

**INSTITUTO
POLITÉCNICO
NACIONAL**



**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y
ELÉCTRICA**

SECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**“DISEÑO DE UN RECIPIENTE PARA
REALIZAR TRATAMIENTOS
TÉRMICOS CRIOGÉNICOS”**

Tesis que para obtener el Grado de Maestro en Ciencias con especialidad en
Ingeniería Mecánica Presenta:

Ing. Miguel Ángel Jiménez Gómez

Director de tesis: M. en C. Gabriel Villa y Rabasa

México D.F., Agosto del 2006



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL
SECRETARIA DE INVESTIGACION Y POSGRADO**

ACTA DE REVISIÓN DE TESIS

En la Ciudad de México, D. F. siendo las 18:00 horas del día 16 del mes de Mayo del 2006 se reunieron los miembros de la Comisión Revisora de Tesis designada por el Colegio de Profesores de Estudios de Posgrado e Investigación de la E. S. I. M. E. para examinar la tesis de grado titulada:

“DISEÑO DE UN RECIPIENTE PARA REALIZAR TRATAMIENTOS TÉRMICOS CRIOGÉNICOS”

Presentada por el alumno:

JIMÉNEZ

Apellido paterno

GÓMEZ

materno

MIGUEL ÁNGEL

nombre(s)

Con registro:

B	0	4	0	9	7	4
---	---	---	---	---	---	---

Aspirante al grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS

Después de intercambiar opiniones los miembros de la Comisión manifestaron **SU APROBACIÓN DE LA TESIS**, en virtud de que satisface los requisitos señalados por las disposiciones reglamentarias vigentes.

LA COMISIÓN REVISORA

Director de tesis

M EN C. GABRIEL VELA Y RABASA

DR. GUILLERMO URRIOLAGOITIA CALDERÓN

DR. LUÍS HÉCTOR HERNÁNDEZ GÓMEZ

M EN C. ABRAHAM RODRÍGUEZ GALEOTTE

M EN C. RAÚL DELGADO NIETO

DR. JOSÉ MARTÍNEZ TRINIDAD

EL PRESIDENTE DEL COLEGIO

SECCION DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACION

DR. JAIME ROBLES GARCÍA



INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

COORDINACIÓN GENERAL DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

CARTA CESIÓN DE DERECHOS

En la Ciudad de México, Distrito Federal, el día 5 del mes de AGOSTO del año 2006, el (la) que suscribe MIGUEL ÁNGEL JIMÉNEZ GÓMEZ alumno(a) del Programa de Maestría en Ciencias con especialidad en Ingeniería Mecánica con número de registro B-040974, adscrito a la Sección de Estudios de Posgrado e Investigación de la ESIME Unidad Zacatenco, manifiesta que es autor(a) intelectual del presente Trabajo de Tesis bajo la dirección del M. en C. GABRIEL VILLA Y RABASA y cede los derechos del trabajo titulado: DISEÑO DE UN RECIPIENTE PARA REALIZAR TRATAMIENTOS TÉRMICOS CRIOGÉNICOS al Instituto Politécnico Nacional para su difusión, con fines académicos y de investigación.

Los usuarios de la información no deben reproducir el contenido textual, gráficas o datos del trabajo sin el permiso expreso del autor y/o director del trabajo. Esté puede ser obtenido escribiendo a la siguiente dirección: ingesimio@hotmail.com. Si el permiso se otorga, el usuario deberá dar el agradecimiento correspondiente y citar la fuente del mismo.

Ing. Miguel Ángel Jiménez Gómez

Nombre y firma

AGRADECIMIENTOS

A DIOS, por haberme dado la vida y la oportunidad de gozar tantas cosas bellas en este mundo.

A MI MAMÁ, por cuidarme desde pequeño y enseñarme que un abrazo y un beso son el mejor aliciente que puede tener un ser humano para seguir adelante.

A MI PAPÁ, por enseñarme a ser fuerte y tener siempre la cabeza en alto sin importar que tan grandes sean las penas que tenga.

A MI ESPOSA, por ser la razón de mi vida y compartir conmigo tantas cosas tan maravillosas.

A MIS HERMANOS Paco, Lupe y Tey, por soportarme tanto tiempo y confiar en mi.

A MI SOBRINO, por convertirte en un rayo de luz y de esperanza dentro de mi familia.

AL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL, por ser mi alma mater por tantos años y haberme otorgado las satisfacciones más grandes de mi vida.

A MIS MAESTROS, por el tiempo y las enseñanzas que me brindaron durante mi transcurso en esta institución, muy en especial al M. en C. Gabriel Villa y Rabasa por ser más que un profesor un amigo; al Dr. Luís Héctor Hernández Gómez por ser tan asertivo en sus comentarios y platicas, y al Dr. Guillermo Urriolagoitia Calderón por el apoyo brindado.

A MIS AMIGOS Arturo Rosales, Guillermo Bernal, Orlando Severiano, Abraham Rodríguez, Martín Castillo, Alfonso Campos, Raúl Delgado, por sus consejos brindados en varias etapas de mi formación y sobre todo por ser incondicionales.

A MIS COMPAÑEROS DE LA SEPI, por contribuir con esté trabajo con sus platicas filosóficas y comentarios.

A TODAS aquellas personas que aprecio y por falta de papel no puedo mencionar pero ustedes ya saben quienes son.

A CONACYT, por el apoyo brindado para cumplir esta meta.

¡Muchas gracias!



ÍNDICE

ÍNDICE DE FIGURAS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
SIMBOLOGIA	v
RESUMEN	vii
ABSTRACT	ix
OBJETIVO	x
JUSTIFICACIÓN	xi
INTRODUCCIÓN	xii

CAPÍTULO I. TRATAMIENTOS TÉRMICOS CRIOGÉNICOS

1.1	Generalidades.....	2
1.2	Condiciones del tratamiento térmico criogénico.....	3
1.3	Endurecimiento del acero.....	4
1.4	Beneficios del tratamiento térmico criogénico.....	5
	1.4.1 Tratamientos criogénicos en rifles.....	7
	1.4.2 Tratamientos criogénicos en cuchillos.....	7
	1.4.3 Tratamientos criogénicos en CD's y DVD's.....	7
	1.4.4 Tratamientos criogénicos en motores de combustión interna.....	8
	1.4.4.1 Discos de freno.....	9
	1.4.4.2 Partes automotrices.....	9
	1.4.5 Tratamientos criogénicos en instrumentos musicales.....	10
	1.4.6 Tratamientos criogénicos en otras ramas.....	10
1.5	Equipos para tratamientos criogénicos.....	11
1.6	Planteamiento del problema.....	11



1.7	Sumario.....	11
1.8	Referencias.....	12

CAPÍTULO II. ELEMENTOS CRIOGÉNICOS

2.1	Generalidades.....	14
2.2	Helio.....	15
2.2.1	Propiedades físicas.....	15
2.2.2	Usos.....	17
2.2.3	Transporte.....	18
2.2.4	Ecología.....	18
2.3	Hidrógeno.....	19
2.3.1	Propiedades físicas.....	19
2.3.2	Usos.....	21
2.3.3	Transporte.....	21
2.3.4	Ecología.....	22
2.4	Dióxido de carbono.....	22
2.4.1	Propiedades físicas.....	23
2.4.2	Usos.....	23
2.4.3	Transporte.....	23
2.5	Nitrógeno.....	24
2.5.1	Propiedades físicas.....	24
2.5.2	Usos.....	26
2.5.3	Transporte.....	27
2.5.4	Ecología.....	27
2.6	Riesgos en el manejo de gases criogénicos.....	28
2.6.1	Quemaduras.....	28
2.6.2	Sobrepresiones.....	28
2.6.3	Presión.....	28
2.6.4	Toxicidad.....	28
2.7	Reglas de seguridad en el manejo de gases criogénicos.....	29
2.8	Sumario.....	29



2.9	Referencias.....	30
-----	------------------	----

CAPÍTULO III. DEFINICIÓN DE LAS METAS DE DISEÑO

3.1	Identificación de la necesidad.....	32
3.1.1	Descripción de la necesidad.....	33
3.1.1.1	Estado inicial.....	33
3.1.1.2	Estado final.....	33
3.1.1.3	Inconvenientes en la transición de un estado inicial a uno final.....	34
3.1.1.4	Entorno.....	35
3.1.2	Identificación del cliente.....	35
3.1.3	Objetivo de estudio.....	35
3.1.4	Problemática.....	36
3.1.5	Restricciones.....	37
3.1.6	Justificación del proyecto.....	37
3.2	Requerimientos.....	38
3.2.1	Requerimientos funcionales.....	38
3.2.2	Requerimientos espaciales.....	39
3.2.3	Requerimientos económicos.....	39
3.2.4	Requerimientos obligatorios y deseables.....	40
3.2.5	Ponderación de los requerimientos deseables.....	42
3.3	Benchmarking.....	44
3.3.1	Modelo CI-420.....	45
3.3.2	Modelo CI-531.....	45
3.3.3	Modelo CI-1600.....	46
3.3.4	Modelo CI-3125.....	46
3.3.5	Comparación entre los diferentes sistemas.....	46
3.4	Traducción de los requerimientos.....	49
3.4.1	Requerimientos mensurables.....	50
3.4.2	Requerimientos no mensurables.....	51
3.4.3	Metas de diseño.....	53



3.5	Sumario.....	53
3.6	Referencias.....	54

CAPÍTULO IV. DISEÑO CONCEPTUAL

4.1	Revisión de los requerimientos del cliente.....	57
4.1.1	Función global de servicio del producto.....	57
4.1.2	Límites del sistema.....	59
4.1.3	Funciones técnicas.....	61
4.2	Definición del modelo funcional.....	61
4.2.1	Análisis funcional descendente.....	62
4.2.2	Principios y reglas de representación.....	62
4.3	Generación de conceptos.....	65
4.3.1	Tormenta de ideas.....	66
4.3.2	Sinéctica.....	66
4.3.3	Matrices morfológicas.....	67
4.4	Evaluación de conceptos.....	69
4.4.1	Evaluación con base en la factibilidad del concepto.....	70
4.4.2	Evaluación con base en disponibilidad de tecnología.....	72
4.4.3	Evaluación con base en los requerimientos del cliente.....	74
4.4.4	Evaluación con base en matrices de decisión.....	75
4.5	Sumario.....	77
4.6	Referencias.....	78

CAPÍTULO V. DISEÑO DE DETALLE

5.1	Diseño del recipiente a presión.....	80
5.2	Diseño de las tapas esféricas.....	84
5.3	Cálculo del cordón de soldadura.....	85
5.4	Cálculo de las prensas.....	87
5.4.1	Calculo de los tornillos.....	87
5.4.2	Calculo de los pernos.....	88
5.4.3	Calculo del cuerpo.....	88



5.5	Empaque.....	90
5.6	Válvula multifuncional.....	91
5.7	Determinación del espesor del aislante.....	93
5.8	Cálculo de los soportes.....	94
5.9	Análisis de costos.....	95
5.10	Evaluación de resultados.....	97
5.11	Referencia.....	99
CONCLUSIONES.....		101
TRABAJOS FUTUROS.....		103
ANEXOS.....		xiii
	Anexo 1.....	xiii
	Anexo 2.....	xvi
	Anexo 3.....	xix
	Anexo 4.....	xxii
	Anexo 5.....	xxiv
	Anexo 6.....	xxvii
	Anexo 7.....	xxix
	Anexo 8.....	xxxi
	Anexo 9.....	xxxiii
	Anexo 10.....	xxxv
	Anexo 11.....	xxxvii
	Anexo 12.....	xxxix



ÍNDICE DE FIGURAS

Capítulo I

Figura 1.1	Herramientas tratadas criogénicamente.....	5
Figura 1.2	Rodillo tratado criogénicamente.....	5
Figura 1.3	Material sin tratamiento criogénico.	6
Figura 1.4	Material tratado criogénicamente.....	6
Figura 1.5	Monoblock tratado criogénicamente.....	8
Figura 1.6	Discos de freno tratados criogénicamente.....	9
Figura 1.7	Elementos automotores tratados criogénicamente.....	9
Figura 1.8	Brocas tratadas criogénicamente.....	11
Figura 1.9	Electrodos tratados criogénicamente.....	11

Capítulo II

Figura 2.1	Representación del Helio en la tabla periódica.....	15
Figura 2.2	Representación del Hidrógeno en la tabla periódica.....	19
Figura 2.3	Representación del Nitrógeno en la tabla periódica.....	24

Capítulo III

Figura 3.1	Recipiente criogénico modelo CI-420.....	44
Figura 3.2	Interfase de los equipos CI-420, CI-531, CI-1600 y CI-3125.....	45
Figura 3.3	Gráfico de despliegue de funciones de calidad o casa de la calidad.....	55

Capítulo IV

Figura 4.1	Representación de una función en un flujo lógico.....	58
Figura 4.2	Función global del recipiente para tratamientos térmicos criogénicos.....	59
Figura 4.3	Funciones de servicio del recipiente para tratamientos térmicos	



	criogénicos y elementos de su entorno.....	60
Figura 4.4	Representación de la naturaleza de los elementos que participan en una función global dentro del sistema.....	62
Figura 4.5.	Nivel A0 en la descomposición funcional del sistema.....	63
Figura 4.6	Nivel A1 en la descomposición funcional del sistema.....	64
Figura 4.7	Nivel A2 en la descomposición funcional del sistema.....	64
Figura 4.8	Nivel A4 en la descomposición funcional del sistema.....	65

Capítulo V

Figura 5.1	Dibujo de la probeta para ensayo de tensión según la norma ASTM E8-04.....	80
Figura 5.2	Acomodo de 12 probetas en un recipiente cilíndrico vistas desde la parte superior.....	81
Figura 5.3	Cuerpo de la prensa.....	89
Figura 5.4	Presentación comercial del teflón tipo 2400.....	87
Figura 5.5	Esquema de la válvula multifuncional DOT 4L.....	87
Figura 5.6	Radio y espesores de los componentes del recipiente para realizar tratamientos térmicos criogénicos. (El azul y rojo representa al Acero y la espuma de poliuretano).....	93



ÍNDICE DE TABLAS

Capítulo II

Tabla 2.1	Propiedades físicas del Helio.....	16
Tabla 2.2	Propiedades físicas del Hidrógeno.....	20
Tabla 2.3	Propiedades físicas del Nitrógeno.....	25

Capítulo III

Tabla 3.1	Requerimientos obligatorios y deseables.....	40
Tabla 3.2	Ponderación de los requerimientos deseables.....	43
Tabla 3.3	Estudio comparativo entre el diseño propuesto, el CI-410 y el CI-531.....	47
Tabla 3.4	Requerimientos mensurables y unidad de medida.....	50

Capítulo IV

Tabla 4.1	Conceptos generados para el primer nivel de descomposición A0.....	68
Tabla 4.2	Conceptos generados para el segundo nivel de descomposición A1.....	68
Tabla 4.3	Conceptos generados para el segundo nivel de descomposición A2.....	69
Tabla 4.4	Conceptos generados para el segundo nivel de descomposición A4.....	69
Tabla 4.5	Conceptos evaluados en base a la factibilidad del concepto para el primer nivel de descomposición A0.....	70
Tabla 4.6	Conceptos evaluados en base a la factibilidad del concepto para el segundo nivel de descomposición A1.....	71
Tabla 4.7	Conceptos evaluados en base a la factibilidad del	



	concepto para el segundo nivel de descomposición A2.....	71
Tabla 4.8	Conceptos evaluados en base a la factibilidad del concepto para el segundo nivel de descomposición A2.....	71
Tabla 4.9	Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el primer nivel de descomposición A0.....	73
Tabla 4.10	Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el segundo nivel de descomposición A1.....	73
Tabla 4.11	Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el segundo nivel de descomposición A2.....	73
Tabla 4.12	Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el segundo nivel de descomposición A2.....	74
Tabla 4.13	Conceptos evaluados en base a los requerimientos del cliente para el primer nivel de descomposición A0.....	75
Tabla 4.14	Conceptos evaluados en base a los requerimientos del cliente para el segundo nivel de descomposición A2.....	75
Tabla 4.15	Evaluación del concepto A3 basada en matrices de decisión.....	76
Tabla 4.16	Matriz morfológica final.....	77

Capítulo V

Tabla 5.1	Dimensiones de las probetas planas para un ensayo de tensión según la norma ASTM E8-04.....	81
Tabla 5.2	Valores de la eficiencia de la junta soldada en los recipientes a presión	83
Tabla 5.3	Descripción de los componentes de la válvula DOT 4L.....	92
Tabla 5.4	Tabla de costos de materia prima.....	96
Tabla 5.5	Síntesis de resultados obtenidos.....	98



SIMBOLOGÍA

A	Área.
A_{tornillo}	Área del tornillo.
atm	Atmósferas.
$^{\circ}C$	Grados centígrados.
cm	Centímetros.
cm^2	Centímetros cuadrados.
d	Diámetro menor.
D	Diámetro mayor.
E	Eficiencia de la soldadura
F	Fuerza.
$F.S.$	Factor de seguridad.
g	Gramos.
Hz	Hertz
J	Joule.
L	Longitud.
k	Constante de aislamiento por conducción.
K	Grado Kelvin.
kg	Kilogramo.
kPa	Kilopascal.
lt	Litro
m	Metro.
m^2	Metro cuadrado.
m^3	Metro cúbico.
mm	Milímetro.
mm^2	Milímetro cuadrado.
mm^3	Milímetro cúbico.



mol	Moles.
MPa	Megapascales.
p	Presión.
psi	Libras por pulgada cuadrada.
R	Radio mayor. Radio del eje neutro
r	Radio menor.
t	Espesor.
V	Volts.
W	Watts.
σ	Esfuerzo normal.
σ_{ced}	Esfuerzo de cedencia.
σ_{tra}	Esfuerzo de trabajo.
σ_{rup}	Esfuerzo de ruptura.
σ_1	Esfuerzo principal mayor.
σ_2	Esfuerzo principal menor.
σ_C	Esfuerzo de costilla.
σ_L	Esfuerzo longitudinal.
τ	Esfuerzo cortante.
τ_{max}	Esfuerzo cortante máximo.



RESUMEN

El presente trabajo describe la metodología empleada para diseñar un recipiente a presión en el cual se realizarán tratamientos térmicos criogénicos aplicando el método del QFD (Diseño Funcional de Calidad), utilizando para su cálculo el código ASME sección VIII división 1.

En el capítulo I, se describe en forma general las diferentes metodologías que existen para realizar tratamientos térmicos criogénicos, así como las aplicaciones que se tienen en la actualidad en diferentes campos de la industria.

En el capítulo II, se hace un desglose de las propiedades físicas y químicas que tienen los diferentes medios existentes para conseguir temperaturas criogénicas, que se pueden utilizar para realizar un tratamiento térmico; en esta descripción, también se mencionan los usos alternativos que la industria le ha otorgado a cada uno de ellos. De igual manera, se menciona la normatividad existente para el transporte y almacenamiento que requiere cada elemento en especial.

En el capítulo III, se realiza un análisis de las circunstancias en las que se pretende desarrollar el diseño conceptual, estableciendo los requerimientos que los usuarios, diseñadores y fabricantes esperan. Es también en este donde se realiza un estudio de los equipos que se ofrecen en el mercado para cubrir el problema inicial.

En el capítulo IV se generaran los conceptos necesarios para resolver el problema inicial, para ello es necesario auxiliarse de varias metodologías tanto de generación como de evaluación de conceptos. Se puede decir, sin lugar a



equivocaciones, que está es la parte esencial de la tesis que se sustenta, ya que precisamente aquí es donde se generan todos los datos que se necesitan para desarrollar la parte del diseño de detalle.

En el capítulo V, se realizarán los cálculos y los dibujos necesarios para sustentar de manera teórica el proyecto todo esto, en base a los conceptos generados en el capítulo IV.



ABSTRAC

The present work describes the methodology used for the design of a container to pressure to make cryogenic heat treatments on the basis of QFD (Quality Functional Design), using for its calculation code ASME section VIII division 1.

In chapter I, one describes in general form the different methodologies that exist to make cryogenic heat treatments, as well as the applications that are had at the present time in different fields from the industry.

In chapter II, a removal becomes of the physical and chemical properties that have different existing means to obtain cryogenic temperatures that they are possible to be used to make a heat treatment.

In chapter III, an analysis of the circumstances is made in which it is tried to develop the conceptual design, establishing the requirements that the users, designers and manufacturers hope. It is also in this where a study of the equipment is made that is offered in the market to cover the initial problem.

In chapter IV the concepts necessary were generated to solve the initial problem, for it is necessary to help themselves as much of several methodologies of generation as of evaluation of concepts. It is possible to be said, without place to mistakes, that is is the essential part of the thesis that is sustained, since indeed it is here where all the data are generated that are needed to develop the part of the detail design.

In chapter V, the calculations and the drawings necessary were made to sustain of theoretical way the project all this, on the basis of the concepts generated in chapter IV.



OBJETIVO

El objetivo general de la presente tesis es diseñar un equipo capaz de soportar las temperaturas que genera un tratamiento térmico criogénico al aplicarlo a probetas metálicas para un ensayo de tensión normalizadas por ASTM y además, que cumpla con las especificaciones del código ASME sección VIII división 1, para recipientes a presión con costura.



JUSTIFICACIÓN

Los tratamientos térmicos criogénicos proporcionan mejoras en las cualidades físicas y mecánicas de diversos materiales como los metales y los plásticos, las bondades que proporciona este proceso, varían desde una mejora substancial en las características ópticas de los polímeros (haciendo más homogénea su estructura), hasta un incremento en la dureza de los metales (provocando o completando un cambio de fase en la estructura del acero), estas cualidades pueden ser explotadas de manera importante en la industria, solo sí se obtiene un método eficiente y eficaz que pueda cumplir con las características técnico-económicas que el sector productivo requiere.

Para ello es menester contar con equipos especializados que proporcionen los mecanismos necesarios para realizar estos procesos, es aquí donde se encuentra la parte medular del problema, ya que si se carece de esta tecnología, no se puede llevar a cabo ningún tipo de investigación y mucho menos un desarrollo de tecnología propia en el ámbito de la criogénia.



INTRODUCCIÓN

Un tratamiento térmico criogénico es un procedimiento que se emplea para alterar las propiedades físicas de un elemento, siempre buscando mejoras en las propiedades mecánicas, ópticas, eléctricas o térmicas que posee. Esta circunstancia ligada a los hechos que se han presentado en los últimos años en países como Estados Unidos, la Unión Soviética o el Reino Unido donde se han desarrollado diferentes metodologías para el impulso de la tecnología criogénica, provocan que en el Instituto Politécnico Nacional se promueva una nueva línea de investigación.

Para ello es necesario establecer las bases y los medios que se requieren en el proceso en sí, esto es, diseñar como primer paso un dispositivo que sea capaz de soportar las temperaturas y presiones que genera un tratamiento térmico criogénico para poder desempeñar en un futuro una metodología propia.

Cabe mencionar que este trabajo forma parte de proyecto PIFI cuyo título es: ***“Micro-tecnología y análisis de esfuerzos por métodos numérico-experimentales de compuestos y aleaciones especiales para aplicaciones de bioingeniería”*** con número de registro 2005-0092 e ***“Instrumentación y análisis de esfuerzos en componentes biocompatibles y orgánicos”*** con número de registro 2006-0595.

CAPÍTULO I

TRATAMIENTOS

TÉRMICOS

CRIOGÉNICOS



En el presente capítulo, se describirá de forma general las diferentes metodologías que existen para realizar tratamientos térmicos criogénicos.



CAPÍTULO I

Tratamientos Térmicos Criogénicos

1.1.- Generalidades

Hace algún tiempo, sobre todo en los últimos 60 años, los avances tecnológicos que se han generado en Estados Unidos y Europa sobre las ventajas substanciales que pueden ser observadas tratando las herramientas de acero a bajas temperaturas, generalmente cerca de lo que permite el Nitrógeno líquido, $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$, ha generado un amplio interés en el desarrollo de los tratamientos térmicos criogénicos. [1.1]

En los años 40 se realizaron varios experimentos con los tratamientos térmicos a bajas temperaturas, sin conseguir algún beneficio en los materiales ensayados, esto se debió probablemente a que las temperaturas a las que se realizaban los tratamientos no eran las adecuadas. Gracias a los descubrimientos realizados por las dependencias encargadas de la exploración del espacio, las cuales observaron que después de los viajes realizados por sus naves, los materiales de los que estaban compuestos los exteriores presentaban cualidades diferentes a las originales, esto debido a las bajas temperaturas que se tienen en el espacio, de aquí se deriva una nueva línea de investigación llamada "criogénia".

