentamientos en la estructura.

Cuando se hagan las construcciones directamente sobre el terreno, será conveniente tener como base después de la primera losa de concreto un material granular compacto con profundidad de 0.5 M. para evitar que alguna humedad quede atrapada

y con un sistema de drenaje dispuesto de tal manera que no pueda quedar agua atrapada dentro del terreno.

### 3.1.5 Aislamientos y Protecciones del Aislante

En cualquier tipo de cámara frigorífica son de vital importancia dos aspectos fundamentales:

3.1.5.1 El material aislante, el cual tiene la función de retardar la entrada de calor del exterior al interior de la cámara.

3.1.5.2 La barrera de vapor, la cual tiene la función de evitar el paso de agua condensada, además de no permitir el deterioro del material aislante.

### 3.1.6 Requisitos que se deben de cumplir para la Construcción de Cámaras Frigoríficas

#### 3.1.6.1 Material Aislante

Alta Eficiencia Térmica

Estabilidad Dimensional

Incombustible

No favorecer la Corrosión, ni el Desarrollo de Bacterias e Insectos.

Baja Capilaridad

Inoloro

Resistencia Estructural Adecuada

#### 3.1.6.2 Paredes

La Superficie de la pared debe ser lisa para evi-

tar que se pueda dañar la barrera de vapor, además de que se debe de evitar la introducción de otros materiales entre el aislamiento y la pared debido a que se pueden formar puentes térmicos.

El sistema de aislamiento y acabado debe de permitir inspecciones periódicas de la barrera de vapor.

### 3.1.6.3 Pisos

Cuando se tienen cámaras frigoríficas en las cuales la diferencia de temperaturas entre la de conservación y la del exterior de la cámara no es grande, no es requisito aislar el piso, es por eso que cuando se tienen bodegas frigoríficas para conservación de alimentos que operan hasta una temperatura de  $-2^{\circ}\text{C}$ , no se requiere aislar el piso, tan solo bastará la losa de concreto superior y un aislamiento perimetral. Para temperaturas inferiores de  $-2^{\circ}\text{C}$  (en congeladores) sí se requiere aislar el piso, además es necesario utilizar termocoples permanentes bajo tierra (2.0 M de profundidad) para el control de temperaturas.

El acabado de la superficie de la primera losa de concreto deberá de ser lisa para evitar el daño de la barrera de vapor.



#### 3.1.6.4 Techos

Se deberán de utilizar sistemas de aislamiento suspendidos, teniendo en cuenta que se debe de dejar un espacio entre la cubierta estructural y el aislamiento para la circulación de aire, para que con esto exista una ventilación adecuada.

La ventilación de la cámara es importante para evitar la condensación y con ello los daños en el material aislante y en la estructura, el aire de ventilación no debe proceder de áreas húmedas.

Teniendo el espacio de ventilación, la barrera de vapor y el material aislante se puede disminuir cualquier humedad que se tuviera principalmente en los periodos de verano.

#### 3.1.6.5 Puertas

Baja Densidad

Alta Resistencia Mecánica

Selladas para evitar el paso de vapor de agua

Diseñadas para que puedan ser abiertas desde el interior.

Diseñadas para ser operables en todo tiempo

Equipadas con herrajes y estructuras resistentes a la corrosión.

#### 3.1.6.6 Acabados Interiores

El acabado interior de la cámara frigorífica

puede o no puede ser parte integral del aislamiento.

Es importante el acabado interior, para evitar formaciones que impidan el paso de vapor.

Requisitos que debe de tener el acabado interior.

Incombustible.

Evitar el paso de agua al sistema de aislamiento.

Deberá proteger contra las inversiones de flujo de vapor.

Resistencia mecánica (protección del material aislante).

Inodoro (no permitir que aloje olores).

Por lo anterior los acabados interiores pueden ser:

Lámina de Asbesto-Cemento

Láminas Metálicas Galvanizadas

Láminas de Plástico (Recubiertas con Gel-Coat) Reforzado.

Materiales Porosos (Aplanado Arena-Cemento)

### 3.1.6.7 Acabados Exteriores

Requisitos a cumplir:

Incombustible

Impermeable

Resistente a Roedores e Insectos

Resistente a la Intemperie

Resistente a Impactos

### 3.2 Generalidades sobre Espuma Rígida de Poliuretano

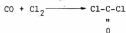
Se ha seleccionado la espuma rígida de poliuretano como material aislante en la fabricación de paneles debido a que es el material con mejores propiedades aislantes que se conoce hasta el momento.

#### 3.2.1 Las materias primas fundamentales básicas para la obtención de poliuretanos son esencialmente los Di-Isocianatos orgánicos y los glicoles en su forma de poliéteres glicólicos.

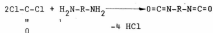
Producción de Di-Isocianatos orgánicos.- (7)

Se parte de una Di-Amina primaria y de fosgeno:

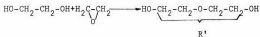
##### a) Preparación de fosgeno



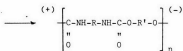
##### b) Preparación del Di-Isocianato orgánico (7)



Producción de Poliésteres Glicólicos.- (7)



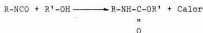
Producción de Poliuretanos.- (7)



Eslabón mínimo de la molécula.

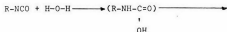
3.2.2 Química General de Uretanos (4,5)

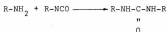
3.2.2.1 Reacción General



3.2.2.2 Reacción de Urea (importante para Espumas Flexibles)

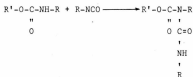
Esta reacción se efectúa cuando el agua reacciona con el grupo isocianato, para formar una amina y bióxido de carbono. La amina reacciona con más isocianato, para formar una urea sustituida.





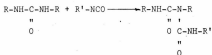
### 3.2.2.3 Reacción para la Producción de Unión Allofanato

Este tipo de reacción tiene por objeto producir enlaces cruzados y ocurre cuando el hidrógeno en un átomo de nitrógeno del grupo uretano, reacciona con un grupo isocianato.



### 3.2.2.4 Reacción de Biuret

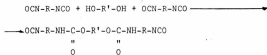
En esta reacción los hidrógenos de los átomos de nitrógeno en la urea substituída reaccionan con grupos isocianato, para producir enlaces cruzados.



### 3.2.2.5 Reacción para Extensión de la Cadena

En esta reacción se efectúa cuando los com-

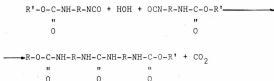
puestos polifuncionales reaccionan para formar ca  
denas.



aquí el isocianato terminal continúa reaccionando  
con grupos hidroxil para la formación de las cade  
nas.

### 3.2.2.6 Reacción de Gelado

(También llamada Reacción de Espumado)



### 3.2.3 Agentes Complementarios (Auxiliares) para la Pro- ducción de Espumas de Poliuretano en General

#### 3.2.3.1 Catalizador:

Los catalizadores más utilizados frecuente-  
mente son las aminas terciarias y el octoato esta-  
nnoso.

La estructura de la amina terciaria tiene  
una influencia considerable sobre el efecto cata-  
lítico en la producción de la espuma.

El octoato estannoso tiene una actividad catalítica un poco menor para la reacción entre el isocianato y el grupo hidroxilo que la que tiene una amina terciaria.

### 3.2.3.2 Consolidante de Espuma:

Para que los productos espumados de poliuretano no se agrieten es necesario consolidar la espuma con algún agente reticulante el cual tiene la función de producir enlaces cruzados entre las cadenas.

Los agentes reticulantes más comunes son los donadores de hidrógeno como lo son: Di-Aminas primarias, secundarias y hasta terciarias; poliamidas, diácidos orgánicos, diamidas, etc.

### 3.2.3.3 Separadores de Celdillas (Agente Tensoactivo)

El separador de celdilla óptimo es el silicón (en su forma de copolímero), porque este asegura que el tamaño de las microceldas sea uniforme.

### 3.2.3.4 Agentes Espumantes

Principalmente se utilizan 2, los cuales son  $\text{CO}_2$  y freones (R-11 y R-12).

El  $\text{CO}_2$  se forma a partir de la reacción de un exceso de isocianato con agua.

El freón se tiene que adicionar a la fórmula

ción original.

### 3.2.3.5 Retardantes de Flama

Los retardantes de flama son aditivos físicos (no intervienen en el proceso químico de la espuma) tales como compuestos orgánicos de fósforo o de halógeno los cuales no reaccionan con los componentes fundamentales de la espuma.

### 3.2.4 Sistemas de Espumado (5)

En general son 3 los sistemas básicos para la preparación de espuma:

Prepolímero

Cuasi-prepolímero

One-Shot (un paso)

#### 3.2.4.1 Prepolímero

En el caso de la reacción para producir poliuretano, la cual es altamente exotérmica, el uso del prepolímero es de gran ayuda, debido a que con ello se reduce de manera significativa el calor de reacción. Esto es importante en la producción de espumas de altas densidades (96 Kg/M<sup>3</sup> o Mayores), debido a que las altas temperaturas que se tienen por el calor de reacción son causa de malas propiedades en la espuma (densidad no uniforme, malas propiedades mecánicas, etc.).



### Método para la Preparación del Prepolímero



Se carga un tanque de acero inoxidable o vidriado equipado con agitador con poliéster con grupos hidroxilo (OH) terminales y suficiente Di-Isocianato, los cuales se mezclan perfectamente (en esta etapa la reacción es exotérmica). Posteriormente se ajusta la temperatura a 100°C durante 1 hora. La mezcla de Di-Isocianato con el poliéster es aspersada con aire seco o nitrógeno durante la reacción con el objeto de evitar pérdidas de enlaces cruzados, con lo cual se logra que un exceso de Di-Isocianato esté presente en el prepolímero (aproximadamente 5%) final, para que este exceso sirva a su vez para la formación de enlaces cruzados.

La preparación del prepolímero no está limitada al uso de poliésteres, sino que también se pueden utilizar poliésteres glicólicos.

### Desventaja del Uso del Prepolímero

Los prepolímeros son muy viscosos tanto cuan

do se mezclan manualmente como con otros procedimientos.

### 3.2.4.2 Cuasi-Prepolímero

Frecuentemente llamado prepolímero parcial. El método de preparación del cuasi-prepolímero lo gra vencer algunas de las desventajas que presenta el prepolímero, lo que se logra cambiando el poliéster por poliéter con lo que se reduce el problema de las altas viscosidades.

#### Sistema de Preparación del Cuasi-Prepolímero

Se mezcla todo el Di-Isocianato con una parte de poliéter glicólico en un equipo de acero inoxidable bajo atmósfera inerte.

