

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA

DISEÑO DE UNA TERMOFORMADORA DE ENVASES
PLÁSTICOS

PROYECTO PREVIO A LA DE TITULACIÓN DE INGENIERO
MECÁNICO

VERÓNICA GABRIELA MOLINA NEGRETE

EDISON RICARDO PITO TERÁN

DIRECTOR ING. JAIME VARGAS T.

Quito, Diciembre 2008

DECLARACIÓN

Nosotros, Verónica Gabriela Molina Negrete y Edison Ricardo Pito Terán, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional, y, hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Verónica Gabriela Molina Negrete

Edison Ricardo Pito Terán

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo fue desarrollado en su totalidad por los señores Verónica Gabriela Molina Negrete y Edison Ricardo Pito Terán, bajo nuestra supervisión.

Ing. JAIME VARGAS T.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Ing. ORWIELD GUERRERO
COLABORADOR

Ing. MARÍA ELENA ORTIZ
COLABORADORA

AGRADECIMIENTO

Un agradecimiento eterno y
sincero a las siguientes personas que
contribuyeron para la culminación de este proyecto:

Ing. Jaime Vargas T.

DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACION

Ing. Orwield Guerrero

COLABORADOR DEL PROYECTO DE TITULACION

Ing. María Elena Ortiz

COLABORADOR DEL PROYECTO DE TITULACION (CHEMequip Industrias).

Ing. Ricardo Echeverría

GERENTE GENERAL DE CHEMequip Industrias.

Verónica

Edison

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser mi guía y siempre estar conmigo
para culminar una etapa más de mi vida

A mi madre y mi padre ya que con
su ejemplo y amor fueron mi ejemplo de vida.

Al Ing. Jaime Vargas por su apoyo incondicional,
su amistad, y enseñanzas en este proyecto de titulación.

A todo el personal docente que supieron trasladar
sus conocimientos a través de cada una de las horas de clase.

A todos mis amigos de la universidad por haberme brindado su amistad,
su confianza y por haber compartido tantos momentos alegres.

A mis hermanos que fueron mi apoyo en cada una
de las etapas de mi vida estudiantil.

A la Dra. Marcia Cherres por brindarme sus consejos y
una amistad sincera.

Edison

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme el mejor regalo de mi vida: Mi Familia .

A mi ángel de la guardia mi papi Carlos por todo lo que representa en mi vida.

A mi madre Victoria por su ejemplo de vida, amor desinteresado, soporte incondicional y mucho mas que solo ella sabe darme. Te quiero mucho Mami.

A mi hermana Mónica por su cariño, apoyo, comprensión y principalmente por ser mi mayor fortaleza.

A mi papa dos José por su apoyo incondicional, desinteresado por ser unas de esas personas que se están extinguiendo por eso un millón de gracias.

A David por ser la persona con la que siempre he contado en mi vida gracias a DIOS que te puso en mi camino, Te amo mostrito.

Al Ing. Jaime Vargas por su amistad y enseñanza en este proyecto de titulación.

A mis amigos de la Facultad por todo lo vivido y compartido gracias de verdad.

Vero

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico con mucho amor a mis padres,
ya que con su amor, comprensión y paciencia supieron guiarme
por un camino de superación para alcanzar mis objetivos y por siempre estar a
mi lado en todos los momentos de mi vida.

A Norma, Nicolás, Natalia, Norberto y Armando
mis hermanos quienes supieron siempre
darme el aliento y apoyo para salir adelante y no desfallecer en
momentos difíciles de la vida.

A mis sobrinos Aracely, Edgar y Andrés por ser siempre una alegría.

A Marcelo que es como mi hermano y a Alfonso.

A mis primos Iván y José que siempre tuvieron un consejo
y una ayuda.

A mis amigos Armando y Sebastián.

Edison

DEDICATORIA

Dedico la culminación de este trabajo:

A DIOS por darme salud y vida.

A mi familia por ser ejemplo de vida y superación en todos los momentos

A todas aquellas personas que no piensan en que tan grande sean sus sueños
sino en la manera de cumplirlos.

Vero

CONTENIDO

RESUMEN.....	i
INTRODUCCIÓN.....	ii

CAPÍTULO I 1

1 ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LOS PLÁSTICOS.....	18
1.1 PLÁSTICOS.....	18
1.1.1 INTRODUCCIÓN.....	18
1.1.2 ETIMOLOGÍA	18
1.1.3 DEFINICIÓN.....	18
1.2 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS	19
1.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS	20
1.2.2 PROPIEDADES ELÉCTRICAS	20
1.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS.....	20
1.2.4 PROPIEDADES QUÍMICAS	21
1.2.5 PROPIEDADES TÉRMICAS	21
1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS.....	22
1.3.1 TERMOPLÁSTICOS.....	24
1.3.2 TERMOESTABLES	25
1.3.3 ELASTÓMEROS	25
1.4 LOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL DE ENVASADO	26
1.4.1 BARRERA	26
1.4.2 COSTO	26
1.4.3 DURABILIDAD.....	26
1.4.4 IMPRIMIBILIDAD.....	26
1.4.5 RESISTENCIA MECÁNICA A LA PERFORACIÓN	27
1.4.6 RESISTENCIA MECÁNICA A LAS BAJAS TEMPERATURAS	27

1.5 MATERIALES EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE LOS ENVASES.....	27
1.5.1 POLIETILENO	27
1.5.1.1 CLASIFICACION DEL POLIETILENO	28
1.5.1.1.1 El polietileno de baja densidad (LDPE)	28
1.5.1.1.2 Polietileno de Alta densidad (HDPE).....	28
1.5.2 POLIPROPILENO.....	29
1.6 FABRICACIÓN DE PRODUCTOS PLÁSTICOS	29
1.6.1 MOLDEO A ALTA PRESIÓN Y BAJA PRESIÓN	30
1.6.2 EXTRUSIÓN.....	31
1.6.3 INYECCIÓN.....	32
1.6.4 VACÍO.....	33
1.6.5 SOPLADO	33
1.6.6 COLADA	34
1.6.7 ESPUMADO	35
1.6.8 CALANDRADO.....	35
1.7 TERMOFORMADO.....	36
1.7.1 DEFINICIÓN.....	36
1.7.2 TERMOFORMADO AL VACÍO	37
1.7.3 TERMOFORMADO A PRESIÓN	38
1.7.3.1 Teoría de moldes positivos y moldes negativos.....	39
1.7.4 TERMOFORMADO MECÁNICO	40
1.7.5 VARIABLES DE TERMOFORMADO.....	40
1.7.5.1 Material de partida	41
1.7.5.2 Velocidad del proceso.....	42
1.7.5.3 Temperatura de la lámina	42
1.7.5.4 Temperatura del molde.....	43
1.7.6 MOLDES PARA TERMOFORMADO.....	43
1.7.6.1 Consideraciones del proceso de moldeo	44
CAPÍTULO II	46
2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO	46
2.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	46

2.2	RESTRICCIONES Y LIMITACIONES	46
2.3	PARÁMETROS DE DISEÑO.....	47
2.4	REQUERIMIENTOS FUNCIONALES	47
2.5	ESTUDIO DE CAMPO	47
2.5.1	ASPECTOS DEL TERMOFORMADO	47
2.5.1.1	Temperatura de calentamiento para el termoformado	47
2.5.2	PRESIÓN NECESARIA PARA EL FORMADO.....	51
2.6	ALTERNATIVAS DE DISEÑO.....	52
2.6.1	FACTORES A ANALIZAR	52
2.6.1.1	Duración o vida útil	52
2.6.1.2	Mantenimiento	53
2.6.2	Facilidad de construcción	53
2.6.3	Facilidad de montaje.....	53
2.6.4	Calibración.....	53
2.6.5	Seguridad	53
2.6.6	Costo	53
2.6.7	SISTEMAS A ANALIZAR.....	54
2.6.7.1	Sistema de presión	54
2.6.7.2	Sistema de calentamiento.....	55
2.6.7.3	Sistema motriz	56
2.6.7.4	Sistema de alimentación.....	57
2.7	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	58
2.8	DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROTOTIPO A CONSTRUIRSE.....	59
2.9	PROTOCOLO DE PRUEBAS	61
2.9.1	REVISIÓN DE DIMENSIONES GENERALES.....	61
2.9.2	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN VACÍO	62
2.9.3	PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA.	62
2.9.4	ALINEACIÓN DE MOLDES	62
2.9.5	CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN	63
CAPÍTULO III		1
3	DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA TERMOFORMADORA.....	65

3.1 DISEÑO DEL BASTIDOR	65
3.1.1 CRITERIOS DE DISEÑO.....	65
3.2 DISEÑO TÉRMICO.....	73
3.2.1 REQUERIMIENTOS BÁSICOS	74
3.2.2 MATERIALES CONSTITUTIVOS DE LAS PAREDES DEL HORNO .	74
3.2.2.1 PROPIEDADES DE LOS COMPONENTES DEL HORNO.....	75
3.2.2.1.1 Plancha de acero	75
3.2.2.1.2 Lana de fibra de vidrio	76
3.2.3 DISEÑO DE ESPESORES DE PAREDES DEL HORNO.....	77
3.2.3.1 CONDUCCIÓN	77
3.2.3.2 CONVECCIÓN.....	79
3.2.3.2.1 Calculo del coeficiente de transferencia de calor por convección.....	80
3.2.3.3 RADIACIÓN.....	83
3.2.3.4 RESISTENCIA TÉRMICA	83
3.2.3.4.1 Perfil de temperaturas	84
3.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRESIÓN	93
3.3.1 DISEÑO DEL MOLDE MACHO.....	93
3.3.1.1 RESINAS EPÓXICAS	94
3.3.1.1.1 Fabricación de los moldes macho.....	95
3.4 SISTEMA FUNCIONAL DE RESORTES	96
3.4.1 DISEÑO DE RESORTES	96
3.4.1.1 DISEÑO DE RESORTES PRINCIPALES	98
3.4.1.2 DISEÑO DE RESORTES SECUNDARIOS	111
3.5 SISTEMA MOTRIZ.....	112
3.5.1 TRANSMISIÓN DE POTENCIA.....	112
3.5.2 DISEÑO DE EJES DE LA TERMOFORMADORA.....	124
3.5.2.1 Diseño del eje principal	128
3.5.2.2 Diseño del eje motriz secundario del horno.	131
3.6 DISEÑO DE CHAVETAS	133
3.7 SELECCIÓN DE PERNOS EN EL SISTEMA DE ENSAMBLE DE MOLDES.....	135
3.8 SISTEMA NEUMÁTICO.....	138

3.9	DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE VACÍO	140
3.9.1	RECIPIENTES A PRESIÓN	140
3.9.2	PRESIÓN DE OPERACIÓN	140
3.9.3	PRESIÓN DE DISEÑO	140
3.10	DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	151
CAPÍTULO IV		155
4	CONSTRUCCIÓN, MONTAJE Y PRUEBAS DE CAMPO.....	155
4.1	CONTRUCCÓN DE LA TERMOFORMADORA	155
4.1.1	MAQUINARIA Y EQUIPO.....	155
4.1.2	HERRAMIENTAS	156
4.1.3	INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN	156
4.1.4	RESUMEN DE MATERIA PRIMA.....	156
4.2	MONTAJE DE LA TERMOFORMADORA.....	157
4.3	PRUEBAS DE CAMPO	157
CAPÍTULO V		158
5	ANÁLISIS DE COSTOS.....	158
5.1	ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS.....	159
5.1.1	COSTOS DE MATERIA PRIMA	159
5.1.2	COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.....	159
5.1.3	COSTOS DE MAQUINADO.....	160
5.1.4	COSTOS DE MONTAJE.....	161
5.1.5	COSTO DIRECTO TOTAL	162
5.2	ANÁLISIS DE COSTOS INDIRECTOS	162
5.2.1	COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS	162
5.2.2	COSTOS DE INGENIERÍA	163
5.2.3	COSTOS IMPREVISTOS	163
5.2.4	COSTO TOTAL INDIRECTO.....	164

5.3 COSTO TOTAL DE LA MÁQUINA	164
CAPÍTULO VI.....	165
6 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	165
7 BIBLIOGRAFÍA.....	167
ANEXOS	168

CAPÍTULO I

1 ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LOS PLÁSTICOS

1.1 PLÁSTICOS

1.1.1 INTRODUCCIÓN

Dada la gran variedad de plásticos que existe en la actualidad, es cada vez mayor el uso de los estos para la fabricación de cualquier pieza en todos los sectores. Estos materiales presentan una enorme variedad de propiedades muy diferentes, y conociendo su comportamiento, se puede obtener mucha información para cada aplicación específica.

En el presente capitulo se estudia ampliamente las características de los plásticos, propiedades, procedimientos de elaboración y aplicaciones.

1.1.2 ETIMOLOGÍA

El vocablo plástico procede del término griego plastikos, que significa «capaz de ser moldeado». El término expresa la principal propiedad de este material su capacidad para deformarse y, por tanto, su facilidad para adoptar prácticamente cualquier forma deseada.

1.1.3 DEFINICIÓN

Los materiales plásticos son compuestos orgánicos de moléculas grandes cuyo componentes principal es el carbono y otros elementos como el hidrógeno, el oxígeno, el nitrógeno o el azufre. Se obtienen mediante la polimerización o multiplicación artificial de los átomos de carbono en largas cadenas moleculares de compuestos orgánicos derivados del petróleo, la celulosa, carbón, gas natural y otras sustancias naturales que pueden ser moldeados o laminados mediante la aplicación de calor o presión.

En la actualidad los plásticos son una parte importante de la vida cotidiana; los mismos se utilizan en gran escala, principalmente en productos alimenticios, utensilios domésticos y electro-domésticos, además de sus aplicaciones científico-tecnológicas en diversas áreas de la industria. Los ejemplos de aplicación se muestran en la figura 1.1:



Figura 1.1 *Productos misceláneos de plástico*

1.2 PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

Gran parte de los materiales plásticos han encontrado infinidad de mercados y una asombrosa variedad de aplicaciones en diversos campos, la principal razón de la rápida y creciente importancia industrial de los plásticos es la variedad de propiedades casi ilimitada que se puede dar a estos materiales.

A continuación se dará una descripción general de las propiedades de los plásticos, propiedades que dependen en una mayor proporción del grado de polimerización que posean.

1.2.1 PROPIEDADES FÍSICAS

La mayoría de los materiales plásticos están constituidos por millones de átomos unidos entre sí formando largas cadenas las mismas que determinan en gran medida, las propiedades físicas tales como: rigidez, flexibilidad, densidad, elasticidad, transparencia, antiadherentes, impermeabilidad, etc.

1.2.2 PROPIEDADES ELÉCTRICAS

Los plásticos son buenos aislantes eléctricos, utilizados al mismo tiempo en baja tensión por su elevada resistividad y en alta tensión por su gran rigidez dieléctrica.

Esta propiedad trae consigo un inconveniente: la electricidad estática no se elimina y puede dar lugar a la formación de un depósito de polvo por atracción electrostática.

1.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas de los plásticos se ven muy afectadas, sobre todo por el tiempo, temperatura de la probeta, velocidad de aplicación del esfuerzo y otras condiciones del medio ambiente.

Los plásticos son hasta cierto punto flexibles. Sus módulos de elasticidad, así como sus resistencias, se encuentran distribuidas en un amplio intervalo, pero en general están considerablemente por debajo de las propiedades equivalentes de los metales. En numerosas ocasiones, la flexibilidad es una ventaja para la fabricación y la aplicación

En la figura 1.2 se observa una respuesta de deformación instantánea debido al esfuerzo (carga) aplicado, a la que le sigue una deformación en función del tiempo, en tres etapas:

La etapa primaria OA (sensiblemente rectilínea), AB y BC correspondiendo respectivamente a los alargamientos elásticos, a los alargamientos plásticos y a la rotura ¹

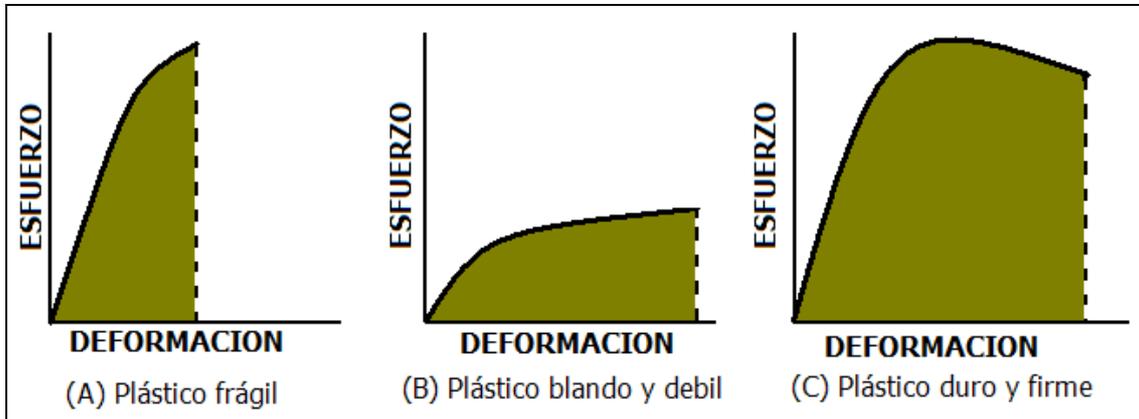


Figura 1.2 Curva esfuerzo- deformación de un material plástico.

1.2.4 PROPIEDADES QUÍMICAS

Los plásticos son estables frente a muchas sustancias químicas.

El mecanismo de unión de los átomos de plástico es muy diferente al de los metales. Por ello, los plásticos no están expuestos a la corrosión como los metales. Por ejemplo los plásticos son bastante resistentes a los ácidos, álcalis y soluciones salinas. Por otro lado muchos disolventes orgánicos, como la gasolina o el alcohol son capaces de disolverlos.

1.2.5 PROPIEDADES TÉRMICAS

Los plásticos no aíslan únicamente la corriente eléctrica, sino también el calor y el frío debido a su baja conductividad térmica los hace excelente aislantes térmicos. Como consecuencia, resulta agradable al tacto, especialmente si la temperatura es baja.

¹ CHAUSSIN C., Manual de plásticos, Editorial Hispano, 2da.Ed. ,España,1987,Pág.56

En general, un plástico no es un material puro; no presenta un punto de fusión, sino un intervalo de fusión más o menos extenso, en el uso se observa una fusión pastosa cuyo comienzo es denominado “punto de reblandecimiento”

El calor específico de los plásticos varía entre 0,25 y 0,50 [cal / gr. °C]. El coeficiente de dilatación térmica es alto en la mayoría de los plásticos, generalmente de dos a diez veces la del acero.

Se producen grandes deformaciones, en comparación en los metales, mediante aumentos de temperatura relativamente pequeños y no poseen agrietarse por efectos térmicos.

1.3 CLASIFICACIÓN DE LOS PLÁSTICOS

Bajo diferentes puntos de vista pueden existir distintas formas de clasificar a los plásticos.

Esta clasificación se da según la estructura de las macromoléculas y según el tipo de mecanismo de enlace que muestre. Los grupos están resumidos y ejemplificados en la figura² 1.3.

² MICHAELI .G., Introducción a la tecnología de los plásticos, Ed URMO, 5Ta.Ed. ,España,1997,Pág.32

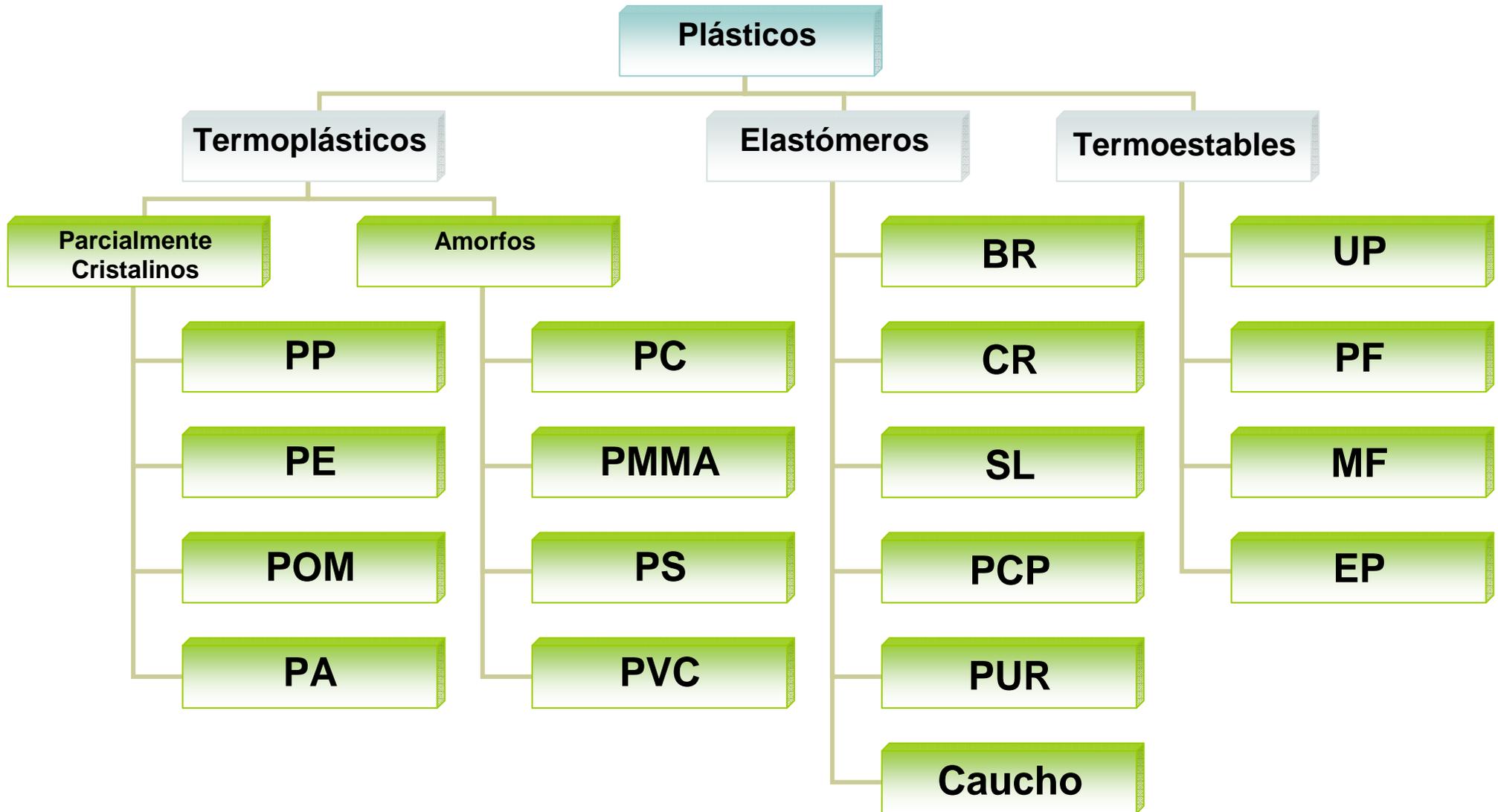


Figura 1.3 Clasificación de plásticos

1.3.1 TERMOPLÁSTICOS

Son, en general, polímeros con estructura lineal o ramificada, que mantienen su cohesión mediante fuerzas intermoleculares. Su intensidad depende del tipo y número de ramificaciones.