La palabra "criogénia" viene de la palabra griega "kryos", que significa frío. La criogénica es simplemente la ciencia o el estudio de materiales a bajas temperaturas.

Han sido tres naciones las encargadas de llevar a cabo las investigaciones en este ramo, donde cada una ha propuesto una metodología diferente que se verá a continuación.



1.2.- Condiciones del tratamiento térmico criogénico

Como se mencionó son tres potencias tecnológicas las encargadas de llevar a cabo las investigaciones en este ramo. En primer lugar está Estado Unidos que propone realizar el procedimiento en cuatro pasos:

1. Se realiza un enfriamiento lento a las piezas hasta una temperatura aproximada de $-196\text{ }^{\circ}\text{C}$.
2. Se conserva la temperatura alcanzada por un periodo de uno o dos días.
3. Se regresa a la temperatura ambiente de manera gradual.
4. Se realiza un calentamiento entre $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ y $315\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La condición es no provocar un choque térmico en las probetas con el fin de que no se agrieten o sufran algún desperfecto. Por otra parte, la Unión Soviética, que a diferencia de Estados Unidos, lo que plantea es:

1. Realizar un enfriamiento brusco a la pieza a tratar sumergiéndola en Nitrógeno líquido.
2. Dejar la probeta solo el tiempo suficiente para alcanzar el equilibrio térmico con su medio de enfriamiento.
3. Sacar la pieza y dejarla alcanzar la temperatura ambiente.

Aquí se puede observar que los cambios de temperatura son demasiado bruscos, sin embargo los resultados obtenidos son muy similares a los que obtiene Estados Unidos. Por último, el Reino Unido propone el siguiente procedimiento:

1. Pre-refrigerar las piezas suspendidas por medio de alambres en un baño de Nitrógeno líquido.



2. Realizar la inmersión total de las piezas y dejarlas ahí por un periodo de 10 horas.
3. Sacar las piezas del baño de Nitrógeno y dejarlas alcanzar la temperatura ambiente.

El uso de la temperatura que alcanza el Nitrógeno líquido se debe principalmente a dos cuestiones:

- a) La estabilización de la austenita que se ha logrado a temperatura ambiente, requiere una temperatura mucho menor para recomenzar su transformación a martensita que la que podría proporcionar el hielo seco.
- b) Es más fácil y mucho menos costoso alcanzar temperaturas bajas con Nitrógeno líquido, que las que se logran con Helio u Hidrógeno.

La selección del medio de enfriamiento se verá en el capítulo IV.

1.3.- Endurecimiento del acero

Endurecer el acero es incrementar la propiedad del material a ser rayado o penetrado por otro diferente, esta cualidad se logra de muchas formas, principalmente por medio de los tratamientos térmicos como el temple, el cementado, el nitrurado, entre otros. Al hablar específicamente del templado lo que se pretende es alcanzar por medio del incremento de temperatura una estructura cristalina llamada austenita y enfriar rápidamente está por diferentes medios como el agua, el aceite, la salmuera entre otros. Lo que se pretende es cambiar está estructura por martensita que es mucho mas dura y compacta. En muchos aceros, al alcanzar la temperatura ambiente, la transformación ha sido completa, pero en otros, como es el caso de aceros de herramientas, al terminar el proceso, aún se conserva algo de austenita dentro de la estructura,

por lo tanto si se reduce aún mas la temperatura se puede conseguir que la austenita que no sufrió transformación alguna cambie a martensita. Sin embargo el incremento de temperatura no es el único procedimiento para realizar esta transformación ya que si se reduce drásticamente la temperatura también existe una modificación de la estructura y es aquí donde entran en juego los tratamientos criogénicos. En la figura 1.1 se observan algunas herramientas tratadas criogénicamente [1.2].



Figura 1.1 Herramientas tratadas criogénicamente [1.3].

1.4.- Beneficios del tratamiento térmico criogénico

Además de promover una estabilidad dimensional, los tratamientos térmicos fueron divulgados para mejorar el desempeño de muchas herramientas, por ejemplo, el investigador sueco Gylyaev descubrió que al realizar un tratamiento criogénico a ciertas herramientas de corte, estas podían aumentar la velocidad de la operación de tal manera que aceleraron la producción sin mostrar un desgaste fuera de lo normal. Por otra parte, investigadores del Instituto de Tecnología de Massachussets encontraron una condición criogénica en la cual solo se podían obtener ciertas propiedades dentro de las herramientas de corte si se les aplicaba un tratamiento criogénico. En la figura 1.2 podemos observar un rodillo tratado criogénicamente.



Figura 1.2 Rodillo tratado criogénicamente [1.4].

Todo esto es posible gracias a que el tratamiento térmico criogénico, además de promover la formación de martensita, también hace que los carburos extremadamente finos que se encuentran en la microestructura tomen un acomodo intersticial dentro de la red. En la figura 1.3 y 1.4 podemos observar el cambio metalográfico que se originó en una probeta al ser tratada criogenicamente.

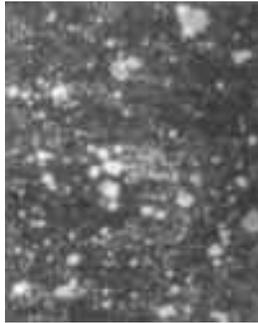


Figura 1.3 Material sin tratamiento criogénico [1.3].



Figura 1.4 Material tratado criogénicamente [1.3].

Este tratamiento está desplazando gradualmente a los métodos tradicionales que existen para incrementar la vida útil de las herramientas como los recubrimientos de titanio entre otros, debido principalmente a que el costo es significativamente inferior y además a que los cambios están dados en el alma del material y no solo en la superficie, lo que permite que puedan ser afilados e incluso que en este proceso sea menor la cantidad de material que se tenga que eliminar.



1.4.1.- Tratamientos criogénicos en rifles

Con las competencias internacionales que se llevan a cabo alrededor del mundo y los altos niveles competitivos por parte de los participantes, se ha hecho una necesidad la exactitud de las armas de tiro, como rifles y pistolas, además estas, deberán sufrir un desgaste casi nulo. La causa de este deterioro se debe a que el cañón tiene tensiones internas que junto con la fricción que sufre al contacto con la bala cuando sale disparada, ocasiona deformaciones en el barril y variaciones en el proyectil. Es aquí donde entran en juego diferentes procesos que disminuyen estos efectos, se puede asegurar que la mejor manera que existe para eliminar los problemas que ocasionan estas alteraciones, es modificar los elementos con un tratamiento térmico criogénico, que al reducir el desgaste gracias al cambio de estructura y obtener una estabilidad dimensional, junto con el alivio de tensiones mecánicas, aumenta de manera significativa la exactitud del disparo [1.5].

1.4.2.- Tratamientos criogénicos en cuchillos

Un tratamiento térmico criogénico en los cuchillos, da como resultado una mejora en la vida y desempeño de los utensilios, entre otras cualidades que se obtienen se encuentra que el afilado es mucho mas durable que en un cuchillo convencional y el tiempo de utilización sin que el cuchillo necesite una rectificación del filo es mucho más largo que en condiciones normales, al efectuar un afilado es significativamente menor la cantidad de material que se necesita remover, desde el punto de vista microscópico reduce las grietas y mejora el acabado superficial.

1.4.3.- Tratamientos criogénicos en CD´s y DVD`s

Los tratamientos criogénicos no solo tiene aplicaciones en el área metal-mecánica, si no también en otras como las aplicaciones digitales, un ejemplo de

ello, los plásticos, donde un tratamiento de estas características en elementos como CD's y DVD's mejora de manera considerable la calidad y definición de música y video que se almacene; así también, la cantidad de información que se puede manejar es mayor que en discos convencionales. El policarbonato del que están hechos los discos proviene de un proceso de inyección y como es natural pensar, los acabados que se obtienen no son "tan uniformes", es precisamente esto lo que provoca que el láser lector se distorsione. La intención de un tratamiento criogénico en estos elementos es hacer que el disco quede libre de tensiones y por lo tanto eliminar la birrefringencia que se origina, es decir hacer lo mas "isotrópico" posible el material. Esto es lo que permite que el láser lector pueda obtener información más precisa sobre los archivos [1.6].

1.4.4.- Tratamientos criogénicos en motores de combustión interna

Como era de esperarse, las aplicaciones de la criogénia no podían dejar a un lado a uno de los elementos mas representativos de la ingeniería mecánica, como son los motores, aquí se ha encontrado una aplicación enorme en todas las partes que están sujetas a fricción y por lo tanto también al desgaste progresivo, pero no solamente son las propiedades mecánicas las que se ven mejoradas con este proceso, si no también las propiedades térmicas, ya que como resultado del proceso se obtiene una mejor dispersión de calor en el monoblock. En la figura 1.5 vemos un monoblock tratado criogénicamente.

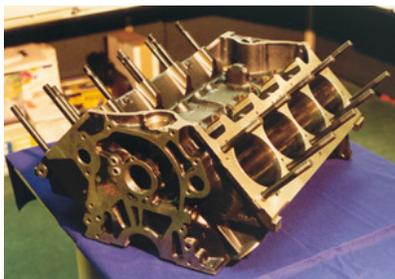


Figura 1.5 Monoblock tratado criogénicamente [1.4].

1.4.4.1.- Discos del freno

Al realizar un tratamiento criogénico a estos elementos se reducen varias fallas, como el agrietamiento, la vibración y el exceso de temperatura, esto es debido a que se eliminan las tensiones residuales y la microestructura sufre una refinación, aumentando de esta manera, la vida útil del elemento. En la figura 1.6 se observan algunos discos de freno tratados criogénicamente.



Figura 1.6 Discos de freno tratados criogénicamente [1.4].

1.4.4.2.- Partes automotrices

Con un tratamiento criogénico se reduce la posibilidad de agrietamiento en estos mecanismos, por consiguiente la vida útil aumenta considerablemente y la resistencia a la fatiga se ve mejorada. Estas cualidades alcanzadas proporcionan la capacidad de aumentar el número de ciclos que se esperan y de alguna otra manera aumentar la capacidad de transmisión del par de potencia del motor. En la figura 1.7 se ven diversos elementos automotores tratados criogenicamente.



Figura 1.7 Elementos automotores tratados criogénicamente [1.4].



1.4.5.- Tratamientos criogénicos en instrumentos musicales

Un tratamiento criogénico aplicado a las trompetas, los saxofones, las cuerdas de guitarra y las del piano, mejora notablemente su calidad musical. Muchos instrumentos a la hora de ser fabricados, por las características de los procesos de los que proceden, generan tensiones residuales y pequeñas deformaciones que no permiten crear una resonancia acorde con la calidad esperada del instrumento, así como calentamientos excesivos que alteren la calidad del material. Pero estas características negativas se pueden ver reducidas con la aplicación de un procedimiento criogénico que uniformiza la estructura y hace que el material sea más isotrópico [1.7].

1.4.6.- Tratamientos criogénicos en otras ramas

Se podría continuar enlistando y mencionando las bondades que un tratamiento criogénico proporciona en cada una de las ramas en las que se aplica la ingeniería y los materiales, pero sería muy extenso, por esta razón solo se enlistará las aplicaciones correspondientes en algunas más:

- AGRICULTURA – el arado, las espadas, las láminas, la cadena del rodillo, la sierra de la cadena, las barras de la hoz, las cuchillas del cortacésped, el etc.
- DEPORTES - palos del béisbol, pelotas de golf, anzuelos, ruedas de patinetas, ruedas de poliuretano, tableros del patín, cojinetes, etc.
- COMPONENTES ELÉCTRICOS - alambre de cobre, contactos, electrodos, etc.
- AERONÁUTICA - bastidores, motores, tren de aterrizaje, etc.
- MEDICA / DENTAL - herramientas de acero inoxidable, tijeras, cuchillos, sierras, etc.

En las figuras 1.8 y 1.9 se observan algunos elementos tratados criogénicamente.



Figura 1.8 Brocas tratadas criogénicamente [1.8].



Figura 1.9 Electrodo tratados criogénicamente [1.8].

1.5.- Equipos para tratamientos criogénicos

En el mercado internacional existen pocas empresas encargadas de diseñar y realizar la manufactura de equipos para realizar tratamientos térmicos criogénicos, de hecho en Europa solo existe una empresa llamada “STIRLING”. En México, no existe compañía alguna que desarrolle este tipo de tecnología. En el capítulo III, para ser más explícitos en el tema 3.3 se darán más datos sobre los productos que están disponibles en el mercado.

1.6.- Planteamiento del problema

El motivo que impulsa el desarrollo de este proyecto es el de establecer una nueva línea de investigación que proporcione las bases para el desarrollo de tecnología para procesos criogénicos y su aplicación en la industria metalmeccánica. En especial para realizar tratamientos térmicos criogénicos en probetas normalizadas para pruebas de tensión según la norma ASTM E8-04 [Anexo 1].

1.7.- Sumario

En este capítulo se describió a grandes rasgos los diferentes procedimientos con los que se cuenta para poder realizar un tratamiento térmico criogénico, de



igual forma se mencionaron los efectos que origina un procedimiento de esta índole en los materiales y las diferentes aplicaciones que tiene a nivel industrial, si es cierto que muchas de estas no tienen un desarrollo tecnológico, se puede decir que en la mayoría lo importante de la aplicación es la obtención de propiedades diferentes, deseadas para optimizar el desarrollo del producto.

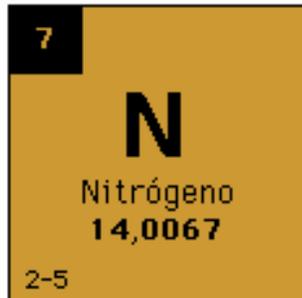
1.8.- Referencias

- [1.1] <http://www.concursososanitarios.com/Material-Sanitario.xsql?PAGINA=0>
- [1.2] http://wzar.unizar.es/uz/sge/ppub/2002_2003/450_a.html
- [1.3] <http://www.ull.es/investigacion/apoyoinvestigacion/nitrogeno.htm>
- [1.4] <http://www.stirling.nl/menu.html>
- [1.5] <http://enciclopedia.cc/Nitr%C3%B3geno>
- [1.6] <http://www.praxair.com>
- [1.7] http://www.conexionindustrial.com/index_span.php?mod=spanish_busca
- [1.8] <http://www.finesa.com.mx/index.htm>

CAPÍTULO II

ELEMENTOS CRIOGÉNICOS

Número atómico



Símbolo

Nombre

Masa atómica

En el presente capítulo, se hará un desglose de las propiedades de los diferentes elementos criogénicos.



CAPÍTULO II

Elementos Criogénicos

2.1.- Generalidades

En el interior del recipiente, se debe tener una atmósfera inerte, para evitar una reacción química entre las probetas y el medio de enfriamiento. Debido a las bajas temperaturas que se desean alcanzar, se condensaran varios elementos o compuestos, que pueden reaccionar con el material que se esta tratando térmicamente. Entre ellos se encuentran principalmente el Oxígeno, que podría afectar la estructura del elemento. Esté reacciona con los materiales cambiando su estructura a través de una oxidación.

Se pueden eliminar los compuestos o elementos que contiene el aire, susceptibles de reaccionar, pero el proceso es muy caro. Por ello es preferible utilizar un medio inerte que no reaccione químicamente con los elementos del medio ambiente como el Helio. Otra posibilidad consiste en emplear Nitrógeno donde el cambio de fase de gas a líquido se da a $-197.15\text{ }^{\circ}\text{C}$ a una presión atmosférica [2.1].

El Nitrógeno se puede considerar como un gas relativamente inerte; esto es, se requiere de grandes cantidades de energía para que pueda reaccionar químicamente, bajo las condiciones de temperatura y presión que se dan en el tratamiento térmico, por lo tanto se puede asegurar que no se propiciará ninguna reacción química.

Por otra parte existen otros elementos que pueden ayudar a alcanzar una temperatura criogénica, a estos elementos se les conoce como gases criogénicos y son el Bióxido de Carbono y el Hidrogeno líquido.

2.2.- Helio

El Helio (del griego Helios, “sol”), de símbolo He, es un elemento gaseoso, inerte, incoloro e inodoro. Pertenece al grupo VIII A del sistema periódico, y es uno de los gases nobles. Su número atómico es 2. En la figura 2.1 se observa su representación en la tabla periódica.

The image shows a single element box for Helium from the periodic table. The box is brown with a black border. In the top-left corner, the atomic number '2' is written in white on a black background. In the center, the chemical symbol 'He' is written in large black font, with the name 'Helio' and the atomic mass '4,00260' below it. In the bottom-left corner, the atomic number '2' is written in black on a white background. To the right of the box, the labels 'Símbolo', 'Nombre', and 'Masa atómica' are listed vertically.

Número atómico	2
Símbolo	He
Nombre	Helio
Masa atómica	4,00260
	2

Figura 2.1 Representación del Helio en la tabla periódica [2.2].

El astrónomo francés Pierre Janssen descubrió al Helio en el espectro de la corona solar durante un eclipse en 1868. Poco después, el químico británico Edgard Frankland y el astrónomo británico Joseph Norman Lockyer lo identificaron como elemento y le dieron nombre. El gas fue aislado por vez primera a partir de fuentes terrestres en 1895, por el químico británico Sir William Ramsay, que lo descubrió en la cleveíta, un mineral que contiene Uranio. En 1907, el físico británico Lord Ernest Rutherford demostró que las partículas alfa son los núcleos de los átomos de Helio, hecho confirmado por investigaciones posteriores.

2.2.1.- Propiedades físicas

El Helio está formado por moléculas monoatómicas, y es el gas más ligero exceptuando al Hidrógeno, en la tabla 2.1 se mencionan algunas constantes pertenecientes a este elemento



Tabla 2.1 Propiedades físicas del Helio [2.3].

Peso molecular	0.0040026 kg.
Volumen específico a 21.1° C, 101.325 kPa	6.0304 m^3/kg
Punto de ebullición a 1 atm.	-268.9° C
Punto Triple	Presión 5.167 kPa Temperatura -270.9 °C
Densidad absoluta en estado gaseoso a 20° C, 101.325 kPa	0.164 kg/m^3
Densidad en estado líquido a presión de saturación y 2.25 K	1.248 kg/lt
Temperatura crítica	-267.9° C
Presión crítica	229.0665 kPa
Densidad crítica	0.693 kg/m^3
Calor latente de vaporización	81.223 J/mol
Constante dieléctrica en estado gaseoso a 20° C, 101.325 kPa	1.000 065
Constante dieléctrica en estado líquido a 4.2 K y presión de saturación	1.000 096

El Helio, como todos los gases nobles, es químicamente inerte. Su única capa de electrones está llena, haciendo muy difícil las reacciones con otros elementos, y los compuestos resultantes son bastantes inestables. Sin embargo, se han encontrado moléculas de compuestos con Neón (otro gas noble) y con Hidrógeno.

El Helio es el gas más difícil de licuar, y es imposible de solidificar a presiones atmosféricas normales. Estas propiedades convierten al Helio líquido en un material extremadamente útil como refrigerante y para experimentos de obtención de temperaturas cercanas al cero absoluto. Puede llevarse casi hasta el cero



absoluto a presión normal extrayendo rápidamente el vapor de encima del líquido. A una temperatura ligeramente superior al cero absoluto, se transforma en Helio II, llamado también Helio súper-fluido, un líquido con propiedades físicas únicas. No se puede solidificar, y su viscosidad es aparentemente cero. Atraviesa fácilmente grietas y poros diminutos e incluso puede trepar por las paredes y sobre el borde de un contenedor. El Helio III, el isótopo más ligero del Helio, de masa 3, con un punto de ebullición incluso más bajo que el Helio ordinario, muestra propiedades marcadamente diferentes cuando se licua [2.4].

El Helio es el segundo elemento más abundante en el Universo, después del Hidrógeno. A nivel del mar, se produce en la atmósfera en la proporción de 5,4 partes por millón. La razón aumenta ligeramente a alturas mayores más o menos una parte por millón del Helio atmosférico es Helio 3, considerado actualmente como un producto de la desintegración del Tritio, un isótopo radiactivo del Hidrógeno con masa 3.

El isótopo común del Helio, el Helio 4, procede probablemente de emisiones de radiación alfa de las rocas. El gas natural, que contiene una media de un 0,4 % de Helio, es la mayor fuente comercial.

2.2.2.- Usos

Debido a que es incombustible, el Helio es un medio más adecuado que el Hidrógeno para elevar globos aerostatitos; tiene un 92 % de la potencia elevadora en relación con el Hidrógeno, aunque pesa dos veces más. El Helio se usa para presurizar y endurecer la estructura de los cohetes espaciales antes del despegue y para presurizar los tanques de Hidrógeno líquido u otros combustibles, con el fin de forzar al combustible dentro de los motores del cohete. Es útil para esta aplicación porque sigue en estado gaseoso incluso a la baja temperatura del Hidrógeno líquido. Un uso potencial del Helio es como medio transmisor de calor en los reactores nucleares, porque permanece



químicamente inerte y no es radiactivo en las condiciones existentes en el interior.

El Helio se usa en soldadura por arco de gas inerte de ciertos metales ligeros, tales como las aleaciones de Aluminio y Magnesio, que de otra forma se oxidarían; el Helio protege las partes calientes del ataque del aire. Asimismo se utiliza en lugar del Nitrógeno como parte de la atmósfera sintética que respiran los buceadores y los trabajadores de las campanas sumergidas, porque reduce la posibilidad de sufrir embolias gaseosas. Esta atmósfera sintética se usa también en medicina para aliviar los problemas de respiración, porque el Helio se mueve más fácilmente que el Nitrógeno por las vías respiratorias afectadas.

2.2.3.- Transporte

El Helio en forma de gas comprimido está catalogado como un material peligroso, la unidad que lo transporte se rotula con la etiqueta de transporte de material peligroso. Además, debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas no flamable) con el número de Naciones Unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STPS/1999 [Anexo 2]. Cada envase requiere de una etiqueta de identificación con información de los riesgos primarios y secundarios. La unidad deberá contar con su hoja de emergencia con la información necesaria para atender una incidencia según NOM-005-STPS/1999 [Anexo 3]. Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca se debe trasladar en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

2.2.4.- Ecología

El Helio es un gas no tóxico. Por ser parte del aire, no genera efectos adversos a la ecología, no contiene ningún químico de clase I ó II que ataquen la capa de ozono. Asimismo no esta catalogado como contaminante marino y no se

encuentra dentro de los listados que sirven para clasificar a una actividad como de alto riesgo. El cilindro con o sin producto deberá ser retornado a su distribuidor, en caso de disposición de alguna emergencia del producto libere la presión lentamente en un lugar bien ventilado.

2.3.- Hidrógeno

Es un elemento gaseoso reactivo, insípido, incoloro e inodoro. Su número atómico es 1 y pertenece al grupo 1 (ó IA) del sistema periódico. En la figura 2.2 se muestra su representación en la tabla periódica.

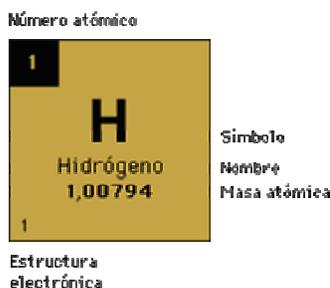


Figura 2.2 Representación del Hidrógeno en la tabla periódica [2.2].

En un principio no se le distinguía de otros gases hasta que el químico británico Henry Cavendish demostró en 1766 que se formaba en la reacción del Ácido Sulfúrico con los metales, más tarde descubrió que el Hidrógeno era un elemento independiente que se combina con el Oxígeno para formar agua. El químico británico Joseph Priestley lo llamó “aire flamable” en 1781, y el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier le dio finalmente el nombre de Hidrógeno.