Una vez que se ha disipado el exceso de calor debido al proceso isotérmico se adiciona posteriormente otra parte de poliéter glicólico y se mantiene la mezcla a 70°C durante una hora manteniendo una agitación moderada durante dicho lapso de tiempo.

El cuasi-prepolímero (componente "A") así obtenido permanecerá estable por un tiempo aproximado de 1 año.

El poliéter glicólico remanente u otro poliéter glicólico conjuntamente con el catalizador, agente tensoactivo y agente espumante forman el

componente "B", el cual junto con el componente "A" forman el sistema cuasi-prepolímero para la fabricación de espumas de poliuretano.

El componente "B", puede estar formado como se explicó anteriormente y además puede tener otros aditivos como son retardantes de flama o mezclas de catalizadores, según sea la formulación que se vaya a utilizar.

#### Ventajas

El sistema cuasi-prepolímero tiene varias ventajas: los componentes "A" y "B" se pueden hacer que tengan viscosidades cercanamente iguales, lo que implica una más rápida unión de los componentes. Por este sistema de cuasi-prepolímero se pueden obtener espumas de poliuretano de excelente uniformidad.

#### 3.2.4.3 One-Shot (Un Paso)

Este sistema consiste en combinar el isocianato con todo el poliéster glicólico y los demás componentes (catalizador, agente tensoactivo, agente espumante, retardante de flama, etc.) de la formulación, en el tiempo de cremado, en este caso la polimerización se efectúa al mismo tiempo que el espumado.

La utilización de este sistema fue posible

debido a que se introdujeron isocianatos crudos, los cuales son menos reactivos, lo que permite un mejor control en la reacción, es decir, se reduce considerablemente el calor de reacción debido al uso de isocianatos crudos. (Mezcla de isómeros 2, 4 y 2, 6 T DI en 85% y 15%).

### 3.2.5 Procesos de Espumado

Dependiendo de la forma en que sea producida la espuma, se consideran 3 tipos de proceso de espumado:

- Vaciado en lugar
- Espreado
- Pre-expandido

#### 3.2.5.1 Vaciado en Lugar

En este proceso los componentes ya mezclados (tiempo de cremado) aún en forma líquida, se vacían en el lugar donde van a espumar (tiempo de espumado), ya sea que se trate de un transportador si se quiere obtener una pieza ("Pan") o de un molde, si se trata de moldear o de llenar una cavidad cualquiera.

#### 3.2.5.2 Espreado

En este proceso los componentes ya mezclados se esprean, utilizando para ello un equipo el cual consta de una pistola especial, la cual sirve co-

mo cabeza mezcladora, es decir, en esa parte del equipo llegan los componentes y se mezclan. De ahí salen directamente para ser aplicados sobre la superficie donde se van a espumar.

### 3.2.5.3 Pre-Expandido (Frothing)

En este proceso los componentes son pre-expandidos con un agente espumante (Freón-12) el cual es un gas a temperatura ambiente. El agente espumante se mantiene a presión para tenerlo en forma líquida al tiempo en el cual se va a mezclar con los otros 2 componentes cuando la mezcla de los 3 componentes sea descargada a través de la cabeza mezcladora. Cuando dicha descarga ocurre el agente espumante se evapora produciendo la pre-expansión de la espuma, la cual, al seguir reaccionando, desprende calor, el cual se emplea para subsecuente evaporación del agente espumante.

Al ocurrir lo anterior se forman grandes cadenas de moléculas con enlaces cruzados a las que se les da el nombre de plástico celular, el cual contiene un gran volumen de gas en su interior.

Debido a la gran variedad de componentes (policoles, poli-isocianatos, catalizadores, etc.), para la producción de espumas rígidas de poliuretano, lo cual da una amplia gama de tipos de espumas que tendrán propiedades específicas según sea

la formulación que se use para producirlas.

### 3.3 Utilización del Proceso Frothing para Espumado de Poliuretano (4)

La característica principal del proceso Frothing es que la mezcla de reactivos para la fabricación de espuma de poliuretano, tiene la apariencia de un aerosol (crema para afeitar) cuando dicha mezcla se descarga del equipo en el cual se efectuó el proceso.

En el proceso convencional, la mezcla de reactivos para la fabricación de la espuma de poliuretano cuando se descarga del equipo, es un líquido.

En cualquier proceso de espumado, la mezcla de reactivos para la producción de la espuma, se expande de 30 a 45 veces; en el proceso convencional, toda la expansión tiene lugar después de que el material se depositó en el molde.

En el proceso Frothing, se tiene una trayectoria de expansión en 2 etapas, el material se expande de 10 a 12 veces cuando deja el equipo de procesado y cuando se deposita el material en el molde, se expande de 3 a 4 veces más y únicamente.

El proceso está basado en la incorporación de un líquido volátil tal como un Difluoro-Dicloro Metano ( $\text{Cl}_2 \text{ C F}_2$ ) en los reactivos espumados.

Son 4 etapas las que se incluyen en este proceso:

- 1) Adición del agente espumante mas los componentes normales de la espuma.
- 2) Mezclado
- 3) Generación de la Espuma
- 4) Expansión Completa de la Espuma y Curado

Ventajas obtenidas por este proceso:

- a) Bajas presiones de moldeo, ya sea dentro del molde o dentro del panel si fuera el caso, permitiendo con esto la fabricación de grandes paneles para ser espumados en una sola operación.
- b) Mayor consistencia del tamaño de celda y de densidad a través de la espuma y substancialmente baja densidad en la espuma moldeada, en comparación cuando la espuma fue moldeada en secciones.
- c) Simplifica los espacios vacíos entre las espumas que puedan estar directamente en la espuma expandida, para con ello evitar cualquier peligro de colapso de espumas o de alguna variación en la densidad final de la espuma.

Ventajas de Procesado

La versatilidad de los sistemas de espuma de

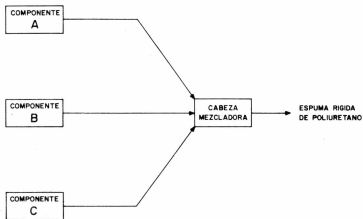
uretano, hace que se puedan utilizar, para modifi  
car las propiedades físicas específicas de cada  
sistema.

La variable más importante que influye en  
las propiedades de la espuma, es el tipo de polioli  
que se utiliza en la formulación.

Cambiando el polioli o su cantidad en la for-  
mulación que se tenga, es posible obtener una am-  
plia variedad de espumas desde las espumas de al-  
ta resistencia en espumas semi-rígidas hasta espu-  
mas rígidas con densidades tan bajas como de 24  
Kg/m<sup>3</sup>.



FIG. 1- DIAGRAMA DE BLOQUES PARA LA FABRICACION DE ESPUMA RIGIDA DE POLIURETANO POR EL PROCES FROTHING DE INYECCION.



A.- CUASI PREPOLIMERO  
(DI-ISOCIANATO + POLIETER GLICOLICO)

B.- (RESTO DE POLIETER GLICOLICO +  
AGENTES AUXILIARES)

C.- DIFLUORO, DICLORO, METANO (R-12)

### 3.3.1 Descripción del Proceso

El proceso Frothing consiste fundamentalmente en la producción de una espuma en una forma pre-expandida, lo que se obtiene al mezclar un líquido volátil (agente espumante), generalmente Dicloro-Difluoro Metano (R-12) con los otros componentes bajo presión.

El proceso consta de 3 etapas:

- 3.3.1.1 Los componentes, incluyendo el R-12 se alimentan y se mezclan perfectamente en la parte del equipo denominada cabeza mezcladora, aquí todos los componentes permanecen en forma líquida, la presión que se tiene en la cabeza mezcladora es mayor a la presión de vaporización del R-12.
- 3.3.1.2 Cuando el material se descarga de la cabeza mezcladora, éste está parcialmente expandido, pero la expansión total (espumado), ocurre debido a un cambio en la presión (reducción de la presión que se tenía en la cabeza mezcladora a la presión atmosférica).

El agente espumante se vaporiza durante el mezclado, causando una inmediata expansión (etapa de pre-expansión), formando una espuma líquida con apariencia de crema de afeitar.

La expansión total y la densidad final de la

espuma dependerá de la cantidad de R-12 utilizada.

- 3.3.1.3 El intervalo de densidades que se puede obtener utilizando este procedimiento va desde  $24 \text{ Kg/m}^3$  hasta  $60 \text{ Kg/m}^3$  lo cual depende de la cantidad de R-11 (Tricloro-Fluoro-Metano) utilizado en la formulación original de la espuma (como parte constituyente del componente "B").

Este proceso se puede utilizar para aplicaciones de vaciado vertical de espumas rígidas de poliuretano, donde la relación de superficie a volumen es grande. Por lo que se puede utilizar en aislamientos térmicos de grandes refrigeradores o para la construcción de paneles.

Debido a la fluidez de la espuma después de salir de la cabeza mezcladora y a su rápido curado, el proceso Frothing se utiliza para la construcción de paneles, usando láminas de materiales como lo son: madera, acero, plástico reforzado, etc.

### 3.3.2 Ventajas del Proceso Frothing

- 3.3.2.1 Baja densidad y además uniforme a través de toda la espuma.

En aplicaciones particulares donde se tenga que llenar una cavidad, donde la relación de superficie a volumen sea alta, debido a que la espu

ma está parcialmente expandida, se reduce el efecto cortante impartido por las paredes del molde que cuando se tiene un sistema convencional. De aquí que las fuerzas de fricción no sean tan grandes como en un vaciado convencional, en este proceso la espuma se expande más libremente, dando con ello una densidad total más uniforme.

3.3.2.2 Las presiones de espumado por consecuencia son bajas debido a que la espuma se alimenta en una forma parcialmente expandida.

3.3.2.3 Debido al proceso en sí las propiedades físico-mecánicas de la espuma obtenida son más uniformes que las que se obtienen cuando se utiliza el proceso convencional.

3.4 Comparación de la Espuma Rígida de Poliuretano con Otros Materiales Aislantes Utilizados para la Fabricación de Bodegas Frigoríficas

Los materiales conocidos como: espumas termoplásticas, termoplásticos celulares o termoplásticos expandidos; consisten de un polímero termoplástico continuo, en el cual está dispersa una fase gaseosa. De aquí que la contribución del gas tenga un alto porcentaje en volumen (desde un 50% hasta aproximadamente un 90%) para la formación de una verdadera espuma.

De aquí que la definición de espuma termo-

plástica, no abarca únicamente materiales con celdas dispersas, sino que también termoplásticos expandidos, los cuales contienen celdas intercomunicadas.

