

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE QUIMICA

UTILIZACION DE PLASTICO REFORZADO A BASE
DE RESINA EPOXICA CON FIBRA DE VIDRIO
PARA LA CONSTRUCCION DE UN BIOSTATO

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

SERGIO RESENDIZ ARCHUNDIA

1 9 7 7



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.

Tesis 1977

DO _____
ECHA _____
PROC. _____
331

UTILIZACIÓN DE PLÁSTICO RECICLADO A BASE
DE RESINA EPOXICA CON FIBRA DE VIDRIO
PARA LA CONSTRUCCION DE UN ROTATORIO



QUÍMICA

2 1 2 1 1
ON...
INGENIERO QUÍMICO

ARCHIVO

1 9 7 7

JURADO ASIGNADO

<i>PRESIDENTE:</i>	<i>Prof. Julio Terán Zavaleta</i>
<i>VOCAL:</i>	<i>Prof. Fernando Iturbe Hermann</i>
<i>SECRETARIO:</i>	<i>Prof. Guillermo Alcayde Lacorte</i>
<i>1er. SUPLENTE:</i>	<i>Prof. Rolando Barrón Ruiz</i>
<i>2do. SUPLENTE:</i>	<i>Prof. Margarita González Terán</i>

Sitio donde se desarrolla el tema:

Centro de Investigación de Materiales de la U.N.A.M.

Sustentante:

Sergio Reséndiz Archundia

Asesor del Tema:

I.Q. Guillermo Alcayde Lacorte

Supervisor Técnico.

I.Q. Francisco C. Muñoz Ruiz

*Con agradecimiento por su valiosa
colaboración y orientación que me
brindaron para la elaboración del
presente trabajo en el Centro de
Investigación de Materiales.*

Dr. Juan Antonio Careaga V.

Dr. Jorge Richards C.

I.Q. Guillermo Alcayde Lacorte

I.Q. Francisco Muñoz Ruiz

Ing. Arturo Villanueva B.

Tec. Acad. Pedro Fuentes R.

*Agradezco la colaboración que
me brindaron:*

I.Q. Domingo Alarcón Ortiz

M.V.Z. José Alberto Rivera Brechu

Depto. de Nutrición y Bioquímica

A MIS PADRES

Con cariño, respeto y gratitud

A MIS HERMANOS

A MIS TIOS

A LA FACULTAD DE QUIMICA

A MIS MAESTROS

A MIS AMIGOS

I N D I C E

	PAG.
1. INTRODUCCION.....	1
2. OBJETIVO.....	3
3. GENERALIDADES.....	4
3.1. Generalidades sobre el empleo de Bajas Temperaturas en los Sistemas de Conservación.....	4
3.1.1. Descripción de un Biostato.....	6
3.1.2. Aspectos que se deben tomar en cuenta para - el diseño de Biostatos.....	6
3.1.3. Condiciones que deben cumplirse en la cons - trucción de Biostatos.....	7
3.2. Generalidades de la Fibra de Vidrio.....	7
3.2.1. Producción de la Fibra de Vidrio.....	8
3.2.2. Tratamiento Superficial.....	10
3.2.3. Forma comercial de la Fibra de Vidrio.....	12
3.2.4. Arreglo de la fibra de Vidrio.....	13
3.3. Generalidades de las Resinas Epóxicas.....	15
3.3.1. Características Generales.....	15
3.3.2. Materias Primas Fundamentales.....	16
3.3.3. Agentes de Curado o Endurecedor.....	20
3.3.4. Modificaciones.....	20
3.4. Generalidades del Polietilen Tereftalato (Mylar)..	21
3.4.1. Generalidades sobre el Aislamiento en Capas Múltiples (Superaislamiento).....	23

	PAG.
3.5. Generalidades sobre el Proceso de Embobinado Continuo (Filament Winding).....	24
3.5.2. Ventajas del Proceso.....	24
3.5.2. Propiedades del Plástico Reforzado.....	26
3.5.3. Efecto de la Baja Temperatura sobre las Propiedades del Plástico Reforzado.....	26
4. PROPUESTA EXPERIMENTAL.....	33
4.1. Características Comerciales.....	34
4.2. Análisis Estructural del Diseño.....	35
4.2.1. Características del Biostato Propuesto.....	36
4.3. Materiales Utilizados en la Construcción del Biostato Propuesto.....	39
4.4. Construcción del Biostato Propuesto.....	41
4.4.1. Fabricación de las Estructuras de Plástico Reforzado.....	41
4.4.2. Aplicación del Material Aislante.....	44
4.4.3. Ensamblado de las Estructuras.....	45
4.5. Cálculo de las Propiedades del Biostato Propuesto.....	45
5. ESTIMACION PRELIMINAR DE COSTOS.....	49
6. <u>CONCLUSIONES</u>	59
7. <u>APENDICE</u>	61
8. <u>BIBLIOGRAFIA</u>	68

INTRODUCCION

El incremento demográfico del país continua siendo uno de los más elevados del mundo, por lo que debe preverse la demanda de nuevas y mejores fuentes alimenticias incrementando la producción de la industria pecuaria.

Por tal motivo se ha desarrollado un programa de Inseminación artificial a nivel nacional, el cual permite mediante el mejoramiento genético de la raza, elevar el índice de productividad de dicha industria.

El costo y la problemática que la conservación de semen requiere, debido al uso de bajas temperaturas, ha generado la preocupación por el desarrollo de un material estructural compuesto que pueda utilizarse en la construcción de recipientes para conservación de material biológico.

El material propuesto es un plástico reforzado hecho a base de Resina Epóxica con Fibra de Vidrio utilizando el proceso de Embobinado Continuo el cual da al material excelentes propiedades físico-mecánicas.

Las estructuras de plástico reforzado se recubren con una película plástica que funciona como barrera de vapor y evita la permeabilidad del líquido refrigerante a través de ella.

El aislamiento térmico se lleva a cabo aplicando la técnica del aislamiento en capas múltiples al vacío.

El ensamblado se efectúa mediante el sellado de las estructuras concéntricas utilizando un adhesivo epóxico, con lo cual el recipiente se encuentra terminado y listo para utilizarse.

De esta manera, la construcción del biostato que se propone, incrementaría la tendencia al uso de las técnicas de inseminación artificial en el país.

II. O B J E T I V O

*El objetivo fundamental de este trabajo es la Construcción de un --
Biostato como sistema de almacenamiento para la conservación de semen, con ca
racterísticas semejantes o superiores a los biostatos comerciales, y que ade-
más tengan un costo final inferior al costo de los recipientes de importación.*

3. GENERALIDADES

3.1. Generalidades sobre el empleo de Bajas Temperaturas en los Sistemas de Conservación.

La criobiología nació de las aplicaciones de las técnicas de congelación a productos biológicos. Esta ciencia interviene en campos tan diversos como son la conservación de alimentos, tejidos, plasma sanguíneo, microorganismos, plantas, etc.; en medicina humana y espacial.

La criobiología ha dado origen, por otra parte, a nuevos sistemas de conservación de material orgánico de importancia extraordinaria para la comercialización y mercado de los mismos. El uso de esperma congelado viene a significar, en nuestros días, el más revolucionario medio de mejora genética a disposición de cualquier país.^{9/}

La conservación, que es uno de los principales problemas, requiere que el semen se congele y se mantenga a una temperatura inferior a -79°C en un medio totalmente inerte. La temperatura de almacenamiento debe estar por debajo de los -130°C (143°K) ya que solo así toda actividad química y enzimática se reduce a un nivel despreciable.

La manera más segura y más confiable de alcanzar la temperatura su

TABLA 1.

<i>Propiedades a 1 atm del líquido saturado.</i>	<i>Nitrógeno Líquido</i>
<i>Punto Normal de ebullición (°K)</i>	77.4
<i>Punto de fusión (°K)</i>	63.2
<i>Temperatura Crítica (°K)</i>	126.2
<i>Presión Crítica (atm)</i>	33.5
<i>Densidad (Lb/ft³)</i>	50.61
<i>Calor de Vaporización (Btu/Lb)</i>	85.32
<i>Conductividad Térmica (Btu/hr.ft°F)</i>	0.0804

ficientemente baja es usar nitrógeno líquido como medio refrigerante, ya que ha probado ser un medio excelente para preservar el material biológico (tabla 1). Con un punto de ebullición de -198°C (77°K) proporciona una temperatura de almacenamiento en la cual no ocurre ningún cambio químico o físico de tipo degradativo; además ofrece ventajas adicionales como medio refrigerante. Es químicamente inerte; no presenta efecto sobre el pH; se evapora sin dejar residuos; se encuentra disponible en grandes cantidades, y es de bajo costo.

Ya que los sistemas de conservación se emplean cada vez más, se han tenido que desarrollar biostatos comerciales que cumplan satisfactoriamente con la necesidad de almacenar el líquido refrigerante, puesto que la conservación del semen requiere un suministro regular de este elemento.

3.1.1. Descripción de un Biostato

Se trata de un recipiente Dewar de doble pared estructural fabricados para fines comerciales de acero inoxidable o aluminio. El espacio entre las dos paredes es llenado con un material aislante, generalmente polvos y fibras y llevados al vacío para una mayor efectividad del aislante.

3.1.2. Aspectos que se deben tomar en cuenta para el diseño de biostatos.

En cualquier tipo de biostato son de vital importancia dos aspectos fundamentales.

3.1.2.1. El material estructural debe poseer buenas propiedades mecánicas y al someterse a temperaturas extremas, no sufrir variaciones de estas propiedades.

3.1.2.2. El material aislantes, tiene como función minimizar la entrada de calor al interior del recipiente y debe cumplir con los siguientes -- requisitos:

Baja conductividad térmica

Ligereza de peso

Disponibilidad

Bajo costo

Capacidad de aislamiento en condiciones de operación variables.

3.1.3. Condiciones que deben cumplirse en la construcción de un Biostato

En general todos los dispositivos fabricados para el transporte de semen han de reunir las condiciones de: facilidad de manejo y transportación, ligereza de peso, economía en el medio refrigerante y bajo precio.