2.3.1.- Propiedades físicas

Como la mayoría de los elementos gaseosos, el Hidrógeno es diatómico (sus moléculas contienen dos átomos), pero a altas temperaturas se disocia en átomos libres. Sus puntos de ebullición y fusión son los más bajos de todas las



sustancias, a excepción del Helio. El Hidrógeno líquido fue obtenido por primera vez por el químico británico James Dewar en 1898. Si se deja evaporar rápidamente bajo poca presión se congela transformándose en un sólido incoloro.

Tabla 2.2 Propiedades físicas del Hidrógeno [2.5].

Estado de oxidación	+1
Electronegatividad	2,1
Radio covalente (Å)	0,37
Radio iónico (Å)	2,08
Configuración electrónica	1s ¹
Primer potencial de ionización (eV)	13,65
Masa atómica (g/mol)	1,00797
Densidad (g/mol)	0,071
Punto de ebullición (°C)	-252,7
Punto de fusión (°C)	-259,2

El Hidrógeno comercial es una mezcla de dos formas diferentes, Ortohidrógeno (los núcleos giran en paralelo) y Parahidrógeno (los núcleos no giran en paralelo). El Hidrógeno ordinario está compuesto de unas tres cuartas partes de Ortohidrógeno y una cuarta parte de Parahidrógeno. Los puntos de ebullición y fusión de ambas formas difieren ligeramente de los del Hidrógeno ordinario. El Hidrógeno puro puede obtenerse por adsorción del Hidrógeno ordinario en carbón a una temperatura de -225 °C [2.4].

Se sabe que el Hidrógeno tiene tres isótopos. El núcleo de cada átomo de Hidrógeno ordinario está compuesto de un protón. El Deuterio, que está presente en la naturaleza en una proporción de 0,02%, contiene un protón y un neutrón en el núcleo de cada átomo y tiene una masa atómica de dos. El Tritio,



un isótopo radiactivo e inestable, contiene un protón y dos neutrones en el núcleo de cada átomo y tiene una masa atómica de tres.

El Hidrógeno en estado libre sólo se encuentra en muy pequeñas cantidades en la atmósfera, aunque en el espacio interestelar abunda en el Sol y otras estrellas, siendo de hecho el elemento más común en el Universo. En combinación con otros elementos se encuentra ampliamente distribuido en la Tierra, en donde el compuesto más abundante e importante del Hidrógeno es el agua.

2.3.2.- Usos

El Hidrógeno reacciona con una gran variedad de elementos no metálicos. Se combina con Nitrógeno en presencia de un catalizador formando Amoníaco; con Azufre formando Sulfuro de Hidrógeno; con Cloro formando Cloruro de Hidrógeno y con Oxígeno para formar agua. Para que se produzca la reacción entre Oxígeno e Hidrógeno a temperatura ambiente se necesita la presencia de un catalizador como el Platino finamente dividido. Si se mezcla con aire u Oxígeno y se prende, explota. También se combina con ciertos metales como Sodio y Litio, formando Hidruros. Actúa como agente reductor de óxidos metálicos como el Óxido de cobre, extrayendo el Oxígeno y dejando el metal en estado puro. El Hidrógeno reacciona con compuestos orgánicos insaturados formando los compuestos saturados correspondientes [2.6].

2.3.3.- Transporte

El hidrógeno comprimido está catalogado como un material peligroso, la unidad que lo transporte se rotula con la etiqueta de transporte de material peligroso. Además, debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas flamable) con el número de naciones unidas ubicando en la unidad, según NOM-004-



STPS/1999 [Anexo 2]. Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de los riesgos primarios y secundarios.

La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una incidencia según NOM-005-STPS/1999 [Anexo 3]. Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca debe trasladarse en el compartimiento de pasajeros del vehículo [2.7].

2.3.4.- Ecología

El Hidrógeno no genera efectos adversos a la ecología, no contiene ningún químico de clase I ó II que afecten la capa de ozono y no está catalogado como contaminante marino.

Por sus características se encuentra dentro del listado de los productos que si se almacenan, producen o transportan en cantidades iguales o mayores a la de reporte se considera la actividad como de alto riesgo, la cantidad de reporte para el Hidrógeno es de 500 kg.

2.4.- Dióxido de Carbono

El Dióxido de Carbono, también denominado Bióxido de Carbono, Óxido de Carbono IV o Anhídrido Carbónico, es un gas cuyas moléculas están compuestas por dos átomos de Oxígeno y uno de Carbono. Su fórmula química es CO_2 . El Dióxido de Carbono es uno de los gases de efecto invernadero que contribuye a que la Tierra tenga una temperatura habitable, siempre y cuando se mantenga en cantidades determinadas. Sin Dióxido de Carbono, la Tierra sería un bloque de hielo. Por otro lado, un exceso impide la salida de calor al



espacio y provoca un calentamiento excesivo del planeta, fenómeno conocido como efecto invernadero.

2.4.1.- Propiedades físicas

Tiene algunas características peculiares, pues carece de fase líquida a la presión atmosférica normal; el sólido sublima directamente a la fase gaseosa. Para obtener la fase líquida a la temperatura ambiente es necesario aplicar una presión de 6,7 MPa (67 veces la presión atmosférica normal) [2.3].

2.4.2.- Usos

Se utiliza como líquido refrigerante en máquinas frigoríficas o congelado como hielo seco. El gas es inyectado en conjunto con productos químicos, permitiendo una mejor distribución del material en el molde y facilitando el ajuste de la densidad deseada. Otra aplicación es en el lavado de pulpa de papel, una aplicación patentada e introducida al mercado por AGA S.A de C.V. a comienzos de los años ´90. Actualmente, es aplicada en más de 40 líneas de fibras Kraft y líneas de sulfito. La aplicación ofrece mejoras considerables, optimizando la calidad del lavado y disminuyendo el impacto sobre el medio ambiente.

2.4.3.- Transporte

El Dióxido de Carbono, como gas licuado, está catalogado como un material peligroso. La unidad que lo transporte se rotula con la etiqueta de transporte de material peligroso. Además, debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas no flamable) con el número de Naciones Unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STPS/1999 [Anexo 2].

La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una incidencia según NOM-005-STPS/1999 [Anexo 3].

Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de los riesgos primarios y secundarios. Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca debe trasladarse en el compartimiento de pasajeros del vehículo [2.6].

2.5.- Nitrógeno

El símbolo del Nitrógeno es N. Es un elemento gaseoso que compone la mayor parte de la atmósfera terrestre. Su número atómico es 7 y pertenece al grupo VA de la tabla periódica. En la figura 2.3 se ilustra su representación.

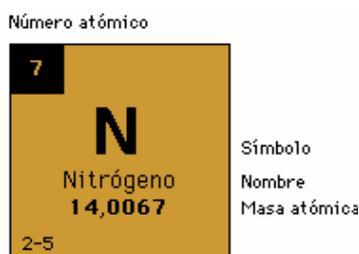


Figura 2.3 Representación del Nitrógeno en la tabla periódica [2.2].

El Nitrógeno fue aislado por el físico británico Daniel Rutherford en 1772 y reconocido en 1776 como gas elemental por el químico francés Antoine Laurent de Lavoisier.

2.5.1.- Propiedades físicas

El Nitrógeno es un gas no tóxico, incoloro, inodoro e insípido. Puede condensarse en forma de un líquido incoloro que, a su vez, puede comprimirse como un sólido cristalino e incoloro. El Nitrógeno aparece en dos formas



isotópicas naturales; artificialmente se han obtenido cuatro isótopos radiactivos. En la tabla 2.3 se indican algunas de las propiedades físicas de este elemento.

Tabla 2.3 Propiedades Físicas del Nitrógeno [2.5].

Peso molecular	0.0280134 kg.
Volumen específico a 21.1° C, 101.325 kPa	0.8615 m ³ /kg.
Punto de ebullición a 101.325 kPa	-195.8°C
Triple punto:	Presión 12.53kPa Temperatura 63.149 K
Densidad absoluta en estado gaseoso a 25° C, 101.325 kPa	1.145 kg/m ³
Densidad en estado líquido a presión de saturación a 63.15 K	0.808 kg/lt
Temperatura crítica	-146.9°C
Presión crítica	3400 kPa
Densidad crítica	0.311 kg/lt
Calor latente de vaporización	198.914 J/mol
Constante dieléctrica en estado gaseoso a 20° C, 101.325 kPa	1.000 273
Constante dieléctrica en estado líquido a 70.15 K	1.000 548

Se obtiene de la atmósfera haciendo pasar aire por Cobre o Hierro caliente; el Oxígeno se separa del aire dejando al Nitrógeno mezclado con gases inertes. El Nitrógeno puro se adquiere por destilación fraccionada del aire líquido. Al tener el Nitrógeno líquido un punto de ebullición más bajo que el Oxígeno líquido, el Nitrógeno se destila antes, lo que permite separarlos. El Nitrógeno constituye cuatro quintos (78,03%) del volumen del aire aproximadamente. Es inerte y actúa como agente diluyente del Oxígeno en los procesos de combustión y respiración.



Se combina con otros elementos únicamente a altas temperaturas y presiones. Se hace activo sometiéndolo a una descarga eléctrica a baja presión, combinándose con metales alcalinos para formar Azidas; con vapor de Zinc, Mercurio, Cadmio y Arsénico para formar Nitruros, y con numerosos hidrocarburos para formar Ácido Cianhídrico y Cianuros, también llamados Nitrilos. El Nitrógeno activado se vuelve Nitrógeno ordinario apenas en un minuto.

En estado combinado, interviene en muchas reacciones. Son tantos los compuestos que forma, que el químico estadounidense Edward Franklin elaboró un esquema de compuestos que contienen Nitrógeno en lugar de Oxígeno. En compuestos, el Nitrógeno aparece con todas las valencias que van de -3 a +5. El Amoníaco, la Hidracina y la Hidroxilamina son ejemplos de compuestos en los que la valencia del nitrógeno es -3, -2 y -1, respectivamente. Los Óxidos del Nitrógeno son un ejemplo de compuestos en los que el Nitrógeno tiene todas las valencias positivas.

2.5.2.- Usos

La mayor parte del Nitrógeno utilizado en la industria química se obtiene por destilación fraccionada del aire líquido, y se usa para sintetizar Amoníaco. A partir de este se preparan una gran variedad de productos químicos, como fertilizantes, Ácido Nítrico, Urea, Hidracina y Aminas. También se usa el Amoníaco para elaborar Óxido Nitroso (N_2O), un gas incoloro conocido popularmente como gas de la risa. Este gas, mezclado con Oxígeno, se utiliza como anestésico en cirugía.

El Nitrógeno líquido tiene una aplicación muy extendida en el campo de la criogenia como agente refrigerante. Su uso se ha visto incrementado con la llegada de los materiales cerámicos que se vuelven superconductores en el



punto de ebullición del Nitrógeno. También se usa como refrigerante en el transporte y conservación de alimentos y aplicaciones biológicas. Como gas su uso intenso es para crear atmósferas inertes, reduciendo la actividad del Oxígeno en las oxidaciones y combustiones. En sistemas eléctricos se utiliza en los transformadores, para mantenerlos en una cámara inerte, también se emplea en el llenado de lámparas incandescentes [2.6].

2.5.3.- Transporte

El Nitrógeno líquido está catalogado como un material peligroso, la unidad que lo transporte se rotula con la etiqueta de transporte de material peligroso. Además, debe portar el rombo de señalamiento de seguridad (gas no flamable) con el número de Naciones Unidas ubicando en la unidad según NOM-004-STPS/1999 [Anexo 2]. La unidad deberá contar con su hoja de emergencia en transportación con la información necesaria para atender una incidencia según NOM-005-STC/1999 [Anexo 3]. Cada envase requiere una etiqueta de identificación con información de los riesgos primarios y secundarios. Los cilindros deberán ser transportados en posición vertical y en unidades bien ventiladas, nunca deben trasladarse en el compartimiento de pasajeros del vehículo.

2.5.4.- Ecología

La atmósfera contiene aproximadamente un 78% de Nitrógeno. No genera efectos adversos a la ecología, no está catalogado como contaminante marino y no se encuentra dentro de los listados que sirven para clasificar a una actividad como de alto riesgo. En caso de desastre se debe permitir que se evapore en un lugar abierto bien ventilado, lejos de las áreas de trabajo. No se debe desechar el Nitrógeno residual en cilindros de gases comprimidos. Es conveniente regresar los cilindros a su distribuidor con una presión residual positiva, la válvula cerrada y el capuchón colocado en su lugar.



2.6.- Riesgos en el manejo de gases criogénicos

Los riesgos que presentan estos gases se pueden clasificar de la siguiente manera:

2.6.1.- Quemaduras

Las bajas temperaturas de estos productos producen en el tejido humano un rápido congelamiento, con graves destrucciones provocando “Quemaduras en Frío” similares a las quemaduras termales de 1°, 2° y hasta de 3° de profundidad.

2.6.2.- Sobrepresiones

En el manejo de los gases criogénicos, al quedarse encerrados en una tubería, pueden vaporizarse y provocar una sobrepresión en las tuberías que los contienen, con el posible riesgo de romperlas.

2.6.3.- Presión

Se presentan cuando se manejan los recipientes que los contienen, pues las presiones en que se envasan son del orden de 150 kg/cm^2 .

2.6.4.- Toxicidad

No son tóxicos, sin embargo están considerados como asfixiantes simples, esto se debe a que tienen la peculiaridad de desplazar el Oxígeno provocando asfixia.



2.7.- Reglas de seguridad en el manejo de gases criogénicos

Estas reglas son de vital importancia para prevenir accidentes, que bien podrían provocar quemaduras graves y hasta la muerte a los usuarios [2.7].

Las reglas son las siguientes:

- a) Mantener las áreas de trabajo bien ventiladas.
- b) No trabajar en áreas donde la concentración sea inferior al 19 % de oxígeno.
- c) Trabajar con equipo de protección personal, tales como casco, lentes de seguridad, guantes de carnaza o cuero, zapatos de seguridad, protección auditiva y ropa de trabajo.
- d) Colocar y respetar señalización de seguridad, indicando los riesgos.
- e) Nunca entrar en lugares cerrados sin analizar su atmósfera en cuanto a su cantidad de Oxígeno.

2.8.- Sumario

En el presente capítulo se realizó una recopilación de los diferentes medios de enfriamiento que existen para poder realizar un tratamiento térmico criogénico, para esto se debe de tomar en cuenta muchas variables entre las cuales destacan las propiedades físicas y químicas de cada elemento, así también se dio una breve explicación sobre como transportar y manipular cada gas. También se deben de tomar en cuenta los riesgos que existen en el manejo de cada elemento, así como las normas de seguridad mínimas aplicables.



2.9.- Referencias.

- [2.1] Cengel Boles, Thermodynamics Fundamentals, Mc Graw Hill, 2002
- [2.2] Sonntag Borganate, Thermodynamics Fundamentals, 2004
- [2.3] Abbott Smith, Introduction to chemical Engineering, Mc Graw Hill, 2004
- [2.4] Wark K. Termodinamica, Mc Graw Hill 2004
- [2.5] Tablas Termodinámicas, Academia de fisicoquímica, 2005
- [2.6] <http://www.aga.com.mx>
- [2.7] <http://www.infra.com.mx>

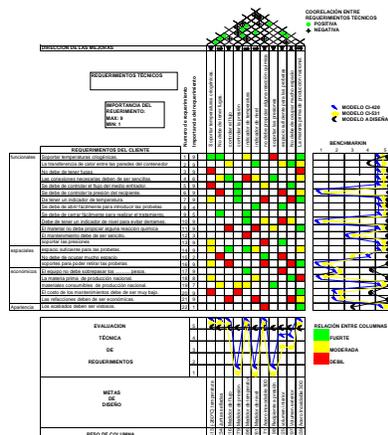
CAPÍTULO III

DEFINICIÓN

DE LAS

METAS DE

DISEÑO



En el presente capítulo, se establecerán las metas de diseño que se necesitan para desarrollar un sistema óptimo y eficiente.



CAPÍTULO III

Definición de las metas de diseño

3.1.- Identificación de la necesidad

EL diseño mecánico es un proceso de solución de problemas. Como tal, el primer paso consiste en comprender el inconveniente que se trata de resolver. No es posible solucionar un problema si no se tiene la información suficiente que permita comprenderlo con claridad. En el proceso de comprensión se requiere en primer lugar tener la conciencia de que este existe y que es necesario darle solución. De esta manera se definen cuatro elementos en el presente caso de estudio.

- La percepción del estado inicial.
- La percepción del estado final.
- Los obstáculos que impiden pasar de un estado inicial a uno final.
- El entorno en el que se desarrolla.

En el capítulo I se realizó una pequeña síntesis de las diferentes aplicaciones que tiene la criogénia, de las cuales en México es casi nula su utilización. Muchas empresa, debido a la falta de información o de recursos técnicos, se limitan a continuar sus operaciones con las herramientas convencionales o con aquellas que encuentran en el mercado, sin embargo, como ya se estudió son muchas las aplicaciones y más los beneficios que se obtienen al utilizar los tratamientos criogénicos como elemento de apoyo [3.1].

Por esta razón se debe de comenzar a realizar y promover una nueva línea de investigación que proporcione un avance tecnológico y una metodología propia de la cual se obtenga una aplicación para cada una de las necesidades existentes en la industria. Esta es la razón que impulsa a proponer las bases



para el desarrollo de la tecnología criogénica, es decir, no con el hecho de finalizar el proyecto se termina la propuesta, si no por el contrario, aquí solo se establecen los precedentes para futuros trabajos.

3.1.1.- Descripción de la necesidad

Para poder definir la problemática que se presenta, es necesario auxiliarse de cuatro elementos básicos que ostenta la necesidad que se desea satisfacer.

3.1.1.1.- Estado inicial

Para hacer mas fácil la comprensión de este punto, las características que se consideran esenciales en el planteamiento se presentan en la siguiente lista:

- No existe tecnología criogénica en México para aplicaciones en el área metal-mecánica.
- No se conoce a ciencia cierta el procedimiento adecuado para llevar a cabo un tratamiento criogénico.
- Las empresas que conocen las bondades que brinda un tratamiento térmico criogénico se ven en la necesidad de importar los servicios.
- Hay equipos disponibles para realizar tratamientos criogénicos, pero es necesario importarlos.

3.1.1.2.- Estado final

Para hacer mas fácil la comprensión de este inciso, las características a las cuales se pretende llegar son:



- El diseño de un recipiente para hacer tratamientos térmicos criogénicos en probetas metálicas para un ensayo de tensión según la norma ASTM E8-04 [Anexo 1].
- Desarrollar tecnología propia en el campo de la criogénia.
- Establecer metodologías que permitan mejorar y manipular las condiciones que propicia un tratamiento criogénico.
- Las empresas no se vean en la necesidad de importar servicios referentes a tratamientos criogénicos en materiales metálicos.
- Crear una industria nacional que distribuya y promueva los beneficios que brindan los tratamientos criogénicos en el área metal-mecánica.

3.1.1.3.- Inconvenientes en la transición de un estado inicial a uno final

Para hacer más fácil la comprensión de este inciso se enlistaran las características que impiden la conversión entre un estado y otro:

- Los materiales capaces de soportar temperaturas criogénicas.
- Los aislantes que limiten la transferencia de calor entre el medio ambiente y el medio de enfriamiento.
- Las válvulas controladoras de flujo capaces de soportar temperaturas criogénicas.
- Las válvulas controladoras de presiones capaces de soportar temperaturas criogénicas.
- La falta de tecnología en el campo de los tratamientos térmicos criogénicos.
- El desinterés por parte de investigadores en el ámbito de los tratamientos térmicos criogénicos



3.1.1.4.- Entorno

No se debe de perder de vista que el contexto en el que se desarrolla el proyecto son solo condiciones ambientales, si no también técnicas, económicas, políticas y culturales.

3.1.2.- Identificación del cliente.

Se considera como cliente a todos aquellos organismos empresariales que deseen adquirir los beneficios que obtiene un producto después de haber sido tratado criogenicamente, es decir, aquellas empresas que utilizan herramientas de corte, o las ensambladoras en las cuales sus herramientas están sujetas a desgaste y desean prolongar la vida útil de sus elementos. No hay que perder de vista que el área metal-mecánica es al que menor desarrollo ha presentado en este aspecto, pero existen otros sectores como el alimenticio en el que ya se está utilizando la tecnología criogénica para conservar en mejores condiciones sus productos [3.2].

Otro cliente potencial son las escuelas e institutos encargados de realizar investigación tecnológica y que estén interesados en los tratamientos térmicos criogénicos y su desarrollo. Así también, todos los usuarios que tengan contacto con el equipo como proveedores de material, compradores, personal encargado de su manufactura y su mantenimiento.

3.1.3.- Objetivo de estudio

El objetivo general es diseñar un elemento, dispositivo o recipiente que sea capaz de soportar bajas temperaturas para realizar tratamientos térmicos criogénicos a probetas mecánicas, según la norma ASTM E8-04 [Anexo 1], para esté elemento se tomara como base 12 probetas, esta cantidad no tiene justificación técnica, es solo una decisión de diseño tomada por conveniencia.



Las características con las cuales debe de cumplir son:

- Soportar temperaturas criogénicas.
- Aislar lo mejor posible el sistema a fin de evitar pérdidas de energía térmica.
- El costo no debe superar los 20,000 pesos.
- Mantenimiento sencillo.
- El tamaño debe ser reducido, pero suficiente para almacenar las probetas.
- De fácil operación.
- De fácil manipulación y transporte.
- El sistema no debe de ser agresivo con el medio ambiente.
- Debe ser de fácil manufactura.
- Los materiales deben ser fáciles de conseguir.
- Si son necesarias las refacciones, estas deben de conseguirse fácilmente.

3.1.4.- Problemática

El proyecto se desarrolló como una propuesta para establecer una línea de investigación dentro de la SEPI-ESIME-ZACATENCO. Este planteamiento debe de ser concreto y establecer un marco general de aplicación, en el capítulo I se informo de manera colectiva las diversas aplicaciones, ahora, es necesario establecer metodologías propias que generen soluciones a diferentes problemas en diligencias mecánicas.

Así la propuesta se centra en establecer un medio a través del cual se puedan generar los ofrecimientos ya mencionados.



3.1.5.- Restricciones

Como es un proyecto que no cuenta con recursos directos por parte de algún sector, público o privado y solo tiene como apoyo las becas otorgadas por CONACYT según el registro 191005 y PIFI dentro del proyecto de investigación con clave de registro de la SIP 2006-0595, una de las principales restricciones son el costo del equipo.

Por otra parte, es una propuesta que se está desarrollando y no cuenta con un parámetro de comparación; por lo tanto, las limitaciones que presenta son un buen funcionamiento y desempeño, sin olvidar las condiciones ecológicas.

3.1.6.- Justificación del proyecto

A estas alturas se han descrito las cualidades que proporciona un tratamiento térmico en diferentes elementos en los que se ha usado. Está es una premisa importante, ya que a través de una metodología rigurosa se pueden encontrar mucho más aplicaciones y explotar los beneficios que se obtiene de los procedimientos criogénicos. En términos generales, son muy diversas las aplicaciones y poca la utilización que aquí en México se tiene. Este proyecto solo es “la punta del iceberg” por así llamarlo para un importante desarrollo tecnológico en el país.

Aplicaciones, muchas; las cuales ya se mencionaron en el capítulo I. Así como las áreas donde se puede explorar he intentar alcanzar mejores propiedades en base a procedimientos científicos para desarrollar tratamientos térmicos criogénicos.

Las mejoras alcanzadas en diferentes elementos y herramientas de trabajo hacen que está propuesta resulte atractiva para el mercado nacional e internacional, ya que al mejorar las propiedades mecánicas de los dispositivos y



utensilios de trabajo, hace que sean mas durables y por lo tanto su tiempo de vida útil más prolongado, esto se ve reflejado directamente en los costos de producción porque al necesitar menos reemplazos, la productividad aumenta, los tiempos muertos disminuyen y los costos se hacen más económicos.

Es importante mencionar que no existe un comparativo en México entre el tiempo de vida de herramientas que están tratadas criogénicamente y las que no, porque la aplicación que se tiene es todavía muy reducida por no decirlo nula.