Las espumas termoplásticas forman una subdivisión de una amplia gama de materiales poliméricos espumados, teniendo en común, la misma estructura básica de 2 fases, e incluyendo por ejemplo, resinas expandibles por calentamiento como lo son los hules esponjosos. La diferencia esencial entre estos materiales y las espumas termoplásticas, es la naturaleza química de los enlaces cruzados que intervienen para su formación.

Las diferentes estructuras moleculares de los componentes del polímero termoplástico influyen en gran medida en las propiedades finales de la espuma.

Las propiedades físicas y mecánicas de las espumas dependen de la cantidad del gas dispersado, así como también de la cantidad de celdas que contengan, así como el peso molecular del polímero y su distribución, por lo tanto es evidente que las propiedades físicas y mecánicas de una espuma no estarán únicamente determinadas por la concentración de los componentes en las fases y por sus características específicas, sino que también estarán determinadas por la manera en la cual se combinan para llenar el espacio en el cual es-

tará la espuma, lo cual da como resultado el crecimiento de una estructura celular.

#### a) Estructura de las Celdas

En particular para la espuma rígida de poliuretano, básicamente en teoría, una celda, tiene la forma de un dodecahedro (estructura de 12 lados con caras pentagonales), pero en la práctica ocurre que se presentan caras que tienen 4 y 6 lados.

Las caras de la celda en una espuma rígida de poliuretano son equiláteras frecuentemente, pero tienden a ser equiángulas, debido a que las celdas en la espuma tienden a elongarse en la dirección en la cual crece la espuma.

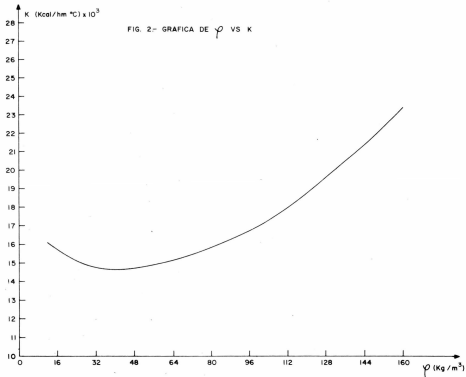
#### b) Densidad

La relación de gas a polímero en una espuma rígida de poliuretano y de hecho su densidad, pueden ser controladas desde la formulación con la cual se va a producir la espuma.

La densidad es la propiedad más frecuentemente utilizada para caracterizar a una espuma. De aquí que algunas de las otras propiedades estén caracterizadas con la densidad.

La densidad también tiene un gran efecto en

otras de las propiedades de la espuma como lo son:  
Propiedades como material aislante, propiedades  
mecánicas, así como también en el costo de la es-  
puma.





RESISTENCIA  
(Kg/cm<sup>2</sup>)

FIG. 3- EFECTO DE LA DENSIDAD EN LAS  
PROPIEDADES MECANICAS.

MODULO  
(Kg/cm<sup>2</sup>)

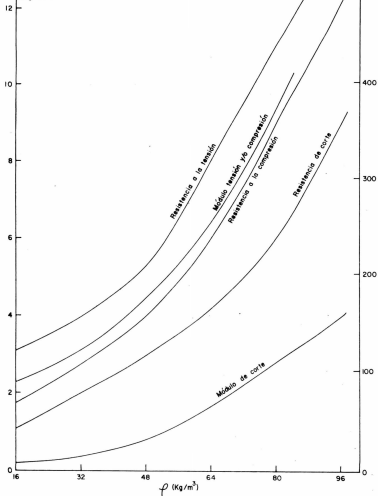


TABLA 1  
PROPIEDADES DE ALGUNOS MATERIALES UTILIZADOS COMO AISLANTES TERMICOS

	Espuma de Poliuretano	Espuma de vidrio	Poliestireno Expandido	Corcho	Fibra de vidrio	Polietileno	PVC
Factor K ( $\frac{K \text{ cal}}{mm^2 C}$ )	0.014 a 0.020	0.047	0.030	0.035	0.030	0.043 a 0.050	0.022 a 0.028
Densidad (Kg/M <sup>3</sup> )	24 a 40	144	24 a 40	256	-	32 a 35	32 a 64
Temperaturas de Operación (°C)	-196 a 107	-196 a 316	-196 a 77	-196 a 93	-196 a 316	-196 a 83	-196 a 93
Resistencia a la flama	Con grado de auto-extinguibilidad	No arde	Con grado de auto-extinguibilidad	Con grado de auto-extinguibilidad	No arde	Arde lentamente	No arde
Resistencia a los solventes químicos	Buena	Buena	Mala	Buena	Buena	Mala	Mala
Resistencia a la tensión (Kg/cm <sup>2</sup> )	2.8 a 5.6	-	2.1 a 4.2	-	-	1.4 a 2.1	4.9
Resistencia a la Compresión (Kg/cm <sup>2</sup> )	1.8 a 4.2	7.0	2.1	-	-	-	3.16
Permeabilidad (pern)	1.5 a 3.0	Muy baja	1.5	Alta	Muy alta	-	-

### 3.4.1 Comparación con Otros Materiales que se Utilizan como Aislantes Térmicos

Como se explicó la densidad es una propiedad que influye en las demás propiedades y sirve a veces como patrón para poder comparar con otros materiales debido a la relación que tiene con las demás propiedades.

Para hacer la comparación y selección de un material para su uso como aislante térmico, las ventajas que tienen un material sobre otro se pueden agrupar en varias propiedades funcionales, tomando como patrón la espuma rígida de poliuretano.

Las propiedades funcionales son las siguientes:

- 1) Eficiente como aislante térmico (Tabla 2)
- 2) Excelente como soporte estructural
- 3) Buena adherencia
- 4) Buenas propiedades de flotación
- 5) Fabricación en una sola etapa
- 6) Costo por su eficiencia como aislante (Tabla 2)
- 7) Disponibilidad en el mercado (Tabla 2)

#### 3.4.1.1 La espuma rígida de poliuretano es el material más eficiente que se puede utilizar como aislamiento térmico, posee el doble de poder como aislamiento térmico que el material más próximo a él en fac-

tor K (coeficiente de conductividad térmica) que también posee propiedades como aislante térmico (espuma de poliestireno).

TABLA 2

COMPARACION DE EFICIENCIA DE UN MATERIAL UTILIZADO COMO AISLAMIENTO TERMICO, SU COSTO DEBIDO A DICHA EFICIENCIA Y SU DISPONIBILIDAD EN EL MERCADO

Material	K(Kcal/hm°C)	Costo \$/M <sup>2</sup>	Disponibilidad
Espuma rígida de poliuretano	0.0136	80.00	Disponible
Espuma de poliestireno	0.0285	125.00	Disponible
Fibra de vidrio	0.0322	175.00	Disponible
Corcho	0.0347	185.00	Limitado
Lana mineral	0.0372	160.00	Disponible
Espuma de vidrio	0.0496		Muy limitado

El factor principal de que la espuma rígida de poliuretano tenga excelentes propiedades como material aislante es debido a la baja conductividad térmica (K) del gas que se encuentra ocluido dentro de las celdas cerradas de la espuma, las cuales son parte de su estructura (el gas ocupa aproximadamente el 97% del volumen en una espuma con densidad de 32 Kg/M<sup>3</sup>).

3.4.1.2 La estructura celular de la espuma rígida de poliuretano, proporciona una situación de excelente balance entre 2 diferentes propiedades, su bajo peso y su buena resistencia a la compresión.

El contenido de material sólido en una espuma rígida de poliuretano con densidad de  $32 \text{ Kg/M}^3$ , es de aproximadamente el 3% del volumen total de la espuma, con lo que se tiene una estructura celular estable que resiste una fuerza a la compresión de  $1.4$  a  $2.8 \text{ Kg/cm}^2$ .

Esta situación de excelente balance de propiedades, hace de la espuma rígida de poliuretano un material ideal por su peso ligero para la fabricación de paneles tipo "Sandwich" asimismo también para la fabricación de miembros estructurales.

La fabricación de paneles tipo "Sandwich" es posible debido a que la espuma rígida de poliuretano se puede espumar entre dos láminas, ya sea de un material tradicional (metal) o de un material del tipo de plástico reforzado (resina poliéster con fibra de vidrio), para dar un panel de peso ligero con excelentes propiedades estructurales. La fabricación de paneles es factible debido a que la producción de la espuma se hace en una sola etapa y además la espuma tiene la fa-

cilidad de adherirse fácilmente a otros materiales durante el tiempo de espumado.

- 3.4.1.3 La espuma rígida de poliuretano tiene la propiedad de adherirse fácilmente a materiales tan diversos tales como: vidrio, metal, plástico, madera, papel, etc.

La propiedad de adherencia de la espuma es tan buena que cuando se une con otro material, primero se agrieta o se rompe la espuma, que se desprege del material al cual está adherida.

Cuando reaccionan químicamente los componentes para la producción de la espuma rígida de poliuretano y durante el tiempo de espumado, ésta se pone en contacto con algún otro material, la espuma quedará perfectamente adherida al material. Esta propiedad de adhesión inherente a la espuma puede simplificar grandemente la fabricación de paneles u objetos que se tengan que llenar con espuma. Esta propiedad también permite la aplicación de la espuma rígida de poliuretano por espreado.

Las espumas rígidas de poliuretano se pueden unir con adhesivos comunes: del tipo de poliésteres, etc. Cualquier tipo de forma o de sección de espuma pueden ser unidos usando técnicas comunes.

Una amplia variedad de adhesivos se pueden utilizar debido a que la temperatura de distorsión de la espuma (120°C) es alta, por lo que se pueden utilizar asfalto caliente u otros adhesivos aplicados en caliente, con la única condición de que la temperatura del adhesivo no exceda a la temperatura de distorsión de la espuma.

Otra posibilidad es que la espuma rígida de poliuretano se puede aplicar directamente sobre plástico reforzado con fibra de vidrio, sin que se necesite un tratamiento previo en la superficie del plástico, debido a la producción de la es puma en una sola etapa y sus excelentes propiedades de adherencia.

- 3.4.1.4 La espuma rígida de poliuretano es un buen agente de flotación puesto que 1 m<sup>3</sup> de espuma rígida de poliuretano con densidad de 32 Kg/m<sup>3</sup> provee aproximadamente 960 Kg de flotación, es por eso que es uno de los mejores materiales que se utilizan en flotación y que se pueden obtener comercialmente.