3.2. GENERALIDADES SOBRE FIBRA DE VIDRIO

Con objeto de obtener características óptimas en un plástico reforzado, es preciso que el material utilizado como refuerzo posea las propiedades físico-mecánicas necesarias para hacer de él un buen material estructural.

El material de refuerzo comercial que se emplea con mayor frecuencia es la fibra de vidrio, esta preferencia se debe a las características inherentes del vidrio que actúan favorablemente en el plástico reforzado dando como resultado un material con buenas propiedades físico-mecánicas.

Las propiedades que hacen de la fibra de vidrio un material adecuado para ser usado como refuerzo son:

Alta resistencia a la tensión

Baja conductividad térmica

Incombustibilidad

Excelente estabilidad dimensional

Inercia Química

3.2.1. Producción de la fibra de vidrio (5,6)

El tipo de vidrio usado para la producción de la fibra de vidrio se obtiene haciendo reaccionar a altas temperaturas y en hornos especiales una mezcla de sílice, cal, alumina y anhídrido bórico formándose una composición consistente del vidrio de borosilicato exento de hierro y prácticamente libre de óxidos alcalinos, cuya composición química es SiO_2 -(52-56%), Al_2O_3 -(12-16%) B_2O_3 -(8-13%), CaO (16-25%), MgO - 6%, Na_2O y K_2O - 3%.

Las propiedades de la fibra de vidrio (tipo E) se dan en la tabla 2.

Este vidrio es alimentado a un filtrador por el cual caen gotas de-

TABLA 2

<i>Propiedades</i>	<i>Fibra de Vidrio Grado "E"</i>
Sg	2.55
Resistencia a tensión (psi)	400 000
Módulo de Tensión (psi)	10.5×10^6
% Elongación	3-5
Resistencia a tensión última (psi)	250 000
Dureza (escala Mo.)	6.5
Conductividad térmica (Btu/hrft ² °F)	0.6
Calor Específico (Cal/g °C)	0.19

vidrio sobre rodillos acanalados semicirculares formando canicas con diámetro aproximado de 19 cm (3/4"), las cuales son fundidas posteriormente en crisoles de Platino-Rodio calentados por resistencias eléctricas a una temperatura aproximada de 2300°F. El vidrio fluye por gravedad a través de los 204 orificios de los crisoles formándose los monofilamentos que son estirados mecánicamente pasando a través de un dispositivo aplicador del apresto colocado a la salida del crisol, y siendo enrollados en cilindros que giran a gran velocidad (7 000 - 10 000 rpm) con lo que el diámetro del monofilamento se reduce hasta 0.0045 cm.

En la actualidad se emplea el método de fusión directa para la fabricación de la fibra de vidrio. En este proceso, las materias primas del vidrio son alimentadas a la unidad de fusión, en donde son fundidas y afinadas y se pasan directamente a través de dos canales o frentes conteniendo cuatro o más crisoles cada uno, por donde fluyen los monofilamentos procediéndose al estirado mecánico de una manera similar a la ya descrita.

Los cilindros o carretes de formación son controlados en tamaño y peso y removidos del enrollador para ser secados en un horno con objeto de eliminar el solvente o el agua asociados con la aplicación del apresto.

3.2.2. Tratamiento Superficial (5,6)

La resistencia mecánica de un plástico reforzado está originada por la unión o adhesión de los componentes del sistema.

Esta unión se logra por la aplicación de aprestos, los cuales reaccionan con la superficie de la fibra de vidrio y la resina epóxica que formará el plástico reforzado.

El apresto tiene como función:

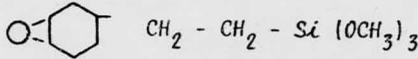
- a). Proteger a los monofilamentos para que no se destruyan entre sí por fricciones.
- b). Como lubricante que auxilie en el proceso y uso final del material compuesto.
- c). Como agente de acoplamiento que facilita la unión interfacial entre el refuerzo y la matriz resinosa.

El empleo de compuestos químicos organo-silanos usados como promotores de adhesión se debe a su habilidad para unir polímeros orgánicos con materiales inorgánicos tales como el vidrio.

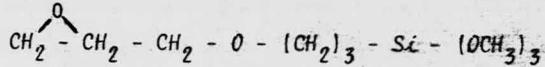
Los sistemas resultantes muestran un mejoramiento en la unión y en las propiedades mecánicas, las cuales son retenidas después de estar expuestas a condiciones variadas.

Entre los grupos organo-silanos más comunes están:

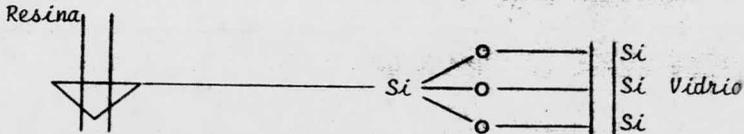
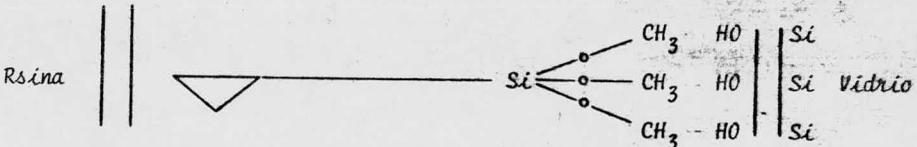
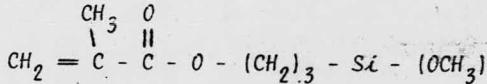
β - (3,4 Epoxiciclohexil)-
etil trimetoxisilano



γ - Glicidoxipropil-
trimetoxisilano



γ - Metacriloxipropil
trimetoxisilano



Silano ambifuncional como agente acoplante forma puentes moleculares entre sustratos que contienen grupos hidroxil y Resinas orgánicas.

3.2.3. Forma Comercial de la Fibra de Vidrio (5)

La fibra utilizada como refuerzo comercial se produce en varias formas: Roving (mecha) consta en general de 60 filamentos agrupados paralelamente con una ligera torsión presentando una orientación unidireccional que producirá elevadas propiedades en una sola dirección.

Colchoneta, formada por mono filamentos de fibra con longitud de 5 cm. en un arreglo al azar presentando una orientación multidireccional con-

la propiedad de repartir las cargas y esfuerzos mecánicos en todas direcciones.

Petatillo. Consiste en cabos de Roving tejidos en forma entrecruzada y en ángulos de 90° con respecto a los ejes longitudinales. Debido al arreglo bidireccional que se tiene, las cargas y esfuerzos son repartidos en forma uniforme y en sentidos transversales.

Filamento Cortado. Conjunto de filamentos de varias longitudes que varían de 1.25 a 5 cm. cuya presentación al consumidor es en bolsas de polietileno.

Velo. Formado por secciones de fibra de vidrio de manera similar a la colchoneta, aunque con menor peso por unidad de área. Empleada principalmente para mejorar el acabado de los artículos de Plástico Reforzado.

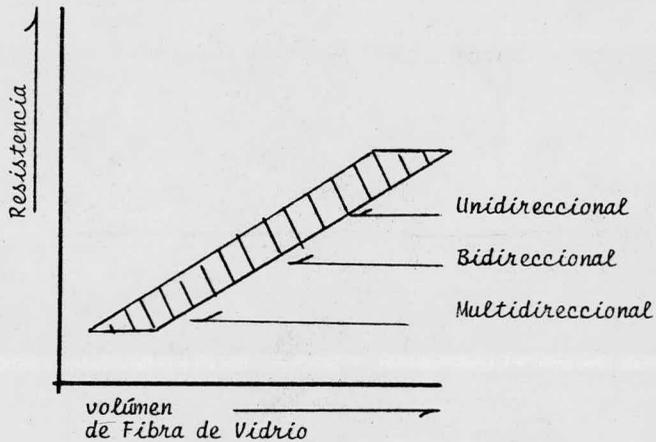
3.2.4. Arreglo de la Fibra de Vidrio

Las propiedades físico-mecánicas del Plástico Reforzado dependerán del efecto combinado de la cantidad de Refuerzo y su arreglo en el material compuesto.

El arreglo de la fibra determinará la dirección y el nivel de resistencia que se alcance.

3.2.4.1. Relación entre el arreglo y el contenido de refuerzo

Arreglo Unidireccional. En este tipo de arreglo el refuerzo está orientado hacia la dirección de la carga a soportar alcanzándose la máxima resistencia y módulo en la dirección de los filamentos. Este arreglo nos permite alcanzar un contenido de refuerzo de más del 80% en peso del compuesto.



Incremento de la Resistencia con relación al porcentaje de esfuerzo.
zo.

Arreglo Bidireccional. Proporciona una resistencia menor que la del arreglo unidireccional, pero aun considerable en cada dirección de la fibra orientada. Permite un contenido de refuerzo entre 55 a 75% en peso.

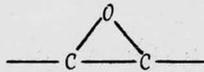
Arreglo Multidireccional. Da el rango más bajo de resistencia en todas direcciones, permitiendo un contenido de refuerzo de 10 a 50% en peso.

3.3. Generalidades de las Resinas Epóxicas

Se ha seleccionado a las resinas epóxicas para ser usadas como aglutinantes en el plástico reforzado debido a las altas propiedades físico-mecánicas que se obtienen:

3.3.1. Características generales

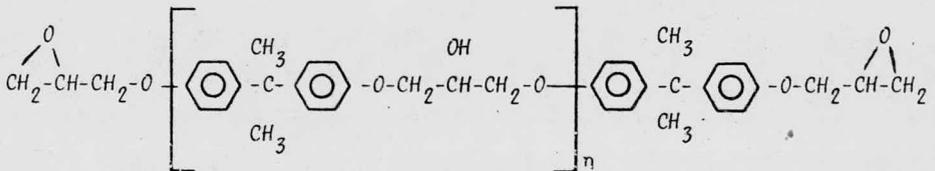
Las resinas se caracterizan por la presencia del grupo reactivo -- epóxico. Este grupo puede ocupar diferentes posiciones dentro de la molécula,



ya sea terminal, interno, cíclico, glicidil, etc.