Los termoplásticos poseen bajas temperaturas de fusión, solubles en disolventes orgánicos y que al exponerlos al calor pueden fundirse o reblandecerse varias veces sin que cambie su estructura y propiedades, es decir, que pueden moldearse de nuevo, por lo tanto son reciclables, sin embargo, tienen el inconveniente de su poca resistencia mecánica que ofrecen cuando aumenta la temperatura, por ello se suelen emplear, de forma preferente, en aquellas aplicaciones en las que la temperatura de trabajo sea la ambiente.

En las tablas 1.1 y 1.2 se muestra las clases de termoplásticos, sus abreviatura que son de acuerdo internacional y además su principal característica.

Termoplástico	Abreviatura	Características
Polipropileno	(PP)	Elevada rigidez
Polietileno	(PE)	Alta tenacidad
Polioximetileno	(POM)	Alta dureza
Poliamidas	(PA)	Resistentes alo rayos X

Tabla 1.1 *Clases de plásticos termoplásticos parcialmente cristalinos*

Termoplástico	Abreviatura	Características
Policarbonato	(PC)	Resistencia química
Plexiglás	(PMMA)	Propiedades ópticas
Poliestireno	(PS)	Baja resistencia
Cloruro de polivinilo	(PVC)	Aislante térmico

Tabla 1.2 *Clases de plásticos termoplásticos amorfos*

1.3.2 TERMOESTABLES

Son polímeros con estructura bidimensional o tridimensionales de punto de fusión elevado, e insolubles en disolvente orgánicos que al calentarse sufren cambios químicos y estructurales que provocan su endurecimiento, y por tanto al enfriarse y solidificar lo hacen de forma irreversible. A continuación se muestra las clases de termoestables, sus abreviaturas que son de acuerdo internacional y una característica principal.

Termoestables	Abreviatura	Características
Resinas poliéster	(UP)	Anticorrosivo
Baquelita	(PF)	Alta dureza
Melanina	(MF)	Resistencia dieléctrica
Resinas Epóxicos	(EP)	Resistencia química

Tabla 1.3 *Clases de plásticos termoestables.*

1.3.3 ELASTÓMEROS

En los elastómeros las cadenas de polímero se encuentran enrolladas y retorcidas de forma arbitraria, al azar, lo que les confiere gran flexibilidad para permitir que el material sea capaz de soportar deformaciones muy grandes.

En la tabla se detalla las clases de elastómeros:

Termoestables	Abreviatura	Características
Caucho natural		Aislante eléctrico
Polibutadineo	(BR)	Alto desgaste
Policloropreno	(CR)	Resistente al calor
Neopreno	(PCP)	Alta resistencia
Poliuretanos	(PUR)	Resistente a la abrasión
Siliconas	(SI)	Estabilidad térmica

Tabla 1.4 *Clases de elastómeros*

1.4 LOS PLÁSTICOS COMO MATERIAL DE ENVASADO

Los envases son los objetos más cotidianos, comunes y necesarios que el hombre ha creado ya que estos cumplen con una función definida, la de

conservación de alimentos. Se debe tomar en cuenta que los materiales utilizados para envasar deben cumplir ciertos requerimientos:

1.4.1 BARRERA

La permeabilidad del envase es un factor crítico en el diseño ya que esta debe ser baja, debido a la posible fluctuación de oxígeno, vapor de agua, polvo, etc.

1.4.2 COSTO

Los envases de plástico son más económicos y fáciles de producir en comparación con otros materiales. Poseen mejores características como por ejemplo son más livianos lo que haría reducir el costo de transporte.

1.4.3 DURABILIDAD

Los plásticos prácticamente son insensibles frente a la acción de los ácidos, los álcalis, los disolventes y los agentes atmosféricos por esta razón los envases dan protección y preservación de los alimentos de la contaminación con bacterias y otros microorganismos.

1.4.4 IMPRIMIBILIDAD

Los envases han jugado roles diferentes e importantes que influye en los consumidores en las decisiones de compra están influidas por las características externas de los envases como los gráficos, el texto, la variedad e intensidad de colores, la disposición de la figura en el envase.

1.4.5 RESISTENCIA MECÁNICA A LA PERFORACIÓN

Los envases al ser cargados en embarcaciones, camiones o aviones deben tener una protección física. El contenido del envase necesita estar protegido entre otras cosas de los golpes, las vibraciones, la compresión, para que estos no se deformen ni se rompan.

1.4.6 RESISTENCIA MECÁNICA A LAS BAJAS TEMPERATURAS

El consumismo de las personas exigió que los alimentos pudieran ser transportados y pudieran mantenerse durante mayores períodos de tiempo en buen estado de conservación.

1.5 MATERIALES EMPLEADOS EN LA ELABORACIÓN DE LOS ENVASES

Para el diseño y fabricación de envases en la industria se presentan una serie de materiales plásticos, su elección dependerá de las características que presente cada uno. El uso más difundido en el mercado es el polietileno de baja densidad y el polipropileno.

1.5.1 POLIETILENO

Es un termoplástico el cual es obtenido mediante la polimerización del etileno. Una molécula del polietileno está constituida por una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono.

En general son materiales flexibles, ligeros, buenos aislantes eléctricos, excelente resistencia química, pequeño coeficiente de fricción, etc. Se utiliza mucho en envasado, revestimiento de cables y en la fabricación de tuberías.

1.5.1.1 CLASIFICACION DEL POLIETILENO

El polietileno se clasifica según su densidad como sigue:

- El polietileno de baja densidad (LDPE)
- Polietileno de Alta densidad (HDPE)

1.5.1.1.1 El polietileno de baja densidad (LDPE)

Se obtiene a partir del etileno gaseoso, se polimeriza, a presiones de 1.000 a 3.000 atm y temperaturas de 100 a 300°C. Po seen una estructura muy

ramificada de cristalinidad moderada. Sus características varían ampliamente, según su peso molecular. puede existir bajo la forma cristalina (elástico, oscuro, poco soluble, deformable) o la forma amorfa (duro, resistente, más claro, más soluble). Sus principales aplicaciones son dentro del sector del envase y empaque (bolsas, botellas, películas, sacos, tapas para botellas, etc.) y como aislante (baja y alta tensión)³.

1.5.1.1.2 Polietileno de Alta densidad (HDPE)

El proceso de polimerización del polietileno de alta densidad se lleva a cabo a presiones por debajo de 14 MPa, en muchos casos, hasta por debajo de 7 MPa en la cual se obtiene un polímero muy cristalino, de estructura muy poco ramificada. La ausencia de la ramificación produce una estructura compacta con una densidad más alta que mejora la rigidez, la resistencia a la tensión, el punto de fusión, la resistencia química, la resistencia al agrietamiento con esfuerzo y la resistencia al impacto a bajas temperaturas.

Presenta fácil procesamiento y buena resistencia al impacto y a la abrasión. No resiste a fuertes agentes oxidantes como ácido nítrico, ácido sulfúrico fumante, peróxidos de hidrógeno o halógenos.

Sus principales aplicaciones son en el sector de envase y empaque (bolsas para mercancía, bolsas para basura, botellas para leche y yogurt, cajas para transporte de botellas, etc.), en la industria eléctrica (aislante para cable), en el sector automotriz (recipientes para aceite y gasolina, tubos y mangueras), artículos de cordelería, bandejas, botes para basura, cubetas, platos, redes para pesca, regaderas, tapicerías juguetes, etc⁴.

1.5.2 POLIPROPILENO

Se obtiene a partir del propileno extraído del gas del petróleo. Es un material termoplástico de color blanco lechoso su densidad está comprendida entre $0.91 - 0.93 \left(\frac{g}{cm^3} \right)$. Está dotado de una buena resistencia al choque y a la tracción, tiene excelentes propiedades eléctricas, químicas y mecánicas. Son

³OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO, IV.Vol. ,España,1973,Pág.95

⁴OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO, Vol. 4. España,1973,Pág.96

blandos a una temperatura más elevada de los 150°C, es resistente a los golpes aunque tiene poca densidad. Dentro de las principales aplicaciones y usos que tiene el polipropileno se encuentran: fabricación de sacos, bolsas, utensilios domésticos, utensilios de laboratorio, botellas de diferentes tipos, embalajes, fibras, tubos, etc.

1.6 FABRICACION DE PRODUCTOS PLÁSTICOS

Para obtener el producto final con el aspecto que conocemos, es preciso todo un proceso industrial de fabricación, que puede llegar a ser muy complejo y se detallan a continuación:

- Moldeo a alta presión y baja presión
- Extrusión
- Inyección
- Al vacío
- Por soplado
- Colada
- Espumado
- Calandrado

1.6.1 MOLDEO A ALTA PRESIÓN Y BAJA PRESIÓN

Uno de los procesos más antiguos y más simple de moldear plásticos es el moldeo por compresión que se conoce es el moldeo por compresión que se muestra en la figura 1.4.

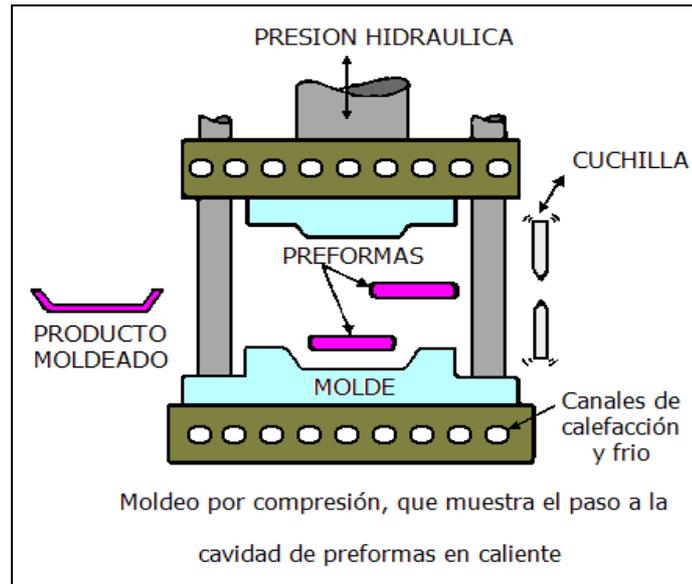


Figura 1.4 *Proceso de moldeo por compresión*

Esta técnica consiste básicamente en el calentamiento y la conformación por presión de un plástico en polvo en la cavidad de un molde insertado entre las platinas de una prensa hidráulica con el objeto de adquirir la forma deseada⁵.

A continuación, una vez que el calor endurece la sustancia, se extrae la pieza de la cavidad del molde.

El equipo usado en el moldeo por compresión consta de platina sobre las cuales se sujetan las piezas del moldeo y que pueden moverse la una hacia la otra cuando se aplica la presión

1.6.2 EXTRUSIÓN.

Es una operación continua, representa uno de los métodos menos caro por unidad de volumen de material para el procesado de plásticos y es ampliamente usado en la industria de los mismos.

La operación de extrusión se muestra en la figura 1.5. donde el proceso consiste en moldear productos de manera continua y seca en una máquina de tornillo sin fin. La alimentación del material plástico se da a través de la tolva al interior de un tornillo sin fin. El tornillo mezcla y comprime el material antes de que se derrita. A continuación el tornillo empuja la masa fundida al extremo del cilindro y obliga a pasar a través de una matriz, que imparte la forma deseada.

El producto final se enrosca o se trocea, dependiendo del uso que se le vaya a dar. También se emplea este procedimiento para la fabricación de tuberías, inyectando aire a presión a través de un orificio en la punta del cabezal⁶.

La mayoría de los pastitos que se terminan como láminas, tubos, barras, filamentos, películas y otras formas de sección transversal uniforme que se producen por extrusión

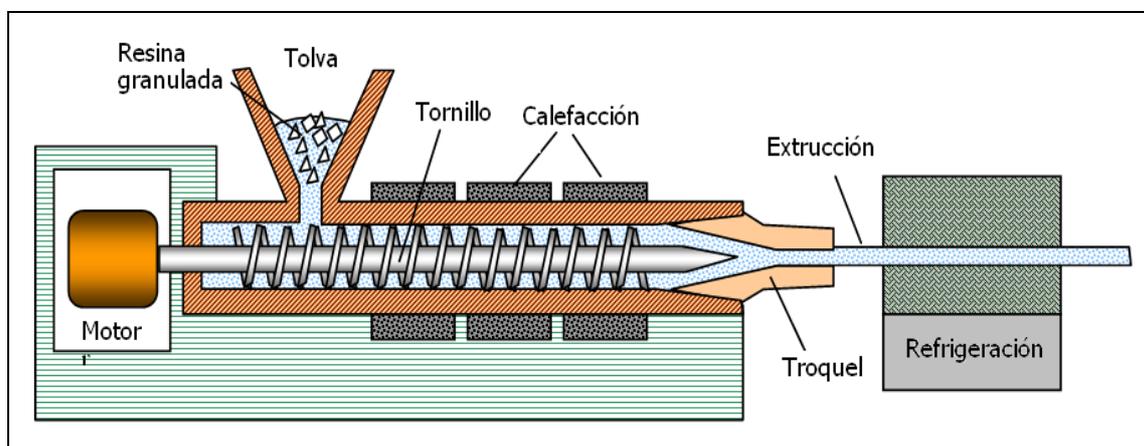


Figura 1.5 *Proceso de extrusión*

1.6.3 INYECCIÓN.

Este proceso es el más eficaz para la manufacturación de componentes con formas complejas ya que se puede predecir con más exactitud. Se introduce el plástico por medio de una tolva y un tornillo sin fin que regula el paso del polvo del molde interior a la cámara de calentamiento. La velocidad de paso está sincronizada con el movimiento de un embolo en el extremo de la cámara de calentamiento. Cuando el embolo avanza en su carrera de inyección, empuja el polvo de moldeo plastificado por el calor y lo introduce en el molde. Un entendedor, colocado en la cámara, hace uniforme el paso impidiendo así el atropamiento parcial del plástico. La mitad del molde es fija; la otra mitad se mueve hasta ocupar su posición a lo largo del plano horizontal. Las dos secciones se mantienen firmemente cerradas por presión y se suelta cuando el enfriamiento de la forma moldeada ha llegado a una fase suficientemente para su

⁵ OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO, Vol. 5 España, 1973, Pág.582

endurecimiento .Entonces, se realiza la expulsión por medio de barras de choque y pasadores La refrigeración de este proceso se da mediante unos canales interiores por los que circula agua. Este método se utiliza especialmente para la producción en serie de piezas. Por este procedimiento se fabrican cubos, carcasas, componentes del automóvil, etcétera.

En la figura 1.6 se representa las fases de inyección.

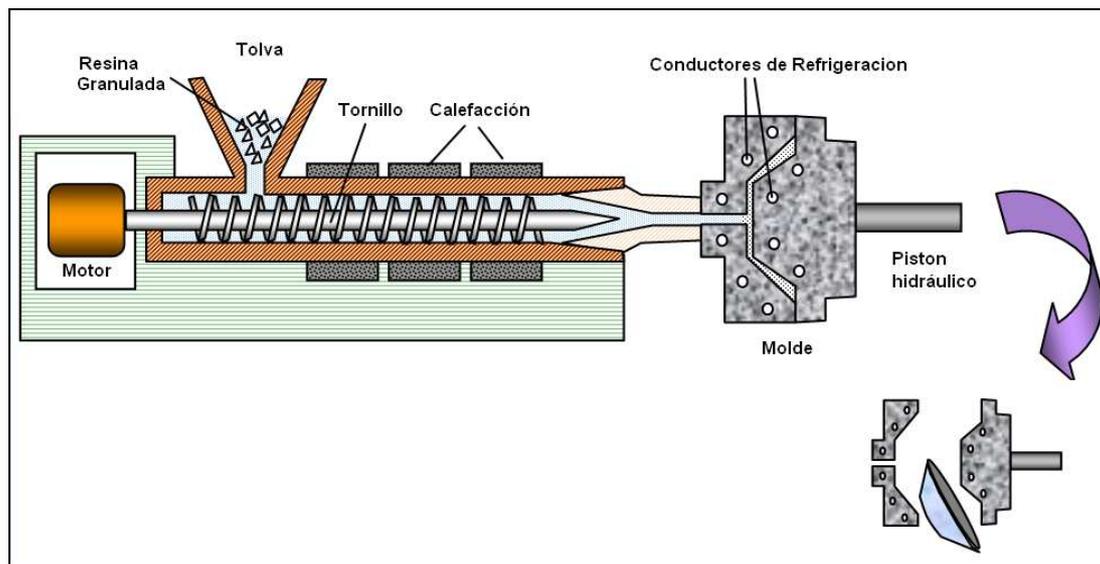


Figura 1.6 *Proceso de Inyección*

1.6.4 VACÍO

Consiste en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde. Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases de productos alimenticios o envases que reproducen la forma de los objetos que han de contener⁷.

1.6.5 SOPLADO

Consiste en aplicar aire a presión contra la lámina de plástico hasta adaptarla al molde. Este procedimiento se denomina moldeo por soplado, Se emplea para la fabricación de cúpulas, piezas huecas, etcétera. Hay dos métodos por soplado el directo y el indirecto.

1.6.5.1 Método Indirecto

⁶ OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO Vol. 5. España, 1973, Pág.584

Esta técnica obliga al material termoplástico a tomar forma por medio de aire o vapor. Se ponen dos láminas de material en el molde caliente y se inyecta aire entre ellas.

Los bordes de las láminas se funden por el contacto con el molde caliente y se obtiene un artículo hueco. Es también posible soplar una sola lámina para hacer una bandeja, un plato y otros artículos semiplanos.

1.6.5.2 Método Directo

Se forma una sección tubular por extrusión con una boquilla se cierra fuertemente alrededor del tubo un molde hendido mientras el tubo estaba todavía caliente y plástico se inyecta aire a presión para forzar al plástico adaptarse a las paredes del molde, que es enfriado por circulación de agua fría en las paredes huecas.

1.6.6 COLADA

Este método no depende de una presión externa para formar el plástico, pero sí de la gravedad y el calor para fijar la masa

En la figura 1.7 se muestra el principio de operación del colado. La materia prima es colocada dentro de un molde en efectuar el vacío absorbiendo el aire que hay entre la lámina y el molde, de manera que ésta se adapte a la forma del molde.

Este tipo de moldeo se emplea para la obtención de envases de productos alimenticios o envases que reproducen la forma de los objetos que han de contener⁸.

⁷ OTHMMER .K., Enciclopedia de Tecnología Química, Ed URMO Vol. 5. España, 1973, Pág. 587

⁸ MEYSENBUG .M., Tecnología de plásticos para ingenieros, Ed URMO Vol. 4. España, 1973, Pág. 110

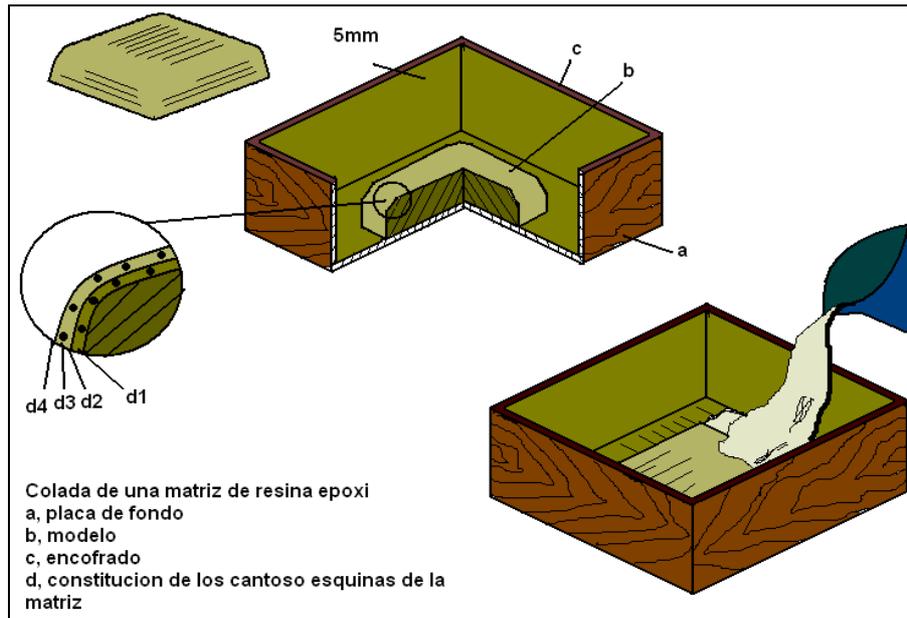


Figura 1.7 *Proceso de Colado*

1.6.7 ESPUMADO

Consiste en introducir aire u otro gas en el interior de la masa de plástico de manera que se formen burbujas permanentes. Por este procedimiento se obtiene la espuma de poliestireno, la espuma de poliuretano PUR, etc.