TABLA 3

COMPARACION ENTRE LA ESPUMA RIGIDA DE POLIURETANO Y OTROS MATERIALES UTILIZADOS COMO AGENTES DE FLOTACION

Material	Densidad (Kg/m <sup>3</sup> )	Flotación (*)
Espuma rígida de poliuretano	32	960
Espuma de poliestireno	16	976
Balsa madera	96	596
Corcho	112	580
Madera pino	608	384
Madera roble	768	224

(\*) Kg de peso que soporta en agua por cada M<sup>3</sup> de material utilizado como agente de flotación.

3.4.1.6 El proceso de fabricación total para espumas rígidas de poliuretano se lleva a cabo por una serie de reacciones químicas. Primero las materias primas se mezclan, después viene la expansión de la espuma con la consecuente adhesión al sustrato si fuera el caso y por último el curado; todo esto ocurre y se lleva a cabo en una sola etapa en la fabricación de la espuma rígida de poliuretano.

Totalmente un producto terminado de espuma rígida de poliuretano se puede obtener simplemente por el vaciado de la mezcla de componentes en-



tre 2 láminas o dentro de una cavidad. La espuma llenará el espacio y curará para formar una sola parte (estructura) reforzada.

Producción en Línea de Artículos que Contienen Espuma rígida de Poliuretano

La espuma producida llena fácilmente las cavidades de los productos que se fabrican en línea. La espuma se puede introducir automáticamente en un molde o en alguna cavidad de un producto de línea parcialmente fabricado, en cuestión de segundos. El crecimiento de la espuma y el curado ocurrirán ambos cuando el producto continúe en movimiento a través de la línea de fabricación. De acuerdo a lo anterior se concluye que la cabeza mezcladora puede estar fija en algún lugar o puede estar en movimiento también. Las líneas de alimentación de los reactivos a la cabeza mezcladora son por consiguiente de material flexible, es por esto que los componentes mezclados se pueden utilizar para ser esparcidos donde se requiera cubrir algún contorno.

Fabricación de Espuma Rígida de Poliuretano en el Lugar donde se vaya a Utilizar

La espuma rígida de poliuretano ocupa 30 veces más el volumen de los componentes químicos de los cuales se originó. Es por eso que si se quie

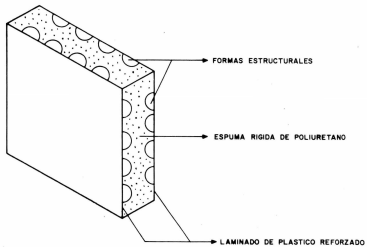
re se puede fabricar la espuma en el lugar que se vaya a ocupar, con lo cual se reduce el volumen, lo que a fin de cuentas se traduce como una reduc  
ción en costo.

En la industria de la construcción, la espuma mezclada, puede ser vaciada directamente en ca  
vidades de paredes, o espreada prácticamente sobre cualquier sustrato, debido a sus excelentes propiedades de adhesión, esto es, la estructura exis  
tente actúa como molde o soporte para el crecimiento de la espuma.

4. PROPUESTA EXPERIMENTAL

De acuerdo al objetivo planteado para la realización de este trabajo, se propuso que para la construcción de bodegas frigoríficas prefabricadas, se utilizaría el sistema de fabricación de paneles tipo sandwich, los cuales estarían estructurados de la siguiente manera:

FIG. 4- ESTRUCTURACION DE PANELES



- a) La lámina interior fabricada de plástico reforzado (poliéster con fibra de vidrio) servirá tanto como estructura en sí del panel, así como barrera de vapor del material aislante.
- b) La espuma rígida de poliuretano inyectada entre las láminas de plástico reforzado, la cual constituye en sí el material aislante.
- c) La lámina de plástico reforzado que también sirve a su vez como estructura del panel, pero que constituye en sí el acabado interior de la bodega.

La utilización de este sistema de paneles es por lo anterior una gran ventaja, tanto en el aislamiento de bodegas frigoríficas, como en la misma construcción en sí de la bodega.

Las etapas a seguir para la construcción de una bodega frigorífica prefabricada son las siguientes:

- 1) Estudio del lugar y de las condiciones físicas donde se va a situar la bodega.
- 2) Diseño y dimensionamiento de paneles.
- 3) Selección del material aislante.
- 4) Diseño y construcción de moldes para laminados.
- 5) Fabricación de laminados.
- 6) Estructuración de los paneles.

- 7) Inyección de poliuretano en los paneles.
- 8) Ensamblado de paneles.
- 9) Consideración de las líneas eléctricas, de refrigerante y de drenaje.

#### 4.1 Programa de Trabajo

El programa que se deberá seguir para la fabricación de una bodega frigorífica experimental es el siguiente:

- 1) Estudio del lugar donde se va a construir la bodega.
- 2) Diseño de Paneles.
- 3) Dimensionamiento de paneles.
- 4) Diseño de moldes para laminados.
- 5) Construcción de moldes.
- 6) Diseño de elementos de unión entre paneles.
- 7) Construcción de moldes para elementos de unión.
- 8) Selección de materiales.
- 9) Compra de material.
- 10) Fabricación de laminados y de elementos de unión.
- 11) Estructuración de paneles.
- 12) Inyección de poliuretano dentro de los paneles.
- 13) Transportación de paneles al lugar donde se va a construir la bodega.
- 14) Ensamblado de paneles.

FIG. 5- RUTA CRITICA DE TRABAJO PARA LA CONSTRUCCION DE UNA BODEGA FRIGORIFICA EXPERIMENTAL.

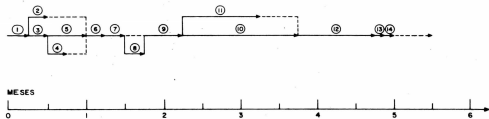


TABLA 4  
DESCRIPCION DE LA RUTA CRITICA

No. Actividad	Pre-requisito	Duración (Semanas)
1	-	1.0
2	1	1.0
3	1	1.0
4	3	1.0
5	3	2.0
6	5	1.0
7	6	1.0
8	7	1.0
9	8	2.0
10	9	6.0
11	9	4.0
12	10	4.0
13	12	0.5
14	13	0.5

4.1.1 Descripción de cada Punto del Programa de Trabajo

- 1) El estudio del lugar donde se va a construir la bodega, incluye una revisión visual del lugar, condiciones físicas, etc.
- 2) De acuerdo al resultado del punto (1), se procederá a diseñar los paneles.
- 3) Una vez que se tiene el diseño de los paneles, se procederá a efectuar el dimensionamiento, que estará en función de los resultados que se



tengan del análisis de los puntos (1) y (2).

- 4) Ya que se tiene el dimensionamiento de los paneles, se hará el diseño del molde para la fabricación de los laminados.
- 5) Una vez establecido el diseño del molde para la fabricación de los laminados, se procederá a su construcción.
- 6) El diseño de los elementos de unión para los paneles, estará de acuerdo con el punto (3).
- 7) Una vez que se tiene el diseño de los elementos de unión, se procederá a la construcción de los moldes para su consecuente fabricación.
- 8) Ya que se ha realizado el estudio previo y la fabricación de moldes tanto para los laminados como para los elementos de unión, se procederá a seleccionar el material que se utilizará para la fabricación de los paneles.
- 9) Una vez que se ha seleccionado el material, se procederá a su compra.
- 10) Ya que se ha adquirido el material para la fabricación de laminados, se procederá a su fabricación utilizando el proceso de moldeo por aspersión (Spray Up).
- 11) Conforme se vayan fabricando los laminados, estos se pueden ir estructurando, para la forma-

ción integral del panel.

- 12) Una vez que se tiene el panel perfectamente estructurado, se procederá a hacer la inyección de espuma de poliuretano utilizando el proceso Frothing.
- 13) Ya que se tiene el panel completo se procede a su traslado al lugar donde se va a construir la bodega.
- 14) Ensamblado de paneles, en el lugar donde se tiene programada la construcción de la bodega.

#### 4.2 Materiales Utilizados para la Fabricación de Paneles

Laminados

Aislante

##### 4.2.1 Laminados (2)

Para la fabricación de laminados se utiliza:

###### a) Resina Poliéster (orto-ftalica)

Siempre va acompañada de un agente inhibidor, para que durante el tiempo de almacenamiento, la resina no gele. Este inhibidor reacciona con los radicales libres y evita así que la resina gele durante su vida de almacenamiento.

###### b) Agente Controlador de Viscosidad

Como agente controlador de viscosidad, se u-

utiliza por lo general monómero de estireno.

c) Agente que Proporciona Enlaces Cruzados

Para proporcionar enlaces cruzados en la resina poliéster, se utilizan monómeros que pueden ser: monómero de metacrilato de metilo, monómero de vinil tolueno, monómero de estireno, etc.

d) Agentes Retardantes de Flama

En la fabricación de laminados de plástico reforzado, es necesario utilizar dentro de la formulación de la resina un agente retardante de flama; como agentes retardantes de flama, se utilizan compuestos fosforados o halogenados, por ejemplo: anhídrido bromo ó cloro-ftálico.

e) Agente Contra el Intemperismo

En la fabricación de plásticos reforzados, es necesario incluir en su formulación un agente contra el intemperismo como lo es el monómero de metacrilato de metilo, esto es debido al uso al que va a estar destinado el plástico reforzado.

f) Agente Absorbedor de Luz Ultravioleta

Cuando el plástico reforzado esté expuesto a la luz, es necesario incluir en su formulación un agente absorbedor de luz ultravioleta; como lo son compuestos como las benzofenonas.

g) Catalizador

El empleo del catalizador, está en función del empleo de agente acelerador, por lo cual es recomendable el empleo de pares (catalizador-acelerador); el empleo de estos pares está en función de la temperatura de curado de la resina que se quiera obtener. A continuación se da un ejemplo de pares utilizados en la fabricación de laminados de plástico reforzado:

Catalizador	Acelerador
Hidroperóxidos	Sales Metálicas
↓	↓
Peróxido de Metil Etil Cetona	Naftenato de Cobalto o de Cobre

De acuerdo a lo tratado anteriormente, los compuestos que se utilizaron para la fabricación de la resina fueron los siguientes:

- 1) Resina poliéster orto-ftálica halogenada  
(80 partes por peso de formulación)
- 2) Agente controlador de viscosidad: monómero de estireno  
(10 partes por peso de formulación)
- 3) Agente para Enlaces Cruzados: monómero de metacrilato de metilo  
(6 partes por peso de formulación)
- 4) Agente absorbedor de luz ultravioleta: benzo-

fenona

(1.5 partes por peso de formulación)

5) Catalizador-acelerador: peróxido de metil-etil-cetona-naftenato de cobalto

(2.5 partes por peso de formulación)

La utilización de los compuestos anteriores, es debido a que se cumple con los requisitos necesarios para la fabricación de los paneles y con ello para la construcción de la bodega frigorífica.