La presentación comercial de las resinas epóxicas son en estado líquido o sólido dependiendo del grado de polimerización. En este estado físico, las resinas son termoplásticas.

Sin embargo la obtención de máximas propiedades se logra por la con



Fórmula General de las Resinas Epóxicas

versión a su estado termofijo mediante la reacción de los anillos epóxicos --

con los agentes de curado o de una manera catalítica, homopolimerizándose para formar una estructura polimérica tridimensional dura e infusible.

Las resinas epóxicas son el material plástico de mayor versatilidad en el mercado y los productos de reacción del Bisfenol A - Epiclorhidrina re presentan la familia de mayor importancia comercial.

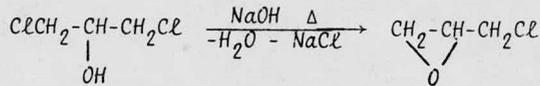
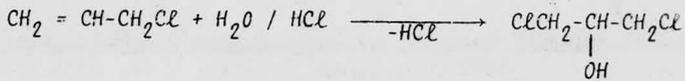
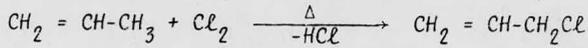
Las resinas epóxicas presentan las siguientes propiedades y caracte
rísticas:

- 1.- Amplia variación en los tiempos de curado
- 2.- Excelente adhesión a una amplia variedad de sustratos
- 3.-. Altas propiedades físico-mecánicas
- 4.- Excelente estabilidad química
- 5.- Muy bajo encojimiento (menor del 2%)

3.3.2. Las materias primas para la producción comercial de la resi
na epóxica convencional son la epiclorhidrina y el Bisfenol A.

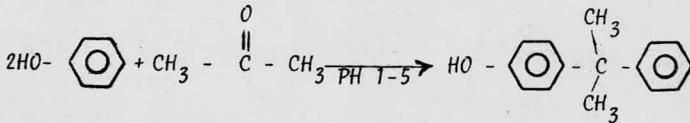
a. Preparación de la Epiclorhidrina (7,10)

A partir de la cloración del propileno con la obtención de di-
clorhidrina como intermediario.



b. Preparación del Bisfenol A (7,10)

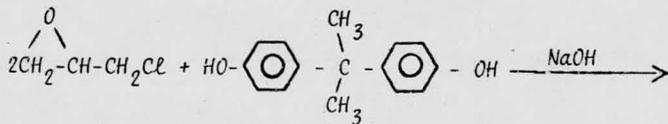
Por condensación catalítica ácida de fenol y acetona.

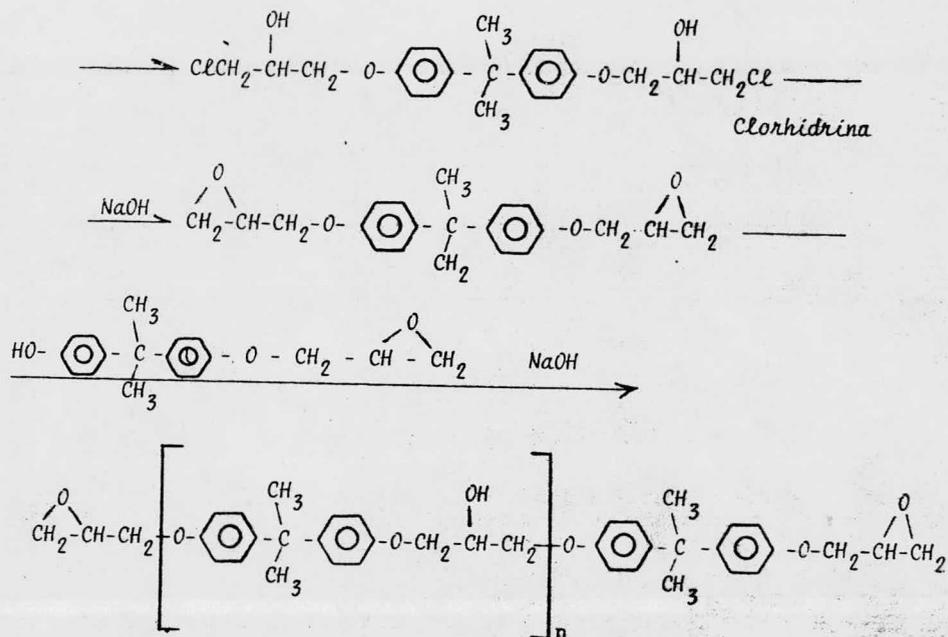


3.3.2.1. Producción de la Resina Epóxica (7,10)

El Diglicidiléter del Bisfenol A (DGEBA) se obtiene por la reacción de la epiclorhidrina con el bisfenol A en presencia de hidróxido de sodio.

La reacción ocurre en dos etapas: (1) la formación de la clorhidrina como intermediario y (2) la dehidrohalogenación del intermediario al glicidil eter.





El hidróxido de sodio cataliza la reacción para producir la clorhidrina intermedia, actúa como agente dehidrohalogenante y neutraliza el ácido clorhídrico que se forma.

La reacción siempre se lleva a cabo con un exceso de epíclorhidrina, así la resina resulta con grupos epóxicos terminales.

El grado de polimerización puede ser controlado por la relación de reactivos obteniéndose resinas de bajo peso molecular (líquidos moderadamente viscosos) en donde n va de cero a uno, hasta resinas de alto peso molecular (sólidos termoplásticos quebradizas) en donde n es igual a uno o mayor, tabla 3

TABLA 3

Resinas DGEBA

Peso Molecular Aproximado	Viscosidad Pto. reblandecim.	Equivalente Epoxico/100 mg.	Equivalente Hidroxilico/100 mg.
360	10 000 cps	0.53	0.06
380	15 000 cps	0.52	0.06
400	20 000 cps	0.47	
420	25 000 cps		
450	43 °C'		
470	60 °C'	0.40	0.16
770	70 °C'	0.32	0.21
1 000	84 °C'	0.20	0.28
1 400	112 °C'	0.11	0.32
2 900	125 °C'	0.3	0.36
3 750	135 °C'	0.3	0.40

3.3.3. Agentes de curado o Endurecedores (4)

Las resinas epóxicas termoplásticas se convierten a sólidos termofijos por reacción con el agente de curado o endurecedor.

La reacción de polimerización entre la resina y el endurecedor normalmente ocurre sin formación de subproductos. El endurecedor participa directamente en la reacción y forma parte de la estructura molecular de la resina.

Entre los endurecedores más importantes tenemos a las aminas alifáticas y aromáticas, anhídridos ácidos y agentes de curado latente o catalizadores. Otros tipos usados en aplicaciones comerciales son los fenoles, ácidos carboxílicos, ureas, ácidos y bases inorgánicas y mercaptanos.

3.3.4. Modificaciones (4,5)

3.3.4.1. Diluyentes

Para reducir la viscosidad del sistema se pueden usar líquidos diluyentes reactivos o no reactivos que tengan una viscosidad menor que la resina.

3.3.4.2. Agentes proporcionadores de flexibilidad

Usados en sistemas epóxicos en donde se requiere mejorar las propiedades a bajas temperaturas. Entre ellos tenemos las poliaminas, anhídros polibásicos, etc.

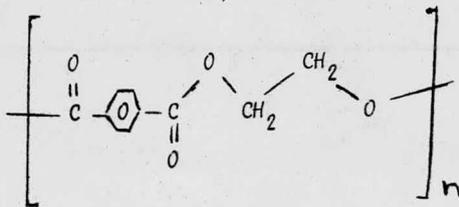
3.3.4.3. Aceleradores

Para incrementar la velocidad de reacción del sistema. Entre los más utilizados están Benzildimetilamina (BDMA), Dimetilanilina, dietilamino - Propilamina, Piridina.

3.4. Generalidades del Polietilen Tereftalato (Mylar) (11)

Debido a las propiedades que presenta, el polietilen tereftalato es utilizado a temperaturas criogénicas como barrera de vapor, ya que conserva su flexibilidad bajo estas condiciones, lo que no sucede con la mayoría de los materiales poliméricos.

El polietilen tereftalato es un polímero policristalino formado por la reacción de condensación del etilen glicol y ácido tereftálico. Las propiedades mecánicas de este polímero dependerán del grado de orientación molecular que presente su estructura.



Polietilen Tereftalato

Esta película poliéster se obtiene por extrusión seguida de un estiramiento biaxial, y es mucho más resistente que cualquier otra película polimérica comercial. Fig. 1

FIG 1.

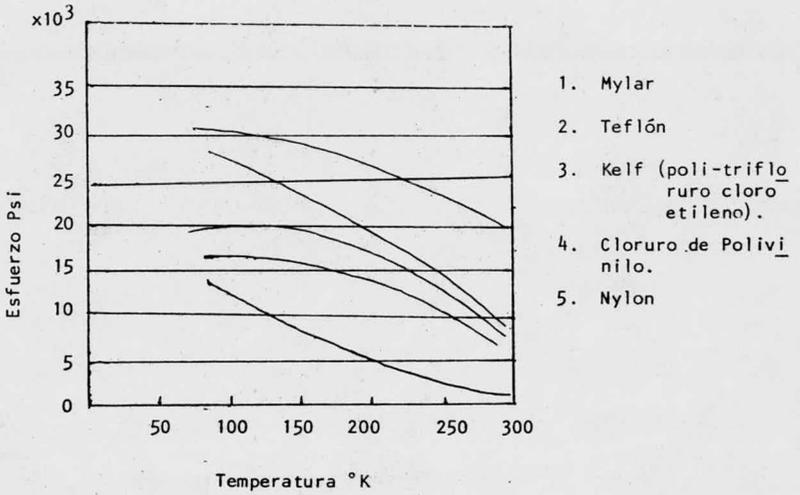


TABLA 4.