3.2.- Requerimientos

En el punto 3.1.2 se mencionaron los diversos clientes que se están tomando en cuenta para el desarrollo del proyecto. En esta sección se hará un desglose de los requerimientos que se desean para el equipo que se está diseñando, para ello se realizó la siguiente división:

3.2.1.- Requerimientos funcionales [3.3]

A continuación se enlistaran los requerimientos funcionales que se esperan obtener del proyecto de investigación.

- Soportar temperaturas criogénicas.
- La transferencia de calor entre el medio ambiente y las paredes del contenedor debe de ser reducidas.
- No debe de tener fugas.
- Las conexiones necesarias deben de ser sencillas.
- Se debe controlar el flujo del medio enfriador.
- Se debe controlar la presión del recipiente.
- Se debe abrir fácilmente para introducir las probetas.



- Se debe cerrar fácilmente para realizar el tratamiento criogénico.
- Debe tener un indicador de nivel para evitar derrames.
- El material del recipiente no debe propiciar alguna reacción química entre él, el medio de enfriamiento y las probetas.
- El mantenimiento debe ser sencillo.
- Debe soportar las presiones que genere medio de enfriamiento.

3.2.2.- Requerimientos espaciales

A continuación se enlistan los requerimientos espaciales que se esperan obtener del proyecto de investigación.

- En el interior del recipiente debe haber espacio suficiente para las probetas.
- No debe de ocupar mucho espacio.
- En el interior debe tener soportes para poder retirar las probetas después del tratamiento.
- Los acabados deben ser vistosos.

3.2.3.- Requerimientos económicos

A continuación se enlistan los requerimientos económicos que se esperan obtener del proyecto de investigación.

- El equipo no debe sobrepasar los 20,000 pesos.
- La materia prima para su manufactura debe ser de producción nacional.
- Los materiales consumibles deben de ser de producción nacional.
- El costo de los mantenimientos debe de ser muy bajo.
- Las refacciones deben de ser económicas.



3.2.4.- Requerimientos obligatorios y deseables

En las listas anteriores se encuentran 22 requerimientos que se desean cumplir, de los cuales algunos son obligatorios y otros son deseables. Es decir, existen requerimientos que se pueden “sacrificar” para ceder el paso a los que son puramente necesarios en el desarrollo del sistema, de tal manera que es conveniente saber cuales son indispensables para darles más atención y cuales son solo deseables y no requieren de un cuidado especial.

En la tabla 3.1 se le proporciona un código a cada requerimiento y se destaca si es obligatorio o es deseable.

Tabla 3.1 Requerimientos obligatorios y deseables.

Código del requerimiento	Requerimiento	mensurable		obligatorio	
		si	no	si	no
O1	Debe tener un indicador de presión.	x		x	
O2	Debe soportar las presiones que genere medio de enfriamiento.	x		x	
O3	Debe tener un indicador de nivel para evitar derrames.	x		x	
O4	El costo del mantenimiento debe ser muy bajo.	x		x	
O5	El equipo no debe sobrepasar los 20,000 pesos.	x		x	
O6	El material utilizado no debe propiciar alguna reacción química entre él, el medio de enfriamiento y las probetas.		x	x	



Código del requerimiento	Requerimiento	mensurable		obligatorio	
		si	no	si	no
O7	El interior debe tener soportes para poder retirar las probetas después del tratamiento.	x		x	
O8	En el interior del recipiente debe haber espacio suficiente para las probetas.	x		x	
O9	La transferencia de calor entre las paredes del contenedor y el medio ambiente debe de ser reducida.	x		x	
O10	Las refacciones deben de ser económicas.	x		x	
O11	No debe tener fugas.		x	x	
O12	Se debe controlar el flujo del medio enfriador.	x		x	
O13	Se debe controlar la presión del recipiente.	x		x	
O14	Soportar temperaturas criogénicas.		x	x	
D1	El mantenimiento debe ser sencillo.		x		x
D2	La materia prima para su manufactura debe ser de producción nacional.		x		x
D3	Las conexiones necesarias deben ser sencillas.		x		x



Código del requerimiento	Requerimiento	mensurable		obligatorio	
		si	no	si	no
D4	Los acabados deben ser vistosos.		x		x
D5	Los materiales consumibles deben ser de producción nacional.		x		x
D6	No debe ocupar mucho espacio.	x			x
D7	Se debe abrir fácilmente para introducir las probetas.		x		x
D8	Se debe cerrar fácilmente para realizar el tratamiento.		x		x

Además de indicar en la tabla 3.1 cuales son los requerimientos deseables y cuales con los requerimientos obligatorios, también se incluye si el requerimiento expresado es mensurable o no, es decir, si se puede medir, esto nos ayudará en la fase de diseño para identificar que factores se pueden controlar y cuales no.

Cabe destacar que el código que se le da a cada requerimiento es consecutivo y arbitrario y solo sirve como identificación.

3.2.5.- Ponderación de los requerimientos deseables [3.4]

Es necesario saber que relevancia tienen los requerimientos para poder establecer prioridades a la hora de estar diseñando, por parte de los requerimientos obligatorios, no puede existir una ponderación ya que todos son



de suma importancia para el funcionamiento y desarrollo del equipo, es decir, todos tienen el mismo valor para el diseñador.

Por otra parte, los requerimientos deseables pueden formar parte del diseño o no. Sin embargo, la presencia de estos elementos proporciona un incremento en la satisfacción del cliente. Por tal motivo, es necesario destacar cuáles tienen más importancia entre ellos, para esto es necesario realizar la ponderación que se muestra en la gráfica 3.2 está proporcionada el grado de relevancia entre los requerimientos deseables.

Tabla 3.2 Ponderación de los requerimientos deseables.

Requerimiento	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	$\Sigma(+)$	lr(%)	Grado de Importancia
D1	0	-	-	+	-	+	-	-	2	7.15	6
D2	+	0	+	+	+	+	+	+	7	25	1
D3	+	-	0	+	-	+	+	+	5	17.85	3
D4	-	-	-	0	-	-	-	-	0	0	8
D5	+	-	+	+	0	+	+	+	6	21.43	2
D6	-	-	-	+	-	0	-	-	1	3.57	7
D7	+	-	-	+	-	+	0	-	3	10.72	5
D8	+	-	-	+	-	+	+	0	4	14.28	4
total									28	100	

La ponderación compara la importancia que tiene un requerimiento con respecto a otro de manera subjetiva, y queda a consideración del diseñador establecer los criterios de evaluación. En caso de que un requerimiento resulte más importante que otro, este tendrá un signo “+”, si el requerimiento tiene menor importancia tendrá un símbolo “-“. Para fines de cotejo, ningún requerimiento tendrá el mismo peso específico. Al terminar de valorar, se hace una sumatoria de los símbolos “+” y se obtiene el porcentaje. El requerimiento que tenga mayor porcentaje, será el de mayor importancia entre los

requerimientos deseables y estará denotado por el número 1 y así sucesivamente.

3.3.- Benchmarking [3.1]

Un pensador japonés llamado Sun Tzu mencionó: “conoce al enemigo y concóctete a ti mismo y en cien batallas no correrás jamás el más mínimo peligro”. Dentro de sus palabras lleva mucha sabiduría que se puede aplicar a en diferentes áreas, en especial al estar diseñando elementos o equipos es conveniente conocer los productos de la competencia. En nuestro caso, existen cuatro equipos europeos que están diseñados para tratar criogénicamente piezas metálicas.

En si, la configuración de los equipos es la misma en los cuatro casos, solo cambian las dimensiones. Cada uno cuenta con una interfase computarizada para la manipulación y control del medio refrigerante, es decir controla el flujo del elemento criogénico hasta un nivel donde las piezas a tratar así lo requieran. En la figura 3.1 se puede observar el modelo CI-420. Todos los modelos están diseñados para conectarse a una toma de nitrógeno líquido para una conexión roscada NPTH de $\frac{3}{4}$ de pulgada y un contacto trifásico de 220 V y 50 Hz. para funcionar.



Figura 3.1 Recipiente criogénico modelo CI-420 [1.4].

La interfase que controla las diferentes variables del proceso está colocada al frente y su manipulación es digital. En la figura 3.2 se puede ver la carátula de la interfase.



Figura 3.2 Interfase de los equipos CI-420, CI-531, CI-1600 y CI-3125 [1.4].

3.3.1.- Modelo CI-420

Diseñado para procesar herramientas de corte, los dados, cuchillos, barriles del arma y un sin fin de piezas pequeñas, las dimensiones internas que tiene el equipo son:

- 101.6 cm. de largo.
- 35.56 cm. de profundidad.
- 30.48 cm. de alto.

3.3.2.- Modelo CI-531

Un sistema criogénico para las cargas pequeñas-medias del volumen, con un interior abundante pero compacto. Este sistema de tratamiento criogénico requiere de poco espacio exterior para su colocación. Las dimensiones interiores son las siguientes:

- 76.20 cm. de largo.
- 45.72 cm. de profundidad.
- 43.18 cm. de alto



3.3.3.- Modelo CI-1600

Sistema de tratamiento criogénico de mediana capacidad, el tamaño interior es razonablemente grande para trabajos pesados. Este sistema de tratamiento criogénico es capaz de llevar a cabo el tratamiento criogénico en la mayoría de los artículos agrícolas, automotores, etc. Las dimensiones interiores de este equipo son las siguientes:

- 121.92 cm. de largo.
- 60.96 cm. de profundidad.
- 55.88 cm. de alto.

3.3.4.- Modelo CI-3125

Es el sistema de tratamiento criogénico estándar más grande que existe. Este sistema de tratamiento criogénico es capaz de almacenar artículos mucho muy grandes. Las dimensiones interiores de este sistema son:

- 152.40 cm. de largo.
- 76.2 cm. de profundidad.
- 76.2 cm. de profundidad.

3.3.5.- Comparación entre los diferentes sistemas

El estudio comparativo se realizara entre los modelos CI-420 y CI-531 y el modelo que se propone diseñar ya que aunque todos los sistemas pueden realizar el mismo procedimiento, son estos los que más se apegan a la necesidad de la que estamos partiendo.



En la tabla 3.3 se observan los requerimientos y los valores que adquieren en cada sistema. Para identificar el grado de satisfacción que generan de acuerdo con los requerimientos establecidos se sugieren las siguientes notaciones:

1. El diseño no cumple en absoluto con el requerimiento.
2. El diseño cumple ligeramente con el requerimiento.
3. El diseño cumple medianamente con el requerimiento.
4. El diseño cumple casi totalmente con el requerimiento.
5. El diseño cumple totalmente con el requerimiento.
6. N/A en caso de que el requerimiento no aplique a un sistema en específico.

Tabla3.3 Estudio comparativo entre el diseño propuesto, el CI-410 y el CI-531

Código del requerimiento	Requerimiento	Equipo		
		CI-420	CI-531	Propio
O1	Debe tener un indicador de presión.	5	5	5
O2	Debe soportar las presiones que genere medio de enfriamiento.	5	5	5
O3	Debe tener un indicador de nivel para evitar derrames.	N/A	N/A	5
O4	El costo del mantenimiento debe de ser muy bajo.	2	2	4
O5	El equipo no debe sobrepasar los 20,000 pesos.	1	1	5



Código del requerimiento	Requerimiento	Equipo		
		CI-420	CI-531	Propio
O6	El material utilizado no debe propiciar alguna reacción química entre él, el medio de enfriamiento y las probetas.	5	5	5
O7	El interior debe tener soportes para poder retirar las probetas después del tratamiento.	1	1	5
O8	En el interior del recipiente debe haber espacio suficiente para las probetas.	5	5	5
O9	La transferencia de calor entre las paredes del contenedor y el medio ambiente debe de ser reducida.	5	5	4
O10	Las refacciones deben ser económicas.	2	2	4
O11	No debe tener fugas.	5	5	5
O12	Se debe controlar el flujo del medio enfriador.	5	5	5
O13	Se debe controlar la presión del recipiente.	N/A	N/A	5
O14	Soportar temperaturas criogénicas.	5	5	5
D1	El mantenimiento debe ser sencillo.	3	3	5



Código del requerimiento	Requerimiento	Equipo		
		CI-420	CI-531	Propio
D2	La materia prima para su manufactura debe ser de producción nacional.	N/A	N/A	5
D3	Las conexiones necesarias deben ser sencillas.	5	5	5
D4	Los acabados deben ser vistosos.	5	5	3
D5	Los materiales consumibles deben ser de producción nacional.	N/A	N/A	5
D6	No debe ocupar mucho espacio.	4	3	5
D7	Se debe abrir fácilmente para introducir las probetas.	5	5	5
D8	Se debe cerrar fácilmente para realizar el tratamiento.	5	5	5

Del análisis del benchmarking se encuentra que los sistemas disponibles están sobrados para la utilización que se pretende en este estudio. Por otra parte, el aspecto económico no satisface la expectativa que se tiene en el proyecto.

3.4.- Traducción de los requerimientos [3.6]

Como se recordara, en la tabla 3.1, además de realizar la selección de los requerimientos en cuanto a si son obligatorios o no, también se catalogaron como “mensurables” o “no mensurables”. Un requerimiento mensurable es



aquel que se expresa en términos técnicos y de cantidad, los no mensurables, por lo tanto son difíciles de expresar en términos técnicos y requieren una transformación para tomarlos en cuenta en el diseño.

3.4.1.- Requerimientos mensurables

En la tabla 3.4 se enuncian los requerimientos mensurables y las unidades en que las expresamos.

Tabla 3.4 Requerimientos mensurables y unidad de medida.

Código del requerimiento	Requerimiento	Unidad
O1	Debe tener un indicador de presión.	kg/mm^2
O2	Debe soportar las presiones que genere el medio de enfriamiento.	kg/mm^2
O3	Debe tener un indicador de nivel para evitar derrames.	mm.
O4	El costo del mantenimiento debe de ser muy bajo.	Pesos
O5	El equipo no debe sobrepasar los 20,000 pesos.	Pesos
O8	En el interior del recipiente debe haber espacio suficiente para las probetas.	m^3
O9	La transferencia de calor entre las paredes del contenedor y el medio ambiente debe de ser reducida.	$\frac{W}{m^2 K}$
O10	Las refacciones deben ser económicas.	Pesos
O12	Se debe controlar el flujo del medio enfriador.	kg/s



Código del requerimiento	Requerimiento	Unidad
O13	Se debe controlar la presión del recipiente.	kg/mm^2
D6	No debe ocupar mucho espacio.	m^3

3.4.2.- Requerimientos no mensurables

Estos son los requerimientos que es necesario traducir, ya que por si solos no se puede establecer un elemento de control y de diseño para continuar con la siguiente fase de diseño. En la tabla 3.1 se muestran los requerimientos que no son mensurables y ahora en forma de lista se hará su conversión.

1. *El material utilizado no debe propiciar alguna reacción química entre él, el medio de enfriamiento y las probetas.*

- Los materiales utilizados no deben tener reacciones químicas con el medio refrigerante
- Los materiales deben tener una configuración química estable.

2. *En el interior debe haber soportes para retirar las probetas después del tratamiento.*

- Se debe diseñar un sistema interior que contenga las probetas y no evite el tratamiento térmico.
- El sistema de sujeción debe de ser del mismo material del cual esta hecho el recipiente.

3. *No debe tener fugas.*

- Las uniones deben estar bien selladas.
- La tina debe ser de una sola pieza.



4. *Soportar temperaturas criogénicas.*
 - El material empleado no debe sufrir cambios estructurales o mecánicos que impidan el desarrollo del proceso.

5. *El mantenimiento debe ser sencillo.*
 - Si existe algún aditamento del equipo que requiera de mantenimiento, debe colocarse en una posición que permita su reemplazo.

6. *La materia prima para su producción debe ser nacional.*
 - Los materiales ocupados para la fabricación del proyecto deben encontrarse y ser producidos por empresas mexicanas.

7. *Las conexiones necesarias deben ser sencillas.*
 - Las conexiones que se requieran para el desempeño del equipo debe ser de formato estándar.

8. *Los acabados deben ser vistosos*
 - Diseño del equipo con materiales anticorrosivos.
 - Acabados superficiales en el exterior del equipo.

9. *Los materiales consumibles deben ser de producción nacional.*
 - El medio de enfriamiento se debe conseguir fácilmente en el mercado nacional.
 - Utilizar materiales producidos en el país.

10. *Se debe abrir fácilmente.*
 - El sistema de apertura debe ser sencillo de manipular.
 - Un diseño de tuerca - tornillo.



11. *Se debe cerrar fácilmente.*

- El sistema de cierre debe ser sencillo de manipular.
- Un diseño de tuerca - tornillo.

3.4.3.- Metas de diseño

Las metas de diseño se observan a través del gráfico o despliegue de funciones de calidad (QFD) o casa de la calidad mostrado en la figura 3.3.

3.5.- Sumario

En el presente capítulo se realizó un análisis del problema de estudio, con la finalidad de encontrar lo que se desea diseñar realmente. En conclusión, fueron cuatro etapas las que se atacaron para tener como resultado las metas bien establecidas que se esperan obtener al final del trabajo.

Como primera etapa se dio la identificación plena de la necesidad que se desea satisfacer, conociendo en su totalidad el problema, hay que reconocer y establecer los requerimientos aplicables para buscar la solución, estos requerimientos se dividieron en dos tipos, deseables y obligatorios, esta es la segunda etapa.

Conociendo los requerimientos, es necesario tener una comparación para saber contra que se compite y poder realizar mejoras o innovaciones al diseño que se busca, esta es la tercera etapa conocida como benchmarking.

La etapa final consistió en traducir los requerimientos encontrados en la segunda etapa, y mejorados en el tercer punto, en metas de diseño. Estas metas de diseño son las que se observan en la figura 3.3.



Fue un trabajo arduo que implicó una clasificación y especificación muy minuciosa de diferentes conceptos que definen el proyecto en si. Pero hasta el momento no existe ninguna hoja de datos, ya que el diseño conceptual (capítulo IV) se realiza en base a las metas de diseño (capítulo III) y esa hay donde se generan todos los datos técnicos párale diseño de detalle (capítulo V).

3.6.- Referencias.

- [3.1] Ramos Watanave, Jorge. “Curso de diseño mecánico I”. SEPI ESIME, México 2004
- [3.2] Cross Nigel. “Engineering Desing Methods”, England, 1994
- [3.3] Hidalgo R. Martín. “Diseño de una máquina partidora de piñas de agave para producción de mezcal en el estado de Oaxaca”, Tesis de maestría, SEPI ESIME México, 2001
- [3.4] Plata C. Gerardo. “Diseño, análisis y construcción de un chasis para auto SAE MINIBAJA”, Tesis de maestría SEPI ESIME 2003
- [3.5] Ullman David, “The mechanical dising process”, Mc Graw Hill, 1992
- [3.6] Rodríguez Geleotte, Abraham, “Diseño de una máquina extractora de jugo de manzana para producción de vino en la sierra norte de Puebla”, Tesis de maestría SEPI ESIME 2004

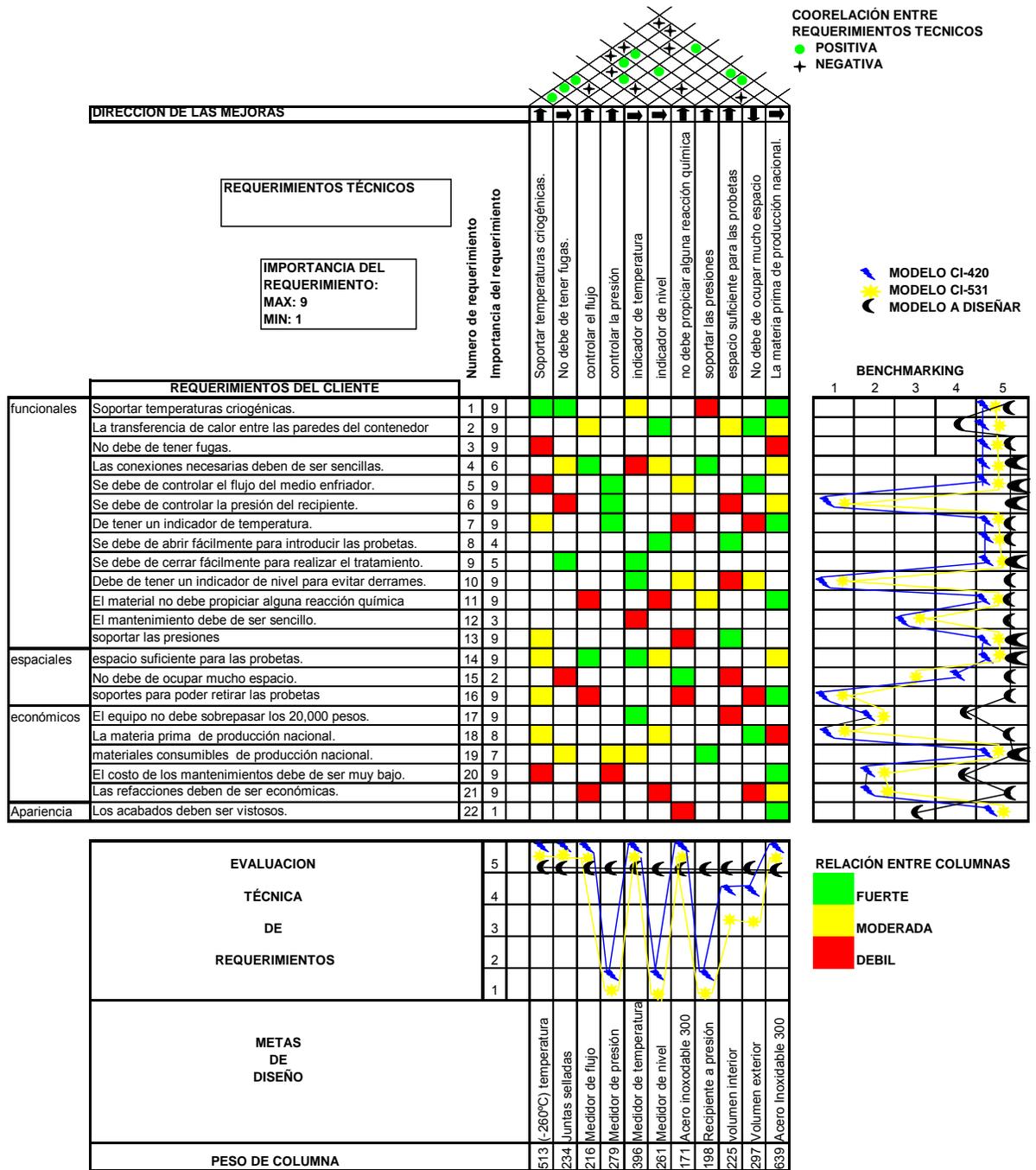
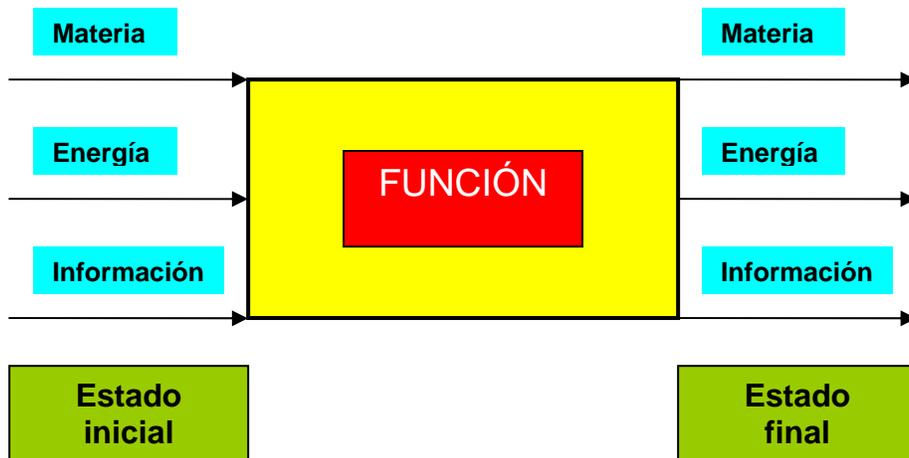


Figura 3.3 Gráfico de despliegue de funciones de calidad o casa de la calidad.

CAPÍTULO IV

DISEÑO CONCEPTUAL



En el presente capítulo, se generaran los conceptos necesarios para resolver el problema inicial.