Lo anterior es posible porque en la formulación de la resina poliéster intervienen compuestos halogenados (retardantes del fuego), compuestos como metil metacrilato (agente contra el intemperismo) y además un agente absorbedor de luz ultravioleta (benzofenona).

El material utilizado como refuerzo para la fabricación del plástico reforzado es fibra de vidrio en su forma de Roving.

La fabricación de laminados de plástico reforzado se hace utilizando el proceso de moldeo por aspersión (Spray-Up); en el cual se utiliza entre un 20 a 30% de material de refuerzo.

Las características principales de este proceso son las siguientes:

- 1) No se requiere de moldes costosos.
- 2) Permite la aplicación de película de acabado (Gel-Coat).
- 3) No hay restricción en el tamaño de la pieza que se quiera fabricar.
- 4) Por este proceso se aumenta la producción disminuyendo los costos de fabricación.

#### 4.2.2 Material Aislante

El material aislante que se utilizó para la fabricación de la bodega fue espuma rígida de poliuretano, la cual se inyectó en los paneles de plástico reforzado, utilizando el proceso Frothing, debido a lo cual se utilizó la técnica del cuasi prepolímero, por lo cual se utilizaron 2 componentes "A" y "B", además de un tercer componente R-12 (difluoro, dicloro metano) característico del proceso Frothing (el cual sirve para controlar la densidad).

Componentes que Intervienen en la Formulación de Espuma Rígida de Poliuretano

Componente A:

Cuasi-prepolímero

Poliéster + TDI

Poliéster con número hidroxil de 410 (poli-oxi-propilen glicol con alto contenido de fósforo, aproximadamente

madamente 5.6% en peso).

Monofluoro, dicloro, metano (R-11)

Componente B:

Poliéster con número hidroxil de 485 (poli-oxi-propilén glicol derivado de la sacarosa)

Silicón (agente tensoactivo)

Tetrametil guanidina (catalizador)

Componente C:

Difluoro, dicloro metano (R-12)

#### 4.3 Fabricación de Paneles

Las etapas a seguir para la fabricación de paneles son las siguientes:

Fabricación de Laminados.

Estructuración de Paneles.

Inyección de Espuma Rígida de Poliuretano

(Material Aislante) Dentro de los Paneles.

##### 4.3.1 Fabricación de Laminados

Una vez que se tienen contruidos los moldes y completamente listos para la fabricación de laminados, se procede a la preparación del molde, esta preparación consiste de 2 pasos básicos a seguir, los cuales son:

a) Aplicación de agente desmoldante

b) Aplicación de la capa de acabado (Gel-Coat)

#### Aplicación de Agente Desmoldante

Al molde completamente listo para la fabricación del laminado, se le aplica una capa de agente desmoldante, esta capa de agente desmoldante puede ser de cera que contenga silicion o de una mezcla de alcohol polivinílico en agua-alcohol etílico.

Se puede utilizar uno u otro agente desmoldante, o se pueden utilizar ambos.

Una vez que ha secado la capa de agente desmoldante, se procede a la aplicación de la capa de acabado (Gel-Coat), la cual se aplica con un equipo de aspersión.

La capa de acabado consiste de resina poliéster, por lo que su formulación deberá estar de acuerdo a las propiedades de resistencia que se quieran tener en los laminados terminados; el espesor de esta capa de acabado dependerá de las propiedades que se quieran obtener en el laminado.

Una vez que ha curado la capa de acabado, se procede a la aplicación del material de refuerzo, filamento continuo de fibra de vidrio (Roving), junto con la resina poliéster.

Para la aplicación del material de refuerzo y la resina poliéster, se utilizó el proceso de



moldeo por aspersión (Spray-Up), la utilización de este proceso implica el empleo de un equipo de aspersión. Este equipo de aspersión consiste básicamente de una pistola que mezcla a su salida la resina previamente formulada y el material de refuerzo.

La fibra de vidrio se mezcla con la resina, en secciones de aproximadamente 5 cm de longitud. Esto se puede hacer debido a que el equipo es neumático, con lo cual existe un fácil control de la cantidad de resina, catalizador o material de refuerzo que se quiera tener.

El material de refuerzo se alimenta a la pistola, donde se encuentra una cortadora por donde pasa el filamento continuo de fibra de vidrio (Roving), y de donde sale en secciones de aproximadamente 5 cm de longitud, para de ahí mezclarse con la resina a la salida de la pistola, para depositarse directamente en el molde; una vez que la mezcla material de refuerzo-resina se ha depositado en el molde, se procede al rolado de la mezcla, esto es con el fin de ayudar a que exista una buena adherencia de la mezcla con la capa de acabado además de sacar las burbujas de aire ocluido dentro de la mezcla.

El rolado consiste en hacer pasar sobre la

mazcla de resina-material de refuerzo, unos rodillos que contienen pequeños cilindros, los cuales pueden ser de acero o de un material plástico.

Una vez que la resina ha curado se procede a desmoldar la pieza.

El curado de la resina se puede favorecer por varios métodos, uno de los cuales es proporcionar calor a la pieza.

Cuando se tiene la pieza totalmente curada, se procede a desmoldarla.

De la misma manera descrita anteriormente, se procede a fabricar la cantidad necesaria de laminados para la fabricación de los paneles.

#### 4.3.2 Estructuración de Paneles

La estructuración de los paneles estará de acuerdo con los requisitos que se deban de cumplir en la construcción de la bodega (3.1.6) además de la colocación que vayan a tener; en otras palabras si los paneles se van a colocar en el piso entonces, se estructurarán de acuerdo a las cargas que vayan a soportar, esto es, se colocarán elementos estructurales de refuerzo en los cuales se repartirán las cargas que tenga que soportar la estructura del piso en la bodega.

Los elementos estructurales de refuerzo pue-

den ser: vigas, perfiles en forma de "I" o de "U", los cuales se fabricarán también de plástico reforzado.

El uso de vigas o perfiles dependerá de las cargas a las cuales se someterán los paneles que constituyen la estructura del piso.

Para los paneles que van a servir para la estructuración de las paredes, las cargas que se tengan que soportar serán menores que las que soporten los paneles que forman la estructura del piso. En este caso como en el anterior algo que es importante también es, el sistema de ensamble que se utilice para estructurar tanto el piso como las paredes de la bodega.

En el caso del techo, además de las cargas y del sistema de ensamble, es importante establecer también si se tiene la necesidad de incluir algún tipo de elemento estructural para poder subdividir la bodega en cuartos que sirvan para conservación de frutas, así como también en cuartos que sirvan para congelación.

En suma, la estructuración de paneles será función directa del lugar del cual van a formar parte, es decir:

- a) Paneles para piso

b) Paneles para paredes

c) Paneles para techo

con lo cual se deberán de reforzar con los elemen  
tos estructurales que requieran, dependiendo de  
la parte a la cual vayan a integrar y su ensamble.

#### 4.3.3 Inyección de Espuma Rígida de Poliuretano (Mate- rial Aislante) Dentro de los Paneles

Una vez que se tienen estructurados los pane-  
les, se procede a hacer la inyección de espuma ri  
gida de poliuretano, utilizando el proceso Fro-  
thing.

Para efectuar esta operación se requiere de  
un equipo de inyección que básicamente consiste  
de un sistema con ajuste manual para el control  
de la relación de prepolímero a poliéster glicóli-  
co y de una cabeza mezcladora donde además de mez-  
clarse los componentes, se lleva a cabo la etapa  
de pre-expansión característica del proceso Fro-  
thing.

Los componentes que llegan a la cabeza mez-  
cladora son:

a) Cuasi-prepolímero

b) Poliéster glicólico y agentes auxiliares

c) R-12 (difluoro, dicloro metano), componen-  
te característico del proceso Frothing.

Básicamente el proceso de inyección de espuma rígida de poliuretano es relativamente rápido.

La utilización del proceso Frothing en el caso de fabricación de paneles, los cuales tienen como material aislante espuma rígida de poliuretano para la construcción de bodegas frigoríficas, es en gran medida importante debido a las características inherentes de la espuma obtenida por el proceso Frothing y de las ventajas que ofrece el proceso en sí, las cuales son:

1) Control de Densidad

Lo cual implica uniformidad en las propiedades físico-mecánicas.

2) Bajo Valor del Factor K

Lo que se traduce en que la espuma obtenida por este proceso es un excelente material que se puede utilizar como aislamiento térmico.

3) Bajas Presiones de Empaque

Esto es debido a que se reducen de manera considerable las fuerzas de corte que se producen durante el crecimiento de la espuma (tiempo de espumado), por la utilización del proceso en sí (proceso de espumado por pre-expansión, proceso Frothing).

Esto es una gran ventaja cuando se tienen

que construir paneles tipo sandwich.

4) Relativamente Poco Tiempo en el Llenado de Grandes Cavidades

Lo cual es otra ventaja cuando se tiene el proceso de fabricación de paneles en serie.

## 5. FABRICACION E INSTALACION DE LA BODEGA

Como se determina en el capítulo de propuesta experimental, se procede a la fabricación de laminados, a la estructuración de paneles y por último a la inyección del material aislante (espuma rígida de poliuretano), una vez que se ha cumplido con lo anterior, se tienen listos los paneles y entonces se procede a su instalación.

La etapa de instalación es la más sencilla, puesto que el sistema utilizado para el ensamble de paneles, permite una instalación rápida, con lo cual se tiene la bodega ya perfectamente estructurada y lista para su funcionamiento una vez concluida esta etapa.

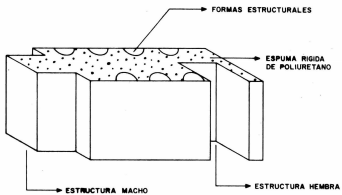
### 5.1 Ensamble de Paneles

El sistema de ensamble entre paneles utilizado en la construcción de la bodega es básicamente de un machiembreado.

El panel que se tenga que ensamblar contendrá como parte integral y estructural una forma del sistema de ensamble ya sea la estructura macho o la estructura hembra, dependiendo de la parte estructural de la bodega de la cual vaya a formar parte.

Este sistema de ensamble se puede utilizar

FIG. 6- SISTEMA DE ENSAMBLE ENTRE PANELES





tanto para ensamblar los paneles que vayan a formar el piso o el techo con los paneles que formen las paredes tanto laterales de la bodega, así como también si existe alguna pared divisoria, en el caso de que se tenga la necesidad de dividir la bodega en varios cuartos para poder conservar más de un tipo o variedad de fruta.