	MYLAR
Resistencia a tensión Última (psi)	25 000
Esfuerzo para producir 3% Elongación (Psi)	13 000
Esfuerzo para producir 5% Elongación (Psi)	15 000
Elongación Última (%)	120
Modulo de Tensión (Psi)	550 000
Resistencia al Impacto (kg-cm/mil)	6
Densidad (g/cm ³)	1.395
Punto de fusión (°C)	250
Coef. de Expansión térmica (in/in/°C)	1.7×10^{-5}
Conductividad térmica (Btu/mft °F).	0.0875
Calor Específico (cal/g°C)	0.28
Flamabilidad	lento a Autoextinguible

El polietileno tereftalato es conocido con el nombre de Mylar (marca comercial Du-Pont.).

El Mylar es muy versátil y mantiene sus propiedades físico-mecánicas dentro de un amplio rango de temperatura, que van de los -170 a 150°C ; cuando los esfuerzos físicos no son tan exigentes puede soportar condiciones aún más drásticas (-250° a 200°C). Tabla 4.

El Mylar se metaliza con aluminio y puede obtenerse en cosas comerciales en diversos espesores para aplicaciones específicas.

3.4.1. Generalidades sobre el aislamiento en capas múltiples (super aislamiento) [3,1]

Las exigencias que se tienen en el almacenamiento del líquido refrigerante, como medio de conservación, es función de la efectividad del material aislante que se utiliza, siendo éste el factor determinante en el comportamiento final del recipiente.

El sistema de aislamiento térmico que se utiliza es el llamado aislamiento en Capas Múltiples o Superaislantes que consiste en colocar capas alternas de un material altamente reflejante y un material aislante o separador de baja conductividad.

Existen varios tipos de aislamiento técnico que pueden ser usados en los sistemas de conservación a temperaturas criogénicas, estos incluyen:

- a) espumas expandidas
- b) polvos y fibras llenos de gas
- c) vacío

- d) polvos y fibras al vacío
- e) super aislantes

Estos aislantes están listados con relación a su eficiencia. En la tabla 5 se da una comparación de propiedades entre los diversos tipos de aislantes.

3. 5. Generalidades sobre el Proceso de Embobinado continuo (Filament Winding) (8)

El proceso de Embobinado Continuo (Filament Winding) da como resultado un alto grado de orientación del refuerzo y un alto contenido de éste, - impartiendo con ello una gran resistencia a la tensión de los productos obtenidos por este proceso.

3. 5. 1. Ventajas del proceso de Embobinado Continuo

La utilización de este proceso proporciona una relación de Resistencia por unidad de peso superior a la mayoría de los materiales estructurales, Tabla 6

Los productos son fácilmente reproducibles en cuanto a calidad y -- cantidad de materiales, las propiedades del producto son controladas y fácilmente predecibles.

TABLA 5.

Tipo de aislante	Densidad g/cm ³	Condiciones de Op.		K Kcal/h M°C
		P mm Kg	°K	
Espumas rígidas Expandidas	(0.03-0.2)	760	77°-300°	(0.008-0.04)
Espuma de Poliuretano con frcón				(0.01 -0.027)
Poliestireno expandido				0.033
Espuma de vidrio				(0.039-0.053)
PVC expandido				(0.013-0.033)
Polvos y fibras llenos de gas	(0.06-0.24)	760	77°-300°	(0.008-0.035)
Perlita expandida				(0.029-0.031)
Fieltro de fibra de Vidrio				(0.0177-0.02)
Vacío		10 ⁻⁵	20°-300°	(0.008-0.035)
Polvos y fibras al vacío	(0.06-0.24)	10 ⁻³	77°-300°	(0.00088-0,008)
Perlita				(0.00088-0.0018)
Fibra de Vidrio AA				(0.00035-0.00044)
Aislante en Capas Múltiples	(0.048-0.8)	10 ⁻⁵	4°-300°	(0.000026-0.00088)

Una de las principales características de este proceso es la facilidad de someter a tensión previamente al material de refuerzo desde el inicio de su fabricación, lo cual ha demostrado ser de gran utilidad en el buen funcionamiento mecánico de la estructura de plástico reforzado.

3. 5.2. Propiedades del Plástico Reforzado

Las estructuras de embobinado continuo presentan buenas propiedades de resistencia a la tensión, además de estabilidad dimensional, ligereza de peso y excelentes propiedades dieléctricas. Estas propiedades se deben principalmente a que son materiales de baja densidad con un coeficiente bajo de transferencia de calor, lo que será ventajoso en la minimización de pérdidas de calor en la estructura. Tabla 6.

Como resultado de estas propiedades los plásticos reforzados a base de resina epóxica y fibra de vidrio presentan un alto nivel de propiedades físico mecánicas que los hacen deseables para aplicaciones estructurales donde se requiere de alta resistencia y baja densidad. Tabla 7.

3. 5.3. Efecto de la baja temperatura sobre las propiedades del plástico Reforzado (3, 14).

A bajas temperaturas, la pérdida de flexibilidad por fracturas, común en la mayoría de los materiales isotrópicos, es minimizada en este tipo de material compuesto, debido a las discontinuidades del plástico reforzado que inhiben la propagación de fracturas y grietas entre filamentos.

Diagrama de Bloques para la fabricación de Plástico Reforzado por el Proceso de Embobinado Continuo.

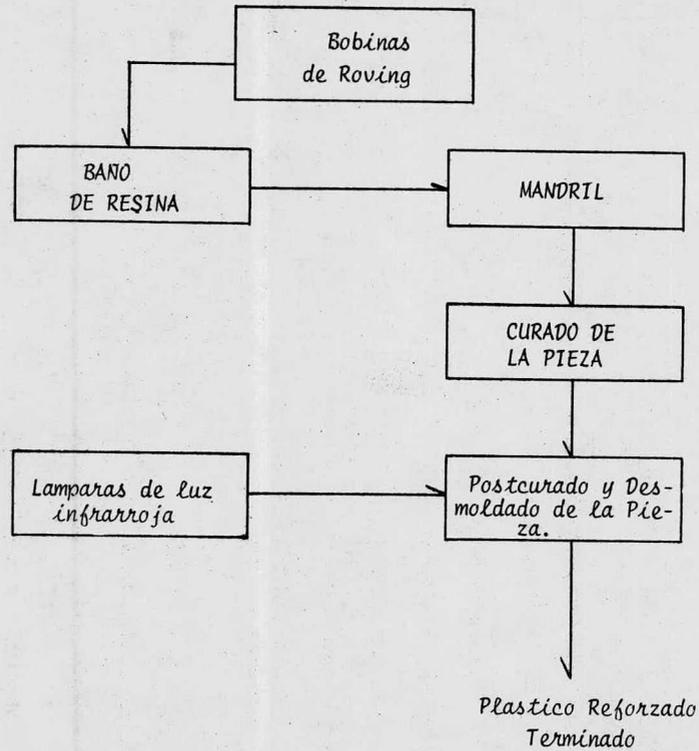


TABLA 6.

La	2.03
Densidad	0.079 15/in ³
Resistencia a tensión	158 000 psi
Módulo de Tensión	9x10 ⁶ psi
Resistencia a Compresión	180 000 psi
Resistencia a Flexión	270 000 psi
Módulo de flexión	7x10 ⁶ psi
% de Elongación	3-4%
Resistencia al Impacto	40-60 Ft-Ib/in
Dureza Rockwell	98-120
Conductividad Térmica	0.16-0.19 Btu/hrFt°V
% Contenido de Resina	40%

TABLA 7.

	Sg	Densidad (15/m ³)	Resistencia Tensión(psi)	R. tensión Densidad	K Btu/M ft° F
Acero Estructural	7.8	0.28	6 000	0.02	0.916
Aluminio	2.88	0.10	70 000	0.70	8.16
Poliéster Embobinado	1.8	0.072	121 000	1.7	0.19
Epoxy-Embobinado	2.03	0.079	158 000	2.0	0.16
Espuma rígida de Pliuretano		0.006	71.1	0.011	0.04

Los datos disponibles del comportamiento de estos materiales fabricados por el proceso de embobinado continuo para ser utilizados como material estructural a temperaturas criogénicas, indican que hay un incremento de las propiedades mecánicas, figura 2; y un decremento de la conductividad térmica (fig. 5) y en la elongación, respecto a las propiedades obtenidas utilizando otros procesos de fabricación.

La velocidad con la que se incrementa la resistencia combinada con el pequeño cambio en módulo, indican que los plásticos reforzados a base de resistencia epóxica y fibra de vidrio mantienen su flexibilidad a temperaturas criogénicas.

Algunas propiedades físicas adicionales se dan en las Figuras 3 y 4.