Con estos materiales se fabrican colchones, aislantes térmicos, esponjas embalajes, cascos de ciclismo y patinaje, plafones ligeros y otros.

1.6.8 CALANDRADO

Consiste en hacer pasar el material plástico a través de unos rodillos que producen, mediante presión, láminas de plástico flexibles de diferente espesor.

Estas láminas se utilizan para fabricar hules, impermeables o planchas de plástico de poco grosor. La figura 1.8. ofrece un ejemplo del proceso de calandrado

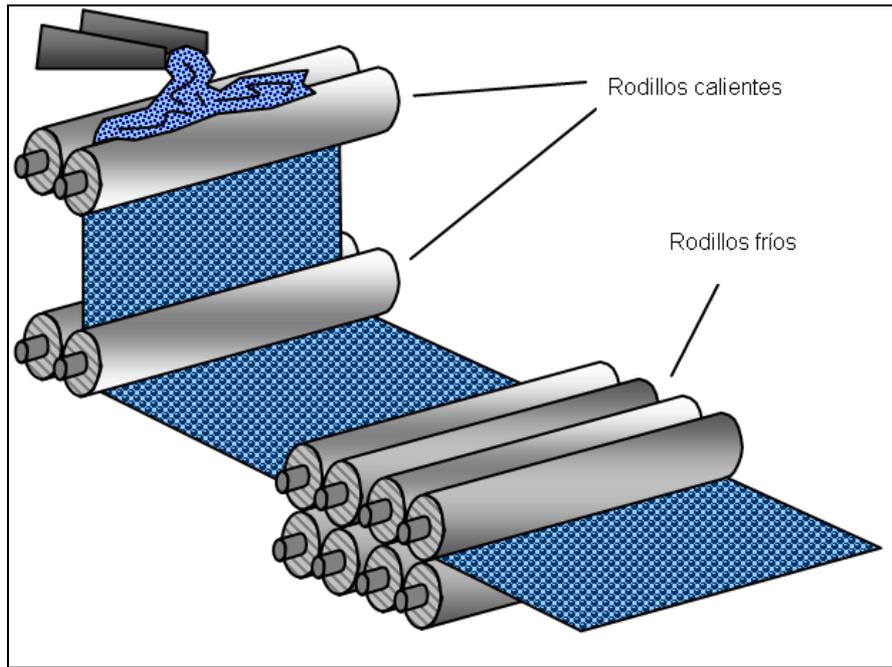


Figura 1.8 *Proceso de Calandrado.*

1.7 TERMOFORMADO

1.7.1 DEFINICION

El termoformado es un proceso en el cual se usa una lámina plana de material termoplástico para darle la forma deseada.

El proceso se usa ampliamente para el desarrollo de muchos recipientes como:

- Recipientes de pared delgada: vasos, tarrinas, envases. Materiales típicos: PS, HIPS, PET. Cargas de (TiO_2) para color blanco sanitario.
- Envases tipo ampolla (blister): Material típico: PVC, con plastificante (semirrígido).

El termoformado consta de dos pasos principales: calentamiento y formado.

El calentamiento se realiza generalmente mediante radiadores eléctricos en uno o ambos lados de la lámina de plástico inicial, a una distancia aproximada de 125 mm. La duración del ciclo de calentamiento necesita ser suficiente para ablandar la lámina, dependiendo del polímero, su espesor y color. Los métodos de formado pueden clasificarse en tres categorías básicas: 1) termoformado al vacío, 2) termoformado a presión y 3) termoformado mecánico.

A continuación se describen los métodos para el formado de material laminar; pero en la industria del empaque la mayoría de las operaciones de termoformado se realizan con películas delgadas. Un esquema básico de tren de termoformado se puede ver en la figura 1.9.

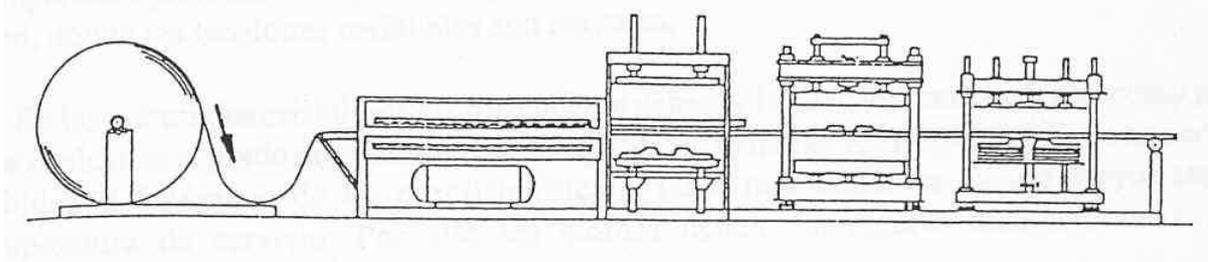


Figura 1.9 Esquema básico de tren de Termoformado.

1.7.2 TERMOFORMADO AL VACIO

El método más antiguo es el *termoformado al vacío* (llamado simplemente formado al vacío en sus inicios, en los años cincuenta) en el cual se usa presión negativa para adherir la lámina precalentada dentro la cavidad del molde.

El proceso se explica en la figura 1.10 en su forma más básica. Los agujeros para hacer el vacío en el molde son del orden de 0.8 mm de diámetro, así sus efectos en la superficie del plástico son menores.

Este método de termoformado s puede explicar en la siguiente figura:

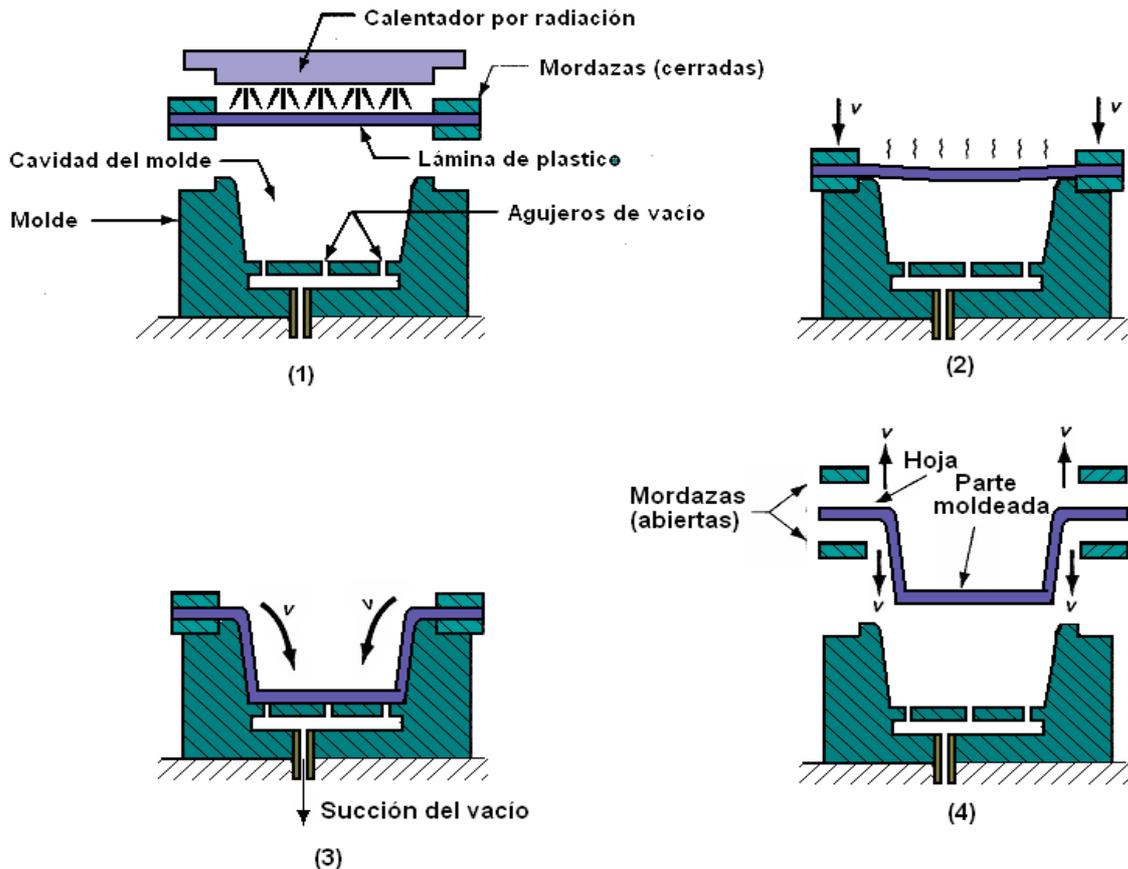


Figura 1.10. Termoformado al vacío: (1) se suaviza una lámina plana de plástico por calentamiento; (2) se coloca sobre la cavidad de un molde cóncavo; (3) el vacío atrae la lámina hacia la cavidad, y (4) el plástico se endurece al contacto con la superficie fría del molde, la parte se retira y luego se recorta de la hoja.

1.7.3 TERMOFORMADO A PRESION

Una alternativa del formado al vacío involucra presión positiva para forzar al plástico caliente dentro de la cavidad del molde.

Esto se llama termoformado a presión o formado por soplado; su ventaja sobre el formado al vacío radica en que se pueden desarrollar presiones más altas, ya que en el método anterior este parámetro se limita a un máximo teórico de una atmósfera.

Son comunes las presiones de formado de tres a cuatro atmósferas.

La secuencia del proceso es similar a la anterior, la diferencia es que la lámina se presiona desde arriba hacia la cavidad del molde. Los agujeros de

ventilación en el molde dejan salir el aire atrapado. La parte del formado de la secuencia (pasos 2 y 3) se ilustra en la figura 1.11.

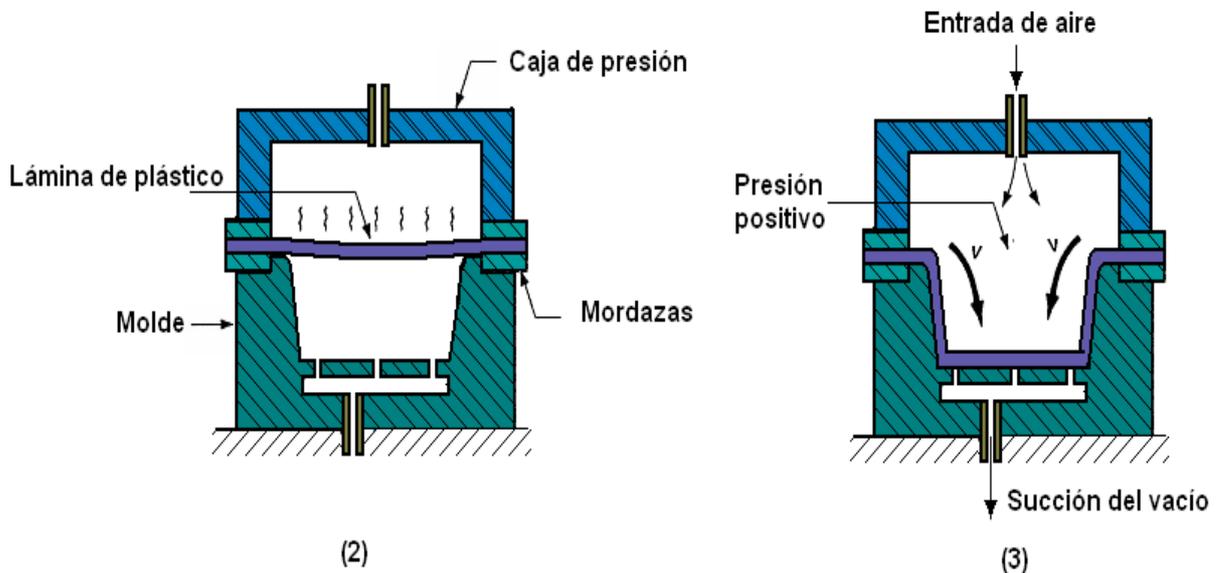


Figura 1.11. *Termoforado a presión. La secuencia es similar a la de la figura 1.6; la diferencia está en (2), la lámina se coloca sobre una cavidad M molde y en (3) la presión positiva fuerza a la lámina dentro de la cavidad.*

1.7.3.1 Teoría de moldes positivos y moldes negativos

Es conveniente distinguir aquí entre moldes negativos y positivos. Los moldes que se muestran en las figuras 1.12 y 1.13 son moldes negativos porque tienen cavidades cóncavas.

Un molde positivo tiene una forma convexa. Ambos tipos se usan en termoforado. En el caso del molde positivo, la lámina caliente recubre la forma convexa, y se usa presión negativa o positiva para forzar al plástico contra la superficie del molde. El molde positivo se muestra en la figura 1.11 para el caso de formado al vacío.

A continuación se presenta la configuración que presentan los tipos de moldes.

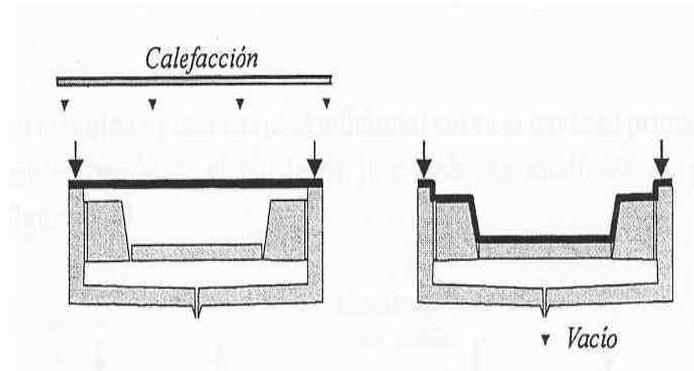


Figura 1.12. Molde negativo en termoformado al vacío.

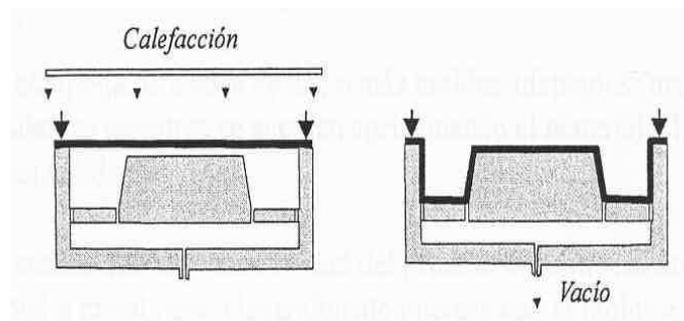


Figura 1.13. Molde positivo en termoformado al vacío.

1.7.4 TERMOFORMADO MECÁNICO

El tercer método, llamado termoformado mecánico, usa un par de moldes (positivo y negativo) que se aplican contra la lámina u hoja de plástico caliente, forzándola a asumir su forma. En el método de formado mecánico puro no se usa vacío ni presión de aire.

El proceso se ilustra en la figura 1.14. Sus ventajas son un mejor control dimensional y la posibilidad de detallar la superficie en ambos lados de la pieza.

La desventaja es que se requieren las dos mitades del molde, por tanto, los moldes para los otros dos métodos son menos costosos

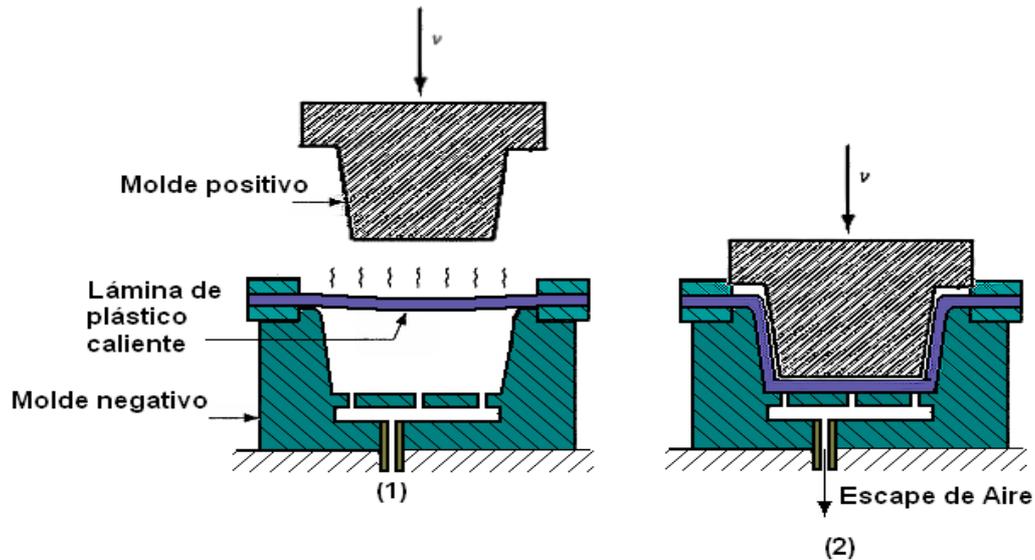


Figura 1.14. Termoformado mecánico: (1) Lámina caliente de plástico se coloca sobre el molde negativo y (2) se cierra el molde para conformar la lámina.

1.7.5 VARIABLES DE TERMOFORMADO

Las variables de Termoformado son determinantes en el momento de obtener el producto final, estas variables se detallan a continuación:

1.7.5.1 Material de partida

El material de partida debe ser necesariamente un material deformable pero no excesivamente: trabajo dentro de la meseta elástica [esto mismo ocurre en extrusión y soplado de filmes y en moldeo por soplado].

En el caso de materiales semicristalinos: deben presentar resistencia del fundido, esto es, una meseta elástica por encima de la temperatura de fusión cristalina T_{fc} . Lo descrito anteriormente se muestra en la figura siguiente:

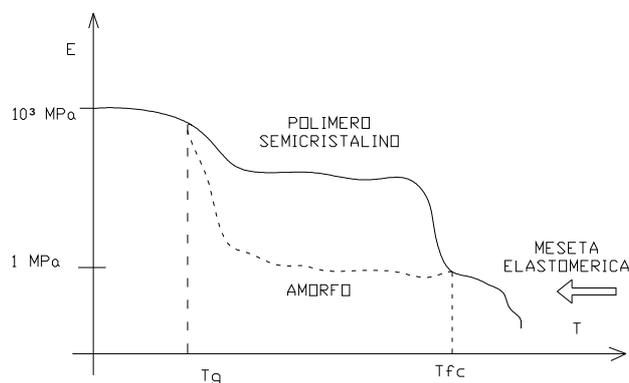


Figura 1.15. Curva esfuerzo-deformación de los plásticos.

La temperatura de trabajo del horno es una variable muy importante debido a que esta es la mayor condicionante del proceso de termoformado.

En la tabla 1.5 se presenta un cuadro de temperaturas sugeridas para el termoformado:

PROCESABILIDAD MEDIANTE TERMOFORMADO			
Polímero	Resistencia del fundido	Estabilidad Térmica	Temperatura de operación °C
ABS	E	E	160-200
ABS/PVC	B	B	160-200
Acrílicas	B	B	150-195
ASA	B	R/B	165-195
PC	R	B	195-235
PC/ABS	B	B	180-220
PET	E	B	145-175
LDPE	M/R	E	160-180
HMW-HDPE	R/B	E	160-205
HIPS	E	E	165-200
PPO/PS	E	B	170-205
UPVC	R	R	145-180
PVC/Acrílicas	R/B	R/B	165-195
PP homoplo.	M	B	170-185
PP copolím	R	B	165-190
PS	B	B	145-180
PSU	R	E	205-250
PES	R	E	275-370
PEI	R	E	450-500
TPU	B	B	160-185

Tabla 1.5 Cuadro de materiales empleados en el termoformado.

1.7.5.2 Velocidad del proceso

Determinante en la deformación rápida de la lámina antes que ésta toque las paredes del molde, así se obtiene una mayor homogeneidad del espesor y por tanto de la productividad.

1.7.5.3 Temperatura de la lámina

Existen aspectos fundamentales referentes a esta variable como son:

- El calentamiento se produce generalmente mediante radiación IR.
- Para reducir anisotropía inicial del material si ha sido estirado unidireccionalmente: calentamiento a temperatura suficientemente alta.

- La temperatura no debe ser excesiva para no superar la meseta elastomérica y para que no se degrade el polímero.

1.7.5.4 Temperatura del molde

Los aspectos relacionados con la temperatura del molde son:

- En el caso general interesan moldes fríos y que el material se deforme antes de entrar en contacto. De este modo el enfriamiento es más rápido y mayor la productividad (puede no ser posible si hay cavidades profundas, para no producir excesiva orientación molecular con partes enfriadas demasiado rápido).
- Problema de post-cristalización: el enfriamiento de materiales semicristalinos debe ser suficientemente lento para que se alcance cristalinidad de equilibrio. Si no se ha alcanzado, un calentamiento posterior suficiente produce post-cristalización y contracción.
- Problema de envejecimiento físico: material enfriado muy rápidamente
- Poco envejecido, más deformable y mayor contracción posterior (diferida).

1.7.6 MOLDES PARA TERMOFORMADO

Los materiales que se emplean para la fabricación de moldes se detallan a continuación:

- Poliéster o epoxi reforzados con fibras para series cortas.
- Aluminio o acero para series largas
- Nylon, goma o madera para pistones

Las características principales de los moldes son:

- Agujeros para evacuar aire entre lámina y molde.
- Refrigeración y control de temperatura mediante circulación de líquido en conductos internos en el caso de moldes metálicos.
- Reducido coste (en comparación con moldes para inyección).

1.7.6.1 Consideraciones del proceso de moldeo

Hay muchos procesos de moldeo de plásticos. En esta sección enumeramos los lineamientos que se aplican al moldeo por inyección (el proceso de moldeo más popular), moldeo por compresión y moldeo por transferencia

Complejidad de la pieza. Aunque las formas más complejas de las piezas significan moldes más costosos, de cualquier manera puede ser más económico diseñar un molde complejo si la alternativa implica ensamblar muchos componentes individuales. Una ventaja del molde de plásticos es que permite combinar múltiples características funcionales en una parte.

Espesor de las paredes. El espesor de la sección transversal es generalmente indeseable; representa desperdicio de material, probabilidad de causar arrugas debido a la contracción y más tiempo para endurecer. Se pueden usar costillas de refuerzo para lograr incrementar la rigidez sin espesores excesivos de pared. Las costillas deben hacerse más delgadas que las paredes que refuerzan para minimizar las marcas hundidas en el exterior de la pared.