Es por eso que la etapa de ensamble de paneles estructurales para la construcción de bodegas prefabricadas para la conservación de frutas, constituye en sí la etapa de menor duración en el proceso total de la construcción e instalación de la bodega.

Además de que los paneles obtenidos para la construcción de bodegas para conservación de frutas (cámaras frigoríficas) cumplen con los requisitos para su fabricación (3.1.6).

## 6. RESULTADOS

### 6.1 Evaluación del Diseño

Como se ha visto en la construcción de bodegas prefabricadas para la conservación de frutas, de acuerdo a lo previsto en la propuesta experimental, las etapas críticas son:

- a) Fabricación de Laminados
- b) Estructuración de Paneles

y es aquí donde se incrementa más el costo por  $M^2$  del material aislante utilizado para la construcción de bodegas, debido a que se utiliza una mayor cantidad de personal (mano de obra) para efectuar dichas operaciones.

Es por eso que el costo en la construcción de una bodega frigorífica experimental se incrementa bastante y además de que como es experimental, no se pueden obtener resultados económicos satisfactorios ni concluyentes.

Debido a esto y para poder hacer una evaluación económica del material aislante que se utilizó para la construcción de la bodega, se planteó la necesidad de hacer un estudio de mercado, del cual se llegó a la siguiente conclusión:

Existe una demanda de alrededor de 50 bodegas (estructuradas con  $400 M^2$  de paneles de mate

rial aislante) para la conservación de frutas en México por año, esto es debido a los grandes volúmenes de frutas que se pierden de las cosechas anuales por los escasos sistemas de conservación que se tienen actualmente, y además debido también a la gran variedad de frutas que se producen en el país y a las diferentes características inherentes a cada fruta (periodo de vida de la fruta) para su conservación, con lo cual es necesario hacer un estudio de cada fruta con el objeto de conocer: (3,6)

- 1) Temperatura de conservación adecuada.
- 2) Periodo de conservación.
- 3) Humedad relativa adecuada para su conservación.
- 4) Cantidad de calor real que se debe de extraer para que la fruta se pueda conservar.
- 5) Espesor del material aislante con el cual se vaya a construir la cámara, cuarto o bodega de conservación.
- 6) En algunos casos particulares de conservación de frutas (por ejemplo manzanas), es conveniente tener la atmósfera interior de la cámara controlada, debido a los procesos fisiológicos de la fruta (respiración, maduración, sobre maduración, etc.).

El proceso de atmósfera controlada se logra de la manera siguiente: una vez que se tiene la

temperatura de conservación recomendada, se introduce la fruta y se sella la bodega, con el fin de no permitir el flujo de gases, posteriormente unos generadores de gas comercial reemplazan el aire de la atmósfera por el gas seleccionado y a su vez también pueden introducir vapor de agua para mantener la humedad relativa deseada.

A continuación se hace la descripción de una manera general de las características que se deben de tener para la conservación de 12 frutas.

Los métodos utilizados para la conservación de frutas, llevados a cabo con éxito, tienen su secreto en saber cosechar la fruta en el tiempo oportuno. Esto es, una vez que ha empezado el proceso de maduración, éste ya no puede detenerse.

Las temperaturas de conservación recomendadas para algunas frutas, están dadas en la Tabla 5 y la humedad relativa que, también tiene un papel muy importante en la conservación de frutas, esto es debido a que las frutas están constituidas por altos porcentajes de agua, así como también por glucosa; es por eso que para obtener el porcentaje de humedad relativa adecuado para su conservación, se tiene que tomar en cuenta, el porcentaje de glucosa y de agua que contenga la fruta.

Para una conservación a largo plazo, las condiciones de temperatura y de humedad, deben de es

tar definidas con toda precisión.

Cuanto mayor sea la variedad de frutas, para su conservación, mayor será el número de cámaras con que se ha de contar (bodegas polivalentes), ya que no es recomendable almacenar diversas variedades juntas, debido a las condiciones específicas que tiene cada variedad para su conservación.

Otro punto importante, es el de renovar el aire de las cámaras de una manera adecuada, para así, evitar la acumulación de gases que se forman durante el periodo de vida propio del fruto.

Esto es debido a que se trata de materias vivas, las cuales se encuentran sujetas a cambios que son debidos a la respiración del fruto, es decir, el oxígeno del aire se combina con el carbono de los tejidos del fruto lo que hace que durante este proceso se desprende energía en forma de calor.

Asimismo, a fin de evitar la formación de gases durante el periodo de vida propio del fruto, debe dotarse a las cámaras de una renovación de aire adecuada.

Las particularidades más notables de algunas frutas que se conservan en cámaras frías, están

dadas a continuación:

#### Manzanas

La temperatura de conservación puede variar de 1 a 5°C, según sea la duración del periodo de almacenamiento; pero la temperatura más recomendable está entre 0°C y 4°C, dependiendo de la variedad de que se trate, la humedad relativa recomendable es de 85%, el periodo de conservación a estas condiciones varía desde 1 año hasta año y medio. Para un periodo de conservación de 3 a 6 meses, la pérdida de peso en la fruta está entre 2 a 5%.

#### Naranjas

Para esta fruta la temperatura de conservación recomendada varía entre 1 a 3°C, para un periodo de conservación de hasta 2 meses. Al pasar del mes de conservación se nota que disminuye la intensidad del aroma.

#### Peras

La temperatura recomendable para la conservación de esta fruta está entre 1 y 3°C, con una humedad relativa de 85%. El periodo de conservación a estas condiciones es de hasta 3 meses, sin pérdida notable del aroma de la fruta.

#### Uva

La temperatura recomendable para la conservación de esta fruta está entre  $-1^{\circ}\text{C}$  y  $0^{\circ}\text{C}$ , el periodo de conservación es de hasta 3 meses, el cual se puede prolongar, si la atmósfera es rica en  $\text{CO}_2$  hasta aproximadamente 5 meses, si el tratamiento es cuidadoso. La pérdida en peso durante este lapso es de hasta un 10%.

#### Duraznos

La temperatura recomendable para la conservación de esta fruta es de 0 a  $1^{\circ}\text{C}$ , con una humedad relativa de 85%; el periodo de conservación a estas condiciones es de 1 mes y con una pérdida de peso de hasta un 10%.

#### Fresas

La temperatura recomendable para la conservación de esta fruta, con un grado de madurez conveniente, es de  $-1^{\circ}\text{C}$  y una humedad relativa de 90%; con estas condiciones el periodo de conservación es de hasta 5 semanas.

Cuando la fruta ya está perfectamente madura, la temperatura recomendable para su conservación es de  $0^{\circ}\text{C}$ , con un periodo de conservación de hasta 5 días.

## Plátanos

La temperatura recomendable para la conservación de plátanos verdes es de 12 a 13°C, el período de conservación, en este caso, es de hasta 3 semanas.

El proceso de maduración de esta fruta puede hacerse, dentro de la misma cámara, el cual consiste en aumentar la temperatura hasta 21°C en un lapso de tiempo de 5 a 7 días. El aumento de temperatura deberá ser de una manera gradual, es decir, no debe de aumentarse la temperatura más de 1°C por cada hora, hasta llegar a la temperatura recomendable además, es indispensable mantener una humedad relativa de 90 a 95% durante el proceso de maduración.

Si después de madurada la fruta, se requiere su posterior conservación, las condiciones serán: temperatura de 13°C, con lo que se tiene un período de conservación de hasta 1 semana.

Comportamiento de Cada Fruta en Función de la Cantidad Total de Calor que se Debe de Extraer para su Conservación y del Rango de Temperaturas, Recomendadas para su Conservación

a) Cálculos de calor a extraer para la conservación de frutas:



Para hacer el cálculo de calor, se parte de la siguiente ecuación:

$$Q_T = Q_P + Q_S + Q_C + Q_R + Q_A \quad [\text{Kcal/h m}^2]$$

$$Q_T = \text{Calor total a extraer} \quad [\text{Kcal/h m}^2]$$

$$Q_P = \text{Calor por pérdidas en paredes} \quad [\text{Kcal/h m}^2]$$

$$Q_S = \text{Calor por servicios} \quad [\text{Kcal/h m}^2]$$

$$Q_C = \text{Calor por carga de género} \quad [\text{Kcal/h m}^2]$$

$$Q_R = \text{Calor por Respiración de la fruta} \quad [\text{Kcal/h m}^2]$$

$$Q_A = \text{Calor por renovación de aire} \quad [\text{Kcal/h m}^2]$$

1) Calor por pérdidas en paredes

$$Q_P = \frac{\Delta T}{l/K}$$

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas  $[^{\circ}\text{C}]$

$l$  = Espesor  $[\text{m}]$

$K$  = Coeficiente de conductividad térmica  
 $[\text{Kcal/h m } ^{\circ}\text{C}]$

2) Calor por carga de género

$$Q_C = M C_e \Delta T$$

$M$  = carga de género  $[\text{Kg/M}^2]$

$C_e$  = calor específico  $[\text{cal/día Kg}]$

$\Delta T$  = Diferencia de temperaturas  $[^{\circ}\text{C}]$

3) Calor de Respiración

$$Q_R = M C_R$$

$$M = \text{carga de género} \quad \left[ \text{Kg/M}^2 \right]$$

$$C_R = \text{calor de respiración} \quad \left[ \text{Cal/Día Kg} \right]$$

4) Calor por Renovación de Aire

Para renovaciones de aire se ha estimado un valor estandar de:

$$Q_A = 0.1 \text{ Kcal/hrM}^2$$

5) Calor por Servicios

Se ha estimado que el calor que se debe de extraer por servicios es un 20% más de la suma de los otros 4 términos de que consta la ecuación para el cálculo total de calor.

$$Q_T = 1.2 (Q_P + Q_C + Q_R + Q_A)$$

El calor real que se tiene que extraer para la conservación de las frutas incluyendo el coeficiente de seguridad (10%), será por lo tanto:  $Q_R = 1.1 Q_T$

A continuación se presentan los comportamientos de cada fruta en función del calor real que se debe extraer y del rango de temperaturas recomendadas para su conservación a espesor constante del material utilizado para la construcción de bodegas:

TABLA 5

Fruta	CONSERVACION				CONGELACION	
	T(°C) Recomendada	Calor Especifico sobre °C (cal/Día Kg)	% HR	Respiración (cal/Día Kg)	Calor Especifico sobre 0°C (cal/Día Kg)	Calor Latente Congelación (cal/día Kg)
Manzana	2 a 6	0.92	80-85	0.41	0.39	67
Naranja	1 a 3	0.92	80-85	0.38	0.40	68
Limón	10 a 15	0.91	80-85	0.22	0.39	68
Melón	1 a 3	0.90	80-85	0.55	0.35	71
Durazno	1 a 3	0.92	85-90	0.55	0.42	70
Pera	1 a 3	0.90	85-90	3.64	0.45	67
Plátano	12 a 14	0.81	85-95	2.30	0.42	60
Uva	0 a 3	0.92	80-85	0.27	0.38	63
Fresa	-1 a 2	0.92	85-90	1.82	0.47	72
Ciruela	0 a 2	0.83	80-85	-	0.45	67
Higo	7 a 12	0.82	80-85	-	0.48	62
Aguacate	4 a 8	0.72	85-90	-	-	-



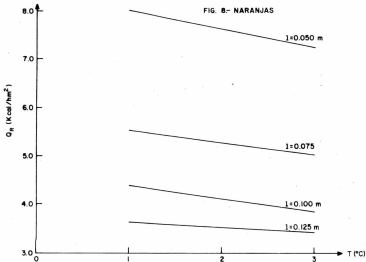
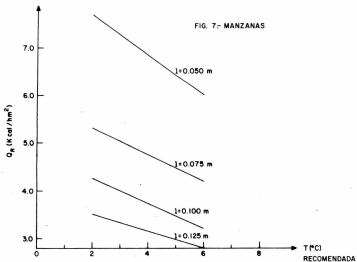


FIG. 9- LIMONES

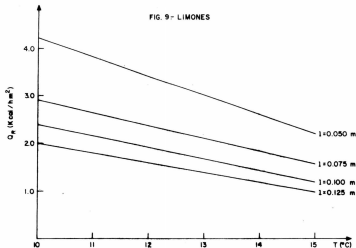


FIG. 10- MELONES

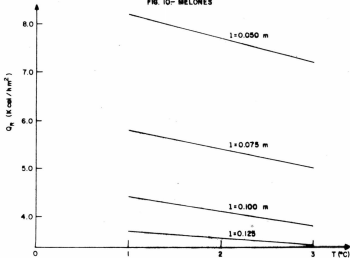


FIG. 11- DURAZNOS

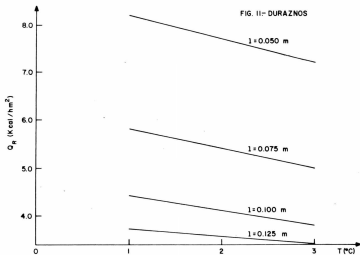


FIG. 12- PERAS

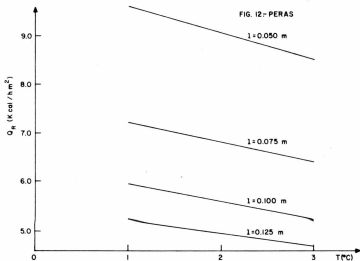


FIG. 13- PLATANOS

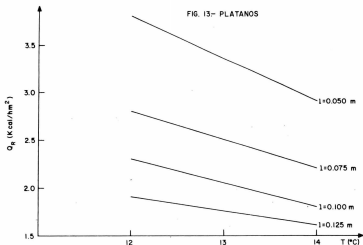


FIG. 14- UVAS

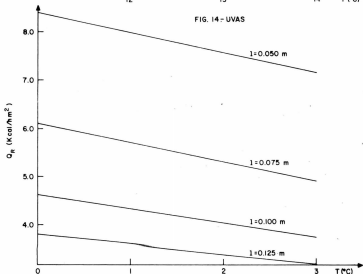


FIG. 15:- FRESAS

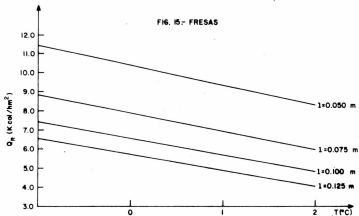


FIG. 16:- CIRUELAS

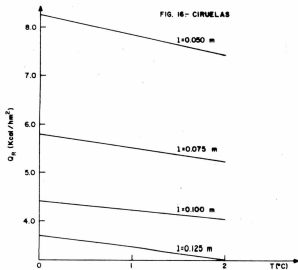




FIG. 17 - HIGOS

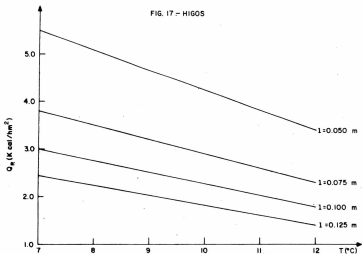
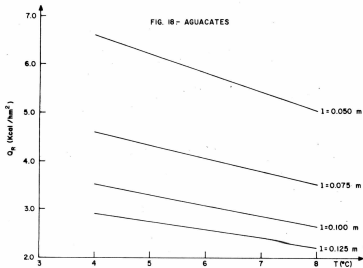


FIG. 18 - AGUACATES



6.2 Evaluación Económica

Factores de costo que intervienen en la fabricación de paneles para la construcción de bodegas prefabricadas:

1) Materia Prima

Resina Poliéster  
Fibra de Vidrio  
Poliuretano  
Solventes  
Agentes Auxiliares

2) Mano de Obra

Operadores  
Supervisores  
Mantenimiento  
Transportista

3) Administración

Salarios y Gastos de Dirección  
Salarios y Gastos de Ventas  
Salarios y Gastos de Oficina

4) Gravámenes

Seguro Social  
Vacaciones  
Donativos, Premios, etc.

- 5) Servicios
  - Agua
  - Electricidad
- 6) Materiales Auxiliares
  - Accesorios para Moldes
  - Herramienta
  - Lubricantes
  - Combustible
  - Materiales para Conservación
- 7) Seguros e Impuestos de la Fábrica.
- 8) Depreciación de la Construcción y del Equipo.
- 9) Impuesto sobre la Renta
  - Estatad
  - Federal

Estos factores no aparecerán todos en el costo final del material, sino que serán función del tamaño de la empresa, lugar donde se vaya a operar, etc.

Para entrar de lleno a una evaluación económica para la construcción de bodegas prefabricadas para la conservación de frutas y de acuerdo al análisis previo de mercado, mediante el cual se conoció la demanda real, se deberán de cons-

truir 50 bodegas por año, las cuales están estruc-  
turadas con 400 M<sup>2</sup> de paneles ensamblables, con  
lo cual la producción anual de paneles para satis-  
facer la demanda será de 20,000 M<sup>2</sup> de paneles.

El precio por M<sup>2</sup> de panel instalado según la  
investigación se vendería a \$500/M<sup>2</sup>; por lo que  
se tiene la siguiente evaluación económica.

(NOTA: Los precios que se toman para esta  
evaluación económica son al 30/I/75 y además por  
tonelada de producto comprado).

Lista de Precios:

Fibra de vidrio (Roving)	\$ 20.00/Kg
Resina poliéster	\$ 16.00/Kg
Monómero de estireno	\$ 11.00/Kg
Monómero de metil metacrilato	\$ 11.00/Kg
Catalizador (Peróxido de metil- etilcetona)	\$ 35.00/Kg
Acelerador (naftenato de cobalto)	\$ 35.00/Kg
Pigmento	\$ 40.00/Kg
Desmoldante (alcohol polivinílico)	\$ 15.00/Kg
Etanol	\$ 9.00/Kg
Solvente	\$ 5.60/l.
Cloruro de metileno	\$ 20.00/Kg
Ftalato de Di-octilo (DOP)	\$ 25.00/Kg
Poliuretano	\$ 25.00/Kg

Moldes:

Tablero aglomerado \$ 140.00/Pieza

Lámina calibre 16 \$ 70.00/M<sup>2</sup>

Producción anual de 20,000 M<sup>2</sup> de paneles estructurales con espesor de 0.1 M, para la construcción de 50 bodegas prefabricadas con una superficie de paneles estructurales de 400 M<sup>2</sup>/Bodega.

1) Fabricación de Laminado

a) Capa de acabado (Geal-Coat)

b) Laminado (70% resina y 30% fibra de vidrio)

a) Capa de acabado

Para cubrir 1 M<sup>2</sup> de superficie con espesor de 0.5 mm., se requiere de 1.045 Kg/M<sup>2</sup>.

b) Laminado

Para cubrir 1 M<sup>2</sup> de superficie con un laminado de (70% resina y 30%-fibra de vidrio), se requiere de 5.5 Kg/M<sup>2</sup>.

Capa de Acabado

$$1.045 \text{ Kg/M}^2 \times (20,000 \times 2) \text{ M}^2 = 20900 \text{ Kg}$$

Formulación de la capa de acabado (en partes por peso):

Resina 70.0 (20900Kg x 0.700) = 14630.0Kg

Monómero estireno	16.0 (20900Kg x 0.160) =	3344.0Kg
Monómero metil metacrilato	12.0 (20900Kg x 0.120) =	2508.0Kg
Acelerador	0.5 (20900Kg x 0.005) =	104.5Kg
Catalizador	1.5 (20900Kg x 0.015) =	313.5Kg

Laminado:

$$5.5\text{Kg/M}^2 \times (20000 \times 2)\frac{\text{M}^2}{\text{Año}} \times 0.70 = 154000 \frac{\text{Kg}}{\text{Año}} \text{ (Resina)}$$

$$5.5\text{Kg/M}^2 \times (20000 \times 2)\frac{\text{M}^2}{\text{Año}} \times 0.30 = 66000 \frac{\text{Kg}}{\text{Año}} \text{ (Roving)}$$

Formulación del laminado (en partes por peso):

Resina	80.0 (154000Kg x 0.800) =	123200Kg/Año
Monómero estireno	10.0 (154000Kg x 0.100) =	15400Kg/Año
Monómero metil metacrilato	6.0 (154000Kg x 0.060) =	9240Kg/Año
Catalizador	2.0 (154000Kg x 0.020) =	3080Kg/Año
Pigmento	1.5 (154000Kg x 0.015) =	2310Kg/Año
Acelerador	0.5 (154000Kg x 0.005) =	770Kg/Año

Costo de la materia prima del laminado y de la ca  
pa de acabado:

Resina	\$ 2.205,280.00
Monómero estireno	206,184.00
Monómero metil metacrilato	12,922.80
Catalizador	118,842.50
Acelerador	30,607.50
Pigmento	<u>92,400.00</u>
	\$ 2.666,236.80/Año