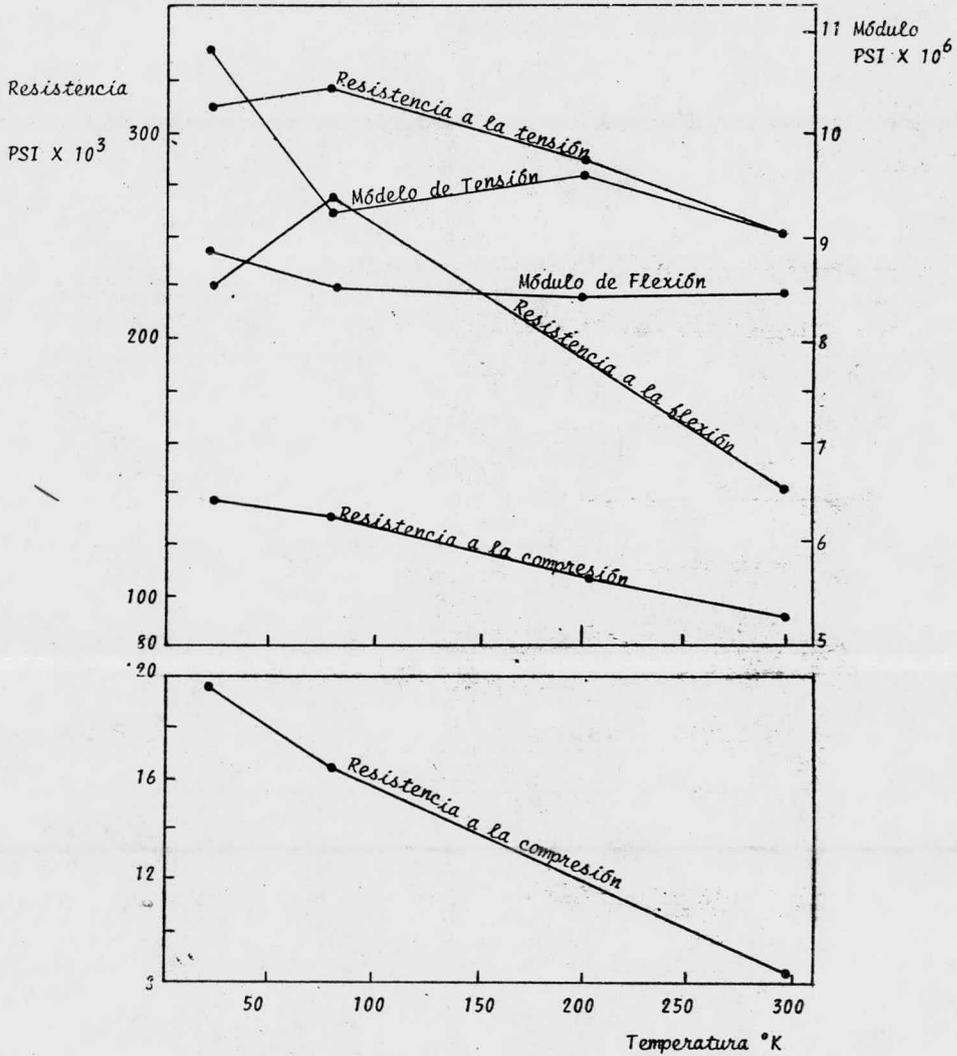


Fig. 2.- Efecto de la Temperatura sobre las Propiedades Mecánicas.

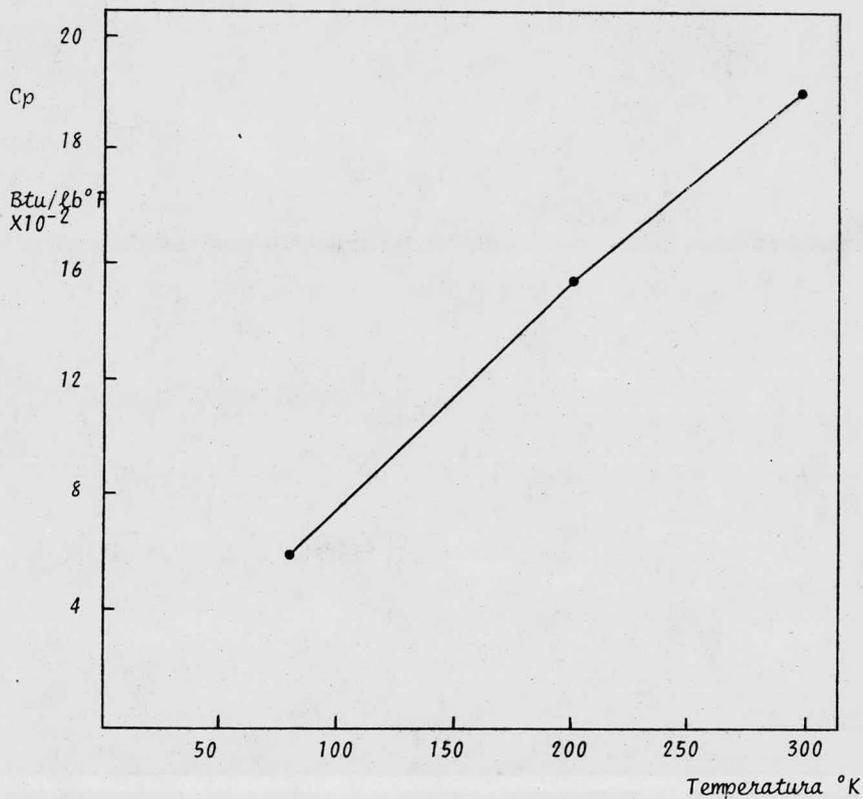


Fig. 3.- Efecto de la temperatura en el Calor específico

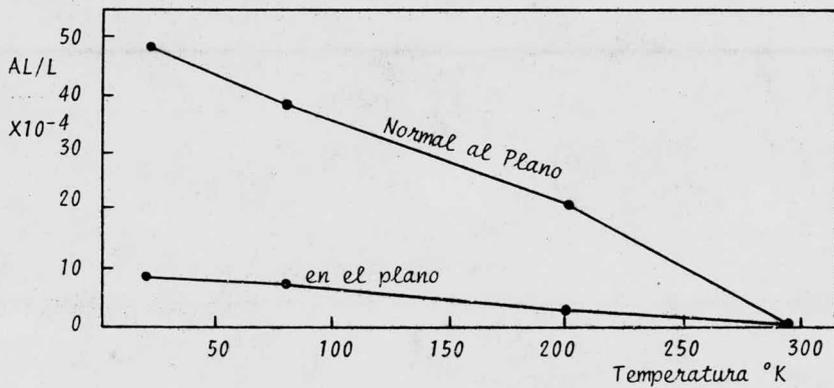


Fig.4.- Efecto de la temperatura en la contracción térmica.

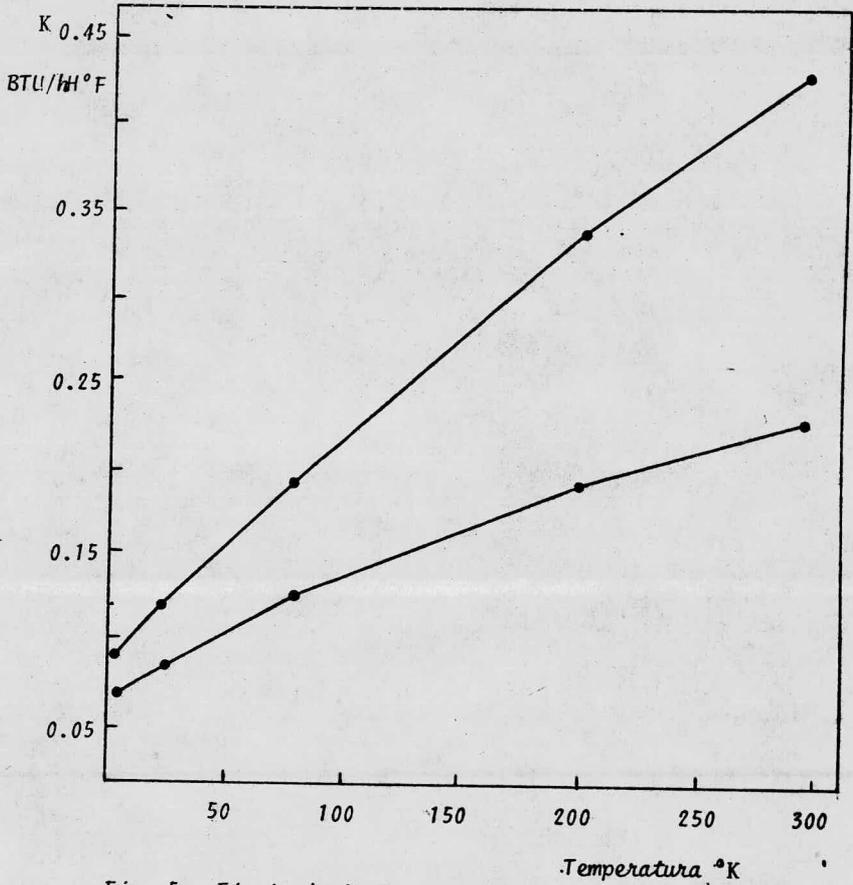


Fig. 5. Efecto de la temperatura en la conductividad térmica.

4. PROPUESTA EXPERIMENTAL

De acuerdo con el objetivo planteado para la realización de este trabajo, se propone la utilización de un plástico reforzado para la construcción de un biostato, el cual estará estructurado de la siguiente manera:

a) Un laminado embobinado interior y otro exterior de plástico reforzado (resina epóxica y fibra de vidrio) utilizándose como material estructural del recipiente; recubiertos a su vez con una película plástica que actúa como barrera protectora y que constituye también el acabado del material.

b) El material aislante formado por mylar aluminizado y velo de fibra de vidrio que recubren al recipiente interior.

c) El ensamblado y sellado de la doble estructura concéntrica que formarán el recipiente de almacenamiento.

La utilización de este sistema de laminados embobinados es por lo anterior una gran ventaja, tanto en los medios de aislamiento, como en la construcción en sí del biostato.

Las etapas a seguir para la construcción del biostato son las si - -

guientes:

- 1) Estudio de las condiciones de operación.
- 2) Diseño y dimensionamiento de las estructuras.
- 3) Selección del material aislante.
- 4) Diseño y construcción de los moldes para las estructuras de plás
tico reforzado.
- 5) Fabricación de las estructuras y aplicación de la barrera protec
tora.
- 6) Aplicación del material aislante (Superaislamiento).
- 7) Ensamblado y sellado de las estructuras concéntricas.
- 8) Consideraciones de la línea de vacío y válvula de seguridad.

4.1. CARACTERISTICAS COMERCIALES.

Uno de los recipientes para almacenamiento comercial de mayor demanda por sus características de facilidad de manejo y transportación en los medios de locomoción de los técnicos inseminadores, es un modelo convencional - fabricado de acero inoxidable, que tiene una capacidad para 20.7 litros de ni
trógeno líquido y que permite almacenar hasta 252 ampollitas de 1 cm^3 de volú
men cada una. Este recipiente tien un diámetro exterior de 37.5 cm. una altu
ra de 57.8 cm y pesa 26.8 Kg. cuando está lleno. Presenta una duración de --
trabajo de 8 semanas y una evaporación estática de nitrógeno líquido de 0.18-
litros por día (13).