Radios de las esquinas y bordes. Las esquinas agudas, tanto externas como internas, son inconvenientes en las partes moldeadas; interrumpen el flujo laminar de la fusión, tienden a crear defectos superficiales y causan concentraciones de esfuerzo en las partes acabadas.

Agujeros. Los agujeros son posibles en los moldeados plásticos, pero complican el diseño del molde y la remoción de la parte. También causan interrupciones en el flujo de la fusión.

Ángulo de salida. La parte moldeada debe diseñarse con un ángulo de salida en sus lados para facilitar su remoción del molde. Esto es especialmente importante en las paredes interiores de una parte en forma de copa, porque el plástico moldeado se contrae contra el molde positivo. El ángulo recomendado para termoestables está entre $\frac{1}{2}^{\circ}$ y 1° y para termoplásticos varía usualmente entre $1/8$ y $\frac{1}{2}^{\circ}$.

Tolerancias. Las tolerancias especifican las variaciones permisibles en la manufactura de una parte. Aunque la contracción es predecible bajo condiciones estrechamente controladas, son deseables amplias tolerancias en el moldeo por inyección, debido a las variaciones de los parámetros del proceso que se ven afectados por la contracción y la diversidad de formas que suelen encontrarse en las partes.

CAPITULO II

2 ESTUDIO DE ALTERNATIVAS DE DISEÑO

2.1 DEFINICION DEL PROBLEMA

El presente proyecto contempla el diseño de una Termoformadora de envases plásticos, para obtener envases de 280 * 280mm de área principal, con recipientes de 38mm por 20 mm de profundidad a partir de un rollo de plástico de polipropileno que se encuentra en el mercado.

La empresa necesita de un equipo que tenga la capacidad de suministrar estos envases para la producción de un nuevo producto que va a ser lanzado al mercado.

2.2 RESTRICCIONES Y LIMITACIONES

Los factores a continuación detallados nos proporcionarán la información para seleccionar la alternativa más adecuada para la realización del proyecto

ECONOMICAS – FINANCIERAS: Ante la situación económica actual el costo de la construcción no debe exceder en demasía el costo de compra de estos envases a otras empresas dedicadas a su producción en serie de estas.

FISICAS: Trata de la disponibilidad de espacio que presenta la empresa ya que de este aspecto depende el tamaño de la Termoformadora.

HUMANAS: El grado de capacidad que requiera el operador para tener en correcto funcionamiento la Termoformadora, así como la dificultad que tiene la ésta para su correcta utilización.

AMBIENTE DE TRABAJO: Debe ser un espacio cubierto, a temperatura adecuada, cuidando el exceso de humedad para evitar el daño de los materiales que pueden ser corroídos por este tipo de ambiente.

2.3 PARAMETROS DE DISEÑO

Los parámetros de diseño parten de la solicitud de la empresa que tiene sus especificaciones y los requerimientos necesarios.

Por lo tanto los parámetros de diseño de la Termoformadora de envases plásticos son las siguientes:

1. Capacidad de diseño de 120 envases por hora.
2. Dimensiones máximas de los envases de 280*280 mm.

2.4 REQUERIMIENTOS FUNCIONALES

El diseño de la Termoformadora debe cumplir todas las exigencias para las que fue desarrollada y que son detalladas a continuación:

1. La máquina debe trabajar en forma semiautomática.
2. La Termoformadora debe ser de fácil manejo, montaje y mantenimiento para producir los envases de manera rápida y eficaz.

3. La velocidad de producción sea variable.

2.5 ESTUDIO DE CAMPO

Para iniciar el diseño de la Termoformadora se observó la necesidad de realizar un estudio de campo de aspectos fundamentales que servirán de base para las diferentes variables que intervienen en el diseño de este proyecto.

2.5.1 ASPECTOS DEL TERMOFORMADO

2.5.1.1 Temperatura de calentamiento para el formado

Es la temperatura a la cual el material plástico se vuelve dúctil y manejable, para el estudio de esta temperatura se parte de un valor de temperatura de una tabla que indica que la temperatura de conformabilidad de PP está entre un rango de 165-175 °C. El estudio de campo en este aspecto consiste en hacer una experimentación de cómo se comporta el plástico a diferentes valores de temperatura.

Para los ensayos de campo se utilizo moldes hechos de resina, que es el material que será utilizado en la construcción de la Termoformadora, para el respectivo trabajo de campo se elaboro un control de temperatura, una termocupla Tipo K , además de una pistola de calor, los elementos utilizados se detallan en las siguiente figuras



Figura 2.1 *Moldes macho de resina.*



Figura 2.2 *Moldes hembra metálico.*



Figura 2.3 *Control de temperatura WATLOW.*

En las siguientes tablas y figuras se presentan los resultados obtenidos en las pruebas de campo realizadas

ENSAYO #1

Temperatura [° C]	Tiempo de exposición [s]
127	15

Tabla 2.1 *Ensayo 1 para calentamiento de plástico*



Figura 2.4 *Envase obtenido del primer ensayo.*

ENSAYO #2

Temperatura [° C]	Tiempo de exposición [s]
100	20

Tabla 2.2 *Ensayo 2 para calentamiento de plástico.*



Figura 2.5 *Envase obtenido del segundo ensayo.*

ENSAYO #3

Temperatura [° C]	Tiempo de exposición [s]
160	8

Tabla 2.3 *Ensayo 3 para calentamiento de plástico.*



Figura 2.6 *Envase obtenido del tercer ensayo.*

De las pruebas de campo se determina las características de cada envase, los tiempos de exposición a la temperatura y su acabado final

Luego de varias experiencias se llegó a determinar que el tercer ensayo cumplió con las condiciones impuestas por el diseño

2.5.2 Presión necesaria para el formado

La presión necesaria para el formado de los envases se observa luego de un estudio que se realizó el cual consistía en la el calentamiento de las láminas de plástico hasta una temperatura de referencia de 160° C y que servirá de punto inicial para el diseño.

Para determinar la presión necesaria se parte de las variables descritas anteriormente y que servirán de base para este ensayo. Para la realización de este ensayo se hace uso de una balanza electrónica, una pistola de calor, el control de temperatura.

Se detallan en la tabla 2.4 los resultados obtenidos de ensayo tres



Figura 2.7 Envase obtenido del tercer ensayo.

ENSAYO	
Presión [kg]	Temperatura[°C]
0.5	160

Tabla 2.4 Presión necesaria para el termoformado del plástico.

Después de varios ensayos se determinó que los valores son de aproximadamente 0.5 kg de presión para realizar el Termoformado.

Con este valor de presión sirve de base para el cálculo de resortes que serán explicados más adelante.

2.6 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Para realizar el diseño de la Termoformadora de envases plásticos se plantean diferentes alternativas, las cuales se analizarán de acuerdo a las partes constitutivas de cada una, considerando parámetros de diseño, económicos y funcionales.

Se analiza cada una de las alternativas con una escala de calificación de 0 a 10, siendo 0 el mínimo y 10 el máximo, considerando la seguridad y funcionalidad de cada uno de los sistemas.

2.6.1 FACTORES A ANALIZAR

2.6.2 Duración o vida útil

Depende directamente del régimen de trabajo a la que va a estar sometidos la Termoformadora, su tiempo de duración y el tipo de mantenimiento que se va a aplicar.

2.6.3 Mantenimiento

Está relacionado directamente con la dificultad o facilidad de realizar el mantenimiento, ya sea correctivo o preventivo, considerando que estos lapsos entran a ser considerados tiempos muertos y bajas en la productividad.

2.6.4 Facilidad de construcción

Relacionado directamente con la dificultad de construcción de los elementos constitutivos de la máquina, así como los materiales empleados, experiencia del constructor y tiempos de construcción.

2.6.5 Facilidad de montaje

Determinado por el tiempo de montaje, así como su procedimiento hasta la puesta a punto de la Termoformadora.

2.6.6 Calibración

Este es un factor importante debido a que los elementos deben quedar completamente alineados y balanceados al momento de realizar el montaje para así evitar fallas o imperfecciones del producto terminado.

2.6.7 Seguridad

Relacionado directamente con la seguridad que debe tener el operador para realizar su trabajo sin sufrir ningún daño por parte de la máquina.

2.6.8 Costo

Factor importante y fundamental del análisis de alternativas, ya que los costos de diseño de producción y construcción no podrían superar los niveles presupuestados.

ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Las alternativas que se muestran a continuación buscan solucionar el problema de la producción de envases plásticos para la empresa QUÍMICA RIANDI S.A.

Las alternativas tienen relación con otras máquinas que se han investigado en el internet de las cuales tras realizar un análisis detallado se escogerá la más apropiada.

Para el sistema de calificación de las alternativas se procederá a dividir a cada una de las alternativas en los sistemas fundamentales de los que se compone y calificarlos de acuerdo a los factores anteriormente descritos.

2.6.9 SISTEMAS A ANALIZAR

2.6.9.1 Sistema de presión

Es uno de los sistemas más importantes de la Termoformadora, debido a que es la base para la correcta formación del envase. Se lo analiza en función del estudio de campo, teniendo las siguientes alternativas.

- A. Sistema de presión y vacío.
- B. Sistema de soplado.
- C. Sistema de vacío.

ALTERNATIVAS	A	B	C
FACTORES			
DURACION O VIDA UTIL	9	8	8
MANTENIMIENTO	10	8	8
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	9	9	9
FACILIDAD DE MONTAJE	9	8	8
CALIBRACION	8	8	8
SEGURIDAD	9	8	8
COSTO	9	9	9
TOTAL	63	58	58

Tabla 2.5 Calificación de alternativas para el sistema de presión.

De los resultados presentados en la tabla 2.5 se llega a la conclusión de que la alternativa A es la alternativa seleccionada.

2.6.9.2 Sistema de calentamiento

Sistema fundamental de la Termoformadora, debido a que la temperatura a la que se debe encontrar las láminas de plástico deben de tener la temperatura idónea y no sufrir ningún tipo de daño para realizar el Termoformado. Para su calificación se ha tenido las siguientes alternativas.

- A. Sistema de radiadores térmicos.
- B. Sistema de niquelinas.
- C. Sistema de focos incandescentes.

ALTERNATIVAS	A	B	C
FACTORES			
DURACION O VIDA UTIL	9	8	6
MANTENIMIENTO	9	7	7
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	9	6	6
FACILIDAD DE MONTAJE	9	6	6
CALIBRACION	10	8	7
SEGURIDAD	9	8	6
COSTO	8	9	10
TOTAL	63	54	48

Tabla 2.6 Calificación de alternativas para el sistema de calentamiento.

De los resultados obtenidos en la tabla 2.6 se llega a la conclusión de que la alternativa A es la alternativa seleccionada.

2.6.9.3 Sistema motriz

El sistema motriz es aquel que da movimiento al sistema de presión. Para su calificación se tienen las siguientes tres alternativas.

- A. Sistema neumático.
- B. Sistema hidráulico.
- C. Sistema eléctrico.

ALTERNATIVAS	A	B	C
FACTORES			
DURACION O VIDA UTIL	9	8	9
MANTENIMIENTO	9	8	9
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	9	7	9

FACILIDAD DE MONTAJE	9	8	9
CALIBRACION	9	8	9
SEGURIDAD	9	8	8
COSTO	9	9	8
TOTAL	63	56	61

Tabla 2.7 Calificación de alternativas para el sistema motriz.

De los resultados obtenidos en la tabla 2.7 se llega a la conclusión de que la alternativa A es la alternativa seleccionada.

2.6.9.4 Sistema de alimentación

Es el sistema encargado de transportar las láminas de plástico a través de todo el sistema de calentamiento y presión. Las alternativas a ser calificadas son las siguientes.

- A. Sistema de thermoforming.
- B. Sistema de grapas.
- C. Sistema de agujas.

ALTERNATIVAS	A	B	C
FACTORES			
DURACION O VIDA UTIL	9	7	7
MANTENIMIENTO	9	7	6
FACILIDAD DE CONSTRUCCION	9	8	8
FACILIDAD DE MONTAJE	10	7	7
CALIBRACION	9	8	7
SEGURIDAD	10	8	8
COSTO	7	9	9
TOTAL	63	54	52

Tabla 2.8 Calificación de alternativas para el sistema de alimentación.

De los resultados obtenidos en la tabla 2.8 se llega a la conclusión de que la alternativa A es la alternativa seleccionada

2.7 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

Del análisis obtenido en la calificación de alternativas de acuerdo a sus valores ponderativos respectivos, se llega a la conclusión de que la Termoformadora estará constituida por los siguientes sistemas principales:

Sistema de presión: Para este sistema se procederá a utilizar molde macho de resina mezclada con endurecedor, además en el estudio de campo se observó que no presenta cambios y que no sufre ningún daño a los envases de plástico.

Sistema de calentamiento: Para este sistema se hará uso de radiadores térmicos, debido a que estos dan una mejor uniformidad de temperatura que como ya se dijo anteriormente esta característica es importante para una mejor conformación de los envases.

Sistema motriz: Es el encargado de dar movimiento a las partes constitutivas del sistema de presión y que se basa principalmente de una instalación de aire comprimido que existe en la planta.

Sistema de alimentación: El sistema motriz es el encargado de trasladar las láminas de plástico por todo el proceso, la que será controlada por cadenas especializadas para este fin.

2.8 DESCRIPCION GENERAL DEL PROTOTIPO A CONSTRUIRSE

Seleccionados los sistemas principales de la Termoformadora se procede a analizar los procesos de funcionamiento, así como las respectivas ubicaciones dentro del proyecto a diseñarse.

El prototipo compuesto de cinco sistemas fundamentales que tienen como finalidad, la operatividad, el mantenimiento, la movilidad y la ergonomía de las personas que se encargarán de su operación.

El primer sistema es la que comprende al bastidor. Este sistema esta compuesto de perfiles de acero unidos mediante procesos de soldadura, este sistema es la estructura principal de la termoformadora que tienen la función de sostener y albergar a los demás sistemas.

El segundo sistema es aquel que se refiere al calentamiento de las láminas, para lo cual se hará uso de un horno compuesto de radiadores térmicos, planchas de acero, material aislante y el control de temperatura.

El tercer sistema es el de presión, compuesto de dos cilindros neumáticos, la instalación neumática propia de la planta, una cámara de vacío y una cámara que sirve de sostén de los moldes hembra.

Este sistema es muy importante ya que en estas se encuentran cada una de las partes fundamentales de la termoformadora.

El cuarto sistema de la termoformadora es el sistema de vacío que ayuda a un mejor termoformado de los envases, este sistema contiene a los siguientes elementos: acumulador de vacío, bomba de vacío, mangueras de vacío, accionadores automáticos, acoples, etc.

El sistema de control consta de un cajetín metálico donde se encuentran los contactores, protectores, pulsadores, el variador de frecuencia y el logo que controla la automatización de la termoformadora.

Con las descripciones generales de los sistemas que conforman la termoformadora a continuación se presenta un esquema general de esta, que posteriormente será construida.

La termoformadora se presenta en la figura 2.8, con una breve descripción de cada uno de sus elementos.

1. Estructura principal.

2. Sistema de alimentación.
3. Sistema de formado.
4. Sistema de presión.
5. Sistema motriz. (Moto- Reductor).
6. Sistema de calentamiento.
7. Acumulador de vacío.
8. Bomba de vacío.
9. Tablero de control.

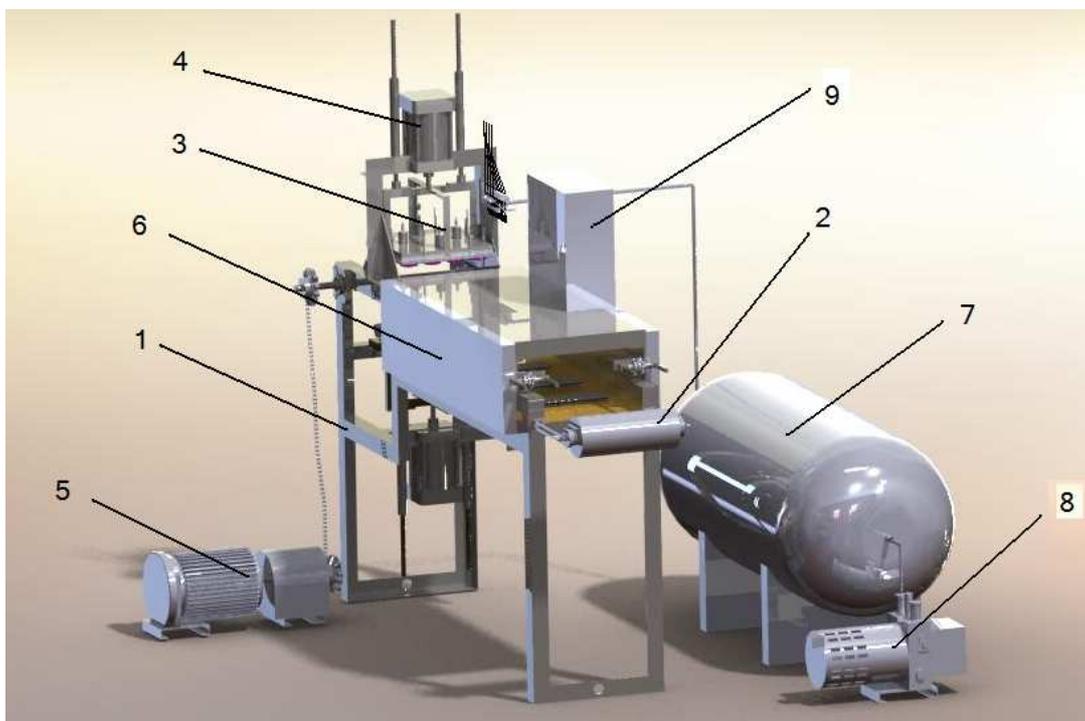


Figura 2.8 Descripción general de la Termoformadora.

2.9 PROTOCOLO DE PRUEBAS

Una vez que se construya la Termoformadora de envases plásticos se debe seguir un procedimiento de pruebas para determinar el funcionamiento correcto de ésta y para observar si existen fallas en alguna parte de todos los sistemas.

Para estas pruebas se deben considerar los siguientes aspectos:

- Revisión de dimensiones generales.
- Pruebas de funcionamiento en vacío.

- Prueba de funcionamiento de carga.
- Alineamiento de moldes.
- Capacidad de producción.

2.9.1 REVISIÓN DE DIMENSIONES GENERALES

Se deberán tomar medidas referenciales del equipo construido para comprobar que las medidas de este están en concordancia con las medidas del diseño .En la tabla 2.9 se muestra un formato de revisión

DIMENSIONES PRINCIPALES	
TERMOFORMADORA DE ENVASES PLASTICOS	
Largo Total [mm]	
Ancho Total [mm]	
Ancho Total [mm]	

Tabla 2.9 *Formato de Revisión de Dimensiones Principales.*

2.9.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO EN VACIO

Consiste en hacerle funcionar al equipo sin carga, para observar si existe alguna avería que pueda dañar a los envases o provocar un problema mayor.

2.9.3 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO CON CARGA.

Estas pruebas consisten en hacer funcionar al sistema con las cargas extremas posibles, es decir se va elevando la carga hasta que llegue a su nivel máximo de trabajo normal.

2.9.4 ALINEACIÓN DE MOLDES

Esta prueba es de vital importancia debido a que el paralelismo de los dos moldes debe ser fundamental para que los envases no sufran ningún tipo de daño, por lo cual hay que procurar que el cierre de estos sea el adecuado.

Esta alineación también es ayudada de una forma adicional mediante el empleo individual de los resortes ya que para evitar la falla de la alineación, existe la facilidad de ajustar el sistema de resortes dependiendo de la condición inicial de presión.

2.9.5 CAPACIDAD DE PRODUCCIÓN

Esta prueba se realiza para establecer la cantidad de envases que se producen y determinar si se cumple con la requerida por la empresa. En la tabla 2.10 se presenta el formato de protocolo de pruebas de la termoformadora.

PROTOCOLO DE PRUEBAS TERMOFORMADORA DE ENVASES PLASTICOS					
EMPRESA:			OPERARIO:		
FECHA:			HOJA #		
SISTEMA O ELEMENTO		ESTADO			
		CARGA		SIN CARGA	
TIEMPO DE FUNCIONAMIENTO [min]	MOTO- REDUCTOR	CORRECTO	INCORRECTO	CORRECTO	INCORRECTO
	Medición de amperaje				
	Medición de voltaje				
	Numero de revoluciones				
	GRIPPER CHAIN DE ALIMENTACION				
	Velocidad optima de alimentación				
	Sujeción optima de laminas de plástico				
	SISTEMA DE VACIO				
	Revisión de fugas en accesorios				
	Revisión de acoples de accesorios.				
	Revisión general				
	SISTEMA DE PRESION				

	Alineación de moldes				
	Verificación de estado de moldes				
	Verificación de cuchillas de corte				
	Presión optima de moldes				
	Verificación de presión del sistema principal				
	SISTEMA DE CALENTAMIENTO				
	Medición de amperaje de radiadores térmicos				
	Medición de temperatura de radiadores				
	Verificación de conexiones de control automático				
	Calentamiento optimo de laminas plásticas				
	CAPACIDAD DE PRODUCCION	ESTADO			
		SATISFACE	NO SATISFACE		

Tabla 2.10 *Formato de Protocolo de Pruebas.*

CAPITULO III

3 DISEÑO DE LOS ELEMENTOS DE LA TERMOFORMADORA

En este capítulo se realiza la descripción del proceso de diseño de los componentes de la Termoformadora; además de una descripción general de los criterios de diseño, cálculo y los resultados que se generan de éstos.

Tras el análisis realizado en el capítulo II, en la selección de alternativas se desprende que la máquina estará compuesta de varios sistemas funcionales, los cuales se detallan a continuación:

- Sistema de anclaje (Bastidor).
- Sistema de calentamiento.
- Sistema neumático.
- Sistema de vacío.
- Sistema de presión.
- Sistema motriz o alimentación.