Roving:

$$66000 \text{ Kg} \times \$20.00/\text{Kg} = \$1.320,000.00$$

Desmoldante:

$$0.2 \frac{\text{Kg}}{\text{M}^2} \times (20000 \times 2) \frac{\text{M}^2}{\text{Año}} \times 0.60 \times \$15.00/\text{Kg} = \$72,000.00$$

Etanol:

$$0.2 \frac{\text{Kg}}{\text{M}^2} \times (20000 \times 2) \frac{\text{M}^2}{\text{Año}} \times 0.40 \times \$9.00/\text{Kg} = \frac{\$ 28,800.00}{\$100,800.00/\text{Año}}$$

Solvente:

$$10 \frac{\text{l.}}{\text{Día}} \times 240 \frac{\text{Días}}{\text{Año}} \times \frac{\$5.6}{\text{l.}} = \$13,400.00/\text{Año}$$

Costo del laminado:

Resina y capa de acabado	\$ 2.666,236.80
Roving	1.320,000.00
Desmoldante	100,800.00
Solvente	<u>13,400.00</u>
	\$ 4.100,476.80/Año

$$\frac{\$4.100,476.80/\text{Año}}{40,000.00 \text{ M}^2/\text{Año}} = \$102.51 / \text{M}^2$$

Poliuretano:

$$40 \frac{\text{M}^3}{\text{Bodega}} \times \frac{50 \text{ Bodegas}}{\text{Año}} \times \frac{32 \text{ Kg}}{\text{M}^3} \times \frac{\$25.00}{\text{Kg}} = \$1.600,000.00/\text{Año}$$

Solvente:

$$10 \frac{\text{l.}}{\text{Día}} \times \frac{240 \text{ Días}}{\text{Año}} \times \frac{\$5.60}{\text{l.}} = \$13,440.00/\text{Año}$$

Cloruro de Metileno:

$$\frac{4 \text{ Kg}}{\text{Día}} \times \frac{240 \text{ Días}}{\text{Año}} \times \frac{\$20.00}{\text{Kg}} = \$19,200.00/\text{Año}$$

DOP (Ftalato de Di-octilo):

$$\frac{1 \text{ Kg}}{\text{Día}} \times \frac{240 \text{ Días}}{\text{Año}} \times \frac{\$25.00}{\text{Kg}} = \$600.00/\text{Año}$$

Costo de Poliuretano:

\$ 1.600,000.00

13,440.00

19,200.00

600.00

\$ 1.638,640.00/Año

$$\frac{\$ 1.638,640.00/\text{Año}}{20,000 \text{ M}^2/\text{Año}} = \$81.93/\text{M}^2$$

Costo Materia Prima:

\$ 102.51

+ 81.93

\$ 184.44

\$184.45/M<sup>2</sup>

Moldes: (un molde de 100 M<sup>2</sup>)

Tablero Aglomerado (la pieza de tablero aglomerado contiene 3.0 M<sup>2</sup>)

$$\frac{100 \text{ M}^2}{3.0 \text{ M}^2/\text{Pieza}} = 34 \text{ Piezas} \times \frac{\$140.00}{\text{Pieza}} = \$4,760.00$$



Lámina Calibre 16:

$$\frac{\$70.00 \times 100 \text{ M}^2}{\text{M}^2} = \frac{\$ 7,000.00}{\$11,760.00}$$

Considerando que la vida útil de los moldes sea de 2 años se tiene lo siguiente:

$$\frac{\$11,760.00/2 \text{ años}}{40,000.00 \text{ M}^2/2 \text{ años}} = \$0.294/\text{M}^2$$

Equipo de Producción (depreciado en 10 años):

Seal Coat	\$ 40,000.00
Spray Up	60,000.00
Frothing	55,000.00
Compresor	15,000.00
Sierra Eléctrica	<u>5,000.00</u>
	\$ 175,000.00

$$\frac{\$175,000.00/10 \text{ años}}{200,000.00 \text{ M}^2/10 \text{ años}} = \$0.875/\text{M}^2$$

Equipo de Seguridad (máscaras, guantes, etc.):

$$\frac{\$ 5,000.00/\text{año}}{20,000.00 \text{ M}^2/\text{año}} = \$0.25/\text{M}^2$$

Renta del Local (local de 1000 M<sup>2</sup> de superficie):

$$\frac{\$8,000.00/\text{mes}}{2,000.00 \text{ M}^2/\text{mes}} = \$4.00/\text{M}^2$$

Prima de Seguro:

$$\frac{\$20,000.00/\text{año}}{20,000.00 \text{ M}^2/\text{año}} = \$1.00/\text{M}^2$$

Mano de Obra:

6 Obreros	\$ 80.00/Día = \$ 480.00
2 Operarios	\$150.00/Día = \$ 300.00
1 Secretaria	\$100.00/Día = \$ 100.00
1 Chofer	\$ 80.00/Día = \$ <u>80.00</u>
	\$ 960.00/Día

$$\frac{\$ 960.00/Día}{100.00 M^2/Día} = \$9.60/M^2$$

Seguro Social (en base a tabulación del IMSS):

$$\frac{\$1,000.00/semana}{500.00 M^2/semana} = \$2.00/M^2$$

Gastos Oficina:

Teléfono	\$ 100.00/semana
Papelería	\$ <u>50.00/semana</u>
	\$ 150.00/semana

$$\frac{\$150.00/semana}{500 M^2/semana} = \$0.30/M^2$$

Servicios:

$$\text{Agua} = \frac{50 M^3/Mes \times \$0.40/M^3}{2000 M^2/mes} = \$0.01/M^2$$

Electricidad:

1 Compresor	x 2 H.P. = 2
1 Equipo de "Geal Coat"	x 2 H.P. = 2
1 Equipo de "Spray-Up"	x 4 H.P. = 4
1 Equipo de "Frothing"	x 4 H.P. = <u>4</u>
	12 H.P.

$$12 \text{ H.P.} \times 0.745 \frac{\text{Kw}}{\text{H.P.}} \times \frac{8 \text{ h}}{\text{Día}} = 71.52 \frac{\text{Kw h}}{\text{Día}}$$

Iluminación:

20 lámparas de 60 Watts, que funcionan

$$\frac{4 \text{ h}}{\text{Día}} = 20 \times 0.060 \text{ Kw} \times \frac{4 \text{ h}}{\text{Día}} = 4.8 \frac{\text{Kw h}}{\text{Día}}$$

$$71.52 + 4.8 = 76.32 \text{ Kw h/Día}$$

$$\frac{76.32 \text{ Kw h/Día} \times \$0.60/\text{Kw h}}{100 \text{ M}^2/\text{Día}} = \$0.46/\text{M}^2$$

Materiales Auxiliares (herramientas, lubricantes, limpieza, etc.):

$$\frac{\$ 500.00/\text{mes}}{2000 \text{ M}^2/\text{mes}} = \$0.25/\text{M}^2$$

Equipo de Reparto:

1 Trailer \$400,000.00 (depreciado en 5 años)

$$\frac{\$400,000.00/5 \text{ años}}{100,000 \text{ M}^2/5 \text{ años}} = \$4.00/\text{M}^2$$

Costo de Producción:

Costo de materia prima	\$ 184.45
Costo por renta de local	4.00
Costo por moldes	0.30
Costo por inversión equipo producción	0.90
Costo por inversión equipo traslado	4.00
Costo por inversión equipo seguridad	0.25

Costo por prima de seguro	\$ 1.00
Costo por mano de obra	9.60
Costo por prima seguro social	2.00
Costo por gastos de oficina	0.30
Costo por servicios (agua)	0.01
Costo por servicios (electricidad)	0.46
Costo por materiales auxiliares	<u>0.25</u>
	\$ 207.52

Por análisis de mercado el producto se puede vender a \$500/M<sup>2</sup> (panel estructural instalado). De lo cual se tiene que deducir lo siguiente:

4 % I. I. M.	\$ 20.00
1 % Educación	5.00
10 % Distribución vendedor	50.00
5 % Ajuste de utilidad	<u>25.00</u>
	\$ 100.00

Costo de Venta - Costo de Producción - Deducciones  
= Ganancia.

$$\$500.00 - \$207.52 - \$100.00 = \$192.48$$

Lo cual representa un 38.5% de utilidad.

7. CONCLUSIONES

7.1 De acuerdo con la técnica utilizada para la construcción de bodegas prefabricadas para conservación de frutas descrita en este trabajo, se cumple satisfactoriamente con la demanda de bodegas resultante del análisis de mercado previo, con lo cual no se perdería un porcentaje tan elevado de las cosechas anuales de frutas.

7.2 Con la aportación de la técnica de paneles estructurales para la construcción de bodegas prefabricadas para la conservación de alimentos, se contribuye en alguna medida al desarrollo tecnológico de materiales compuestos que tanto requiere nuestro país, para el mejor aprovechamiento de sus recursos agropecuarios.

Además de que dicha técnica hace posible que se puedan construir bodegas frigoríficas rurales (en los centros de producción); se puedan utilizar sistemas de transportación refrigerados, adecuados a las necesidades tanto para el consumo nacional como para la exportación; así como también, para que se construyan bodegas frigoríficas polivalentes urbanas (en los grandes centros de consumo), lo que se traduce en que se puedan trazar políticas racionalizadas y adecuadas para un mejor aprovechamiento de los recursos agropecuarios con los que cuenta el país.

7.3 . Como resultado de la evaluación económica es de tomarse en cuenta que es una inversión atractiva la construcción de bodegas prefabricadas puesto que se obtiene una rentabilidad de 38.5% sobre una inversión relativamente baja.

8. BIBLIOGRAFIA

- 1) Composite Materials  
Leslie Holliday  
Elsevier Publishing Company (1966).
- 2) Fiberglass Reinforced Plastics  
Sonneborn R.  
Reinhold Publishers Corporation (1966).
- 3) La Ciencia de los Alimentos  
Norman N. Potter  
Edutex S.A. (1973).
- 4) Polyurethanes, Chemistry and Technology  
Saunders J.H. and Frisch K.C.  
Interscience Publishers, New York  
Parte I (1962)  
Parte II (1964)
- 5) Rigid Plastics Foam (2a. Edición)  
T.H. Ferrigno  
Reinhold Publishers Corporation (1967)
- 6) Tratado Práctico de Refrigeración Automática  
(5a. Edición)  
José Alarcón Creus  
Ed. Técnicas Marcombo S.A.  
Barcelona, España (1969)
- 7) Apuntes de los Cursos de Plásticos y  
Silicones I y II  
Prof. Julio Terán Z. (1974)