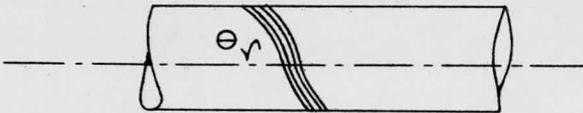
El biostato que se va a construir deberá cumplir por lo menos con -
las características que presenta el modelo convencional, con el objeto de que

pueda competir. Además deberá cumplir con la propiedad de poder mantener la temperatura de conservación por un período mínimo de 60 días.

4.2. ANALISIS ESTRUCTURAL DEL DISEÑO (6).

Por medio del análisis de estructura que conforman el embobinado se han llegado a dos aproximaciones. La primera, considera a las fibras de vidrio como un sistema neto que soporta a las cargas primarias, y solamente la resina resistiendo las cargas secundarias. La segunda aproximación trata a la estructura como un material homogéneo y considera a las propiedades físico mecánicas en varias direcciones relativas al patrón de embobinado. Además considera a los esfuerzos secundarios en direcciones diferentes a la carga principal considerada al efectuar el diseño.

Consideremos una estructura sometida a presión interna, fabricada mediante un sistema simple de embobinado helicoidal con un ángulo constante respecto al eje de giro del mandril, como se ilustra a continuación.



Θ - ángulo de embobinado

Consideramos una línea longitudinal a través de la cual las fibras-

helicoidales deberán soportar la carga circunferencial. Podrá observarse que el número de fibras que cruzan esa línea disminuirá conforme disminuya el seno de θ ; de tal manera que la componente circunferencial de la fibra varíe directamente con el seno de θ ; y que la resistencia circunferencial sea por lo tanto proporcional al $\text{sen}^2\theta$. Similarmente la resistencia longitudinal será proporcional al $\text{COS}^2\theta$.

Esto se aplica comunmente a estructuras sometidas a presión interna en el cual el esfuerzo circunferencial es el doble del esfuerzo axial. La ecuación determina que el ángulo helicoidal para esta aplicación es aquel cuya tangente es la raíz cuadrada de 2 o sea $54\ 3/4^\circ$.

4.2.1. Características del Biostato Propuesto.

De acuerdo a las características que deberá cumplir el biostato que se va a construir, se han seleccionado las siguientes dimensiones:

a) Recipiente Interior.

$$D = 30 \text{ cm}$$

$$h = 45 \text{ cm}$$

Debido a la vaporización del líquido refrigerante el recipiente interior se diseña con 10% de volumen extra. Bajo estas condiciones se tiene:

Volúmen Total - 31.8 Litros.

Volúmen efectivo (90%) - 28.6 litros.

La capacidad total del recipiente considerando el volúmen de las -- muestras a conservar es de - 21.5 litros.

b.) Recipiente Exterior.

$$D = 40 \text{ cm}$$

$$h = 60 \text{ cm}$$

4.2.1.1. Cálculo del espesor de pared del recipiente interior. (3)

El recipiente interior deberá diseñarse para resistir la presión máxima interna y los esfuerzos cortantes.

El espesor está dado por la ecuación:

$$t = \frac{P \cdot D}{2 (S \cdot ew - 0.6P)}$$

P - presión máxima interna de diseño.

D - diámetro interno del recipiente.

S - esfuerzo permitido (1/4 resistencia última del material)

ew - eficiencia de adhesión.

Para el plástico reforzado a base de resina epóxica y fibra de ví--vrio con una resistencia a la tensión de 157 000 psi, tenemos un esfuerzo de-

$S = 40\ 000$ psi. Una presión máxima de 489 psi; $e_w = 0.7$ y un diámetro de - - 11.81 in; el espesor de pared será:

$$t = \frac{(489)(11.81)}{2(40\ 000)(0.7) - (0.6)(489)} = 0.1042 \text{ in}$$

$$t = 0.2647 \text{ cm.}$$

Utilizando un factor de seguridad del 50% del valor obtenido, tenemos que el espesor de pared del recipiente interior será de 0.40 cm ó 0.16 in.

4.2.1.2. Cálculo del espesor del recipiente exterior (3).

El recipiente exterior soporta esfuerzos de compresión debido a que por un lado está sujeto a la presión atmosférica y por el otro se tiene vacío.

Las fallas por inestabilidad elástica (aplastamiento, pandeo) están considerados al hacer uso de la Presión Crítica, la cual está relacionada con la presión atmosférica mediante la expresión:

$$P_c = 5 P_a$$

P_a = presión atmosférica (15 psi)

por lo que

$$P_c = 75 \text{ psi}$$

y el espesor de pared del recipiente exterior se calcula de la ecuación:

$$t = \left(\frac{P_c (1 - \nu^2)^{1/3}}{2 E} \right) \cdot D_o$$

ν - relación de Poisson (0.3)

E - Módulo de Young del plástico Reforzado (9×10^6 psi)

D_o - Diámetro exterior (15.75 in).

De acuerdo a lo anterior, el espesor de pared del recipiente exterior será:

$$t = \left[\frac{(75)(0.91)}{(2)(9)(106)} \right]^{1/3} \cdot (15.75) = 0.2457 \text{ in}$$

Tomando un espesor de 0.25 in como nominal y utilizando además, un factor de seguridad del 50% del valor obtenido, tenemos que el espesor de pared del recipiente exterior será de 0.95 cm ó 0.375 in.

4.3. MATERIALES UTILIZADOS EN LA CONSTRUCCION DEL BIOSTATO PROPUESTO.

Estructura de plástico Reforzado

Material aislante.

4.3.1. Para la fabricación de las estructuras concéntricas de Plástico Reforzado se utiliza: (12).

1.) Resina Epóxica Convencional: Araldite A Y 103

(100 partes por peso de formulación)

2.) Endurecedor: H Y 953F

(100 partes por peso de formulación).

El sistema anterior cumple con los requisitos para la fabricación de las estructuras de plástico reforzado y por lo tanto para la elaboración del biostato.

El material de refuerzo utilizado en la fabricación del plástico --

reforzado es la fibra de vidrio en su forma comercial de roving (20 cabos).

La fabricación del plástico reforzado se lleva a cabo utilizando el proceso de Embobinado continuo (Filamen Winding); el cual utiliza un 60% en peso del material de refuerzo.

Este proceso se caracteriza por :

- 1.) Productos de alta resistencia y de baja densidad
- 2.) Productos con un alto grado de control en uniformidad y orientación del material de refuerzo.
- 3.) Se dispone de moldes con la forma y tamaño deseados.
- 4.) El proceso puede ser automatizado disminuyendo los costos de fabricación.

4. 3. 2. Material Aislante. (3).

El material aislante utilizado en la construcción del Biostato fue el Mylar aluminizado y el velo de fibra de vidrio aplicando la técnica del aislamiento en capas múltiples (Super aislantes).

La baja conductividad térmica de estos aislantes se explica por el hecho de que todas las formas de transferencia de calor (radiación, conducción sólida y conducción gaseosa) son reducidas a un mínimo. Cuando la técnica es bien aplicada se llegan a tener conductividades térmicas del orden de $(1.7-3.4) \times 10^{-5}$ Btu/hft²°f debiendo ser evacuadas por debajo de 10^{-4} mm Hg absolutos para su efectividad.

La conductividad térmica depende del grado de compactación del mate-

rial aislante. Y de acuerdo a la Figura 6, vemos que la densidad de capa óptima es de 60 capas por pulgada (1). Si el aislante se comprime demasiado la conductividad térmica se incrementa.

4.4. CONSTRUCCION DEL BIOSTATO PROPUESTO.

Las etapas a seguir para la construcción del Biostato son las siguientes:

- 1.) Fabricación de las estructuras de plástico reforzado.
- 2.) Aplicación del material aislante.
- 3.) Ensamblado y sellado de las estructuras concéntricas.

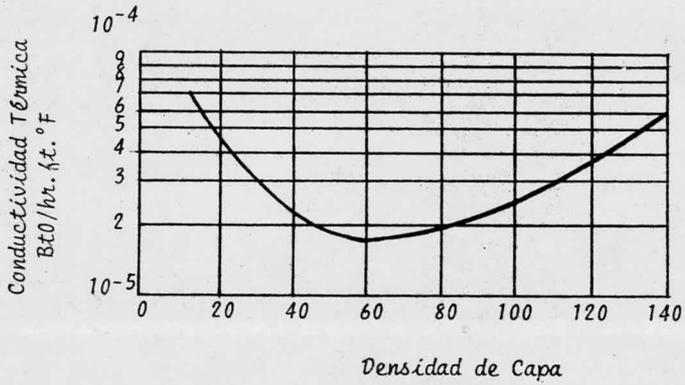
4.4.1. Fabricación de las estructuras de plástico reforzado.

Una vez que se han construido los moldes o mendriles con la forma deseada, se procede a la preparación del mandril aplicando el agente desmoldante.

El agente desmoldante utilizado es una película de mylar aluminizado colocandolo de manera que la parte plástica quede en contacto con el molde. Esta película metalizada actuará además como barrera protectora de la pared de plástico reforzado.

A continuación se procede a la aplicación del material de refuerzo y del sistema de resina epóxica-endurecedor; la parte metalizada del mylar queda en contacto con el sistema de resina teniendo muy buena adhesión entre los dos materiales.

Fig. 6.



Temperatura de pared caliente 298°K
Temperatura de pared fría 97.5°K

Para la aplicación del material de refuerzo y el sistema de resina-endurecedor, se utiliza el proceso de Embobinado Continuo (Filamento Winding)

El proceso consiste básicamente en el enrollado del material de refuerto a un eje o mandril que actua como molde y al que previamente se le ha aplicado separador.

Las bobinas de fibra de vidrio y un recipiente que contiene el sistema de resina se encuentran colocados en una plataforma que se desplaza en forma paralela al eje o mandril y con una velocidad tal, que el material de refuerzo (que se impregna por inmersión en la resina) forme un ángulo de - - $54\ 3/4^\circ$ con respecto al eje horizontal del mandril.

Este ángulo proporciona la mejor resistencia a cargas axiales y circunferencial, además de que el roving se aplica pretensado, lo que aumenta - la resistencia mecánica.