3.1 DISEÑO DEL BASTIDOR

3.1.1 CRITERIOS DE DISEÑO

Los criterios de diseño del bastidor son los siguientes:

- El bastidor es diseñado bajo criterios de carga estáticas, éste criterio es debido a que el funcionamiento de la maquina se realiza a velocidades de desplazamiento y alimentación muy bajas.
- El material a usarse es acero ASTM A-36 de fácil accesibilidad en el mercado ecuatoriano. Las propiedades de este acero se observa en el anexo I.
- Se hace uso del paquete informático SAP 2000 para el análisis del bastidor debido a su geometría compleja. Este programa muestra los

elementos más críticos, deformaciones, así como también permite realizar una iteración de los elementos constitutivos del bastidor hasta encontrar el elemento más adecuado.

El bastidor es el encargado de soportar y servir de base a todos los sistemas que forman parte de la Termoformadora, es la estructura primaria de la maquina y su producción se basa en la utilización de perfiles de acero. El bastidor se aprecia en la figura 3.1.

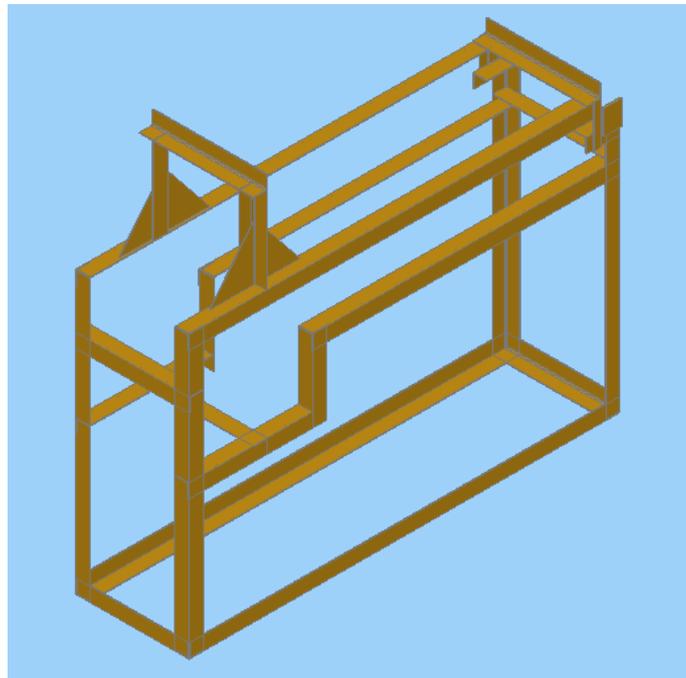


Figura 3.1 Diagrama del Bastidor

El tamaño de ésta se encuentra dado por las dimensiones requeridas por la empresa. Las dimensiones preliminares que serán empleadas como punto de partida se detallan en la figura 3.2.

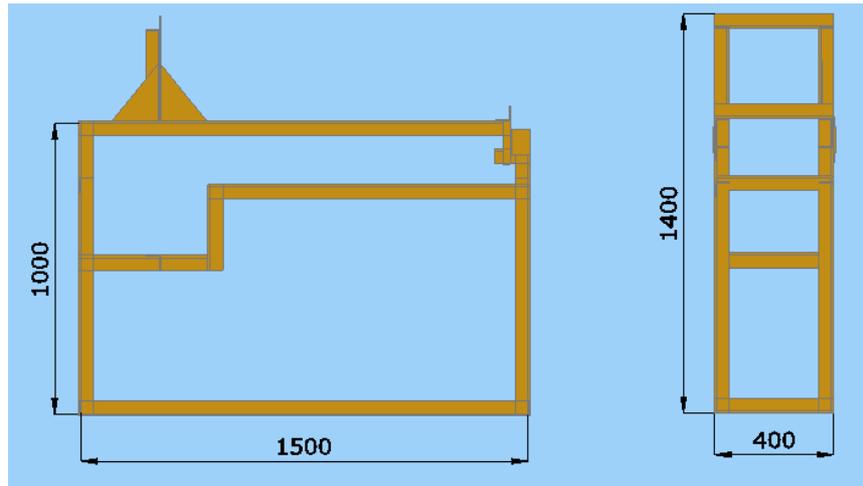


Figura 3.2 Dimensiones del Bastidor

El dimensionamiento de los perfiles se realizó de una manera iterativa mediante el empleo del paquete informático SAP2000 como se explicó anteriormente, obteniendo resultados que se emplean para calcular el factor de seguridad, que para efectos de diseño se establece que debe ser mayor a 2.2.

Para este análisis se considera la carga distribuida a lo largo de los perfiles principales de la estructura, debido a que la carga no se podrá apilar en un sólo punto por consideración al equilibrio, además, la distribución de la carga de forma uniforme permite que el programa entregue los datos de esfuerzos de una manera más exacta.

La selección del perfil se lo realiza con el elemento donde se produce el mayor momento y por ende la mayor criticidad. Para esto se realizan los diagramas de momentos de estos elementos para determinar donde podría fallar la estructura.

Para su diseño se consideran los casos críticos que se detallan a continuación:

- Flexión máxima
- Torsión máxima

Para calcular el factor de seguridad se hace uso de la Teoría de flexión estática, para lo cual se diseña al elemento considerando la flexión máxima a la

que está sometido. Así el esfuerzo máximo por flexión estática de un elemento es igual a:

$$\sigma_{\max} = M_{\max} * \frac{c}{I_x} \quad (\text{Ec. 3.1})$$

Donde:

σ_{\max}	Esfuerzo de flexión, [kg/mm ²]
M_{\max}	Momento flector máximo, [N/mm ²]
c	Distancia entre el eje neutro y la fibra más lejana, [mm]
I_x	Momento polar de inercia, [mm ⁴]

El factor de seguridad viene dado por:

$$n = \frac{S_y}{\sigma_x} \quad (\text{Ec. 3.2})$$

Donde:

n	Factor de seguridad
S_y	Esfuerzo de fluencia, [kg/mm ²]
σ_x	Esfuerzo de flexión, [kg/mm ²]

Con la teoría dada se procede a encontrar el factor de seguridad para el elemento que presenta el mayor momento. En la figura 3.3 se observa el diagrama de momentos del elemento más crítico dado por el análisis del programa SAP 2000 y que servirá de base para el diseño del bastidor. Ver anexo II.

50.04 N-m

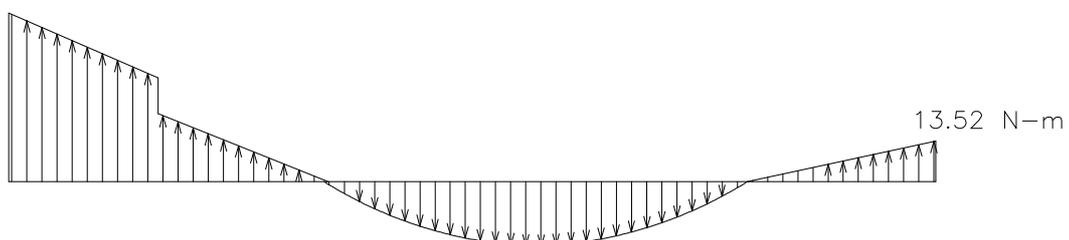


Figura 3.3 Momento máximo en el elemento # 8 que presenta el SAP2000.

Por lo tanto se tiene que el momento flector máximo y momento torsor respectivamente son:

$$M = 50040 \text{ [N-mm]}.$$

$$T = 90 \text{ [N-mm]}.$$

La selección del elemento a utilizar se realiza usando como ejemplo de cálculo a un perfil estructural L, laminado en caliente de acero ASTM A-36 con las propiedades que se muestran en la figura 3.4.

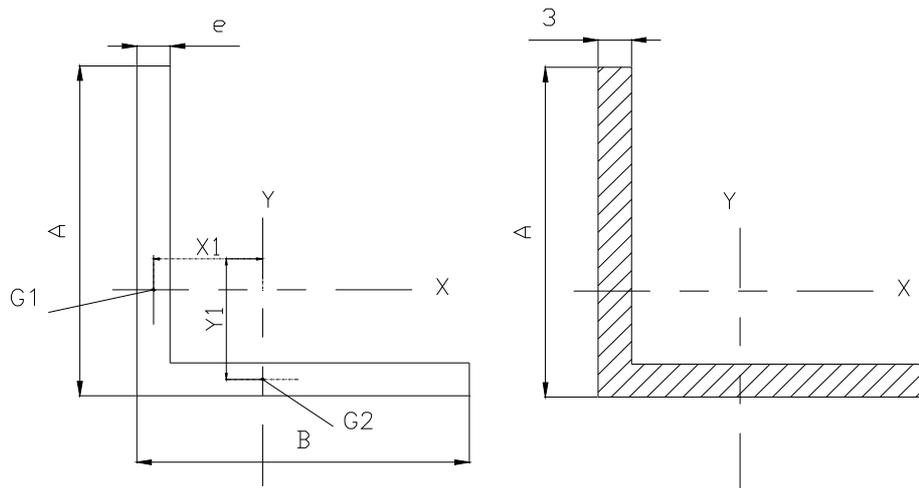


Figura 3.4 Sección del perfil y centro de gravedad G

Las especificaciones de este tipo de perfil se tienen en la tabla 3.1.

A [mm]	B [mm]	E [mm]	c [mm]	S _y [kg/mm ²]	I [mm ⁴]
50	50	3	13.9	25.36	70300

Tabla 3.1 Especificaciones del perfil L 50*50*3.⁹

El esfuerzo de flexión viene dado por la ecuación 3.1 así:

$$\sigma_{\max} = 50040[\text{kg} - \text{mm}] * \frac{13.9[\text{mm}]}{70300[\text{mm}^4]}$$

$$\sigma_{\max} = 9.894 \left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right]$$

Con la ecuación 3.2 se tiene un factor de seguridad de:

$$n = \frac{25.36 \left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right]}{9.894 \left[\frac{\text{kg}}{\text{mm}^2} \right]}$$

$$n = 2.5$$

Con el método iterativo en el programa EXCEL se tiene:

A [mm]	B [mm]	e [mm]	C [mm]	I [mm ⁴]	M [N-mm]	Sy [kg/mm ²]	σx [kg/mm ²]	n
25	25	2	7,8	5700	50040	25,36	68,476	0,37
30	30	2	9,4	10000	50040	25,36	47,038	0,54
40	40	3	12,5	35000	50040	25,36	17,871	1,42
40	40	4	12,4	44600	50040	25,36	13,912	1,82
50	50	2	15,8	48600	50040	25,36	16,268	1,56
50	50	3	13,9	70300	50040	25,36	9,894	2,56
60	60	3	18,9	123000	50040	25,36	7,689	3,30

Tabla 3.2 Selección del perfil L componente del bastidor.

De la tabla 3.2 se llega a la conclusión que para la construcción del bastidor se utiliza un perfil L de 50*50*3 mm.

Estos resultados son comprobados mediante el empleo del SAP 2000, estos resultados se pueden ver en el anexo 1. Este programa utiliza un método de iteración de los elementos que permite realizar un cambio de éstos hasta encontrar el perfil adecuado. La comprobación se realiza analizando la deflexión del elemento crítico, que para este caso es mínima, como se muestra en la figura 3.5.



Figura 3.5 Diagrama de deflexión del elemento crítico.

Se realiza el análisis para el momento de torsión máxima que de forma similar el SAP 2000, entrega el valor con el cual se realizan los cálculos.

Para este diseño se utiliza la Teoría de Von Misses por tratarse de un elemento sometido a esfuerzos combinados, por lo tanto el esfuerzo se calcula como se indica a continuación:

$$\sigma' = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2} \quad (\text{Ec. 3.3})$$

Donde:

- σ' Esfuerzo de Von Misses, [kg/mm²]
- σ_x Esfuerzo flector máximo, [kg/mm²]
- τ Esfuerzo cortante, [kg/mm²]

El esfuerzo cortante es igual a:

$$\tau = \frac{T * r}{J} \quad (\text{Ec. 3.4})$$

Donde:

T Torque, [kg - mm]

R Radio de giro mínimo, [mm]

J Segundo momento de inercia, [mm⁴]

El segundo momento de inercia esta dado por la ecuación:

$$J = I_x + I_y \quad (\text{Ec. 3.5})$$

Donde:

I_x Momento de inercia con respecto al eje x, [mm⁴]

I_y Momento de inercia con respecto al eje y, [mm⁴]

El método de cálculo es similar al caso de flexión estática por lo que a continuación se presentan los resultados:

A [mm]	B [mm]	e [mm]	C [mm]	J [mm ⁴]	M [kg-mm]	Sy [kg/mm ²]	T [kg/mm ²]	S [kg/mm ²]	n
25	25	2	7,8	11400	50130	25,36	0,062	68,48	0,37
30	30	2	9,4	20000	50130	25,36	0,042	47,04	0,54
40	40	3	12,5	70000	50130	25,36	0,016	17,87	1,42
40	40	4	12,4	89200	50130	25,36	0,013	13,91	1,82
50	50	2	15,8	97200	50130	25,36	0,015	16,27	1,56
50	50	3	13,9	140600	50130	25,36	0,009	9,89	2,56
60	60	3	18,9	246000	50130	25,36	0,007	7,69	3,30

Tabla 3.3 Selección del perfil L componente del bastidor.

De la tabla 3.2 se llega a la conclusión que para los elementos del bastidor se necesita el uso de perfiles L de 50*50*3 mm.

3.2 DISEÑO TÉRMICO

Para el diseño del horno se detalla los métodos de transferencia de calor que sirven de base para evaluar sus respectivos coeficientes, así también se explica el diseño del dimensionamiento del horno en lo que se refieren a los espesores de las capas que la conforman, las pérdidas de calor, así como el tiempo de permanencia de las láminas de plástico en el horno.

3.2.1 REQUERIMIENTOS BÁSICOS

Para el proceso de termoformado se requieren hacer ciertas consideraciones fundamentales, que además sirven como punto de partida para establecer las características de diseño, estas consideraciones son:

- a) El horno a diseñar es el mecanismo por el cual se calientan las planchas plásticas hasta la temperatura de reblandecimiento y deformación que se encuentra en un rango de 150 - 160 °C, para lo cual se estima que la temperatura a la que se debe encontrar el horno es de aproximadamente 170 °C.
- b) El tiempo de permanencia en el horno será de aproximadamente 20 segundos hasta alcanzar la temperatura de trabajo
- c) El horno estará compuesto de una plancha de acero, material aislante (lana de fibra de vidrio), y una chapa metálica como recubrimiento.
- d)

3.2.2 MATERIALES CONSTITUTIVOS DE LAS PAREDES DEL HORNO

Los materiales que conforman al horno son una plancha de acero que servirá como base del horno, lana de fibra de vidrio que funciona como material aislante y chapa de acero como material de recubrimiento del material aislante. La disposición de los materiales se detalla en la figura 3.6.

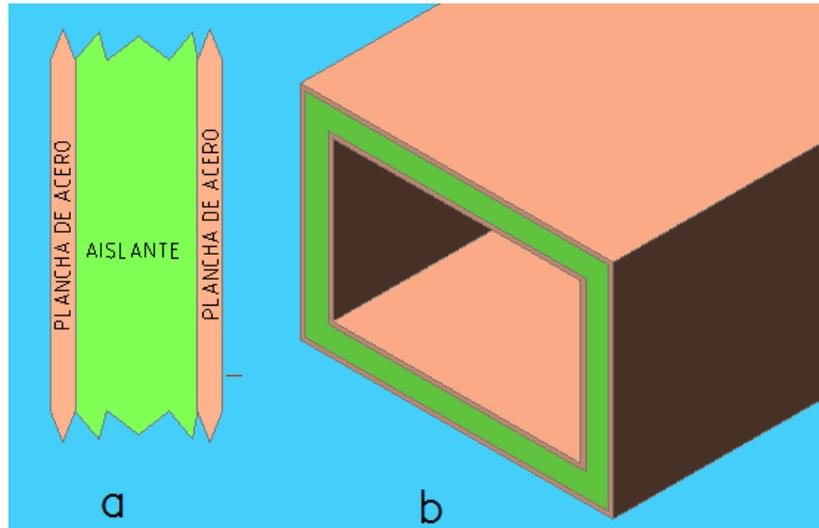


Figura 3.6 Vista en corte de materiales del horno, b) Isometría del horno

3.2.2.1 PROPIEDADES DE LOS COMPONENTES DEL HORNO

Con los materiales mencionados anteriormente y con su respectiva disposición a continuación se hace un análisis de las propiedades más importantes de estos.

3.2.2.1.1 Plancha de acero

La plancha de acero es la base principal del horno, sobre esta plancha debidamente construida se encuentran ubicados los radiadores térmicos y sobre ésta se encuentra la lana de fibra de vidrio.

El espesor a utilizar es de 3 mm, espesor que es tomado como dimensión base para los demás cálculos.

El material del acero es un material ASTM A-36, cuyas propiedades se detallan en la tabla 3.4.

PLANCHA DE ACERO A - 36

Conductividad [W/m-°C]	Densidad [kg/m ³]	Calor especifico [J/kg-°K]
60.5	7854	434

Tabla 3.4 Propiedades termofísicas del acero A-36.

3.2.2.1.2 Lana de fibra de vidrio

La Lana AW de FiberGlass es un aislamiento térmico hecho con lana de fibras de vidrio inorgánicas y elásticas, aglomeradas con resina termo-resistente, presentada en rollos.

La Lana AW está diseñada para ser empleada en aplicaciones como aislamiento térmico de equipos y electrodomésticos que trabajan a temperaturas hasta de 540°C (1000°F) con el espesor recomendado.¹⁰

Este aislamiento es ampliamente utilizado en sistemas de paneles, recubrimientos flexibles, hornos industriales o superficies irregulares.

Los beneficios de la lana de vidrio son:

- Excelente funcionamiento térmico.
- Peso Liviano.
- Elasticidad.
- Rápido y fácil de Instalar.
- Incombustible.
- Resiste la vibración sin deformarse.
- Inorgánico.
- No genera ni acelera la corrosión sobre acero, hierro, cobre o aluminio.
- No absorbe humedad ambiental.

En la tabla 3.5 se puede observar las propiedades de la lana de fibra de vidrio.

LANA DE FIBRA DE VIDRIO			
Conductividad [W/m-°C]	Densidad [kg/m³]	Temperatura máxima de aplicación	Calor específico [J/kg-°K]

¹⁰ www.disetec-ec.com

		[°C]	
0.036	32	540	835

Tabla 3.5 Propiedades termo físicas de la lana de fibra de vidrio.

3.2.3 DISEÑO DE ESPESORES DE PAREDES DEL HORNO

Para diseñar los espesores de las paredes del horno, tanto del material aislante como del material de recubrimiento se debe partir de un análisis que consiste en encontrar coeficientes de transferencia de calor, para lo cual se hace un estudio de los métodos de transferencia de calor como son: conducción, convección y radiación.

3.2.3.1 CONDUCCIÓN

Es el paso de la energía calorífica a las moléculas adyacentes mediante la transferencia de energía vibratoria o el movimiento de los electrones libres sin que se aprecie un movimiento observable de partículas.¹¹

Las temperaturas más altas se asocian con las energías moleculares más altas, y cuando las moléculas vecinas chocan, debe ocurrir una transferencia de energía de las moléculas más energizadas a las menos energizadas. En presencia de un gradiente de temperatura, la conducción de temperatura debe ocurrir entonces en la dirección de la temperatura decreciente, esta transferencia es apreciable en la figura 3.7.¹²

¹¹ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pag.2.

¹² INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 3

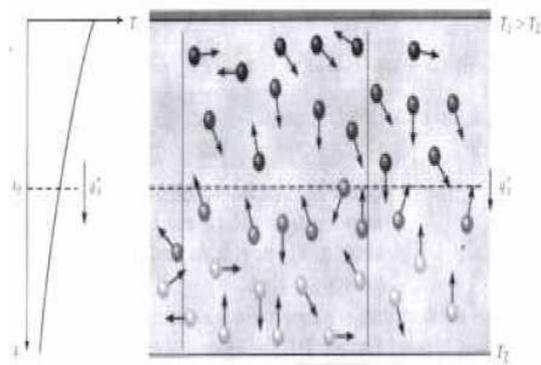


Figura 3.7 Difusión de la energía debido a la energía molecular.

La transferencia unidimensional de calor por conducción se muestra en la figura 3.8:

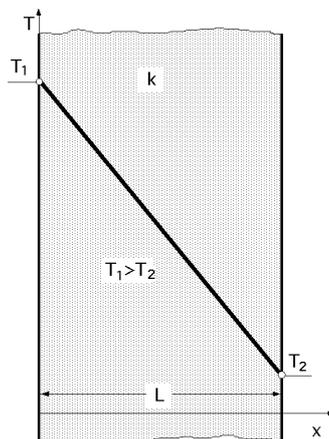


Figura 3.8 Transferencia unidimensional de calor por conducción.

La ley de Fourier para una pared unidimensional se expresa como:

$$q'' = -k * \frac{dt}{dx} \quad (\text{Ec. 3.6})$$

Donde:

q'' Calor transferido por unidad de área, $[\text{W}/\text{m}^2]$.

dt/dx Gradiente de temperatura en la dirección x .

k Coeficiente de transferencia de calor por conducción, $[\text{W}/\text{m}\cdot\text{C}]$.

3.2.3.2 CONVECCIÓN

El modo de transferencia de calor por convección se compone de dos mecanismos, además de la energía debida al movimiento molecular aleatorio, la energía también se transfiere mediante el movimiento global del fluido.¹³

Esto quiere decir que en cualquier instante grandes números de moléculas se mueven de forma colectiva o como agregados, tal movimiento en presencia de un gradiente de temperatura, contribuye a la transferencia de calor.¹⁴

La transferencia de calor por convección que ocurre entre un fluido en movimiento y una superficie limitante cuando estas tienen diferentes temperaturas, esta característica se puede ver en la figura 3.9.