CAPÍTULO IV

Diseño conceptual

4.1.- Revisión de los requerimientos del cliente

Esta revisión se hace con el objeto de enlazar el presente capítulo con el capítulo III, es decir, la primera etapa del proceso de diseño mejor conocida como QFD y esta que se ha nombrado “Diseño Conceptual”. Esto implica la revisión de los resultados de la aplicación del despliegue de funciones de calidad y la comprensión completa de las metas que se esperan y se muestran de manera simplificada en la casa de la calidad, figura 3.3.

El propósito de esta revisión de especificaciones y metas de diseño es hacer más dinámica la etapa conceptual, ya que es precisamente en este punto donde el diseño se vuelve multidisciplinario y se puede asegurar que el equipo de diseño tiene que interactuar con muchas personas, empresas u organismos que requieran hacer de su conocimiento las bases en las que se desarrolla el proyecto [4.1].

4.1.1.- Función global de servicio del producto

Con una perspectiva práctica, una función representa la utilidad o cometido que desempeña un conjunto o elemento para cumplir un fin determinado, por lo tanto una función implica una acción que se describe en términos de ingeniería como un flujo de materia, energía, información o una combinación de ellas. Esta representación sirve para comprender de manera explícita el objetivo que debe de cumplir la unidad en sí. En la figura 4.1 se muestra una representación de estos flujos lógicos de manera muy general.

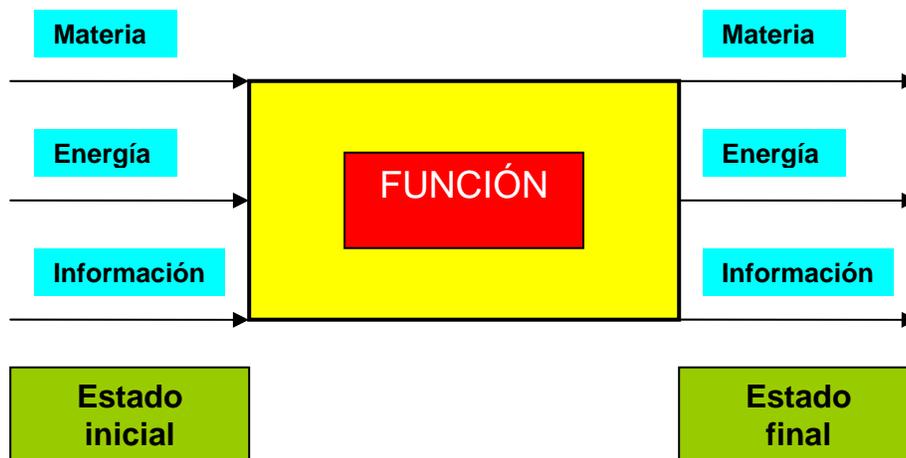


Figura 4.1 Representación de una función en un flujo lógico.

Las funciones asociadas a flujos de energía; se pueden dividir por el tipo de energía o por su acción en el sistema. Existen muchos tipos de energía, por mencionar algunos las de tipo eléctrica, térmica, hidráulica, mecánica, eólica, entre otras. Cuando algún tipo de energía entra a un sistema es para cumplir o propiciar una reacción como por ejemplo: de transformación, almacenamiento, suministro, disipación o conducción.

Las funciones asociadas con flujos de materia se pueden clasificar en tres:

1. Los llamados flujos conservativos o procesos donde el material es conservado de manera intacta y representan acciones como: elevar, sostener, mover, guiar, trasladar, posicionar, girar, etc.
2. Los llamados flujos divergentes o procesos donde el material sufre una separación o descomposición en dos o más partes, algunos ejemplos de las acciones de un flujo divergente son: cortar, separar, desensamblar, filtrar, romper, maquinar, destilar, etc.
3. Los llamados flujos convergentes o procesos de unión o ensamble en donde la principal acción es la de juntar diferentes elementos para formar uno solo, algunas representaciones de este tipo de flujos son: pegar, unir, ensamblar, atornillar, remachar, soldar, etc.

Por lo general un producto cumple con varias funciones a la vez. En el caso de este proyecto, las funciones que debe cumplir el recipiente para realizar tratamientos térmicos criogénicos, se muestra en la figura 4.2.

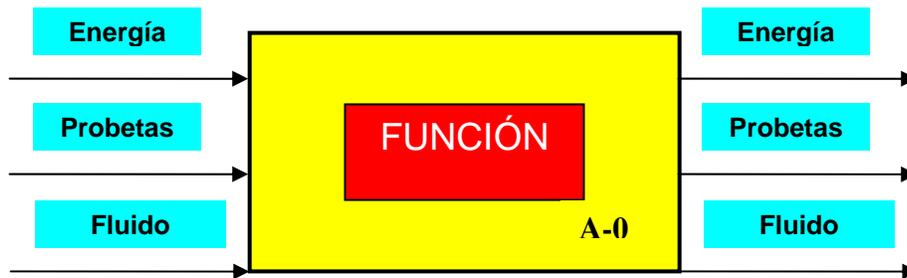


Figura 4.2 Función global del recipiente para tratamientos térmicos criogénicos

4.1.2.- Límites del sistema [4.2]

Siempre que se busca un diseño óptimo para una pieza o un equipo es necesario que sea visto como un sistema a través del cual se realiza una función global y para esto es necesario establecer límites entre lo que se busca diseñar y el entorno que rodea y restringe su funcionamiento. De esta manera, el entorno de un sistema es el conjunto de elementos físicos y humanos que están relacionados con el equipo durante el transcurso de su vida útil o ciclo de vida.

Para poder implantar los límites del sistema es necesario establecer también sus funciones de servicio, es decir, aquellas que relacionan al objeto de diseño con uno o más elementos de su entorno. En la figura 4.3 se muestran los límites del sistema y las funciones de servicio para el recipiente de tratamientos térmicos criogénicos.

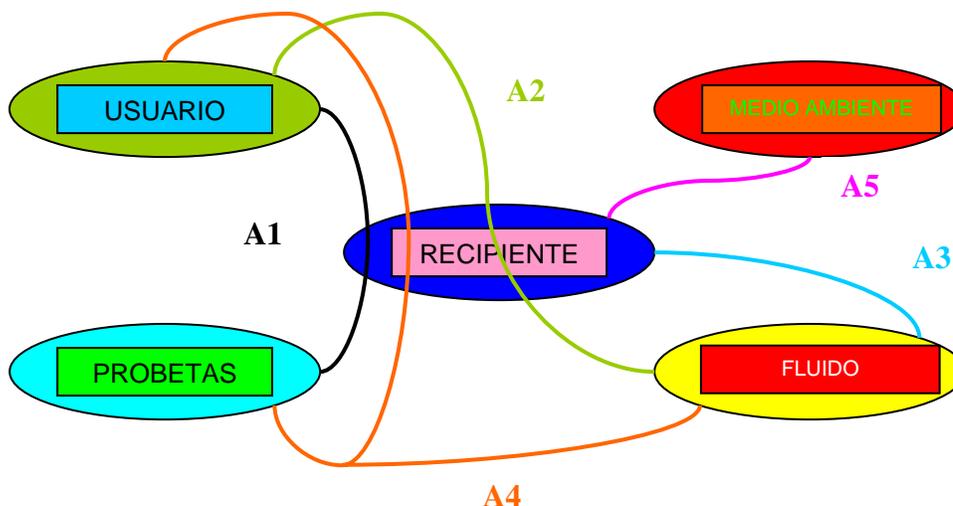


Figura 4.3 Funciones de servicio del recipiente para tratamientos térmicos criogénicos y elementos de su entorno.

Las funciones de servicio mostradas en la figura 4.3 se enlistan a continuación. Esta numeración no representa un orden cronológico de las funciones mencionadas.

- A1.- Colocar probetas.
- A2.- Suministrar fluido de enfriamiento.
- A3.- Realizar el tratamiento térmico criogénico.
- A4.- Sacar probetas.
- A5.- Impedir pérdidas de calor.

De las funciones de servicio que se acaban de enlistar, la nombrada A3 es la que da la razón de ser al producto, a esta se le llamara “*función global de servicio*”. Por otro lado, ninguna de las otras funciones de servicio justifica por si sola el trabajo que implica el diseño y no satisface ninguna necesidad, por lo tanto se llamaran “*funciones complementarias a la función global*”.



4.1.3.- Funciones técnicas

Hasta ahora, el estudio del recipiente para tratamientos térmicos criogénicos se ha tratado como un sistema que mantiene ciertas relaciones con el entorno en el que se encuentra ubicado. Se debe resaltar que no se ha mencionado en ningún momento que funciones ocurren en el proceso y hasta este momento se ignoran, lo que sí, se ha identificado son las funciones de servicio que presenta el recipiente como un todo.

A los clientes solo les importan las funciones de servicio, es decir no les interesa como funcione un sistema mientras este opere de manera correcta, es decir, para ellos es una caja negra que se representa de mejor manera como lo muestra la figura 4.2 donde entran un fluido y probetas y sale el mismo fluido, pero ahora probetas tratadas criogenicamente [4.3].

El paso siguiente consiste en transformar esta “*caja negra*” en una caja transparente donde afloran todas las funciones técnicas necesarias para completar el funcionamiento global del sistema.

Se entiende por *función técnica*, la acción interna entre los componentes del sistema que proviene del proyectista y del constructor, en el marco de la solución de las funciones de servicio.

4.2.- Definición del modelo funcional

Con la premisa del “Análisis de valor” que considera un producto como una serie de funciones y no un conjunto de piezas, se prosigue en definir el modelo funcional del tanque criogénico. Esto es, determinar las funciones técnicas necesarias para obtener como resultado las funciones de servicio y de esta manera la satisfacción total del cliente.

4.2.1.- Análisis funcional descendente [4.4]

Es la metodología que se usará para describir gráficamente las funciones del sistema. La metodología se basa en la sucesión de diagramas en los que se descompone hasta la mínima expresión en términos de ingeniería la función global y las funciones complementarias para así obtener las funciones técnicas. Se llama Análisis funcional descendente, porque es precisamente una descomposición consecutiva de las funciones que se realizan para obtener las funciones técnicas.

4.2.2.- Principios y reglas de representación

La representación gráfica de las funciones globales y complementarias se realiza en “cajas”, líneas de flecha con una orientación definida y un conjunto de reglas a seguir.

- **Cajas.-** Cada caja simboliza una parte de la descomposición del sistema.
- **Flechas.-** Las flechas establecen la relación entre las cajas y simulan la interfase, los retornos o las restricciones. Cada flecha debe de estar acompañada de una indicación según sea el caso como se indique en la figura 4.4.

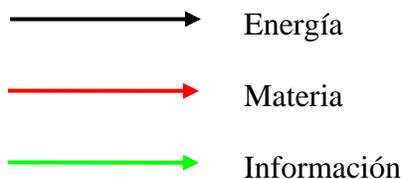


Figura 4.4 Representación de la naturaleza de los elementos que participan en una función global dentro del sistema.

Las reglas de elaboración de los diagramas, son las siguientes:

1. Las flechas que entran a la caja, muestran lo que requiere el proceso para poder cumplir las exigencias especificadas de la salida de la caja.
2. Los datos de entrada se transforman en datos de salida por la función expresada en la caja.
3. Los controles rigen la manera en la que ocurren las transformaciones.
4. Cada flecha que entra o que sale de una caja de un nivel dado, debe de volver a aparecer sobre el diagrama del nivel inferior.
5. Para facilitar la comprensión, no se debe de exceder de más de seis cajas por diagrama.

Tomando en consideración lo expuesto anteriormente, se procede a realizar el desglose de cada nivel. En la figura 4.5 se muestra el nivel A0

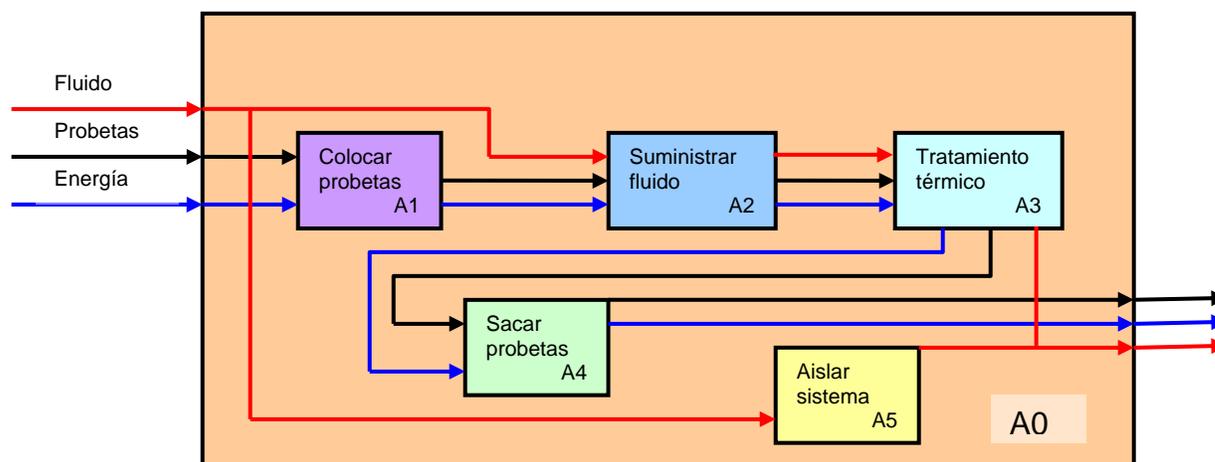


Figura 4.5. Nivel A0 en la descomposición funcional del sistema.

Como ya se mencionó anteriormente, existen una función global, que en este caso queda representada por A3. Se puede notar que el análisis gráfico es más sencillo de comprender que un listado común. En la figura 4.6 se muestra el nivel de descomposición A1.

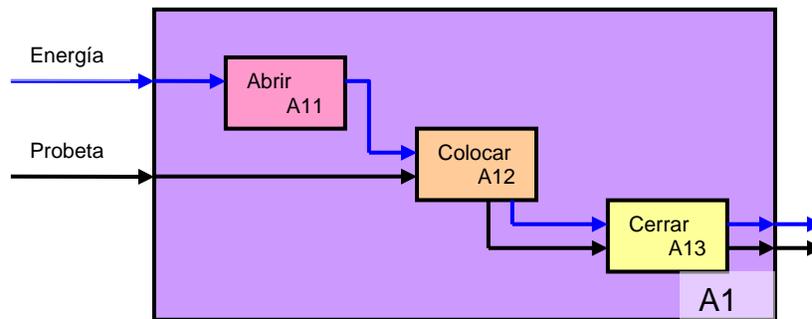


Figura 4.6 Nivel A1 en la descomposición funcional del sistema.

Para esta función se la llegado a los términos mínimos de descomposición del sistema.

Ahora hay que hacer el desglose del nivel A2 que se muestra en la figura 4.7.

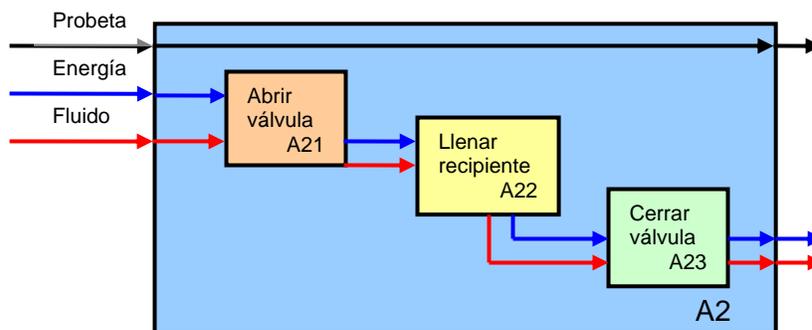


Figura 4.7 Nivel A2 en la descomposición funcional del sistema.

Está función representa los términos más sencillos en que se pueden expresar el sistema.

El siguiente paso es realizar el desglose del nivel A3, pero esta función no requiere de una simplificación de acciones para obtener las funciones técnicas que desarrollen el objetivo esperado. Siendo este el caso, se prosigue ahora a realizar la descomposición del sistema A4 que se muestra en la figura 4.8.

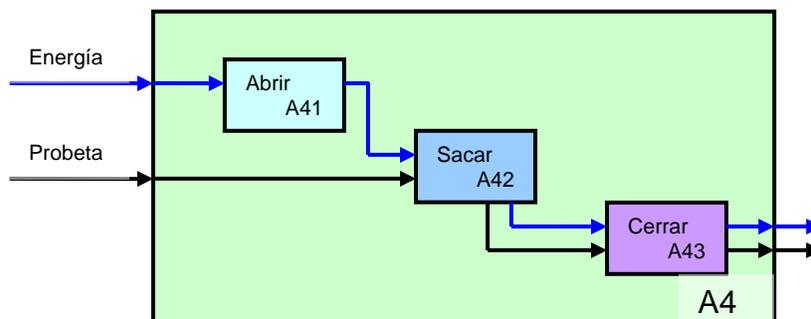


Figura 4.8 Nivel A4 en la descomposición funcional del sistema.

Para esta función se la llegado a los términos mínimos de descomposición del sistema. La función A5 no requiere de una descomposición funcional, por lo tanto queda expresada en los términos de ingeniería más sencillos.

4.3.- Generación de conceptos

La generación de conceptos es el tercer paso de la metodología del diseño conceptual. Es aquí donde los diseñadores deben “dejar volar” la imaginación, al desarrollar este paso es necesario no descartar ninguna idea por mas absurda que esta sea, ya que lo único que se obtendría serian ideas cuadradas y sin creatividad.

Es importante que el diseñador cree varias propuestas para una misma problemática, ya que está será la piedra angular de la solución del problema, en su momento se tendrá la oportunidad de discriminar los resultados y así buscar el óptimo para la solución del problema, pero aún no nos encontramos en esa etapa.

Existen diferentes maneras de atacar este punto, se puede realizar en forma intuitiva, bosquejando algunas soluciones y organizándolas posteriormente. También se pueden emplear técnicas diseñadas específicamente para promover el desarrollo de la creatividad, entre ellas mencionaremos dos: la tormenta de ideas y la sinéctica.



4.3.1.- Tormenta de ideas [4.5]

Esta técnica se le atribuye a Alex Osborn, que la propuso por primera vez en 1938 al tratar de buscar una mejor idea publicitaria. Consiste prácticamente en aportar toda clase de ideas para la solución de un problema sin importar que tan irracional sea está. Para poder desarrollar una “tormenta de ideas”, es necesario seguir las cuatro reglas siguientes:

1. Se excluye el juicio crítico; la crítica de las ideas se debe reservar para otro momento.
2. La imaginación libre es bienvenida; no importa cuan absurda parezca una idea, deberá ser bien acogida.
3. Se requiere de cantidad; entre más ideas se generen, hay mas posibilidad de encontrar buenas ideas.
4. Combinar y mejorar las ideas; además de las propias, los participantes son convocados a mejorar las ideas de otros y efectuar combinaciones entre las ideas generadas.

Es conveniente que se formen grupos interdisciplinarios de hasta cinco personas con el fin de que todas proporcionen ideas diferentes en base a su formación académica.

4.3.2.- Sinéctica [4.6]

Palabra de origen griego que significa unir, en la actualidad también conocida como una técnica de creatividad que propone el acercamiento y la combinación de diferentes elementos en apariencia heterogéneos. La práctica de la sinéctica se predispone sistemáticamente a buscar relaciones entre diferentes elementos de orden “lejano”, es decir, transformar nuestro mundo a uno en el que todo tiene conexión.



La sinéctica recurre a cuatro tipos de analogías:

1. *Analogía personal.*- Los participantes imaginan que podría suceder si uno mismo fuera el sistema o una de las partes que se está diseñando. Es el proceso que se le atribuye a Arquímedes al descubrir como determinar el volumen de un objeto sumergido en fluido.
2. *Analogía directa.*- Este tipo de analogía se encuentra cuando se busca una solución biológica a un problema similar.
3. *Analogía simbólica.*- Esta representa la base poética de la búsqueda de resultados, en el cual las imágenes o los símbolos utilizados sirven para asegurar la satisfacción estética de los participantes.
4. *Analogía fantástica.*- Completa la analogía simbólica recurriendo a la ciencia ficción.

4.3.3.- Matrices morfológicas [4.7]

Es un hecho que la mayoría de los diseños de nueva creación se construyen a través de una variación o modificación de productos ya existentes y nuestro caso de estudio no es la excepción.

La variación de conceptos ya establecidos es una forma de activar la creatividad y en el proceso de diseño se torna más que necesario, se podría decir que indispensable. En realidad la creatividad se puede ver como un proceso de ordenamiento de elementos ya existentes, esto es ventajoso para los diseñadores, por lo tanto es el método más utilizado en el diseño mecánico. Entre sus ventajas encontramos que no es necesario el desarrollo tecnológico del sistema ya que se usan elementos de otras compañías especializadas en un área determinada.



Recurriendo a las tres metodologías anteriores, obtenemos las propuestas mostradas en la tabla 4.1 para la solución del primer nivel de descomposición funcional.

Tabla 4.1 Conceptos generados para el primer nivel de descomposición A0.

Funciones Primarias	I	II	III	IV
A1	Manual	Manipuladores	Ventosas	Pinzas
A2	Gravedad	Bomba	Presión	Manual
A3	Helio	Nitrógeno	Bióxido de Carbono	Hidrógeno
A4	Manual	Manipuladores	Ventosas	Pinzas
A5	Unicel	Vacío	Espuma de poliuretano	Perlita expandida

En la tabla 4.2 podemos observar los conceptos generados para la solución del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A1.

Tabla 4.2 Conceptos generados para el segundo nivel de descomposición A1.

Funciones secundarias	I	II	III	IV
A11	Tornillos	Manijas	Rosca	Prensas
A12	Manual	Manipuladores	Ventosas	Pinzas
A13	Tornillos	Manijas	Rosca	Prensas

En la tabla 4.3 podemos se encuentran los conceptos generados para la solución del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A2.



Tabla 4. 3 Conceptos generados para el segundo nivel de descomposición A2.

Funciones secundarias	I	II	III	IV
A21	Manual	Electrónica	Neumática	Hidráulica
A22	Flotador	Sensor	Indicador visual	Medidor de caudal
A23	Manual	Electrónica	Neumática	Hidráulica

En la tabla 4.4 se indican los conceptos generados para la solución del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A2.

Tabla 4.4 Conceptos generados para el segundo nivel de descomposición A4.

Funciones secundarias	I	II	III	IV
A41	Tornillos	Manijas	Rosca	Prensas
A42	Manual	Manipuladores	Ventosas	Pinzas
A43	Tornillos	Manijas	Rosca	Preansas

Con los conceptos generados se puede realizar una infinidad de combinaciones diferentes para resolver nuestro problema (268,435,456 soluciones), pero muchas de ellas no son factibles o son poco confiables. De ello surge la necesidad de hacer una discriminación o evaluación para obtener la mejor propuesta.

4.4.- Evaluación de conceptos

Esta es la parte final de la fase de diseño conceptual y consiste en discriminar las ideas generadas en el tema 4.3 para seleccionar el concepto óptimo, existen varias metodologías que proponen una serie de pasos para seleccionar el mejor conjunto de conceptos que satisface la necesidad primaria, para el caso de estudio son las siguientes:



4.4.1.- Evaluación con base en la factibilidad del concepto

Esta evaluación se realiza con base en la experiencia que tiene el diseñador, es muy importante la primera impresión que cause el concepto a discriminar, con esta premisa podemos clasificar la idea como:

1. No es factible, no funciona.
2. Tal vez podría funcionar si se hacen algunos ajustes.
3. Es factible.

Realizando esta evaluación, en la tabla 4.5 se indican los conceptos que satisfacen las condiciones del primer nivel de descomposición perteneciente a la función A0.

Tabla 4.5 Conceptos evaluados en base a la factibilidad del concepto para el primer nivel de descomposición A0.

Funciones Primarias	I	II	III	IV
A1	Manual	Pinzas		
A2	Bomba	Presión	Manual	
A3	Helio	Nitrógeno	Bióxido de Carbono	Hidrógeno
A4	Manual	Pinzas		
A5	Vacío	Espuma de poliuretano	Perlita expandida	

Utilizando la misma metodología, en la tabla 4.6 se establecen los conceptos que satisfacen las condiciones del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A1.



Tabla 4.6 Conceptos evaluados en base a la factibilidad del concepto para el segundo nivel de descomposición A1.