Una véz que se tiene el espesor deseado, se aplica un rolado a la - última capa con el fin de sacar el aire ocluido y ayudar a un mejor curado - de la pieza.

A continuación se deja curar el producto a temperatura ambiente y - se procede a la separación de la pieza del mandril.

La estructura de plástico reforzado se lleva a un postcurado utilizando lámparas de luz infrarroja con el objeto de obtener las máximas propiedades del material.

Por último se coloca una película de mylar aluminizado (11) sobre -

la superficie exterior de la estructura utilizando el sistema de resina -endurecedor como adhesivo.

La utilización del mylar aluminizado tiene como finalidad formar -- una barrera protectora sobre la pared de la estructura de plástico reforzado, ya que el estar sometidas a esfuerzos estos materiales pueden fracturarse produciéndose grietas debido al choque térmico al entrar en contacto el líquido-refrigerante y la superficie del plástico reforzado.

4.4.2. Aplicación del Material Aislante.

Una vez que se tienen las estructuras de plástico reforzado se procede a hacer la aplicación del material aislante sobre la estructura que ocupará la parte interior del recipiente.

La técnica del superaislamiento consiste básicamente en embobinar - la estructura con capas alternas de mylar aluminizado que es un material altamente reflejante y como separador, velo de fibra de vidrio que es un material de baja conductividad.

Se aplican 60 capas por pulgada, entendiéndose por capa a una hoja - de material reflector y una hoja de material separador, siendo esta cantidad - el espesor óptimo por pulgada recomendado de material aislante.

Este sistema de aislamiento térmico es importante debido a las características inherentes del material empleado y las ventajas que ofrece en sí -

esta técnica como son:

- 1.) Ligereza de peso
- 2.) Control de densidad de capa
- 3.) Muy bajo coeficiente de conductividad térmica
- 4.) Facilidad de aplicación
- 5.) Capacidad de aislamiento bajo condiciones de operación variables.

4.4.3. Ensamblado de las estructuras concéntricas.

El ensamblado se lleva a cabo mediante el sellamiento de las bocas de los recipientes utilizando la misma formulación de Resina-Endurecedor como adhesivo.

4.5. CALCULO DE PROPIEDADES DEL BIOSTATO PROPUESTO.

Para el uso del Biostato en los sistemas de conservación es necesario conocer varios aspectos relacionados con las características de trabajo de estos recipientes; para tal efecto se efectuaron los siguientes calculos:

- a.) Transferencia de calor al recipiente interior (1).

La transferencia de calor por unidad de tiempo que causa la evaporación del fluido refrigerante, esta dado por la ecuación:

$$Q = UA_m \Delta T$$

en donde $\frac{1}{U} = \frac{1}{h_1} + \frac{L}{K} + \frac{1}{h_0}$

siendo la resistencia del material aislante $\frac{L}{K}$ el que predomina, la ecuación - toma la forma:

$$Q = \frac{K}{L} A_m \Delta t$$

en donde L = espesor del aislante

A_m = área media del aislante.

Para obtener una aproximación del área media en recipientes concéntricos de forma cilíndrica se utiliza el área media logarítmica:

$$A_m = A_{ext} - A_{int} / \ln \frac{A_{ext}}{A_{int}}$$

A_{ext} y A_{int} representan el área del recipiente exterior e interior respectivamente.

Para un área exterior de 10120 cm^2 y un área del recipiente interior de 5780 cm^2 , se tiene:

$$A_m = \frac{10120 - 5780}{\ln \frac{10120}{5780}} = 7760 \text{ cm}^2$$

Para un espesor de aislante de 0.0833 ft ; $\Delta t =$

$77 - (-320) = 397^\circ \text{F}$; $A_m = 8.353 \text{ ft}^2$ y $K =$

$2.5 \times 10^{-5} \text{ Btu/hr ft}^2 \text{ } ^\circ \text{F}$ la ecuación de transferencia de calor será:

$$Q = (2.5) (10^{-5}) (8.353) (397) / 0.0833$$

$$Q = 0.9948 \text{ Btu/hr.}$$

b.) Rapidez de Evaporación (1)

La rapidez de evaporación del líquido refrigerante es función del -

calor que entra al recipiente interior causando la evaporación, y está dado por la ecuación:

$$\frac{Mv}{t} = \frac{Q}{(Lv) \frac{P_{liq}}{P_{liq} - P_{vap}}}$$

Q - transmisión de calor por unidad de tiempo

Lv - calor latente de evaporación

$P_{liq}/P_{liq}-P_{vap}$ - Factor de corrección, basado en las densidades del líquido y del vapor del fluido cuando está saturado a presión atmosférica.

Mv/t - rapidez de evaporación

La rapidéz de evaporación será;

$$\frac{Mv}{t} = \frac{0.9948 \text{ Btu/hr.}}{(578 \text{ Btu/gal}) (1.006)} = 0.00171 \frac{\text{gal}}{\text{hr.}}$$

$$\frac{Mv}{t} = 0.1553 \text{ Litros/día}$$

c.) Características generales del Biostato Propuesto

1. Materiales Empleados.

a. Espesor de pared del recipiente exterior -0.375 in

-0.95 cm

b. Espesor de pared del recipiente interior -0.16 in

- 0.40 cm

1.2. Material aislante.- Mylar Aluminizado con densidad de 0.045 -- g/cm³; velo de fibra de vidrio con una presión intersticial de 10⁻⁴ torrs.

2. Características del Biostato.

Altura	60 cm
Diámetro externo	40 cm
Capacidad de Nitrógeno líquido	21.5 litros
Peso vacío aproximado	23.5 Kg
Peso Heno	41 Kg
Evaporación estática de Nitrógeno líquido	0.1553 litros/día
% de Pérdida de Nitrógeno líquido respecto a la capacidad total	0.722%
Tiempo de Residencia estática	138.5 días
Duración de trabajo	91.4 días.

5. ESTIMACIÓN PRELIMINAR DE COSTOS

Para poder hacer una estimación de costos económicos del material empleado en la construcción del biostato propuesto, se recurrió a un análisis de mercado el cual dio como resultado:

Existe una demanda en México de alrededor de 500 biostatos (tabla I del apéndice) por año, utilizados para la conservación de semen.

A continuación se presentan los factores de costo que intervienen en la construcción del biostato.

- 1.- Materia Prima
- 2.- Mano de obra
- 3.- Servicios
- 4.- Materiales para mantenimiento y operación.
- 5.- Depreciación.
- 6.- Gastos Administrativos
 - Salarios y gastos de administración
 - Salarios y gastos de ventas
 - Salarios y gastos de oficina
- 7.- Seguros e Impuestos de la fábrica
- 8.- Impuestos sobre la renta

Estatal

Federal

9.- *Gravámenes*

Seguro Social

Vacaciones

Seguros y Pensiones

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

En la construcción del biostato, de acuerdo a la propuesta experimental, la colocación del material aislante y el ensamblado de las estructuras, son las etapas en donde se incrementa más el costo por m^2 de material, - ya que requiere de personal que lleve a cabo dicha operación manualmente (mano de obra).

Mediante el análisis previo de mercado se conoció la demanda real-existente, por lo que se deberán construir 500 biostatos por año.

Se tiene la siguiente evaluación preliminar de costos:

NOTA: Los precios que se toman para esta evaluación de costos, son al 31/VIII/76.

LISTA DE PRECIOS (TABLA II DEL APENDICE)

Sistema de Resina y Endurecedor	\$ 130.00/Kg
Fibra de Vidrio (Roving)	\$ 23.00/Kg
Mylar Aluminizado	\$ 22.25/m ²
Fibra de Vidrio (velo)	\$ 6.55/m ²

Producción anual de 800 m² de material estructural de plástico reforzado para la construcción de 500 Biostatos con una superficie de 1.6 m² / - biostato.

Fabricación de la estructura de Plástico Reforzado.

- 1.- Barrera Protectora (Mylar aluminizado)
- 2.- Embobinado de Plástico Reforzado.

1).- Barrera protectora (Mylar aluminizado)

Para cubrir un biostato con una superficie de 1.6m² se requiere de una barrera protectora con un costo de \$71.20/biostato.

2).- Embobinado de Plástico Reforzado

Para cubrir 11,950 cm³/biostato con plástico reforzado (40% en peso de Resina epóxica y 60% de fibra de vidrio) con densidad de 2.03 g/cm³ se requiere de 24.3 kg/biostato.

Estructuración:

$$24.3 \frac{\text{kg}}{\text{biostato}} \times 0.4 \times \$130.00/\text{Kg resina} = \$ 1,263.60$$

$$24.3 \frac{\text{kg}}{\text{biostato}} \times 0.6 \times \$ 23.00/\text{Kg f.v.} = \$ \frac{335.40}{\$ 1,599.00/\text{biostato}}$$

Costo de materia prima, barrera protectora y emboinado de plástico reforzado.