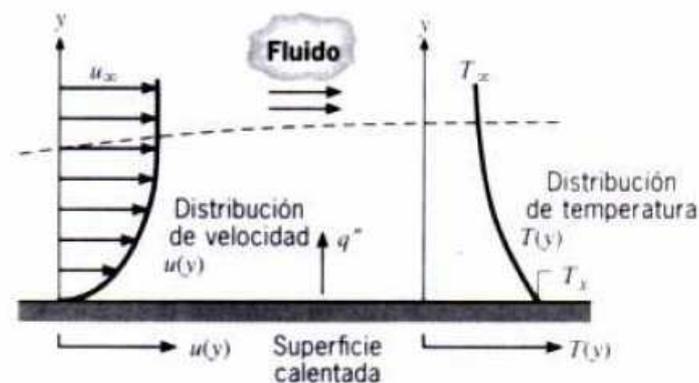


Figura 3.9 Desarrollo de la capa límite en la transferencia de calor por convección.

La transferencia de calor se clasifica según la naturaleza del flujo.

Convección forzada es cuando el flujo es causado por, medios externos como un ventilador, una bomba o miembros atmosféricos. En cambio en la convección libre el flujo es inducido por fuerzas de empuje que surgen a partir de diferencia de densidades ocasionadas por variaciones de temperatura en el fluido.¹⁵

La transferencia de calor por convección se expresa con la Ley del Enfriamiento de Newton:

¹³ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 5.

¹⁴ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 6.

¹⁵ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 7.

$$q'' = h*(T_a - T_s) \quad (\text{Ec. 3.7})$$

Donde:

- q'' Calor transferido por unidad de área, [W/m²].
h Coeficiente de transferencia de calor por convección, [W/m²-°C].
T_a Temperatura ambiente, [°C]
T_∞ Temperatura superficial, [°C]

3.2.3.2.1 *Calculo del coeficiente de transferencia de calor por convección:*

Para realizar el cálculo del coeficiente de transferencia de calor por convección se hace uso de la siguiente ecuación:

$$h_c = \left[\frac{Nu \times k}{L_c} \right] \quad (\text{Ec. 3.8})$$

Donde:

- Nu Número de Nusselt, adimensional.
L_c Longitud crítica, [m]
K Conductividad térmica del aire, [W/m - °K]

La definición del número de Nusselt es:

El número de Nusselt es el gradiente de temperatura adimensional en la superficie.¹⁶

El valor de este número esta dado por la ecuación 3.9.

$$Nu = 0,55 (G_r \times P_r)^{0,25} \quad (\text{Ec. 3.9})$$

¹⁶ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 320.

Donde:

G_r Número de Grashof para una longitud característica.

Pr Número de Prandtl.

El número de Grashof se define a continuación:

El número de Grashof es la razón de las fuerzas de empuje de las viscosas.¹⁷

Este número viene dado por la ecuación 3.10.

$$Gr = \frac{\beta \times L_c^3 \times \Delta T \times g \times \rho^2}{\mu^2} \quad (\text{Ec. 3.10})$$

Donde:

L_c Longitud característica, [m].

G Gravedad, [m/s²]

β Coeficiente de dilatación Lineal = $1/[T_a+273]$, [°K]

μ Viscosidad el aire, [N-s/m²]

ρ Densidad del aire, [kg/m³]

La definición del número de Prandtl es:

El número de Prandtl es la razón de las difusividades de momento y térmica.¹⁸

El número de Prandtl viene expresado por:

$$Pr = \frac{\nu}{\alpha} \quad (\text{Ec. 3.11})$$

¹⁷ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 320.

¹⁸ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 320.

Donde:

- v Volumen específico, [m³/kg]
 α Difusividad térmica, [N/m]

La definición de la longitud característica es la razón entre el volumen y el área superficial.¹⁹

Su valor está dado por la ecuación:

$$L_c = \frac{A * B * C}{2 * (A * B + A * C + B * C)} \quad (\text{Ec. 3.12})$$

Donde:

- A Longitud del horno, [mm].
 B Ancho del horno, [mm].
 C Espesor del horno, [mm].

3.2.3.3 RADIACIÓN

La radiación térmica es la energía emitida por la materia que se encuentra a una temperatura infinita. La radiación se atribuye a los cambios en las configuraciones electrónicas de los átomos o moléculas constitutivas.²⁰

El coeficiente de transferencia de calor viene expresado por la ecuación:

$$h_r = \varepsilon \times \sigma \left((T_e + T_a) [T_e^2 + T_a^2] \right) \quad (\text{Ec. 3.13})$$

Donde:

- h_r Coeficiente de transferencia de calor por convección, [W/m²-°C]
 T_e Temperatura exterior del horno, [°C].

¹⁹ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 320.

²⁰ INCROPERA, F. Fundamentos de Transferencia de Calor, Prentice Hall, Cuarta Ed. Pág. 8.

- T_a Temperatura ambiente, [°C].
 ε Emisividad del recubrimiento exterior a temperatura exterior.
 σ Constante de Stefan Boltzman, [W/m²-°C].

3.2.3.4 RESISTENCIA TÉRMICA

La ecuación 3.14 propone una analogía entre la difusión eléctrica y la carga eléctrica, de la misma manera que se asocia una resistencia eléctrica con la conducción de electricidad, en similar forma se asocia una resistencia térmica con la conducción de calor, para lo cual para definir la resistencia eléctrica como la diferencia de potencial de transmisión de la transferencia de calor correspondiente se sigue con la ecuación 3.6 que es la resistencia térmica para la conducción.²¹

$$Q = \left[\frac{K \times A \times \Delta T}{L} \right] \quad (\text{Ec. 3.14})$$

Una resistencia térmica también se asocia con la transferencia de calor mediante convección a una superficie, y de la ley de enfriamiento de Newton se tiene:

$$R_{tc} = \frac{1}{h * A} \quad (\text{Ec. 3.15})$$

3.2.3.4.1 Perfil de temperaturas

Los circuitos térmicos también sirven para sistemas más complejos, como las paredes compuestas, para lo cual se hace uso de un análisis de perfil de temperatura que se explica a continuación:

Donde:

- L_1 Espesor del recubrimiento exterior, Acero A-36, [m]

L_2	Espesor del aislante, lana de fibra de vidrio, [m]
L_3	Espesor del refractario, Acero A-36, [m]
A	Longitud del horno, [m]
B	Altura del horno, [m]
C	Espesor del horno, [m]
k_1	Conductividad térmica del recubrimiento exterior, [W/m-°C].
k_2	Conductividad térmica del aislante, [W/m-°C].
k_3	Conductividad térmica del recubrimiento, [W/m-°C].
T_1	Temperatura en la pared interior del horno, [°C]
T_2	Temperatura en la unión de la pared del horno-aislante, [°C]
T_3	Temperatura en la unión del aislante-recubrimiento exterior, [°C]
T_4	Temperatura en la superficie exterior del horno, [°C]
T_a	Temperatura de los alrededores del horno, [°C]
A_{s1}	Área interior del horno, [m ²].
A_{s2}	Área exterior del refractario, [m ²].
A_{s3}	Área exterior del aislante [m ²].
Q	Flujo de calor, [W].
Q_i	Flujo de calor a través del recubrimiento, [W].
Q_a	Flujo de calor a través del aislante, [W].
Q_r	Flujo de calor a través del refractario, [W].
Q_{rc}	Flujo de calor por convección y radiación al medio ambiente, [W].
h_{cr}	Coefficiente de convección y radiación, [W/m ² -°C].

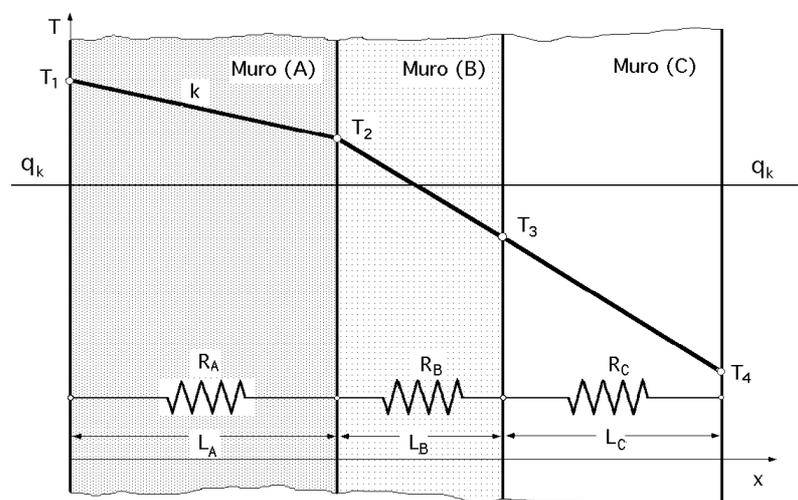


Figura 3.10 Perfil de temperaturas de una pared compuesta.

Si el calor se propaga a través de varias paredes en buen contacto térmico, capas múltiples, el análisis del flujo de calor en estado estacionario a través de todas las secciones tiene que ser el mismo. Sin embargo y tal como se indica en la figura 3.10 en un sistema de tres capas, los gradientes de temperatura en éstas son distintos.

$$Q_k = \frac{T_1 - T_2}{\left(\frac{L}{kA}\right)_A} = \frac{T_2 - T_3}{\left(\frac{L}{kA}\right)_B} = \frac{T_3 - T_4}{\left(\frac{L}{kA}\right)_C} = \frac{T_1 - T_4}{\left(\frac{L}{kA}\right)_A + \left(\frac{L}{kA}\right)_B + \left(\frac{L}{kA}\right)_C}$$

El calor transmitido se puede expresar para cada sección y como es el mismo para todas las secciones, se puede poner:

$$Q = Q_r = Q_a = Q_i = Q_{cr} \quad (\text{Ec. 3.16})$$

Definiendo cada uno de los tipos de resistencias eléctricas se tiene:

Flujo de calor a través del material base del horno.

$$Q_r = \frac{K_r \times A_r}{L_r} (T_1 - T_2) \quad (\text{Ec. 3.17})$$

Flujo de calor a través del aislante

$$Q_a = \frac{K_a \times A_a}{L_a} (T_2 - T_3) \quad (\text{Ec. 3.18})$$

Flujo de calor a través del recubrimiento

$$Q_i = \frac{K_i \times A_i}{L_i} (T_3 - T_4) \quad (\text{Ec. 3.19})$$

Además por convección y radiación desde la superficie exterior del horno hacia el medio ambiente se tiene:

$$Q_{rc} = h_{rc} \times A_i \times (T_4 - T_a) \quad (\text{Ec. 3.20})$$

Las relaciones de áreas entre los diferentes materiales que constituye el horno, tomando como referencia el área del recubrimiento son:

$$V = \frac{A_r}{A_{\text{ext}}} \quad (\text{Ec. 3.21})$$

$$W = \frac{A_a}{A_{\text{ext}}} \quad (\text{Ec. 3.22})$$

$$X = \frac{A_{\text{ext}}}{A_{\text{ext}}} \quad (\text{Ec. 3.23})$$

Introduciendo las relaciones de áreas en las ecuaciones

$$\frac{Q \times Lr}{Kr \times V \times A_i} = (T_1 - T_2) \quad (\text{Ec. 3.24})$$

$$\frac{Q \times La}{Ka \times W \times A_i} = (T_2 - T_3) \quad (\text{Ec. 3.25})$$

$$\frac{Q \times Li}{Ki \times X \times A_i} = (T_3 - T_4) \quad (\text{Ec. 3.26})$$

Por convección y radiación

$$\frac{Q \times Li}{h_{cr} \times A_i} = (T_4 - T_a) \quad (\text{Ec. 3.27})$$

Realizando las respectivas operaciones y despejando el flujo calórico por unidad de área se tiene:

$$\frac{Q}{A_i} = \frac{(T_1 - T_a)}{\frac{Lr}{K_r \times V} + \frac{La}{K_a \times W} + \frac{Li}{K_i \times X} + \frac{1}{h_{cr}}} \quad (\text{Ec. 3.28})$$

Utilizando el método iterativo se va resolviendo el valor de Q/A_i y reemplazando en las ecuaciones anteriores se obtendrá los valores de T_1 , T_2 , T_3 y T_4 .

El diseño del horno parte de datos iniciales, que son los que regulan todo el funcionamiento de éste, estos datos son las temperaturas tanto interior, como exterior del horno, datos que se exponen a continuación.

Datos:

$$T_1 = 170 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

$$T_4 = 50 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

$$T_a = 20 \text{ [}^\circ\text{C]}.$$

$$L_3 = 0,003, \text{ [m]}.$$

$$L_2 = 0,01 \text{ [m]}.$$

Para encontrar el coeficiente de transferencia de calor por radiación se hace uso de la ecuación 3.13, así:

Datos:

$$T_e = 323 \text{ [}^\circ\text{K]}.$$

$$T_a = 293 \text{ [}^\circ\text{K]}.$$

$$\varepsilon = 0.56.$$

$$\sigma = 5.6 \cdot 10^{-8} \text{ [W/m}^2\text{-}^\circ\text{C]}.$$

Donde el h_r igual a:

$$h_r = 0.56 \times 5.6 \cdot 10^{-8} \left[\frac{\text{[W]}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{C}} \right] * \left([323[^\circ\text{K}] + 293[^\circ\text{K}]] [323^2[^\circ\text{K}]^2 + 293^2[^\circ\text{K}]^2] \right)$$

$$h_r = 3.67 \left[\frac{\text{W}}{\text{m}^2 \cdot ^\circ\text{K}} \right]$$

Para encontrar el coeficiente de transferencia de calor por convección se inicia con el cálculo de la longitud característica del horno.

La longitud característica se encuentra a partir de la siguiente geometría:

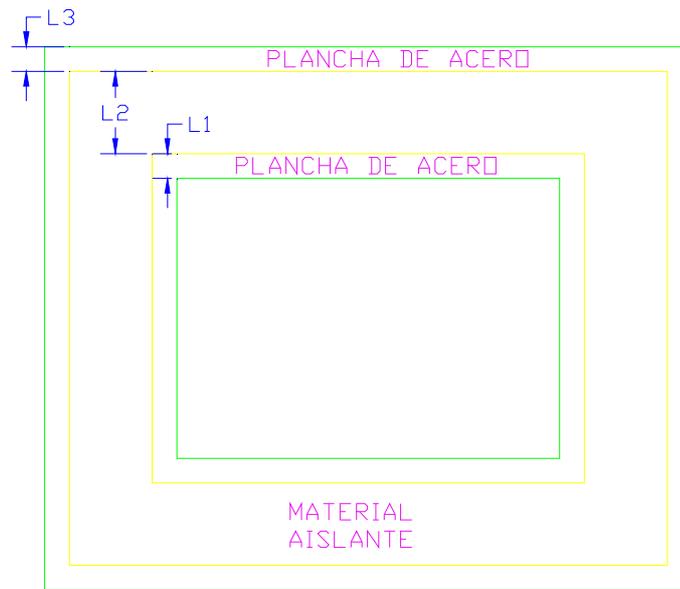


Figura 3.11 Disposición de los materiales en el horno.

Datos:

$$A = 1 \text{ [m]}$$

$$B = 0.4 \text{ [m]}$$

$$C = 0.4 \text{ [m]}$$

$$L_1 = 0.003 \text{ [m]}$$

$$L_2 = 0.02 \text{ [m]}$$

$$L_3 = 0.003 \text{ [m]}$$

Para encontrar la longitud característica que es el punto de partida se realiza con la configuración que se detalla en las siguientes figuras.

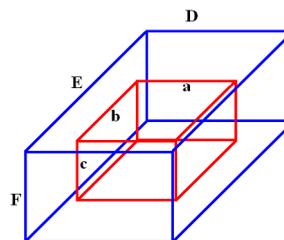
ACERO

$$D = A + 2L_{\text{ext}}$$

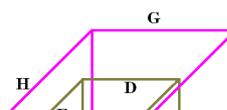
$$E = B + 2L_{\text{ext}}$$

$$F = C + 2L_{\text{ext}}$$

$$A_{\text{ext}} = 2[D * E + E * F + D * F]$$



AISLANTE



$$G = D + 2L_a$$

$$H = E + 2L_a$$

$$I = F + 2L_a$$

$$A_a = 2[G * H + G * I + H * I]$$

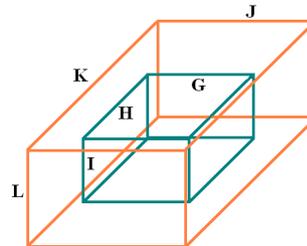
REFRACTARIO

$$J = G + 2L_r$$

$$K = H + 2L_r$$

$$L = I + 2L_r$$

$$A_r = 2[J * K + J * L + K * L]$$



Usando esta configuración se reemplaza en la ecuación 3.12, obteniendo:

$$L_c = 0.09[m]$$

Con este resultado se reemplaza en la ecuación 3.10 con los datos a continuación, para lo cual es necesario encontrar las propiedades del aire a una temperatura media de 35°C, que es la temperatura media entre la temperatura exterior del horno y la temperatura ambiente.

Datos:

$$L_c = 0.09 [m]$$

$$G = 9.8 [m/s^2]$$

$$\beta = 3.413 * 10^{-3} [^{\circ}K]^{-1}$$

$$\mu = 184.6 * 10^{-7} [N \cdot s/m^2]$$

$$\rho = 1.16 [kg/m^3]$$

Reemplazando datos en la ecuación se tiene:

$$Gr = \frac{3.413[^{\circ}K] \times (0.09[m])^3 \times 30[^{\circ}C] \times 9.8 \left[\frac{m}{s^2} \right] \times (1.16 \left[\frac{kg}{m^3} \right])^2}{184.6 * 10^{-7} \left[\frac{N \cdot s}{m^2} \right]^2}$$

$$Gr = 2.86 * 10^6$$

Reemplazando este valor en la ecuación 3.9 para obtener el valor de Nusselt se tiene:

$$Nu = 0.55 * (2.86 * 10^6 * 0.707)^{0.25}$$

$$Nu = 20.74$$

En la ecuación 3.8 se encuentra el coeficiente de transferencia de calor por convección:

$$h_c = \left[\frac{20.74 \times 26.3 * 10^{-3} \left[\frac{W}{m \cdot ^\circ K} \right]}{0.09[m]} \right]$$

$$h_c = 6.081 \left[\frac{W}{m^2 \cdot ^\circ K} \right]$$

El coeficiente de transferencia de calor combinado viene dado por la suma de los coeficientes de radiación y convección:

$$h_{cc} = h_c + h_r \quad (\text{Ec. 3.29})$$

Para encontrar los espesores de las paredes del horno se hace uso de la ecuación 3.22 que expresa el flujo de calor por unidad de área:

$$Q'' = 198.052 \left[\frac{W}{m^2} \right]$$

Reemplazando este dato en las ecuaciones 3.22, 3.23 y 3.24 y por el método de iteración (Ver anexo 6) se encuentran los valores de T2, T3 y T4, que indican si los espesores de las paredes están perfectamente escogidos.

Los resultados obtenidos del método de iteración son los siguientes:

$$T_1 = 170[^\circ C]$$

$$T_2 = 169.98[^\circ C]$$

$$T_3 = 44.56[^\circ C]$$

$$T_4 = 44.54[^\circ C]$$

Para estos valores de temperaturas buscados, los espesores de los componentes del horno son:

$$L_1 = 0.003[m]$$

$$L_2 = 0.02[m]$$

$$L_3 = 0.003[m]$$

3.3 ANÁLISIS DEL SISTEMA DE PRESIÓN

Para el análisis de este sistema se debe considerar los elementos de los cuales está conformado que son el molde superior macho y el molde inferior hembra.

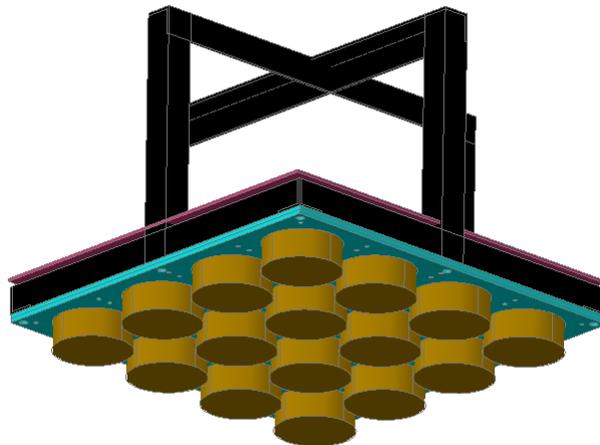


Figura 3.12 Sistema de resortes de molde macho.

3.3.1 DISEÑO DEL MOLDE MACHO.

El sistema de moldes macho está constituido de una caja hecha de acero la cual a más de servir de base para sostener a los moldes, sirve como una caja reguladora y distribuidora de vacío.

Esta razón es debido a que la formación de los envases no solo se va a realizar con la presión que ejerzan los moldes sino además que va a tener un presión de formación que se basa en una presión de vacío, sistema que utilizará una bomba de vacío así como con un acumulador de vacío, diseño que será detallado más adelante.

La fabricación de los moldes macho se realiza mediante el uso de resina epóxica, debido a sus características de moldeo, facilidad de trabajo, etc.

3.3.1.1 RESINAS EPÓXICAS

Una Resina Epóxi o poliepóxido es un polímero termoestable (la resina) que se endurece cuando se mezcla con un agente catalizador o endurecedor. Las resinas epoxi están constituidas comúnmente de dos componentes que se mezclan previamente antes de ser usados; al mezclarse reaccionan causando la solidificación de la resina, su curado se realiza a temperatura ambiente, durante ese curado o secado se forman enlaces cruzados lo que hace que su peso molecular sea elevado.²²

Las propiedades de este material por lo que fue tomado en cuenta para la fabricación de los moldes se detallan a continuación:

- Humectación y adherencia óptimas.
- Buen aislamiento eléctrico.
- Buena resistencia mecánica.
- Resisten la humedad.
- Resisten el ataque de fluidos corrosivos.
- Resisten temperaturas elevadas.
- Excelente resistencia química.
- Poca contracción al curar.
- Excelentes propiedades Adhesivas.