Funciones secundarias	I	II
A11	Tornillos	Prensas
A12	Manual	Pinzas
A13	Tornillos	Prensas

En la tabla 4.7 están los conceptos que satisfacen las condiciones del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A2.

Tabla 4.7 Conceptos evaluados en base a la factibilidad del concepto para el segundo nivel de descomposición A2.

Funciones secundarias	I	II	III
A21	Manual	Electrónica	
A22	Sensor	Indicador visual	Medidor de caudal
A23	Manual	Electrónica	

En la tabla 4.8 se indican los conceptos que satisfacen las condiciones del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A4.

Tabla 4.8 Conceptos evaluados en base a la factibilidad del concepto para el segundo nivel de descomposición A2.

Funciones secundarias	I	II
A41	Tornillos	Prensas
A42	Manual	Pinzas
A43	Tornillos	Prensas



Al terminar esta etapa de evaluación tenemos 55,296 combinaciones posibles entre los conceptos propuestos.

4.4.2.- Evaluación con base en disponibilidad de tecnología

Para utilizar esta metodología es necesario conocer los productos que el mercado ofrece para resolver el problema, o para satisfacer el concepto que se esta evaluando.

Por lo tanto, es importante definir en este punto si lo que se esta buscando es el desarrollo de elementos nuevos, en tal caso, no se puede utilizar esta metodología ya que es precisamente una innovación la que se está realizando.

Por otra parte, si existe algún producto que cumpla con las especificaciones requeridas, entonces se clasifica de la siguiente manera:

1. Tecnología desarrollada y madura.
2. Tecnología disponible.
3. Tecnología en desarrollo.

Siempre es preferible utilizar una tecnología desarrollada y madura, ya que asegura un funcionamiento eficiente de los sistemas, pero si es necesario se puede utilizar una tecnología en desarrollo con el riesgo de que el desempeño no sea el esperado.

Realizando esta evaluación se observa en la tabla 4.9 los conceptos que satisfacen las condiciones del primer nivel de descomposición perteneciente a la función A0.



Tabla 4.9 Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el primer nivel de descomposición A0.

Funciones Primarias	I	II	III	IV
A1	Manual			
A2	Presión	Manual		
A3	Helio	Nitrógeno	Bióxido de Carbono	Hidrógeno
A4	Manual			
A5	Espuma de poliuretano	Perlita expandida		

Utilizando la misma metodología, en la tabla 4.10 se indican los conceptos que satisfacen las condiciones del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A1.

Tabla 4.10 Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el segundo nivel de descomposición A1.

Funciones secundarias	I
A11	Prensas
A12	Manual
A13	Prensas

En la tabla 4.11 se encuentran los conceptos que satisfacen las condiciones del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A2.

Tabla 4.11 Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el segundo nivel de descomposición A2.

Funciones secundarias	I	II
A21	Manual	
A22	Indicador visual	Medidor de caudal
A23	Manual	



En la tabla 4.12 se mencionan los conceptos que satisfacen las condiciones del segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A4.

Tabla 4.12 Conceptos evaluados en base a disponibilidad de tecnología del concepto para el segundo nivel de descomposición A2.

Funciones secundarias	I
A41	Prensas
A42	Manual
A43	Prensas

Al terminar esta etapa de evaluación hay 32 combinaciones posibles entre los conceptos propuestos.

4.4.3.- Evaluación con base en los requerimientos del cliente

También conocida como filtro *pasa-no pasa*, aquí se utilizan los mismos requerimientos empleados en la casa de la calidad (figura 3.3) y al igual que los métodos anteriores utilizan una comparación absoluta; la referencia de comparación son los requerimientos del cliente mientras que cada concepto tiene que confrontarse con todos los requerimientos para ver si cumple o no cumple con ellos.

Para esta etapa solo evaluaremos los conceptos del primer nivel de descomposición perteneciente a la función A0 y el segundo nivel de descomposición perteneciente a la función A2. En la tabla 4.13 se observan los resultados obtenidos de esta evaluación para los conceptos pertenecientes a la función A0.



Tabla 4.13 Conceptos evaluados en base a los requerimientos del cliente para el primer nivel de descomposición A0.

Funciones Primarias	I	II	III	IV
A1	Manual			
A2	Manual			
A3	Helio	Nitrógeno	Bióxido de Carbono	Hidrógeno
A4	Manual			
A5	Espuma de poliuretano			

La tabla 4.14 muestra los resultados obtenidos de esta evaluación para los conceptos pertenecientes a la función A2.

Tabla 4.14 Conceptos evaluados en base a los requerimientos del cliente para el segundo nivel de descomposición A2.

Funciones secundarias	I
A21	Manual
A22	Medidor de caudal
A23	Manual

Al terminar esta etapa de evaluación existen 4 combinaciones posibles entre los conceptos propuestos.

4.4.4.- Evaluación con base en matrices de decisión

Esta técnica también se conoce como método Pugh y es el más recomendable para cuando los conceptos no están bien definidos. En esencia, el método



consiste en comparar un concepto con otro y evaluar la capacidad de satisfacer los requerimientos del cliente. Para desarrollar este método es necesario seguir 4 pasos:

Paso 1: Establecer los criterios de comparación.

Paso 2: Seleccionar las ideas a comparar.

Paso 3: Definir un concepto como “elemento de comparación” y calificar.

Paso 4: Calcular la calificación total.

Para esta evaluación solo tenemos un concepto a examinar que es el A3. En la tabla 4.15 se encuentran los resultados de la valoración.

Tabla 4.15 Evaluación del concepto A3 basada en matrices de decisión

	Helio	Nitrógeno	Dióxido de Carbono	Hidrógeno
Costo	-	+	+	R
Temperatura	-	-	-	E
Presión del fluido	-	0	+	F E
Toxicidad	+	+	+	R
Incorporación a la naturaleza	+	+	-	N C
Inflamabilidad	+	+	+	I
Total +	3	4	4	A
Total -	3	1	2	
Total	0	3	2	0

Por lo tanto, el fluido más conveniente para realizar el tratamiento térmico criogénico es el Nitrógeno.

En base a las evaluaciones y discriminaciones empleadas anteriormente, se ha generado el concepto mostrado en la tabla 4.16.



Tabla 4.16 Matriz morfológica final.

Función	Concepto	Función	Concepto
A1	Manual	A13	Prensas
A2	Manual	A21	Manual
A3	Nitrógeno	A22	Medidor de caudal
A4	Manual	A23	Manual
A5	Espuma de poliuretano	A41	Prensas
A11	Prensas	A42	Manual
A12	Manual	A43	Prensas

4.5.- Sumario.

En el presente capítulo, se generaron una serie de conceptos para resolver el problema planteado inicialmente para lo cual fue necesario seguir una serie de metodologías, que aunque tediosas, son la mejor manera de desarrollar un proyecto. La aplicación de estas metodologías no fue de forma aislada, por el contrario, fue una combinación de las tres, la que arrojó una diversidad de conceptos que satisfacen las condiciones necesarias para cumplir con los requerimientos del cliente planteados al principio del capítulo.

También se aplicaron diferentes métodos para seleccionar y discriminar los conceptos generados con el fin de obtener los más ventajosos para el caso de estudio, Para ello fue menester tomar en cuenta muchos factores como la factibilidad del concepto, la disponibilidad de tecnología, los requerimientos del cliente y la comparación entre ellos mismos. Esto produce un concepto final que se convierte en la premisa del diseño de detalle, donde ya se conocen todos los pormenores, las variables y circunstancias deseadas para el desarrollo del proyecto.

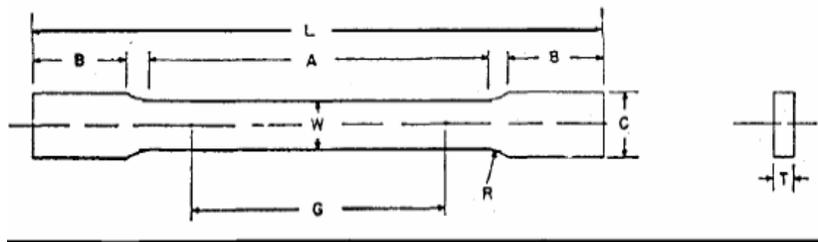


4.6.- Referencia

- [4.1] Ramos Watanave Jorge, “Curso de Diseño mecánico II” SEPI ESIME, México 2004
- [4.2] Krick “Diseño en Ingeniería”
- [4.3] Watanave J. R. “Diseño Mecánico” México 2000
- [4.4] Gomez Senent, “El proyecto Diseño en Ingeniería” Alfaomega, España 2001
- [4.5] Matussek Paul, “La creatividad desde una perspectiva psicodinámica”,
- [4.6] Herder Barcelona 1984
- [4.7] Hubka Vladimir, “Practical Studies in systematic desing” Butterworths England 1988

CAPÍTULO V

DISEÑO DE DETALLE



En el presente capítulo, se realizarán los cálculos y los dibujos necesarios para sustentar de manera teórica el proyecto.

CAPÍTULO V

Diseño De Detalle.

5.1.-Diseño del recipiente a presión.

Para determinar el diámetro interior del recipiente a presión se parte de la norma ASTM E-8 [Anexo 1] que corresponde a los ensayos de tensión en aceros, de donde se obtienen las dimensiones de las probetas estandarizadas. Son varias las opciones que se tienen, pero se selecciona la de tipo plana, ya que es la más utilizada y la más fácil de maquinar. En el presente caso existen tres diferentes tamaños de probetas, el recipiente se diseña para el tipo más crítico que en este caso se muestra en la figura 5.1 y detalla las especificaciones en la tabla 5.1.

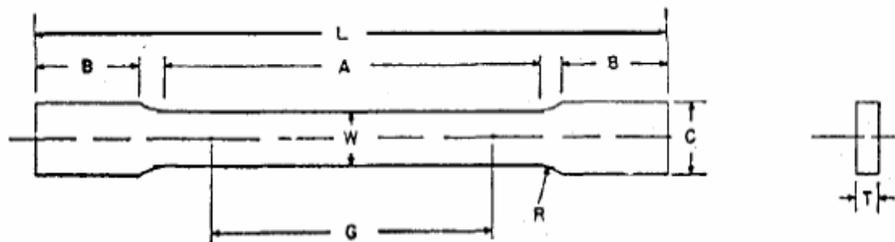


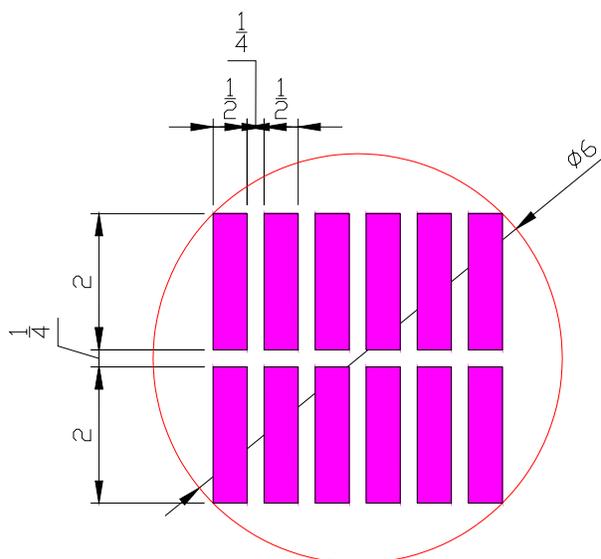
Figura 5.1 Dibujo de la probeta para ensayo de tensión según la norma ASTM E8-04 [Anexo 1].

Con estos datos se propone que en el recipiente puedan ser tratadas criogenicamente 12 probetas, la razón ya se mencionó en el tema 3.1.3, por lo cual el mejor acomodo se observa en la figura 5.2. El arreglo mostrado es el óptimo para minimizar el espacio requerido dentro del recipiente y permitir que el líquido criogénico fluya entre las probetas.

Por lo tanto el diámetro mínimo necesario para colocar las 12 probetas será de 6 pulgadas, pero para condiciones de diseño lo tomaremos como de 8 pulgadas, por tratarse de un material comercial [Anexo 7].

Tabla 5.1. Dimensiones de las probetas planas para un ensayo de tensión según la norma ASTM E8-04[Anexo 1]

Dimensiones (pulgadas)			
	Muestras estándar		Muestra no estandarizada
	Tipo placa 1 1/2 pulg. De ancho	Tipo placa 1/2 pulg. De ancho	1/4 pulg. De ancho
G - Longitud calibrada	8.00 ± 0.001	2.00 ± 0.005	1.00 ± 0.003
W - Ancho	$1 \frac{1}{2} +1/8 - 1/4$	0.500 ± 0.010	0.250 ± 0.005
T - Espesor	espesor del material		
R - Radio	1	1/2	1/4
L - Longitud total	18	8	4
A - Longitud de la sección reducida	9	$2 \frac{1}{4}$	$1 \frac{1}{4}$
B - Longitud de la sección de sujeción	3	2	$1 \frac{1}{4}$
C - Ancho de la sección de sujeción	2	3/4	3/8



Acot: pulgadas.

Figura 5.2 Acomodo de 12 probetas en un recipiente cilíndrico vistas desde la parte superior.



El recipiente se diseña según el Código ASME sección VIII división 1 [Anexo 4], para lo cual se utiliza una presión de diseño de 700 psi la que se obtiene de los datos del Deward de alimentación [Anexo 5] donde su válvula de seguridad opera a los 350 psi . Por cuestiones de seguridad para el diseño del recipiente se propone el doble de la presión.

El material que se ocupa para la fabricación del tanque es acero inoxidable 304L [Anexo 6] ya que es el recomendado por expertos para aquellas aplicaciones en las que los elementos están sujetos a temperaturas extremadamente bajas como en este caso. Además, una de las consideraciones principales indicadas en los requerimientos del cliente para la selección del material en la elaboración del recipiente, es que no propicie reacción química alguna entre él, el medio criogénico y las probetas, y el Acero Inoxidable es un elemento excelente que por sus características químicas no propicia reacción alguna con estos. Cabe señalar, que el Acero mencionado, tiene un esfuerzo de rotura de $\sigma_{rup} = 57\text{ kg/mm}^2 = 81000\text{ psi}$ [Anexo 6].

Como se sabe, para materiales dúctiles, el esfuerzo de cedencia es aproximadamente la mitad del esfuerzo de rotura, por lo que el tomaremos $\sigma_{ced} = 40500\text{ psi}$ y en el este caso utilizaremos un factor de seguridad $F.S. = 2$ por lo que el esfuerzo de trabajo para este material será de $\sigma_{tra} = 20250\text{ psi}$. El Acero Inoxidable 304 L es considerado un material dúctil por el alargamiento que es de 60 % y la reducción de área que presenta (70 %) en un ensayo de tensión convencional [Anexo 6].

Con estos datos utilizamos la ecuación 5.1 perteneciente al cálculo del espesor de la pared considerando el esfuerzo circunferencial para recipientes cilíndricos.

$$t = \frac{PR}{SE - 0.6P} \dots\dots\dots\text{Ec. 5.1}$$



Donde P es la presión del recipiente dado en libras por pulgada cuadrada, R el radio interno dado en pulgadas (3.990 pulg.), S es el esfuerzo permisible del material, E es la eficiencia de la soldadura y que el código ASME sección VIII división 1 [Anexo 4] establece que es de 0.7, En la tabla 5.2 se muestran los diferentes valores que puede tener la eficiencia de la soldadura.

Tabla 5.2. Valores de la eficiencia de la junta soldada en los recipientes a presión
[Anexo 4]

TIPOS DE UNIONES SOLDADAS CÓDIGO ASME SECCIÓN UW - 12	Eficiencia de la unión cuando la junta está radiografiada		
	al 100%	Por puntos	Sin
Soldadura a tope con unión soldada por ambos lados, o bien por otro método con lo cual se tenga la misma calidad de metal de aporte en ambos lados de la superficie soldada. Si se usa una solera de respaldo, deberá quitarse después de aplicar la soldadura y antes de radiografiar	1.00	0.85	0.70
Soldadura simple a tope con solera de respaldo la cual permanecerá en el interior del recipiente	0.90	0.80	0.65
Unión simple por un solo lado sin solera de respaldo	—	—	0.60
Unión traslapada con doble filete	—	—	0.55
Unión traslapada con filete sencillo y tapón de soldadura	—	—	0.50
Unión traslapada con filete sencillo sin tapón de soldadura	—	—	0.45



Por lo tanto, resolviendo para el espesor tenemos que $t = 0.203$ pulgadas en cuanto al cálculo por resistencia, pero según el código ASME sección VIII división 1 [Anexo 4], establece que se debe de agregar un sobre-espesor de $1/8 = 0.125$ pulgadas para evitar los efectos de corrosión de tal forma que el espesor final será de $t = 0.328$ pulgadas.

Ahora, utilizando la ecuación 5.2 calculamos el espesor del recipiente considerando el esfuerzo longitudinal para recipientes cilíndricos.

$$t = \frac{PR}{2SE + 0.4P} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.2}$$

De tal manera que el espesor del recipiente es de $t = 0.097$ pulgadas y agregando el sobre-espesor que indica el código ASME [Anexo 4], se obtiene que $t = 0.222$ pulgadas.

Con este segundo se comparan los resultados obtenidos por las ecuaciones 5.1 y 5.2 en la cual se observa que el segundo espesor es menor. De esto se concluye que el grosor a utilizar es de $t = 0.328$ pulgadas el cual aproximaremos a la dimensión comercial que es de:

$$t = 0.332 \text{ pulg.}$$

5.2.- Diseño de las tapas esféricas

El material que se ocupa para la fabricación de las tapas esféricas es acero inoxidable 304L [Anexo 6] Este acero tiene un esfuerzo de trabajo de:

$$\sigma_{tra} = 20250 \text{ psi .}$$



Utilizamos la ecuación 5.3 perteneciente al cálculo de espesor para una tapa esférica.

$$t = \frac{PR}{2SE - 0.2P} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.3}$$

Y resolviendo para el espesor tenemos que $t = 0.099$ pulgadas en cuanto al cálculo por resistencia, pero según el código ASME [Anexo 4] se debe de agregar un sobre-espesor de 0.125 pulgadas para evitar los efectos de corrosión de tal forma que el espesor final será de $t = 0.224$ pulgadas que aproximaremos al espesor comercial inmediato superior que es de:

$$t = 0.250 \text{ pulg.}$$

5.3.- Cálculo del cordón de soldadura

Para las juntas soldadas se utilizará el mismo material base que se esta ocupando en el recipiente [Anexo 6]. Las propiedades mecánicas de estas varillas de material de aporte son las mismas que el material que estamos utilizando como base. La unión que se recomienda usar es una a tope con bisel sencillo en “V” a 45^a

Con esta consideración calculamos la resistencia de la soldadura deduciendo la carga total que soporta la tapa. El área de una esfera se calcula por la expresión 5.4. El diámetro interior del recipiente es 7.980 pulgadas [Anexo 7].

$$A = 4\pi r^2 \dots\dots\dots \text{Ec. 5.4}$$



Por lo tanto el área del casquete esférico será la mitad de lo obtenido, resolviendo la ecuación 5.4, entonces el área es:

$$A = 100.028 \text{ pulg}^2$$

Entonces la carga aplicada a la soldadura se obtiene con la ecuación 5.5.

$$p = \frac{F}{A} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.5}$$

Despejando el valor de la fuerza y resolviendo tenemos que:

$$F = 70,020.25 \text{ libras}$$

Por otra parte se sabe que la carga admisible que soporta un cordón de soldadura a tope esta dado por la ecuación 5.6.

$$F = \frac{\sigma_{ced} Lt}{F.S.} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.6}$$

Entonces para condiciones de diseño se sabe que $\sigma_{ced} = 40500 \text{ psi}$, se toma el espesor más delgado que resulta ser el del casquete $t = 0.250$ pulgadas, un $F.S. = 2$ y una longitud de soldadura igual al perímetro del recipiente $L = 25.06$ pulgadas. Resolviendo se tiene:

$$F = 126,866.25 \text{ libras.}$$

Por lo tanto la carga admisible es mayor que la condición más crítica que se presenta en el recipiente. Por este motivo, se utilizará en todas las juntas soldadas una unión a tope con una varilla de acero inoxidable 304L con un



diámetro de 1/8 de pulgada como máximo [Anexo 8], por recomendación del código ASME sección VIII división 1 [Anexo 4].

5.4.- Cálculo de las prensas

Para calcular el número de prensas necesarias para soportar la presión generada en el recipiente se empleará la misma carga crítica que se uso en el cálculo de la soldadura $F = 70,020.25$ libras.

El material que se utilizará, será el mismo que se ha empleado en el recipiente [Anexo 6], la razón se debe a que cuando existen diferentes materiales en contacto, la diferencia de sus propiedades eléctricas y químicas propicia un intercambio de iones, lo que ocasiona que exista una oxidación galvanica entre los elementos, de tal manera que es preferible homogenizar los materiales utilizados. De aquí, que las propiedades mecánicas son las mismas.

Se propone que sean ocho las prensas que sujetaran las tapas, para ello es necesario calcular cada uno de los elementos.

5.4.1.- Cálculo de los tornillos

Se obtiene la carga que cada prensa soportara dividiendo la carga crítica entre el número de prensas, y está resulta ser de $F = 8,752.53$ libras, con este valor se considera que el tornillo actuara como una columna corta de tal manera que el esfuerzo de trabajo admisible estará marcado por la ecuación 5.7.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.7}$$

Resolviendo la ecuación tenemos que el área es:



$$A = 0.432 \text{ pulg}^2$$

Por lo tanto se selecciona un tornillo con un diámetro nominal de 3/4 de pulgada para la sujeción de la tapa superior [Anexo 9].

5.4.2.- Cálculo de los pernos

Los pernos sujetaran la prensa por la parte inferior y se puede analizar por dos formas, una es como una viga y la otra simple mente por cortante, dado que los resultados serán los mismos, se utiliza la ecuación 5.8 para determinar el cortante máximo admisible.

$$\tau = \frac{F}{A_{\text{corte}}} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.8}$$

Resolviendo para el área de corte tenemos que:

$$A_{\text{corte}} = 0.864 \text{ pulg}^2$$

Por lo tanto se selecciona un perno con un diámetro nominal de 3/4 de pulgada para la sujeción de la prensa en su parte inferior.

5.4.3.- Cálculo del cuerpo

Para el diseño de cuerpo tenemos restricciones dimensionales, por lo tanto, se propone una forma que facilite tanto la manufactura como el montaje de los elementos, la forma propuesta se muestra en la figura 5.3

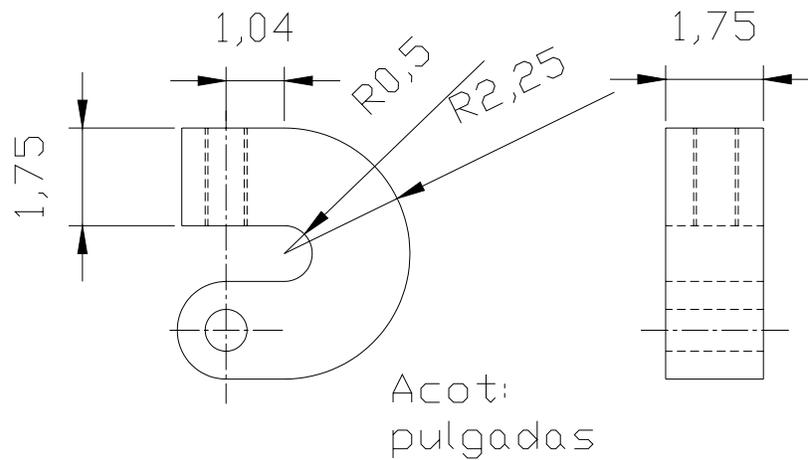


Figura 5.3 Cuerpo de la prensa

Primero se calcula el radio de la superficie neutra, que esta dado por la ecuación 5.9.

$$R = \frac{A}{\int \frac{dA}{r}} \dots\dots\dots \text{Ec. 5.9}$$

Resolviendo se tiene que:

$$R = 1.163 \text{ pulg}$$

Ahora se obtiene la diferencia entre el centroide y el radio de la superficie neutra correspondiente a la ecuación 5.10.

$$e = \bar{r} - R \dots\dots\dots \text{Ec. 5.10}$$

Resolviendo se tiene:

$$e = 0.212 \text{ pulg}$$



Como se sabe, la carga crítica $P = 8,752.53$ libras que soporta el elemento, genera un momento en la sección curva de $M = 21,137.35lb * pulg$, con estos datos aplicamos la ecuación de superposición de esfuerzos 5.11.

$$\sigma = -\frac{P}{A} + \frac{M(r - R)}{Aer} \dots\dots\dots Ec.$$

5.11

Resolviendo encontramos que $\sigma = 18,589 psi$ y como sabemos el esfuerzo de trabajo permisible del acero inoxidable serie 403L es de $\sigma = 20,250 psi$, por lo tanto esta configuración es capaz de soportar la carga aplicada.