Estructura	\$ 799.500.00
Barrera Protectora	\$ 35,600.00
	835,100.00

$$\frac{\$ 835,100.00/\text{año}}{800 \text{ M}^2/\text{año}} = \$ 1,043.90/\text{M}^2$$

Material Aislante

Con un espesor de 1 pulgada conteniendo 60 capas estructuradas con hojas alternas de Mylar aluminizado y velo de fibra de vidrio para cubrir una superficie de 0.6 M^2 correspondientes al área ocupada por el cuerpo del biostato.

$$0.6 \text{ M}^2 \times 30 \text{ hojas de Mylar} \times \$ 22.25/\text{M}^2 = \$ 400.50$$

$$0.6 \text{ M}^2 \times 30 \text{ hojas de velo} \times \$ 6.25/\text{M}^2 = \$ 113.40$$

513.90/Biostato

Costo del Material Aislante:

\$ 256,950.00/año

$$\frac{\$ 256.950.00/\text{año}}{18\,000\text{ M}^2/\text{año}} = \$14.30/\text{M}^2$$

Costo de la Materia Prima

\$ 1,043.90

\$ 14.30

1,058.20

\$ 1,058.20/M²

Moldes: \$ 10,000.00

Considerando que la vida útil de los moldes sea de 5 años, se tiene lo siguiente:

$$\frac{\$ 10,000.00/5\text{ años}}{4,000\text{ M}^2/5\text{ años}} = \$ 2.50/\text{M}^2$$

Equipo de Producción (Depreciado en 10 años)

Equipo de Postcurado \$ 1,000.00

Máquina Embobinadora \$ 5,000.00

Máquina de Vacío \$ 30,000.00

36,000.00

$$\frac{\$ 36,000.00/10\text{ años}}{8,000\text{ M}^2/10\text{ años}} = \$ 4.50/\text{M}^2$$

Equipo de Seguridad (máscara, guantes, etc.)

$$\frac{\$ 6,000.00/\text{año}}{800 \text{ M}^2/\text{año}} = \$ 7.50/\text{M}^2$$

Renta del Local (Local de 300 M² de superficie)

\$ 5,000.00/mes

Gastos de gasolina: \$ 500.00/semana

Esporádicos: \$ 200.00/semana

\$ 700.00/semana

\$ 5,000.00

\$ 2,800.00

\$ 7,800.00

$$\frac{\$ 7,800.00/\text{mes}}{64 \text{ M}^2/\text{mes}} = \$ 121.85/\text{M}^2$$

Prima de Seguro

$$\frac{\$ 32,000.00 \text{ año}}{800 \text{ M}^2 \text{ año}} = \$ 40.00/\text{M}^2$$

Mano de Obra:

2 obreros	\$ 86.10/día	=	\$ 172.20
1 supervisor	\$ 150.00/día	=	\$ 150.00
1 secretaria	\$ 150.00/día	=	\$ 150.00
1 chofer	\$ 120.00/día	=	\$ 120.00
			<u>\$ 592.20</u>

$$\frac{\$ 592.00/\text{día}}{3.2 \text{ M}^2} = \$ 185.05/\text{M}^2$$

Seguro Social (en base a tabulación del IMSS)

$$\frac{\$ 1,000.00/\text{semana}}{16 \text{ M}^2/\text{semana}} = \$ 62.50/\text{M}^2$$

$$\$ 185.05 + \$ 62.50 = \$ 247.55/\text{M}^2$$

Gastos de Oficina

$$\text{Teléfono} \quad \$ 150.00/\text{semana}$$

$$\text{Papelería} \quad \$ \frac{75.00/\text{semana}}{225.00/\text{semana}}$$

$$\frac{\$ 225.00/\text{semana}}{16 \text{ M}^2/\text{semana}} = \$ 14.00/\text{M}^2$$

Servicios

$$\text{Agua} \quad \frac{50 \text{ M}^3 \times \$ 2.10/\text{M}^2}{64 \text{ M}^2/\text{mes}} = \$ 1.65/\text{M}^2$$

Electricidad

Motor de Máquina Embobinadora	2 HP
Máquina de vacío	2 HP
	<u>4 HP</u>

$$4 \text{ HP} \times 0.745 \frac{\text{kw}}{\text{HP}} \times \frac{8 \text{ hr}}{\text{día}} = 23.84 \frac{\text{kw-hr}}{\text{día}}$$

Iluminación (10 lámparas de 60 watts que funcionan 4 hrs/día).

$$10 \times 0.060 \text{ kw} \times 4 \frac{\text{hr}}{\text{día}} = 2.4 \frac{\text{kw-hr}}{\text{día}}$$

$$23.84 + 2.4 = 26.24 \text{ kw-hr/día}$$

$$\frac{26.24 \text{ kw-hr/día} \times \$0.90/\text{kw-hr}}{3.2 \text{ M}^2/\text{día}} = 7.40/\text{M}^2$$

Materiales auxiliares (herramientas, lubricantes, limpieza, etc.)

$$\frac{\$ 800.00/\text{mes}}{64 \text{ M}^2/\text{mes}} = \$12.50/\text{M}^2$$

Equipo de Reparto

1 camioneta \$ 100,000.00 (depreciado en 5 años)

$$\frac{\$ 100,000.00/5 \text{ años}}{4,000 \text{ M}^2/5 \text{ años}} = \$ 25.00/\text{M}^2$$

Costo de Producción

Costo de materia prima	\$ 1,058.20
Costo por moldes	\$ 2.50
Costo por inversión Equipo Producción	\$ 4.50
Costo por Inversión Equipo Seguridad	\$ 7.50
Costo per primas de seguro	\$ 121.85
Costo por renta del local	\$ 40.00
Costo por mano de obra	\$ 249.55
Costo por gastos de oficina	\$ 14.00
Costo por Servicios	\$ 9.05
Costo por materiales auxiliares	\$ 12.50
Costo por inversión equipo traslado	\$ 25.00
	<hr/>
	\$ 1,542.65/M ²

Costo de producción del Biostato está dado por:

$$\$ 1,542.65/M^2 \times 1.6 M^2/\text{biostato} = \$ 2,468.25$$

Mediante el análisis previo de mercado se propone la venta del producto a un costo de \$5500.00 (valor del biostato de importación \$6500.00) De lo cual se tiene que deducir lo siguiente:

4% I.I.M.	\$ 220.00
1% Educación	\$ 55.00
10% Distribución Vendedor	\$ 550.00
5% Ajuste de utilidad	\$ 275.00
	<hr/>
	\$ 1,100.00

Costo de Venta - Costo de Producción - Deducciones = Ganancia

$$\$ 5,500.00 - \$2,468.25 - \$ 1,100.00 = \$ 1,931.75$$

Lo cual representa un 35.2% de utilidad.

6. C O N C L U S I O N E S

6.1. De acuerdo con la técnica utilizada para la construcción del Biostato, descrita en este trabajo, se cumple satisfactoriamente con el objetivo planteado.

6.2. De acuerdo a los resultados obtenidos en la determinación de las características de operación del Biostato propuesto, se tiene que la evaporación estática del nitrógeno líquido (litros/día) se mejora en un 13.72% respecto a los recipientes comerciales de características semejantes.

6.3. Las propiedades obtenidas del Biostato propuesto, construido con los materiales seleccionados utilizando como barrera protectora mylar aluminizado y aplicando la técnica del aislamiento en capas múltiples al vacío, dan como resultado un incremento en las propiedades de conservación del semen.

La optimización del espesor del material aislante será motivo de un trabajo posterior.

6.4. Como resultado de la estimación preliminar de costos realizado puede verse que la construcción del Biostato propuesto representa una inversión atractiva puesto que se obtiene una rentabilidad del 35.2%.

Para llevar a cabo la construcción de los biostatos se ha estimado necesario un Capital de trabajo por 3 meses de \$480,000.00; y se propone como una posibilidad la estructuración de una Sociedad Anónima, teniendo un Gerente General, Gerente de Producción y un Gerente de Distribución y Ventas.

6.5. Este estudio propone una nueva fuente de trabajo ya que el proceso de construcción del biostato requiere del empleo de mano de obra, necesitando de estos elementos tanto en la etapa de producción, como en el sistema de distribución. Además, con el mejoramiento de los sistemas de conservación, se tiene una mayor facilidad de aplicación de las técnicas de inseminación Artificial pudiendo hacer llegar dichas técnicas a los lugares más apartados mediante un programa elaborado de distribución, acelerándose el proceso de reproducción del ganado vacuno en el país con el consecuente aumento del índice de productividad en el área de los alimentos.

A P E N D I C E

I. Información Personal

Proporcionada por el Departamento de Inseminación artificial de la-
Secretaría de Agricultura y Ganadería.

II. Distribuidores de la Materia Prima.

1. Sistema de Resina Epóxica-Endurecedor.

Proveedor: CIBA-GEIGY Mexicana S.A. de C.V.

2. Myler Aluminizado.

Proveedor: DUPONT, S.A. de C.V.

3. Fibra de Vidrio (Roving y Velo)

Proveedor: VITRO-FIBRAS, S.A.

FACTORES DE CONVERSION

1 g/cm ³	=	27.68 lb/in ³
1 g/cm ³	=	0.016 lb/ft ³
1 kg/cm ²	=	0.0703 lb/in ²
1 atm	=	1.033 Kg/cm ²
Centipoise	=	0.01 g/cm.seg.
1 BTU/lb	=	1.8 cal/g
1 BTU/hr ft ² °F	=	1.49 Kcal/hr M ² C
°K	=	°C + 173
1 in	=	2.54 cm.

8. BIBLIOGRAFIA

1. *Applied Cryogenic Engineering*
R.W. Vance
John Wiley sons. INC. New York (1962).
2. *Cryogenic Properties of Polimers*
Serafini and Koenig.
Marcell Delker Inc. New York (1968)
3. *Cryogenic Systems*
Barron Randall
Mc Graw Hill Book Co. (1966)
4. *Epoxy Resins Technology*
Bruins Paul F.
John Wiley and Sons. Inc. New York (1968).
5. *Handbook of Fiberglass and Advanced
Plastics composites.*
George Lubin
Reinhold Publishing Cooperation (1969)
6. *Handbook of Reinforced Plastics*
Oleensky and Morh.
Reinhold Publishing Corporations (1964).
7. *Handbook of Epoxy Resins*
H. Lee and K. Neville
Mc. Glaw Hill Book Co. (1967).

8. *Hand book of technology and Engineering of Reinforced Plastics Composites*
I. Gilbert Mohr.
Reinhold Publishing Corporation (1974).
9. *Reproducción e Inseminación artificial Ganadera*
Pérez y Pérez Felix
Barcelona España (1966)
10. *Apuntes de los cursos de Plásticos y Silicones I y II.*
Prof. Julio Terán Z. (1974).
11. *Bulletin M-11*
Mylar Polyester Film
Dupont (January 1975)
12. *Bulletin No. 37282*
Properties of Epoxy systems
CIBA-GEIGY (June 1975)
13. *Bulletin 3/76*
Al Series Cryogenics Models
Minnesota Valley Engineernig (1976).
14. *Gryogenics, The International Journal of Low temperature Engineering and Research.*
(June 1975).