Los usos más importantes de las resinas son:

²² www.allstudies.com/resinas-epoxi.html

- Pinturas y acabados.
- Adhesivos.
- Aplicaciones de las resinas epoxi en la industria de la Construcción: Las resinas epóxicas se usan en la industria de la construcción para unir bloques y como argamasa en edificios, además unión entre hormigones, morteros, juntas, membranas, anclajes, pinturas y reparación estructural.²³
- Materiales compuestos.
- Sistemas eléctricos y electrónicos.
- Consumo y aplicaciones náuticas, y en partes estructurales en aeronaves.
- Industria.

3.3.1.1.1 Fabricación de los moldes macho.

La fabricación de los moldes macho se realiza con la utilización de resina epóxica y endurecedor.

El procedimiento para su elaboración se detalla a continuación:

- Las dimensiones de los moldes son dados por el requerimiento de la empresa.
- Para estas dimensiones se calcula el volumen del molde y se procede a calcular la cantidad de material que se utilizaría en su elaboración.
- La cantidad de materia que se utiliza es de 45 gr, y para su correcta fabricación se tiene una proporción de mezcla que está en relación de 7 a 1, es decir que del 100% del material el 70% es resina y el 30% de endurecedor.
- La mezcla se vacía en un molde de plástico flexible que se ubica en un horno por aproximadamente 4 horas a una temperatura de 70 °C, para su completo tiempo de curado.

Para su posterior conformación se completara la información con los planos que se desarrollarán en los anexos correspondientes.

²³ www.allstudies.com/resinas-epoxi.html

3.4 SISTEMA FUNCIONAL DE RESORTES

3.4.1 DISEÑO DE RESORTES

En el diseño de los resortes existe una consideración que proviene de la carga a las que va a estar sometida, así como la distancia de trabajo y otras condiciones que se detallan más adelante.

Como detalle del diseño, al hacer un análisis de la posición de trabajo y de la funcionalidad de cada uno, se determina que un aspecto importante y básico de funcionamiento es la alineación entre el molde macho y molde hembra, es por esta razón que cada uno de los moldes hembra debe trabajar independientemente para así garantizar que los envases plásticos no sufran ningún tipo de daño al momento de su producción.

El sistema que se utilizará se detalla en la figura 3.13.

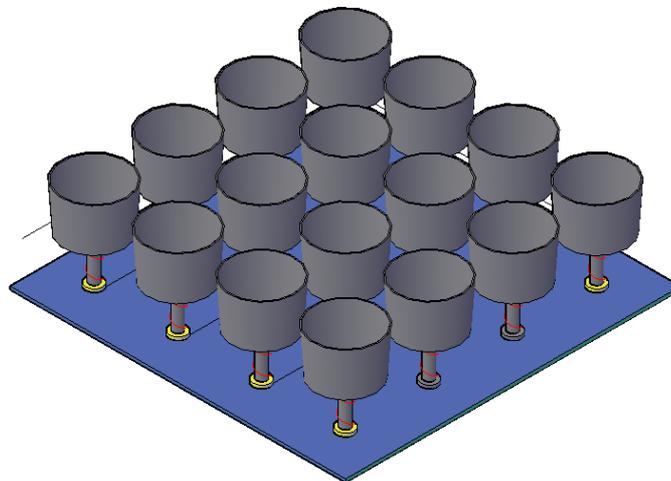


Figura 3.13 Sistema de resortes de molde hembra.

Después de hacer un estudio de campo de la fuerza a la que va a estar sometida la lámina de plástico se determina que la presión de trabajo va a ser de 0.5 kg, que es la que va a determinar el terminado final del envase.

Según el diseño el sistema que se va a utilizar es un sistema de resortes independientes que trabaja con cada uno de los moldes hembra como se puede apreciar en la figura 3.14.

Como se puede ver en la figura éste sistema está compuesto de un perno, el cual sirve de de un eje guía que atraviesa la plancha perforada y para mantener la relación de perpendicularidad se hace uso de un eje hueco que se diseña y trabaja como bocín.

Para el ajuste del envase con la tuerca-eje se utilizan dos tuercas que sirven de contratuercas, además se utilizan un resorte que es la esencia del mecanismo como dispositivo de elemento de presión y como elemento de acople del molde hembra.

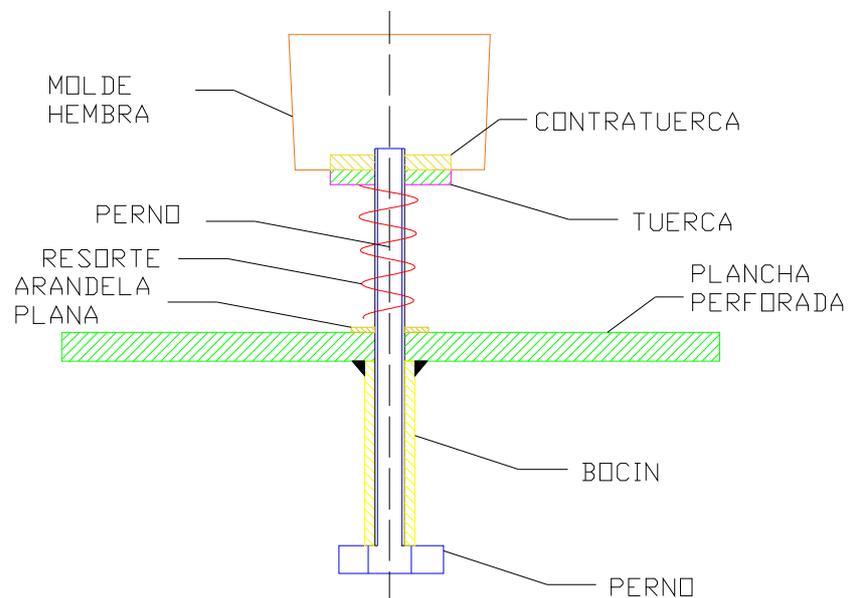


Figura 3.14 Corte transversal de mecanismo de resorte.

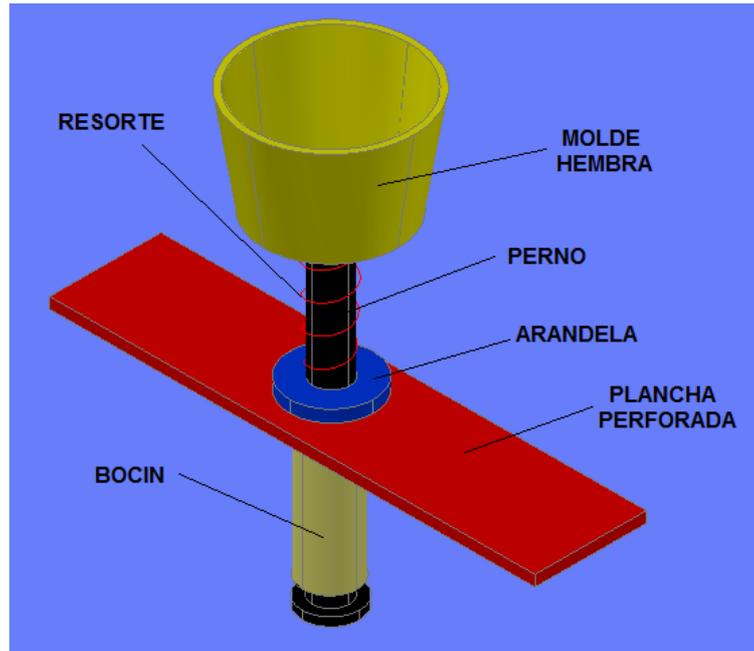


Figura 3.15 Vista de un elemento del mecanismo de resorte.

3.4.1.1 TEORIA DE DISEÑO DE RESORTES

Para el diseño de un resorte a compresión se hace un análisis de las condiciones a las cuales va a estar sometido éste, así como las variables necesarias para su cálculo.

Se realiza un análisis partiendo del análisis de un resorte a compresión:

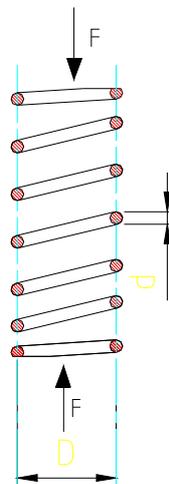


Figura 3.16 Corte de un resorte sometido a compresión.

Se realiza un estudio de los esfuerzos que se crean en el resorte y se consideran que los resortes van a trabajar a fatiga.

Índice del resorte

Es la razón del diámetro de espira D al diámetro de alambre d. el rango recomendado para este valor es $4 < C < 12$.²⁴

$$C = \frac{D}{d} \quad (\text{Ec. 3.30})$$

Donde:

- C Índice del resorte
- D Diámetro medio del resorte, [m]
- d Diámetro del alambre, [m]

Deflexión del resorte

$$y = \frac{8 * F * D^3 * Na}{d^4 * G} \quad (\text{Ec. 3.31})$$

Donde:

- F Fuerza axial aplicada, [N].
- D Diámetro medio del resorte, [m]
- d Diámetro del alambre, [m]
- Na Número de espiras activas.
- G Modulo de corte o de rigidez del material, [Pa].

Tasa o constante del resorte

$$k = \frac{d^4 * G}{8 * d^3 * Na} \quad (\text{Ec. 3.32})$$

Además se tiene que:

²⁴ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 469.

$$k = \frac{F}{y} \quad (\text{Ec. 3.33})$$

Donde:

- k Constante o tasa del resorte, [N/m²].
- F Fuerza axial aplicada, [N].
- D Diámetro medio del resorte, [m]
- d Diámetro del alambre, [m]
- Na Número de espiras activas.
- G Módulo de corte o de rigidez del material, [Pa].
- y Deflexión del resorte, [m].

Esfuerzos en las espiras de los resortes helicoidales de compresión

Los resortes a compresión tienen dos componentes de esfuerzo, uno cortante a la torsión y otro cortante debido a la fuerza F. estos esfuerzos tienen una distribución como se puede ver en la figura 3.17 y el esfuerzo máximo τ_{\max} ocurre en la fibra interior de la fibra transversal.

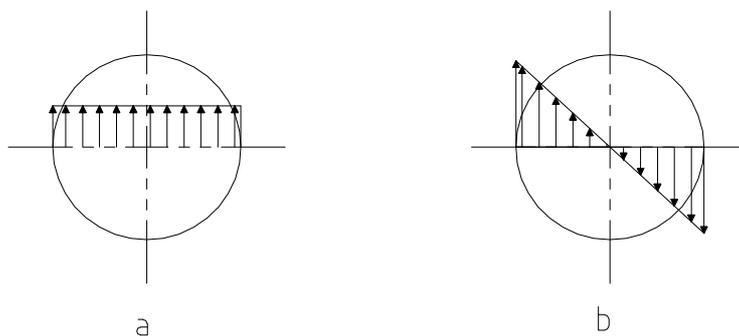


Figura 3.17 a) Distribución de esfuerzo de cortante directo a través de la sección. b) Distribución de esfuerzo cortante a la torsión a través de la sección.

La expresión del esfuerzo al cortante máximo es:

$$\tau_{\max} = \frac{T * r}{J} + \frac{F}{A} \quad (\text{Ec. 3.34})$$

Sustituyendo la ecuación 3.28 en la ecuación 3.32 se tiene:

$$\tau_{\max} = k_s * \frac{8 * F * D}{\pi * d^3} \quad (\text{Ec. 3.35})$$

Donde:

$$k_s = 1 + \frac{0.5}{C} \quad (\text{Ec. 3.36})$$

Llamada también factor de multiplicación del esfuerzo cortante. La ecuación 3.36 expresa el esfuerzo cortante máximo en el alambre, que se produce en la fibra del lado interior del resorte.

La ecuación 3.33 también puede ser expresada como:

$$\tau_{\max} = K * \frac{8 * F * D}{\pi * d^3} \quad (\text{Ec. 3.37})$$

Llamado factor de corrección de Wahl. Este factor incluye el cortante directo y cualquier otro efecto debido a la curvatura, como se aprecia en la figura 3.18.

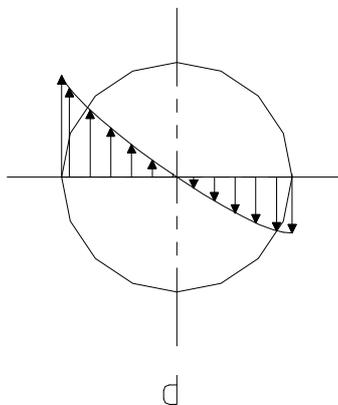


Figura 3.18 Resultante de los esfuerzos combinados por cortante directo, torsional y por curvatura.

El valor de K se obtiene de la ecuación 3.38.

$$K = \frac{4 * C - 1}{4 * c - 4} + \frac{0.615}{C} \quad (\text{Ec. 3.38})$$

Definiendo $K = K_c * K_s$, donde K_c es solamente por el efecto de la curvatura, se tiene:

$$K_c = \frac{K}{K_s} \quad (\text{Ec. 3.39})$$

Cargas de fatiga

En el análisis anterior se realizó un estudio de las características mecánicas de los resortes, sus propiedades, pero en esta parte del diseño se va a realizar el estudio de las cargas a las que está sometido un resorte.

Los resortes se hacen para trabajar a esfuerzos de fatiga y, en consecuencia, casi siempre están sometidos a este tipo de carga. En muchos casos el número de ciclos de vida requerido puede ser pequeño, por ejemplo varios miles para un resorte o muelle de candado para un interruptor eléctrico de palanquilla; pero el de una válvula del motor de un automóvil debe soportar millones de ciclos de operación sin falla alguna, de manera que debe diseñarse para una duración infinita.²⁵

Para determinar la causa de falla o en el diseño de aquellos destinados a resistirla, es conveniente aplicar el factor de multiplicación de esfuerzo cortante K_s , tanto al esfuerzo medio σ_m como a la amplitud del esfuerzo σ_a . Ahora también para el diseño de resortes se definirá.

$$F_a = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{2} \quad (\text{Ec. 3.40})$$

y,

$$F_m = \frac{F_{\max} + F_{\min}}{2} \quad (\text{Ec. 3.41})$$

Donde:

²⁵ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 491.

F_a	Amplitud de la fuerza, [kg]
F_m	Fuerza media alternante, [kg]
F_{\max}	Fuerza máxima aplicada, [kg]
F_{\min}	Fuerza mínima aplicada, [kg]

Quedando las componentes del esfuerzo de la siguiente manera:

$$\tau_a = K_s * \frac{8 * F_a * D}{\pi * d^3} \quad (\text{Ec. 3.42})$$

y,

$$\tau_m = K_s * \frac{8 * F_m * D}{\pi * d^3} \quad (\text{Ec. 3.43})$$

De modo que el factor de seguridad viene dado por:

$$n = \frac{S_{sf}}{\tau_a} \quad (\text{Ec. 3.44})$$

Después de realizar el análisis de las variables que intervienen en el diseño del resorte se procede a realizar un ejemplo de cálculo de un resorte.

Para el cálculo de esto se parte de un trabajo de campo que se realizó con las cuales se determinaron las variables con las que se van a diseñar los resortes.

Donde:

$$\begin{aligned} F_{\max} &= 0.5 \text{ [kg]} \\ F_{\min} &= 0.02 \text{ [kg]} \\ D &= 0.008 \text{ [m]} \\ d &= 0.0008 \text{ [m]} \end{aligned}$$

Utilizando las ecuaciones 3.40 y 3.41 se determinan la fuerza media y amplitud de la fuerza alternante.

$$F_a = \frac{0.5[kg] - 0.02[kg]}{2}$$

$$F_a = 0.143[kg]$$

y,

$$F_m = \frac{0.5[kg] + 0.02[kg]}{2}$$

$$F_m = 0.163[kg]$$

Para encontrar el S_{ut} se hace uso de la ecuación 3.42 que se detalla a continuación:

$$S_{ut} = \frac{A}{d^m} \quad (\text{Ec. 3.45})$$

Donde:

A constante obtenida con la intersección del eje de las resistencias.²⁶

m Pendiente de la recta en la curva log-log.²⁷

Los datos para el uso de la ecuación 3.42 son los siguientes:

$$A = 1880 \text{ [MPa]}$$

$$m = 0.186$$

Reemplazando estos datos en la ecuación 3.42 se tiene:

$$S_{ut} = \frac{1880[\text{MPa}]}{0.8^{0.186}}$$

$$S_{ut} = 1908[\text{MPa}]$$

²⁶ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 478

²⁷ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 478

Con el valor de S_{ut} , se procede a calcular la resistencia máxima al cortante y el límite elástico a la torsión con las formulas 3.46 y 3.47 respectivamente.²⁸

$$S_{us} = 0.67 * S_{ut} \quad (\text{Ec. 3.46})$$

y

$$S_{ys} = 0.60 * S_{ut} \quad (\text{Ec. 3.46})$$

Reemplazando valores en las ecuaciones anteriores se tiene los siguientes valores:

$$S_{us} = 1278 [MPa]$$

y,

$$S_{ys} = 1145 [MPa]$$

Para encontrar el diámetro de la espira se hace uso de la ecuación 3.48.

$$D = D_i + d \quad (\text{Ec. 3.48})$$

Reemplazando valores en la ecuación anterior se tiene:

$$D = 8.8 [mm]$$

Para encontrar el índice del resorte se hace uso de la ecuación 3.30:

$$C = \frac{8.8 [mm]}{0.8 [mm]}$$

$$C = 11$$

A continuación se calcula el factor de multiplicación del esfuerzo cortante con la ecuación 3.33 obteniendo:

$$k_s = 1 + \frac{0.5}{11}$$

$$k_s = 1.045$$

Para el cálculo del esfuerzo inicial y el esfuerzo medio se hace uso de la ecuación 3.39 y 3.40 respectivamente teniendo como resultado lo siguiente:

$$\tau_i = 1.045 * \frac{8 * 0.143[kg] * 8.8[mm]}{\pi * (0.8[mm])^3}$$

$$\tau_i = 8.978[MPa]$$

y,

$$\tau_m = 1.945 * \frac{8 * 0.163[kg] * 0.8[mm]}{\pi * (0.8[mm])^3}$$

$$\tau_m = 73.124[MPa]$$

Para encontrar el esfuerzo alternante en la espira con la ecuación 3.34:

$$\tau_a = 69.39[MPa]$$

La comprobación del resorte para vida infinita se realiza verificando cualquiera de las dos condiciones siguientes:²⁹

Si $n > 1 \rightarrow$ Vida infinita

Si $n < 1 \rightarrow$ Vida finita

El valor de n viene de la ecuación:

$$n = \frac{S_{se}}{\tau_a} \quad (\text{Ec. 3.49})$$

²⁸ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 493.

²⁹ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 305.

Donde:

- N Variable de vida infinita.
 σ_a Esfuerzo alternante, [kg/mm²]
 S_{se} Límite de resistencia al corte, [kg/mm²]

Además:

$$S_{se} = S'_{se} * k_c * k_e \quad (\text{Ec. 3.50})$$

Donde:

$$k_e = \frac{1}{k_c} \quad (\text{Ec. 3.51})$$

Para el cálculo de k_c se hace uso de la ecuación 3.38 y 3.39 dando respectivamente como resultados:

$$k_s = 1.045$$

y,

$$k_w = 1.131$$

Reemplazando datos en la ecuación 3.36 se tiene:

$$k_c = 1.082$$

Con los datos encontrados anteriormente y con la ecuación 3.50 se tiene:

$$k_e = 0.924$$

Para el material del cual está realizado el resorte se tiene los siguientes datos:³⁰

$$S'_{se} = 45 \text{ [kpsi]}$$

$$K_c = 0.814$$

Reemplazando estos datos en la ecuación 3.46 se tiene:

$$S_{se} = 45[kpsi] * 0.814 * 1.082$$

$$S_{se} = 33.83[kpsi]$$

Entonces el tipo de vida viene de la ecuación 3.46 donde:

$$n = 3.36$$

De lo que se concluye que la vida del resorte es vida infinita.

Para el cálculo del factor de seguridad se hace uso de la ecuación 3.41 que se detalla a continuación:

$$n = \frac{S_{sf}}{\tau_a}$$

Donde:

$$S_{sf} = 10^c * N^b \quad (\text{Ec. 3.52})$$

Donde los valores de c y b vienen dados por las ecuaciones dadas a continuación:

$$b = -\frac{1}{3} * \log\left(\frac{0.8 * S_{su}}{S_{se}}\right) \quad (\text{Ec. 3.53})$$

y,

$$C = \log\left(\frac{0.8 * S_{su}}{S_{se}}\right) \quad (\text{Ec. 3.54})$$

Reemplazando datos en las ecuaciones 3.53 y 3.54 respectivamente se tiene:

$$b = 1.801$$

y,

$$C = -5.355$$

Usando la ecuación 3.52 se tiene el valor de S_{sf} .

$$S_{sf} = 10^{-5.355} * 2000^{1.801}$$

$$S_{sf} = 246.14[MPa]$$

El factor de seguridad viene dado por la ecuación 3.41 donde:

$$n = \frac{246.14[MPa]}{69.39[MPa]}$$

$$n = 3.54$$

Para realizar el cálculo de las medidas reales de los resortes se debe analizar mediante las ecuaciones que se detallan a continuación:

Donde:

La constante del resorte dado por la ecuación siguiente:

$$k = \frac{F_{\max} - F_{\min}}{y_t} \quad (\text{Ec. 3.55})$$

Donde:

F_{\max} Fuerza máxima aplicada, [kg]

F_{\min} Fuerza mínima aplicada, [kg]

y_t Distancia de trabajo, [mm].