5.5 Empaque [5.5]

Como empaque se utilizará una hoja de teflón con recubrimiento de PTFE de 1/8 de pulgada [Anexo 11]; el PTFE es un lubricante orgánico que protege las propiedades del empaque, de igual manera evita que exista fuga alguna por entre las fibras del elemento. Esté sello mecánico se encuentra en el mercado en diferentes espesores y se puede dimensionar a las necesidades de uso.

El empaque es distribuido por la empresa “ACCORD S.A. de C.V.” y se conoce como: “Sello tipo 2400”. Este sello es resistente a casi todos los químicos, no se puede disolver, no muestra absorción de humedad, Es la mejor conocida por su resistencia química. Sus propiedades eléctricas son excelentes.

El teflón tiene un coeficiente de fricción extremadamente bajo. Muy pocos materiales se adhieren al Teflón. Se pueden manejar virtualmente todos los químicos con la excepción de metales alcalinos fundidos, y flúor. Los límites de temperatura están entre 76 K y 533.15 K En la figura 5.4 podemos ver la presentación comercial.

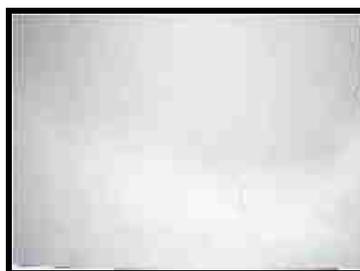


Figura 5.4 Presentación comercial del teflón tipo 2400.

5.6.- Válvula multifuncional

Como elemento de control se utiliza una válvula DOT 4L que cuenta con diferentes sistemas y sirve como válvula de alimentación, válvula de presión, válvula de alivio y válvula de venteo. Esta válvula se esquematiza en la figura 5.5 y los componentes se describen en la tabla 5.3.

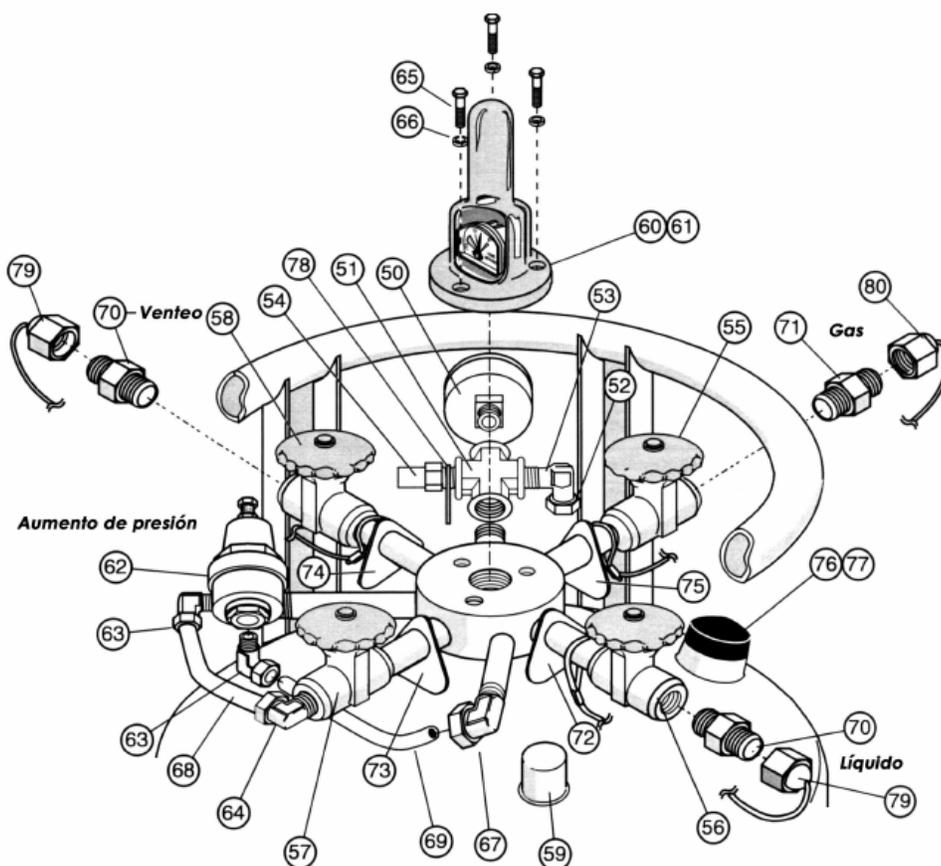


Figura 5.5 Esquema de la válvula multifuncional DOT 4L.



Tabla 5.3 Descripción de los componentes de la válvula DOT 4L.

Elemento	Descripción
50	Manómetro ¼ (0-400 psi)
51	Cruz ¼
52	Disco de ruptura ¼ (400 psi)
53	Codo de ¼
54	Válvula de seguridad ¼ (350 psi)
55	Válvula de globo 3/8 (uso de gas) (verde)
56	Válvula de globo 3/8 (Válvula de líquido) (azul)
57	Válvula de globo 3/8 (Válvula de presión) (verde)
58	Válvula de globo 3/8 (Válvula de venteo) (plateada)
59	Conexión bomba de vacío
60	Indicador de nivel
61	Protector del indicador de nivel (azul)
62	Regulador (125psi / 8.6 bar)
63	Codo de 90° 3/8 x 3/8
64	Codo macho 3/8 x 3/8
65	Tornillos ¼ - 20 x5/8
66	Arandelas ¼
67	Codo de 90° 3/8 x 3/8
68	Tubo de cobre 3/8 - 5"
70	Conector macho ½ x 3/8
71	Salida de gas 3/8
72	Placa de identificación (líquido / llenado)
73	Placa de identificación (sistema de incremento de presión)
74	Placa de identificación (venteo)
75	Placa de identificación (uso de gas)
76	Tapón protector de disco de ruptura de vacío
77	Disco de ruptura
79	Tapón 5/8
80	Tapón

5.7.- Determinación del espesor de aislante

Como ya se mencionó anteriormente, en el capítulo III, el aislante que se va a emplear para evitar que la temperatura del medio ambiente ($T_{amb} = 298.15K$) fluya hacia el interior del recipiente ($T_{recipiente} = 75K$) ocasionando que el Nitrógeno líquido se transforme a su fase gaseosa e incremente la presión del recipiente, será espuma de polietileno que tiene una constante de transmisión de calor de $k = 0.04W/mK$ [Anexo 10].

Existen tres formas de que el calor pase de un medio a otro, conducción, convección y radiación. En nuestro caso de estudio es la conducción la que se tiene que estudiar, de tal manera que las paredes del recipiente estarán compuestas por tres materiales: acero-espuma de poliuretano-acero. En la figura 5.6 se muestra un esquema de la distribución de estos materiales y sus dimensiones.

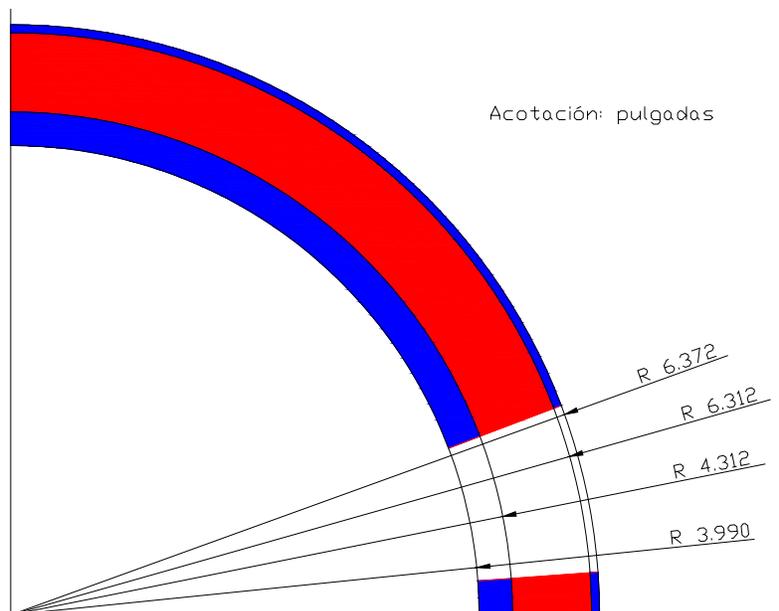


Figura 5.6 Radio y espesores de los componentes del recipiente para realizar tratamientos térmicos criogénicos. (El azul y rojo representan al acero y la espuma de poliuretano respectivamente).



El calor transferido por las paredes del recipiente se puede calcular utilizando la ecuación 5.12.

$$q = -kA\Delta T \dots\dots\dots\text{Ec. 5.12}$$

Y en forma más particular, cuando se trata de un recipiente cilíndrico compuesto de diferentes materiales, se utiliza la ecuación 5.13.

$$q = \frac{-2\pi L(T_f - T_i)}{\frac{\ln\left(\frac{r_2}{r_1}\right)}{k_A} + \frac{\ln\left(\frac{r_3}{r_2}\right)}{k_B} + \frac{\ln\left(\frac{r_4}{r_3}\right)}{k_C}} \dots\dots\dots\text{Ec. 5.13}$$

Si sabemos que $k_A = k_B = 45W/mK$ y $L = 0.500m$ se resuelve la ecuación y tenemos que:

$$q = 73.57W$$

Esta cantidad representa la cantidad de calor que es suministrado al nitrógeno desde el medio ambiente, si no existirá el medio de aislamiento, la transferencia de calor sería de $q = 406,479.10W$, por lo tanto la eficiencia de aislamiento del medio es de:

$$n = 99.9998\%$$

5.8 Cálculo de los soportes

Para calcular los soportes se tomara la consideración de un sistema estático, el cual será soportado por cuatro elementos distribuidos uniformemente en la base del recipiente para tratamientos térmicos criogénicos. Partiendo de esto se tiene que los soportes tendrán una carga de $40kg$ que se obtiene de la suma de los pesos de los componentes del sistema para las condiciones más críticas; es

decir, se obtuvo el volumen que ocuparía el Nitrógeno líquido y se multiplica por su densidad [tabla 2.3], también se calculó el volumen de Acero inoxidable que se emplea para la construcción del recipiente y se multiplica por su densidad [Anexo 6] y finalmente el volumen del material aislante multiplicado por su densidad [Anexo 8]. Estos datos son sumados para obtener el peso total del sistema, ahora bien si consideramos que el peso será repartido por cuatro elementos, la carga que soportara cada componente será de 10kg . En la figura 5.7 se muestra la configuración que se propone.

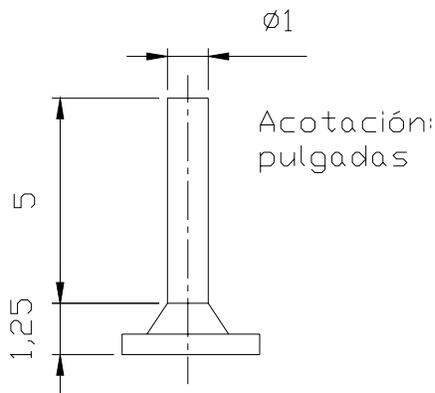


Figura 5.7 Disposición de los soportes.

Se trata de una sección tubular de 1 pulgada de diámetro con niveladores comerciales en la parte inferior.

5.9.- Análisis de costos

Como es bien conocido por todos, cualquier diseño que se realice siempre estará sujeto a un presupuesto, esta es la razón por la cual en todo desarrollo tecnológico es indispensable contar con un análisis de los gastos generados por la manufactura de los equipos así como de la materia prima necesaria para su desarrollo. Además, en el capítulo III se estableció como requerimiento del cliente, el precio del equipo y es de vital importancia satisfacer esta solicitud, para ello se procedió a realizar una serie de cotizaciones en varias casas que



disponen de la materia prima necesaria para la realización del proyecto. En la tabla 5.4 se tiene un concentrado de estos costos que servirán para verificar las características de los materiales y su precio.

Tabla 5.4 Tabla de costos de materia prima.

No.	Descripción del producto	Unidad	Cantidad	Costo unitario (pesos)	Costo total (pesos)
1	Válvula multifuncional DOT 4L Modelo XL-45	Pza.	1	3000	3000
2	Tornillo de cabeza hexagonal de Acero Inoxidable 304L cuerda estándar ¾ X 2 pulgadas	Pza.	8	20	160
3	Tubo de Acero Inoxidable 304L de 8 pulgadas cédula 40	kg	22	48	1056
4	Tubo de Acero Inoxidable 304L de 1 pulgada cédula 10	kg	2	48	96
5	Niveladores roscados de Acero Inoxidable 304L	Pza	4	50	200
6	Placa de Acero Inoxidable 304L de 11" x 36" x ¼"	kg	13	48	624
7	Placa de Acero Inoxidable 304L de 11" x 11" x 5/16"	kg	5	48	240
8	Teflón serie 2400 11" X11"	Pza.	1	170	170
9	Cople de Acero Inoxidable 304L 1" x 3" cedula 40	Pza	1	25	25
10	Perno de Acero Inoxidable 304L ¾" x 3" con seguro de candado	Pza	8	30	240
11	Placa de Acero Inoxidable 340L 1 ¾" x 4 ½" x 24"	kg	25	48	1200
12	Espuma de poliuretano instantánea fischer.	Cartucho	2	78	780
13	Electrodos de Acero Inoxidable 304L 3/16"	kg	2	100	200
14	Lamina de acero Inoxidable 304L calibre 16, 4 x 6 pies	Pza	1	300	300
TOTAL					8291



Los precios indicados en la tabla 5.2 son más IVA y están dados en pesos mexicanos, el costo de los artículos mencionados puede variar sin previo aviso. Además del costo de la materia prima es necesario sumar el costo de fabricación, en la empresa MAIMI SA de CV ofrecen el mejor presupuesto que es de 11,200 pesos más IVA, de tal manera que el costo total del producto será de 19,491 pesos más IVA, con lo cual se satisface el requerimientos del cliente así como las expectativas creadas para el proyecto.

5.10.- Evaluación de resultados

Al concluir este proyecto hay que percatarse de varias situaciones que existieron para el cumplir con el desarrollo eficiente del trabajo, en primera instancia, podemos decir que son muchas las dediciones que debe tomar el “diseñador” y la mayoría de estas, no se pueden justificar de manera sencilla, es necesario auxiliarse de varios elementos que no intervengan de manera directa en el objetivo perseguido, pero que son afectados por el escenario en el que se desenvuelven. Para ser más específicos se puede mencionar que la selección del medio de enfriamiento fue lo más crítico, ya que existe otro elemento aparte del Nitrógeno que presenta mejores propiedades criogénicas, para poder auxiliar la decisión fue necesario emplear varias metodologías, en las que parece ser desviado el tema,.

Otro punto importante fue la selección de los materiales de fabricación, en México no es convencional el uso de elementos para aplicaciones criogénicas, pero existen antecedentes en Europa y Estados Unidos que reiteran el uso del Acero Inoxidable en este tipo de usos, es difícil la utilización de este material, ya que presenta inconvenientes en aplicaciones como la soldadura, afortunadamente en México contamos con el “CEDEI” (Centro de desarrollo del Acero Inoxidable) localizado en San Luis Potosí, que ha mejorado las propiedades de los materiales ya existentes y creado nuevas familias de Acero que permiten tener una gama más amplia y mejores condiciones para el



desempeño del material. Con los datos generados en la fase de diseño conceptual y los recabados anteriormente en el establecimiento de las metas de diseño se realizó una evaluación en la cual el resultado es muy favorable, ya que se cumplieron todas las expectativas al 100%. Por ultimo en la tabla 5.5 se realiza una síntesis de los resultados obtenidos. En el Anexo 12 se muestran los dibujos de detalle obtenidos.

Tabla 5.5 Síntesis de resultados obtenidos

No. de Elemento	Nombre	Especificaciones
1	Cilindro principal	Tubo de Acero Inoxidable de 8" de Diámetro nominal cedula 40
2	Tapa esférica inferior	Placa de Acero Inoxidable de ¼" formada en frío
3	Tapa esférica superior	Placa de Acero Inoxidable de ¼" formada en frío
4	Brida del cilindro principal	Placa de Acero Inoxidable de 5/16"
5	Brida de tapa esférica superior	Placa de Acero Inoxidable de ¼"
6	Elemento Aislante	Espuma de poliuretano comprimida, con un espesor de 2"
7	Base	Patatas cilíndricas Acero Inoxidable 304L de 1" de diámetro cédula 10 con niveladores roscados
8	Recubrimiento	Lámina de Acero Inoxidable formada en frío calibre 16
9	Soldadura	Soldadura eléctrica TIG con electrodo desnudo 304L de 1/8 de diámetro. Uniones a tope con bisel sencillo en "V" a 45°.



5.11.- Referencia

- [5.1] Deutschman Arón, “Diseño de Máquinas” CECSA, México 1998
- [5.2] Jensen Cecil, “Dibujo y diseño en ingeniería” Mc Graw Hill, 2002
- [5.3] Villanueva Pruneda, “Manual de métodos de fabricación metalmecánica”, AGT EDITOR, 2001
- [5.4] P. Beer Ferdinand, “Mecánica de materiales”, Mc Graw Hill, México, 1999
- [5.5] <http://www.accordintl.com/empaques.html>

CONCLUSIONES



CONCLUSIONES

En base al objetivo general del presente trabajo, se puede deducir que fue satisfactorio el resultado obtenido, ya que se logró diseñar un recipiente capaz de soportar temperaturas criogénicas y presiones de hasta 700 psi. Tomando en cuenta las metas de diseño planteadas en el capítulo III y utilizando al QFD como herramienta principal de análisis se concluye que todos los requerimientos fueron cumplidos en un 100%.

Se determinaron las características básicas que deben cumplir los elementos, por otra parte los materiales utilizados cumplen las exigencias mecánicas de manera grata, no propiciando un incremento en los costos. En el diseño, no solo se tomo en cuenta las condiciones de resistencia de los materiales, si no también los procesos de fabricación que serán necesarios para la reproducción del prototipo. Todos los cálculos fueron en base a normas y códigos, la razón es tener un margen de error mínimo y una confianza plena en el funcionamiento del recipiente. Existe una seguridad total en el desempeño del dispositivo.

Como es bien sabido, este trabajo es solo el principio de toda una línea de investigación por lo que el presente diseño puede sufrir modificaciones cuando se recaben más datos en forma experimental sobre las condiciones en las que se lleva el proceso de tratamiento térmico.

TRABAJOS

FUTUROS



TRABAJOS FUTUROS

Son muchos los trabajos que se tienen que realizar para darle un seguimiento eficaz al presente, para una mejor identificación de las acciones que se deben llevar a cabo en un futuro, se presentan en forma de lista:

- Establecer una metodología eficiente para tratar criogénicamente probetas según la norma ASTM E8-04.
- Con las experiencias recopiladas de los ensayos establecer criterios y graficas que permitan tratar un material ferroso en específico.
- Tratar criogénicamente diversos materiales como polímeros y plásticos para observar los cambios que se generan después del proceso.
- Establecer curvas de tratamiento térmico para diferentes materiales.
- Diseñar un nuevo recipiente para realizar tratamientos criogénicos pero ahora en elementos y aplicaciones industriales.
- Crear una empresa que ofrezca tratamientos térmicos criogénicos en la zona centro del país.
- Crear una campaña que promueva los beneficios y las bondades que brinda un tratamiento térmico criogénico.
- Tratar criogénicamente nuevos materiales como el Nitinol y evaluar los cambios que se producen en su seno.

ANEXOS



ANEXO 1

NORMA ASTM E8-04 PARA ENSAYOS DE TENSIÓN EN MATERIALES METÁLICO



ACTIVE STANDARD: **E8-04 Standard Test Methods for Tension Testing
of Metallic Materials**

1. Scope

1.1 These test methods cover the tension testing of metallic materials in any form at room temperature, specifically, the methods of determination of yield strength, yield point elongation, tensile strength, elongation, and reduction of area.

Note 1-A complete metric companion to Test Methods E 8 has been developed, therefore, no metric equivalents are shown in these test methods. Committee E28 was granted an exception in 1997 by the Committee on Standards to maintain E8 and E8M as separate companion standards rather than combining standards as recommended by the Form and Style Manual.

Note 2-Gage lengths in these test methods are required to be 4D for most round specimens. Test specimens made from powder metallurgy (P/M) materials are exempt from this requirement by industry-wide agreement to keep the pressing of the material to a specific projected area and density.

Note 3-Exceptions to the provisions of these test methods may need to be made in individual specifications or test methods for a particular material. For examples, see Test Methods and Definitions A 370 and Test Methods B 557.

Note 4-Room temperature shall be considered to be 50 to 100F unless otherwise specified.

1.2 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.



2. Referenced Documents

A356/A356M	Specification for Steel Castings, Carbon, Low Alloy, and Stainless Steel, Heavy-Walled for Steam Turbines.
A370	Test Methods and Definitions for Mechanical Testing of Steel Products.
B557	Test Methods of Tension Testing Wrought and Cast Aluminum- and Magnesium-Alloy Products.
E1012	Practice for Verification of Specimen Alignment Under Tensile Loading.
E208	Test Method for Conducting Drop-Weight Test to Determine Nil-Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels.
E29	Practice for Using Significant Digits in Test Data to Determine Conformance with Specifications.
E345	Test Methods of Tension Testing of Metallic Foil.
E4	Practices for Force Verification of Testing Machines.
E6	Terminology Relating to Methods of Mechanical Testing.
E691	Practice for Conducting an Interlaboratory Study to Determine the Precision of a Test Method.
E83	Practice for Verification and Classification of Extensometers.
E8M	Test Methods for Tension Testing of Metallic Materials [Metric]



ANEXO 2

NOM-004-STPS-1999

SISTEMAS DE PROTECCIÓN Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD

EN LA MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILICE EN LOS

CENTROS DE TRABAJO.



SECRETARÍA DEL TRABAJO Y PREVISIÓN SOCIAL

NORMA Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1999, Sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria y equipo que se utilice en los centros de trabajo.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-STPS-1999, SISTEMAS DE PROTECCION Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN LA MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILICE EN LOS CENTROS DE TRABAJO

MARIANO PALACIOS ALCOCER, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3o., 4o. y 35 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; y 3o., 5o. y 22 fracciones I y XIII del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 13 de junio de 1994, fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-004-STPS-1993, Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo;

Que esta dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo cuarto transitorio primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado;

Que con fecha 26 de mayo de 1998, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el Anteproyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, y que en esa misma fecha el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con el objeto de cumplir con los lineamientos contenidos en el acuerdo para la desregulación de la actividad empresarial, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 24 de noviembre de 1995, las modificaciones propuestas a la presente Norma fueron sometidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a la opinión del Consejo para la Desregulación Económica, y con base en ella se realizaron las adaptaciones procedentes, por lo que dicha dependencia dictaminó favorablemente acerca de las modificaciones contenidas en la presente Norma;

Que con fecha 9 de diciembre de 1998, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto que dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que no habiendo recibido comentarios al presente Proyecto de Modificación de Norma Oficial Mexicana y adicionando el capítulo Unidades de Verificación en cumplimiento a la fracción V del artículo 28 del Reglamento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente:

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-004-STPS-1999, SISTEMAS DE PROTECCION Y DISPOSITIVOS DE SEGURIDAD EN LA MAQUINARIA Y EQUIPO QUE SE UTILICE EN LOS CENTROS DE TRABAJO

INDICE

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones



5. Obligaciones del patrón
6. Obligaciones de los trabajadores
7. Programa Específico de Seguridad e Higiene para la Operación y Mantenimiento de la Maquinaria y Equipo
8. Protectores y dispositivos de seguridad
9. Unidades de verificación
Apéndice A Tarjeta de aviso
Apéndice B Contenido mínimo de los dictámenes de las unidades de verificación
10. Vigilancia
11. Bibliografía
12. Concordancia con normas internacionales
Guía de referencia protectores y dispositivos de seguridad

1. Objetivo

Establecer las condiciones de seguridad y los sistemas de protección y dispositivos para prevenir y proteger a los trabajadores contra los riesgos de trabajo que genere la operación y mantenimiento de la maquinaria y equipo.

2. Campo de aplicación

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros trabajo que por la naturaleza de sus procesos empleen maquinaria y equipo.

3. Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma, deben consultarse las siguientes normas oficiales mexicanas y normas mexicanas vigentes:

NOM-001-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los edificios, locales, instalaciones y áreas de los centros de trabajo.

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

NOM-017-STPS-1993, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-022-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo en donde la electricidad estática represente un riesgo.*

NOM-026-STPS-1998, Colores y señales de seguridad e higiene, e identificación de riesgos por fluidos conducidos en tuberías.

NMX-CC-018-1996-IMNC, Directrices para desarrollar manuales de calidad.



ANEXO 3

NOM-005-STPS-1998

RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE

EN LOS CENTROS DE TRABAJO PARA EL MANEJO,

TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS

QUÍMICAS PELIGROSAS



NORMA Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas.

Al margen un sello con el Escudo Nacional, que dice: Estados Unidos Mexicanos.- Secretaría del Trabajo y Previsión Social.

NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-005-STPS-1998, RELATIVA A LAS CONDICIONES DE SEGURIDAD E HIGIENE EN LOS CENTROS DE TRABAJO PARA EL MANEJO, TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO DE SUSTANCIAS QUIMICAS PELIGROSAS.

JOSE ANTONIO GONZALEZ FERNANDEZ, Secretario del Trabajo y Previsión Social, con fundamento en los artículos 16 y 40 fracciones I y XI de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal; 512, 523 fracción I, 524 y 527 último párrafo de la Ley Federal del Trabajo; 3o. fracción XI, 38 fracción II, 40 fracción VII, 41, 43 a 47 y 52 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización; 3o., 4o. y 29 del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo; y 3o., 5o. y 20 fracciones I, XV y XVIII del Reglamento Interior de la Secretaría del Trabajo y Previsión Social, y

CONSIDERANDO

Que con fecha 3 de diciembre de 1993 fue publicada en el **Diario Oficial de la Federación** la Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el almacenamiento, transporte y manejo de sustancias inflamables y combustibles;

Que esta dependencia a mi cargo, con fundamento en el artículo cuarto transitorio primer párrafo del Reglamento Federal de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente de Trabajo, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el 21 de enero de 1997, ha considerado necesario realizar diversas modificaciones a la referida Norma Oficial Mexicana, las cuales tienen como finalidad adecuarla a las disposiciones establecidas en el ordenamiento reglamentario mencionado;

Que con fecha 27 de enero de 1998, en cumplimiento de lo previsto en el artículo 46 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, la Secretaría del Trabajo y Previsión Social presentó ante el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, el anteproyecto de modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, y que en esa misma fecha el citado Comité lo consideró correcto y acordó que se publicara en el **Diario Oficial de la Federación**;

Que con el objeto de cumplir con los lineamientos contenidos en el Acuerdo para la desregulación de la actividad empresarial, publicado en el **Diario Oficial de la Federación** el día 24 de noviembre de 1995, las modificaciones propuestas a la presente Norma fueron sometidas por la Secretaría de Comercio y Fomento Industrial a la opinión del Consejo para la Desregulación Económica, y con base en ella se realizaron las adaptaciones procedentes, por lo que dicha dependencia dictaminó favorablemente acerca de las modificaciones contenidas en la presente Norma;

Que con fecha 15 de mayo de 1998, en cumplimiento del Acuerdo del Comité y de lo previsto en el artículo 47 fracción I de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, se publicó en el **Diario Oficial de la Federación** el Proyecto de Modificación de la presente Norma Oficial Mexicana, a efecto que dentro de los siguientes 60 días naturales a dicha publicación, los interesados presentaran sus comentarios al Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral;

Que habiendo recibido comentarios de 2 promoventes, el Comité Consultivo Nacional de Normalización referido procedió a su estudio y resolvió oportunamente sobre los mismos, publicando esta dependencia las respuestas respectivas en el **Diario Oficial de la Federación** el 22 de octubre de 1998, en cumplimiento a lo previsto por el artículo 47 fracción III de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Que en atención a las anteriores consideraciones y toda vez que el Comité Consultivo Nacional de Normalización de Seguridad, Higiene y Medio Ambiente Laboral, otorgó la aprobación respectiva, se expide la siguiente: Norma Oficial Mexicana NOM-005-STPS-1998, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas

INDICE

1. Objetivo
2. Campo de aplicación
3. Referencias
4. Definiciones
5. Obligaciones del patrón
6. Obligaciones de los trabajadores



7. Requisitos administrativos
8. Programa específico de seguridad e higiene para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas
9. Requisitos generales
10. Requisitos para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias inflamables o combustibles
11. Requisitos para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias explosivas
12. Requisitos para el transporte y almacenamiento de sustancias corrosivas, irritantes o tóxicas
13. Vigilancia
14. Bibliografía
15. Concordancia con normas internacionales
Transitorios
Guía de referencia. Botiquín de primeros auxilios

1. Objetivo

Establecer las condiciones de seguridad e higiene para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas, para prevenir y proteger la salud de los trabajadores y evitar daños al centro de trabajo.

2. Campo de aplicación

La presente Norma rige en todo el territorio nacional y aplica en todos los centros de trabajo donde se manejen, transporten o almacenen sustancias químicas peligrosas.

3. Referencias

Para la correcta interpretación de esta Norma, deben consultarse las siguientes normas oficiales mexicanas vigentes:

NOM-004-STPS-1994, Relativa a los sistemas de protección y dispositivos de seguridad en la maquinaria, equipos y accesorios en los centros de trabajo.

NOM-010-STPS-1993, Relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.

NOM-017-STPS-1993, Relativa al equipo de protección personal para los trabajadores en los centros de trabajo.

NOM-026-STPS-1993, Seguridad, colores y su aplicación.

NOM-027-STPS-1993, Señales y avisos de seguridad e higiene.

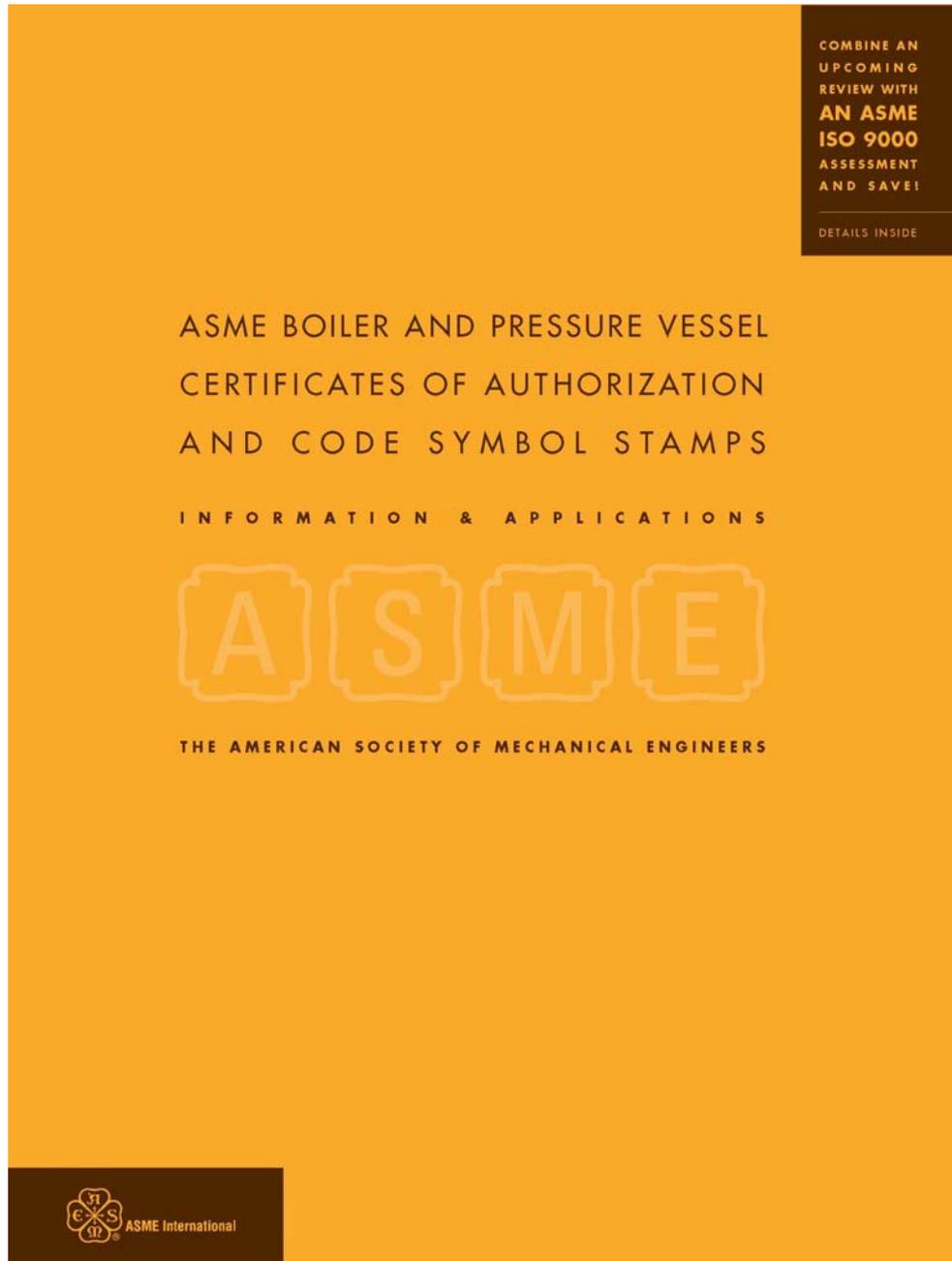
NOM-028-STPS-1993, Seguridad-Código de colores para la identificación de fluidos conducidos en tuberías.

NOM-114-STPS-1994, Sistema para la identificación y comunicación de riesgos por sustancias químicas en los centros de trabajo.



ANEXO 4

CÓDIGO ASME SECCIÓN VIII DIVISIÓN 1





ANEXO 5

COTIZACIÓN DEL MEDIO CRIOGÉNICO POR INFRA



Viernes 10 de marzo de 2006

NC: MAR/126/GMR

E. S. I. M. E. – I. P. N. (SEPI-ZACATENCO)

P R E S E N T E

E-mail: ingesimio@hotmail.com

AT'N: ING. MIGUEL ANGEL JIMENEZ GOMEZ

Con base en su amable solicitud, me permito presentarle la siguiente cotización:

<u>Partida</u>	<u>Descripción</u>	<u>Precio Venta</u>
01	Helio Alta Pureza Liquido Pureza mínima: 99.997% Contenido en: Dewar de Baja Presión Modelo : XL-45 Válvula: Especial Presión: 120 psig Contenido: 105 M ³ (250 LTS.)	\$ 24 USD POR LITRO + 15% IVA
02	Nitrógeno Alta Pureza (Liquido) Pureza mínima: 99.997% Contenido en: DEWAR de Baja Presión recargable DOT 4L Vol. Nominal Interior: 1761 Presión: 350 psi Válvula: CGA-295 (Liquido y Venteo) Contenido: 105 M ³	\$ 77.00 USD M3 + 15% IVA



Para el sistema de llenado para la instalación de Helio líquido se necesita también de Helio Gas, para cualquier duda acerca de helio líquido comunicarse con el Ing. Jacobo Giacomani, a este departamento.

CONDICIONES GENERALES DE VENTA:

Servicio de Mantenimiento, Revisión y Prueba Hidráulica de los Envases.	\$ 1,003.00 POR DEWAR
Lugar de Entrega :	Sus Instalaciones , D.F.
Forma de Pago :	CONTADO.
Renta por lenta rotación de cilindro :	EXENTO
Dewar a préstamo:	\$ 3,300.00 depósito por contenedor
Servicio de Entrega a Domicilio :	\$ 361.70 POR ENTREGA
Vigencia de Cotización :	30 Días
Tiempo de Entrega :	24 HORAS DESPUÉS DE RECIBIR SU PEDIDO.

Esperando que nuestra cotización cumpla enteramente con sus expectativas, me permito aprovechar la presente para enviarle a usted la expresión de nuestra más alta consideración.

A T E N T A M E N T E,
ING. GEORGINA MEDINA REYES
GASES ESPECIALES



ANEXO 6

PROPIEDADES QUÍMICAS, Y MECÁNICAS DE LOS ACEROS INOXIDABLES AUSTENÍTICOS SERIE 300 Y 400



NUMERO DE AISI	302	303	304	304L	308	309	309S	310	310S	316	316L	321	410	416	430	431
COMPOSICION QUIMICA TIPICA																
Carbono	0.15 max.	0.15 max.	0.08 max.	0.03 max.	0.08 max.	0.20 max.	0.08 max.	0.25 max.	0.08 max.	0.08 max.	0.03 max.	0.08 max.	0.15 max.	0.15 max.	0.12 max.	0.20 max.
Cromo	17.019.0	17.019.1	18.0-20.0	18.0-20.1	19.0-21.0	22.0-24.0	22.0-24.1	24.0-26.0	24.0-26.1	16.018.0	16.018.1	17.0-20.0	11.513.5	12.014.0	14.018.0	15.017.0
Níquel	8.010.0	8.010.1	8.010.5	8.012	10.012.0	12.015.0	12.015.0	19.0-22.0	19.0-22.0	10.014.0	10.014.0	9.013.0				1.25-2.50
Magnesio	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2 max.	2.0-3.0	1 max.	1.25 max.	1 max.	1 max.
Silicio	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1.5 max.	1.5 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.	1 max.
Fósforo	0.045 max.	0.2 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.045 max.	0.04 max.	0.06 max.	0.04 max.	0.04 max.
Azufre	0.03 max.	0.15 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.03 max.	0.15 max.	0.03 max.	0.03 max.
Otros Elementos		Mo. 6, Zr. 6opc.								Mo. 2-3	Mo. 2-3	Ti5xCm in.		Mo. 0.60		
PROPIEDADES FISICAS																
Densidad: g cm ³	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	8.027	7.750	7.750	7.750	7.750
Punto de Fusión: °C	140014.20	140014.20	140014.50	140014.50	140014.20	140014.50	140014.50	140014.50	140014.50	137014.00	137014.00	140014.50	148015.30	148015.830	14301.510	140014.50
Estructura	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Austenítico	Martensítico	Martensítico	Ferrítico	Martensítico
CALOR ESPECIFICO																
calorías/g °C (0100 °C)	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.11
CONDUCTIVIDAD TERMICA																
calorías/cm. seg °C (a 20 °C)	0.035	0.035	0.035	0.035	0.030	0.030	0.030	0.030	0.030	0.035	0.035	0.035	0.055	0.055	0.060	0.045
COEFICIENTE DE LA EXPANSION																
10-6 mm °C (20 °C a 100 °C)	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	14.3	14.3	13.7	13.7	15.2	15.2	15.5	9.6	9.6	10.0	9.8
(20 °C a 500 °C)	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	19.6 a 1000 °C	19.6 a 1000 °C	18.2 a 1000 °C	18.2 a 1000 °C	19.0 a 800 °C	19.0 a 800 °C	19.2 a 800 °C	11.4	11.4	11.2	-
RESISTENCIA LECT. ESPECIFICA A TEMPS. BAJO TECHO																
Microhmios-cm a 20 °C	72	72	72	72	72	78	78	78	78	74	74	72	57	57	60	72
PERMEABILIDAD MAGNETICA																
a 200 H.	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.02	1.01	1.01	1.02	1.02	1.02	Magnético	Magnético	Magnético	Magnético
PROPS. MECANICAS A TEMPERATURAS BAJO TECHO																
Alargamiento en 50.8 mm. %	50	60	60	60	55	45	45	50	50	55	55	55	30	20	30	20
Reducción de área %	60	60	70	70	65	65	65	65	65	70	70	65	75	60	55	60
Carga de rotura kg/mm ²	63.3	70.3	59.7	57.0	59.7	63.3	63.3	66.6	66.6	59.7	57.0	63.3	45.7	63.3	52.7	73.9
Dureza Brinell	165	160	150	145	150	165	165	165	165	165	150	150	160	180	155	220
Dureza Rockwell B	85	80	80	77	80	85	85	85	85	85	80	80	80	90	80	97



ANEXO 7

TUBERÍA COMERCIAL DE ACERO INOXIDABLE SERIE 304 L



Dimensiones				
Diámetro nominal en pulgadas	Cédula	Diámetro exterior en mm.	Espesor	Peso Kgs. mts.
1"	40	33,40	3,38	2,540
				3,280
	10		2,77	2,730
1 1/4"	40	42,16	3,56	3,440
				4,530
	10		2,77	3,160
1 1/2"	40	48,26	3,68	4,110
				5,490
	10		2,77	3,990
2"	40	60,32	3,91	5,520
				7,600
	10		3,05	5,340
2 1/2"	40	73,02	5,16	8,770
	10		3,05	6,560
3"	40	88,90	5,49	11,470
	10		3,05	13,780
3 1/2"	40	101,60	5,74	18,920
	10		3,05	8,500
4"	40	114,30	6,02	16,320
	40		6,55	22,100
5"		141,30		31,410
	10		3,40	14,040
6"	40	168,27	7,11	28,690
	10		3,76	20,270
8"	40	219,07	8,18	32,200
	10		4,19	28,320
10"	40	273,10	9,27	61,430
	10		4,57	36,650
12"	40	323,90	9,53	75,290



ANEXO 8

SOLDADURA DE ACERO INOXIDABLE 304L



SOLDADURA

de acero inoxidable
Tipos AISI 304, 304 L, 316 y 316 L

DIAMETRO		PESO APROX. POR VARILLA EN KGS.	VARILLAS APROX. POR KG.
MMS.	PULGS		
2.4	3/32	0.013	79
3.2	1/8	0.035	29
4.0	5/32	0.052	19
4.8	3/16	0.074	14



ANEXO 9

TORNILLERIA DE ACERO INOXIDABLE 304L



TORNILLERÍA

de acero inoxidable
Tipos AISI 304 y 316
Cuerda Standard

	DESCRIPCION	ESCALA	MEDIDAS			
			DIAMETRO		LARGO	
			DESDE	HASTA	DESDE	HASTA
TORNILLO	CABEZA HEXAGONAL	MMS.	3.2	25.4	9.5	101.6
		PULGS.	1/8	1	3/8	4
	CABEZA GOTA	MMS.	3.2	25.4	9.5	101.6
		PULGS.	1/8	1	3/8	4
	CABEZA PLANA	MMS.	3.2	25.4	9.5	101.6
		PULGS.	1/8	1	3/8	4
	ALLEN	MMS.	4.8	19.0	12.7	101.6
		PULGS.	3/16	3/4	1/2	4
OPRESOR	MMS.	4.8	15.9	6.4	76.2	
	PULGS.	3/16	5/8	1/4	3	
BIRLO	MMS.	9.5	19.0	25.4	101.6	
	PULGS.	3/8	3/4	1	4	
TUERCA	HEXAGONAL	MMS.	3.2	25.4	--	--
		PULGS.	1/8	1	--	--
	MARIPOSA	MMS.	4.8	15.9	--	--
		PULGS.	3/16	5/8	--	--
RONDANA	PLANA	MMS.	4.8	25.4	--	--
		PULGS.	3/16	1	--	--
	DE PRESION	MMS.	4.8	25.4	--	--
		PULGS.	3/16	1	--	--



ANEXO 10

ESPUMA DE POLIURETANO INSTANTANEA

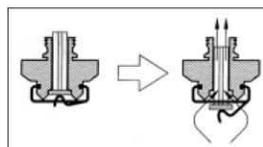
MERCAILLAMENT® División Aislamientos: **SALVADOR ESCODA S.A.** c/ Industria, 608-612
Tel. 93 460 55 00 Fax 93 460 55 44 08918 BADALONA

CATÁLOGO TÉCNICO

11 ESPUMA DE POLIURETANO INSTANTÁNEA

Espuma PU de 1 componente

- Su válvula de plástico rígido con muelle de acero le proporciona una máxima estanqueidad. Junto con el tapón incorporado en el adaptador, permite su reutilización en un periodo mucho mayor que cualquier otro tipo de producto en el mercado.
- Imputrescible.
- Endurecimiento rápido.
- Máximo rendimiento en volumen.



Válvula de plástico rígido con resorte de acero que proporciona la máxima impermeabilidad/ estanqueidad.



CARACTERÍSTICAS

Determinadas a +20°C, 60% HR y en superficies bien humedecidas.

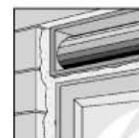
- **Producción expandido (peso por volumen 17 Kg/m³) envase de 750 ml:**
Espuma spray: ~ 35 litros Espuma pistola: ~ 39 litros
- **Densidad neta (aplicado a ranuras):**
Espuma spray: 25 Kg/m³ aprox. Espuma pistola: 20 Kg/m³ aprox. Forma celular: media-fina
- **No pegajosa (dependiendo de la pre-reacción dentro del envase):**
Espuma spray: 10 min. aprox. Espuma pistola: 5 min. aprox.
- **Cortable (prueba de 20 mm):**
Espuma spray: 30 min. aprox. Espuma pistola: 10 min. aprox.
- **Temperatura de procesamiento (envase, ambiente y superficie):**
Mínima: +5°C aprox. Máxima: +25°C aprox. Óptima: +15 a +22°C
- **Resistencia a la tensión (DIN 53455):** 18 N/cm²
- **Alargamiento en estiramiento (DIN 3455):** 30%
- **Resistencia al desgarro (DIN 53422):** 8 N/cm²
- **Resistencia a la flexión (DIN 53422):** 20 N/cm²
- **Resistencia a la compresión a 10% de presión de agua (DIN 53421):** 5 N/cm²
- **Absorción de agua (DIN 53428):** 0,3 Vol. %
- **Conductividad térmica (DIN 52612):** 0,04 W/nk.
- **Expansión:** 150% aprox.
- **Resistencia a la temperatura de una muestra de espuma solidificada:**
En continuo: -40°C a +100°C En punta: -40°C a +130°C
- **Vida útil almacenado en un sitio fresco y seco:** 9 meses
A temperaturas más altas la vida útil puede reducirse considerablemente.
- **Almacenamiento y transporte:** fresco y seco



Sellado de juntas



Aislamiento tuberías



Relleno de huecos



Fijación y sellado

Aplicación óptima gracias a...

1. **Adaptador pre-montado:** máxima sencillez de manejo. Imposible cualquier pérdida por transporte y almacenamiento.
2. **Válvula rígida:** seguridad de funcionamiento al 100% y máxima estanqueidad de almacenamiento.
3. **Tapón de cierre de cánula:** reutilización garantizada del envase tras un manejo adecuado durante largo tiempo.
4. **Pestaña de seguridad:** impide cualquier accionamiento accidental.



AISLAMIENTOS



ANEXO 11

HOJA DE TEFLÓN (PTFE) ESTILO 2400



ESTILO 2400 - HOJA DE TEFLÓN (PTFE)



Medidas: 1/64", 1/32", 1/16", 3/32", 1/8", 3/16", y 1/4" de espesor;

Límite de Temperatura: -322.87°F hasta 500°F;

Tensión: 1500 PSI.

Descripción: Inerte a casi todos los químicos, no se puede disolver, no muestra absorción de humedad, Es la mejor conocida por su resistencia química. Sus propiedades eléctricas son excelentes. El teflón tiene un coeficiente de fricción extremadamente bajo. Muy pocos materiales se adhieren al Teflón.

Servicio: Puede manejar virtualmente todos los químicos con la excepción de metales alcalinos fundidos, y flúor.

Copyright © 2006 Accord International, Inc. - All Rights Reserved.

Site Map: <http://www.accordintl.com/empaques.html>



ANEXO 12

DIBUJOS DE DETALLE