El número de espiras activas viene dado por:

$$N_a = \frac{d^4 * G}{8 * D^3 * k} \quad (\text{Ec. 3.56})$$

El número total de espiras para resortes esmerilados y encuadrados se tiene la ecuación:

$$N_t = N_a + 2 \quad (\text{Ec. 3.57})$$

Altura de cierre es igual a:

$$L_s = d * N_t \quad (\text{Ec. 3.58})$$

Suponiendo una holgura de golpeo del 15% así como se indica en la ecuación:

$$y_g = 0.15 * y_t \quad (\text{Ec. 3.59})$$

La longitud libre real viene dada por:

$$L_f = L_s + y_g + y_t + y_i \quad (\text{Ec. 3.60})$$

El paso viene dado por la ecuación 3.61:

$$paso = \frac{L_a}{N_a} \quad (\text{Ec. 3.61})$$

Para el cálculo de la constante reemplazamos valores en la ecuación 3.55 obteniendo:

$$k = 0.28 \left[\frac{lb}{mm^2} \right]$$

El número de espiras viene dado por la ecuación 3.53.

$$N_a = \frac{(0.8[mm])^4 * 80.8 * 10^9 [Pa]}{8 * (8[mm])^3 * 0.28 \left[\frac{lb}{mm^2} \right]}$$

$$Na = 21.6$$

El número total de espiras activas viene de la ecuación 3.46:

$$Nt = 21.6 + 2$$

$$Nt = 23.6$$

Que para casos de construcción son 24 espiras.

La altura de cierre viene de la ecuación 3.55.

$$L_s = 0.8[mm] * 23.6$$

$$L_s = 18.4[mm]$$

La deflexión inicial de la precarga es:

$$y_i = \frac{F_{\min}}{k} \quad (\text{Ec. 3.62})$$

Reemplazando datos se tiene:

$$y_i = \frac{0.044[lb]}{0.28 \left[\frac{lb}{mm} \right]}$$

$$y_i = 0.15[mm]$$

Suponiendo una holgura de golpeo del 15% con la ecuación 3.56:

$$y_g = 0.15[mm] * 10[mm]$$

$$y_g = 1.5[mm]$$

La longitud libre real del resorte viene de la ecuación 3.57 así:

$$L_f = 18.4[mm] + 1.5[mm] + 10[mm] + 0.15[mm]$$

$$L_f = 30.05[mm]$$

Como último dato del diseño del resorte se usa la ecuación 3.58 obteniendo:

$$paso = \frac{20[mm]}{21.6}$$

$$paso = 0.92[mm]$$

3.5 SISTEMA MOTRIZ

El sistema motriz es aquel que se encarga de dar el movimiento al sistema de alimentación de las láminas de polipropileno para luego del proceso de calentamiento descrito anteriormente avanzan al sistema de presión para su respectivo termoformado.

3.5.1 TRANSMISIÓN DE POTENCIA

Las características básicas de las transmisiones de cadenas incluyen una relación constante de velocidad, puesto que no hay resbalamiento o estirado; larga vida duración y la capacidad para impulsar cierto número de ejes desde una sola fuente de potencia o fuerza motriz.³¹

Para el diseño del sistema motriz se parte de los criterios establecidos con respecto al tiempo de exposición al calentamiento de las planchas de polipropileno. Considerando este aspecto se llega a la conclusión de que la

velocidad a la que tienen que desplazarse estas planchas se calcula como se indica a continuación:

En el siguiente gráfico se ve las diferentes variables que intervienen en el estudio, los cuales serán necesarios en el análisis de la velocidad en las cadenas, así como en las catalinas y rodamientos.

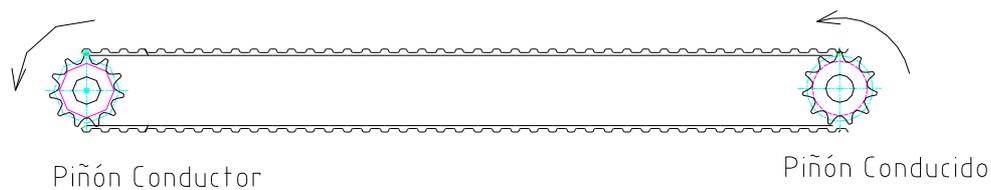


Figura 3.19 Gráfico del movimiento del sistema motriz del horno.

Para el diseño se empieza con el uso de la ecuación del movimiento circular uniforme considerando los siguientes fórmulas que se detallan a continuación:

$$V = \frac{x}{t} \quad (\text{Ec. 3.63})$$

Donde:

- t tiempo de permanencia en el horno, [s]
- V Velocidad lineal del piñón conductor de la cadena, [m/s].
- x Distancia a recorrer por el plástico, [m].

Además:

Para encontrar el número de revoluciones a las que gira la catalina que traslada al plástico se tiene:

$$\omega = \frac{V}{r} \quad (\text{Ec. 3.64})$$

Donde:

ω Velocidad angular del piñón conductor de la cadena, [rad/s]

V Velocidad lineal del piñón conductor de la cadena, [m/s].

R Radio del piñón conductor, [m].

Diseño del sistema de transmisión

La relación de velocidades de las catalinas entre el eje del motor-reductor y el piñón conducido que da la velocidad al eje de la cadena que lleva las láminas de plástico por el horno se calcula con la siguiente fórmula:

$$r = \frac{n_1}{n_2} \quad (\text{Ec. 3.65})$$

Donde:

r Relación de velocidades

n_1 Velocidad de salida del motor-reductor, [rpm]

n_2 Velocidad del eje del horno de calentamiento, [rpm]

La formula anterior también relaciona el numero de dientes de cada piñón con la ecuación 3.66.

$$r = \frac{N_2}{N_1} \quad (\text{Ec. 3.66})$$

Donde:

r Relación de velocidades

N_1 Número de dientes del piñón del motor-reductor.

N_2 Número de dientes del piñón del eje del horno de calentamiento.

Para el cálculo de la potencia del motor se parte del cálculo de la potencia de diseño con la formula dada a continuación:

$$H = K_s * P_i \quad (\text{Ec. 3.67})$$

Donde:

- H Potencia de diseño del motor, [Hp]
 K_s Factor de servicio. Tabla 17-14.³²
 P_i Potencia nominal del motor, [Hp].

Los fabricantes de cadenas de rodillos han formado que dan la capacidad de potencia correspondiente a una duración probable de 15 kh para diversas velocidades de las ruedas dentadas. Estas cantidades se encuentran tabuladas en tablas.³³

La potencia corregida se obtiene aplicando dos factores a la capacidad de la carga en la siguiente forma:

$$H'_r = K_1 * K_2 * H_r \quad (\text{Ec. 3.68})$$

Donde:

- H'_r Potencia corregida, [Hp].
 K₁ Factor de corrección por dientes. Tabla 17.12.³⁴
 K₂ Factor de cordones múltiples. Tabla 17.13.³⁵

Transmisión de potencia a los ejes

El cálculo de la potencia viene de la ecuación:

$$P = P_i * 1.341 \quad (\text{Ec. 3.69})$$

La potencia compensada es igual a:

³² SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 822

³³ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 818.

³⁴ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 821.

$$P_c = P * F_p \quad (\text{Ec. 3.70})$$

Donde:

P_c Potencia compensada, [Hp].

P Potencia del motor, [Hp]

F_p Factor de potencia. Tabla

La longitud de una cadena debe determinarse en función del número de pasos, para lo cual es preferible tener un número par de estos, pues de otro modo sería necesario un eslabón de compensación, la longitud aproximada puede obtenerse por la siguiente ecuación:

$$L = 2 * C + \frac{p * (N_1 + N_2)}{2} + \frac{p * (N_2 - N_1)}{4 * \pi^2 * \left(\frac{C}{p}\right)} \quad (\text{Ec. 3.71})$$

Donde:

L Longitud de la cadena utilizada, [m]

C Distancia entre centros, [m].

N_1 Número de dientes del piñón del motor-reductor.

N_2 Número de dientes del piñón del eje del horno de calentamiento.

p Paso, [m].

El diseño del sistema motriz tiene su punto de partida el tiempo de permanencia de las planchas de polipropileno dentro del horno, y después de haberse realizado las respectivas pruebas de campo se establece que el tiempo de permanencia ideal es de aproximadamente de 20 segundos, valor que es el punto de partida para los demás cálculos.

El procedimiento de cálculo es el siguiente:

$$V = \frac{x}{t}$$

Datos:

$$t = 20 \text{ [s]}$$

$$x = 1 \text{ [m].}$$

Reemplazando datos en la ecuación 3.60 se tiene:

$$V = \frac{1[m]}{20[s]}$$

$$V = 0.05 \left[\frac{m}{s} \right]$$

Con este valor se encuentra el número de revoluciones de las catalinas que trasladan al plástico con la ecuación 3.64.

$$\omega = \frac{V}{r}$$

Datos:

$$V = 0.05 \text{ [m/s].}$$

$$R = 0.037 \text{ [m].}$$

Reemplazado así se tiene:

$$\omega = \frac{0.05 \left[\frac{m}{s} \right]}{0.037[m]}$$

$$\omega = 1.35 \left[\frac{rad}{s} \right]$$

o,

$$\omega = 12.9 \left[\frac{rev}{min} \right]$$

Con datos tomados de pruebas de campo se muestra que en estas se necesitan un motor de una capacidad de 0.5 hp y que por motivos de

disponibilidad en las empresas proveedoras de estos materiales se encuentran en el mercado.

Como se puede observar en el anexo 4, se pueden ver los diferentes tipos de motores que existen en el mercado y se inicia con el motor que tiene los siguientes valores nominales de funcionamiento, los cuales se detallan a continuación:

Datos del motor a utilizar:

$$P_i = 0.5 \text{ [Hp].}$$

$$K_s = 1.3$$

La potencia de diseño del motor se evalúa usando la formula 3.66 obteniendo:

$$H = 0.65[Hp]_i$$

Para la potencia nominal totalmente corregida se emplea la ecuación 3.68 dando como resultado:

Donde:

$$H_r = 1.24 \text{ [Hp].}$$

$$K_1 = 0.53$$

$$K_2 = 1$$

Reemplazando datos en la ecuación se tiene:

$$H'_r = 0.53 * 1 * 1.24[Hp]$$

$$H'_r = 0.67[Hp]$$

La potencia del motor viene dada por la ecuación 3.69 dando como resultado:

$$P = 0.5[Hp]*1.341$$

$$P = 0.67^{\wedge}[Hp]$$

La potencia compensada se establece con la ecuación 3.70 así:

$$P_c = 0.67[Hp]*1.3$$

$$P_c = 0.87[Hp]$$

Lo que da un resultado favorable y a su vez da la posibilidad del desarrollo de las actividades del motor.

Según las características de los elementos calculados se llega a la conclusión de que la cadena que se empleara será la de paso de media pulgada tipo ANSI, con la que se desarrollan los demás cálculos como se muestra a continuación.

Con los datos de las velocidades angulares que se necesitan para el traslado de la lámina de plástico a través del plástico, se tienen las velocidades que se necesitan y que se detallan a continuación:

Datos:

$$n_1 = 30 \text{ [rpm].}$$

$$n_2 = 13 \text{ [rpm].}$$

$$N_1 = 11 \text{ [rpm].}$$

Reemplazando datos en la ecuación 3.62 así:

$$r = \frac{30}{13}$$

$$r = 2.3$$

De la ecuación 3.65 se despeja N_2 obteniendo como resultado:

$$2.3 = \frac{N_2}{11} \quad (\text{Ec. 3.63})$$

$$N_2 = 25$$

Para el cálculo de la longitud de la cadena se utilizaran la ecuación 3.68, reemplazando datos que se obtuvieron del cálculo anterior.

Datos:

$$N_1 = 11$$

$$N_2 = 25$$

$$C = 600 \text{ [mm]}.$$

$$p = \frac{1}{2}''$$

Reemplazando estos datos en la ecuación 3.68 se obtiene como longitud de la cadena:

$$L = 2 * 600[\text{mm}] + \frac{12.7[\text{mm}] * (11 + 25)}{2} + \frac{p * (25 - 11)}{4 * \pi^2 * \left(\frac{600[\text{mm}]}{12.7[\text{mm}]}\right)}$$

$$L = 1630[\text{mm}]$$

Como se explicó anteriormente esta es la longitud de la cadena necesaria para la transmisión de la potencia del eje del motor-reductor al eje que da el movimiento a la cadena de termoformado.

Para el cálculo de la longitud de la cadena que servirá como elemento motriz a las láminas de polipropileno se hace uso de la ecuación 3.68 con los respectivos datos, así:

Datos:

$$\begin{aligned}
 N_1 &= 17 \\
 N_2 &= 17 \\
 C &= 1500 \text{ [mm]}. \\
 p &= \frac{1}{2}''
 \end{aligned}$$

Reemplazando estos datos se llega a que la distancia requerida es:

$$L = 2 * 1500 \text{ [mm]} + \frac{12.7 \text{ [mm]} * (17 + 17)}{2} + \frac{p * (17 - 17)}{4 * \pi^2 * \left(\frac{1500 \text{ [mm]}}{12.7 \text{ [mm]}}\right)}$$

$$L = 3000 \text{ [mm]}$$

3.5.2 DISEÑO DE EJES DE LA TERMOFORMADORA

El diseño de los ejes que forman parte de la Termoformadora se realizan con la aplicación de la Teoría de Goodman modificado, debido a que los elementos se encuentran resistiendo esfuerzos de fatiga. El método de diseño se explica a continuación:

El factor de seguridad de un elemento sometido a cargas de fatiga se expresa mediante la ecuación:

$$F_s = \frac{S_m}{\sigma_m} \quad (\text{Ec. 3.64})$$

Donde:

F_s Factor de seguridad.

S_m	Resistencia media, [MPa]
σ_m	Esfuerzo normal medio, [MPa]

El valor de la resistencia media de un elemento se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$S_m = \frac{S_e}{\frac{\sigma_a}{\sigma_m} + \frac{S_e}{S_{ut}}} \quad (\text{Ec. 3.65})$$

Donde:

S_{ut}	Esfuerzo ultimo a la tracción, [MPa].
S_e	Limite de resistencia a la fatiga, [MPa].
σ_a	Esfuerzo normal medio, [N/m ²]
σ_m	Esfuerzo normal medio, [N/m ²]

El valor de S_e está dado por la ecuación:

$$S_e = S'_e * k_a * k_b * k_c * k_d * k_e \quad (\text{Ec. 3.66})$$

Donde:

S'_e	Limite de resistencia a la fatiga para aceros dúctiles, [MPa].
k_a	Factor de acabado superficial. Figura 7.10. ³⁶
k_b	Factor de tamaño. ³⁷
k_c	Factor de confiabilidad. Tabla 7.7. ³⁸
k_d	Factor de temperatura. ³⁹
k_e	Factor concentración de esfuerzos. Figura 7.18. ⁴⁰
K_f	Factor de esfuerzos diversos.

El límite de resistencia a la fatiga viene dado por la ecuación:

³⁶ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 311.

³⁷ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 313.

³⁸ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 319.

³⁹ SHIGLEY J. E., Diseño en Ingeniería Mecánica, Ed. Mc.Graw Hill, 1989. Pág. 321.

$$S'_e = 0.5 * S_{ut} \quad (\text{Ec. 3.67})$$

- T Torque dado por el motor.
 D Diámetro del eje a diseñar.
 N Número de revoluciones por minuto del piñón conducido.

Reemplazando la ecuación 3.65 en la ecuación 3.64 e igualando a 1 se obtiene la ecuación 3.68 así:

$$\frac{F_s * \sigma_a}{S_e} + \frac{F_s + \sigma_m}{S_{ut}} = 1 \quad (\text{Ec. 3.68})$$

Para un factor de seguridad dado igual a 2, se reemplaza los valores de σ_a y σ_m en función del diámetro del eje d y se procede a despejar este valor.

El valor de σ_a viene dado por la ecuación siguiente.

$$\sigma_a = \frac{32 * M_{\max}}{\pi * d^3} \quad (\text{Ec. 3.69})$$

Para encontrar el σ_m se hace uso de la ecuación siguiente:

$$\sigma_m = \sqrt{3 * \tau_{xym}^2} \quad (\text{Ec. 3.70})$$

Donde el esfuerzo cortante máximo viene dado por:

$$\tau_{xym} = \frac{16 * T}{\pi * d^3} \quad (\text{Ec. 3.71})$$

El torque viene dado por la ecuación:

$$T = \frac{63000 * P_i}{n} \quad (\text{Ec. 3.72})$$

Donde:

T Torque producido por el moto - reductor, [N-m]

P_i Potencia nominal del moto-reductor, [Hp]

n Revoluciones por minuto del eje.

Con los criterios de diseño establecidos se inicia con el procedimiento de cálculo del eje, para lo cual se parte de los datos establecidos a continuación:

$$T = \frac{63000 * P_i}{n}$$

Donde:

$P_i = 0.5$ [Hp]

n = 30 [rpm].

Reemplazando en la ecuación 3.72 se tiene:

$$T = \frac{63000 * 0.5[Hp]}{30}$$

$$T = 1.05 * 10^3 [lb - in]$$

$$T = 11.95 [N - m]$$

Para el caso específico del diseño se tiene los siguientes datos para un eje de acero ASTM A-36.

ACERO ASTM A-36	
Sut	253.63MPa
Sy	200MPa

Tabla 3.6 Propiedades mecánicas del acero A-36.

3.5.2.1 DISEÑO DEL EJE PRINCIPAL

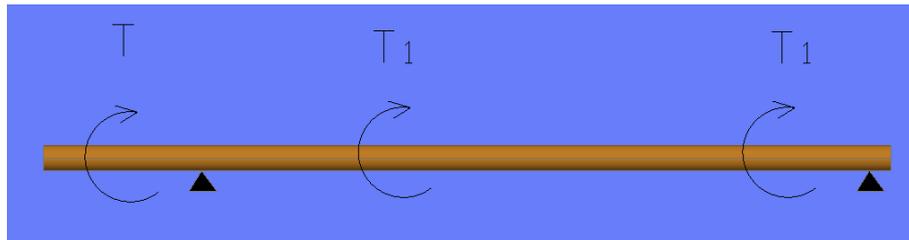


Figura 3.20 Cargas a las que está sometido el eje.

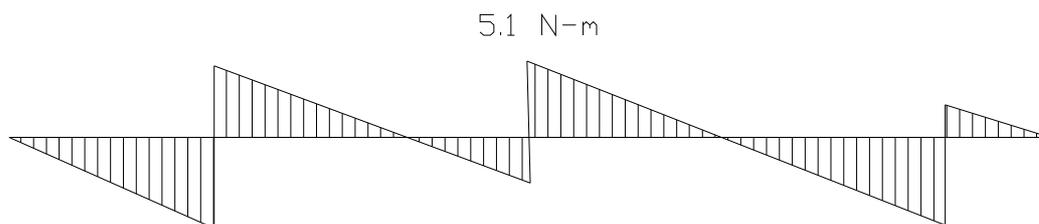


Figura 3.21 Diagrama de momento en el eje motriz.

Datos:

$$M_{\max} = 5.1 \text{ [N-m]}$$

$$S_e = 0.5 \cdot S_{ut} = 136.89 \text{ [MPa].}$$

$$k_a = 0.93$$

$$k_b = 1$$

$$k_c = 0.95$$

$$k_d = 1$$

$$k_e = 1$$

$$K_f = 1$$

Reemplazando datos en la ecuación 3.66 se tiene:

$$S_e = 136.89[MPa] * 0.93 * 1 * 0.95 * 1 * 1$$

$$S_e = 120.94[MPa]$$

Con el valor del torque se calcula el esfuerzo cortante máximo con la ecuación 3.71 obteniendo una ecuación en función del diámetro d.

$$\tau_{xym} = \frac{16 * 11.95}{\pi * d^3}$$

$$\tau_{xym} = \frac{456.67}{d^3}$$

Reemplazando el valor de τ_{xym} para encontrar el σ_m se hace uso de la ecuación 3.70 así:

$$\sigma_m = \sqrt{3 * \left[\frac{456.67}{d^3} \right]^2}$$

$$\sigma_m = \frac{790.98}{d^3} \quad (\text{Ec. 3.73})$$

El valor de σ_a viene dado por la ecuación 3.69 como se indica a continuación:

$$\sigma_a = \frac{32 * 4.14[N - m]}{\pi * d^3}$$

$$\sigma_a = \frac{41,17}{d^3}$$

Para un factor de seguridad de 2, que sirve de base para este tipo de ejes, se reemplaza en la ecuación 3.68 e igualando a 1 se obtiene la siguiente ecuación:

$$\frac{2 * 41.17}{120.94 * 10^6 * d^3} + \frac{2 * 790.98}{253.63 * 10^6 * d^3} = 1 \quad (\text{Ec. 3.74})$$

Mediante un método de iteración se encuentra el valor del diámetro requerido para el eje.

Después de un método de iteración da como resultado que el diámetro del eje es de 18 mm.

3.5.2.2 DISEÑO DEL EJE MOTRIZ SECUNDARIO DEL HORNO.



Figura 3.22 Cargas a las que está sometido el segundo eje.

Para el cálculo del eje se hace uso de un procedimiento igual al anterior por lo cual se va a proceder a presentar los siguientes resultados con los siguientes datos:

$$M_{\max} = 4.14 \text{ [N-m]}$$

$$T = 11.95 \text{ [N-m]}$$

Reemplazando estos valores en las respectivas ecuaciones se concluye que el eje a utilizarse es el mismo para los dos eje, por concepto de diseño como además por simetría de elementos.

3.6 SISTEMA NEUMÁTICO

En el análisis de alternativas se llegó a la conclusión de que el mejor sistema para el funcionamiento de la Termoformadora se basa en la utilización de un sistema neumático debido a las razones que se expusieron en el respectivo capítulo.

Para el diseño de los cilindros neumáticos se hacen ciertas consideraciones que se detallan a continuación:

- Los dos cilindros son de idéntica longitud de carrera, debido a que el diseño así lo requiere.
- El cilindro inferior tiene una menor fuerza de trabajo debido a que el mecanismo que sirve de molde hembra así lo requiere.

El diseño de los cilindros neumáticos se trata de una manera especial como se detalla a continuación:

Longitud de carrera= 172 mm.

Para escoger los cilindros se hace un estudio de los requerimientos que se necesitan y por facilidad de la empresa proveedora se facilitaron catálogos los cuales se pueden ver en el anexo 4.

Para la selección de los cilindros se toman las siguientes consideraciones:

- La empresa cuenta con una instalación de aire comprimido que tiene una presión de 6 bares.
- La longitud de carrera necesaria para el diseño es de 172 mm.
- Los cilindros se consideran con mayor carga de trabajo al momento de subir cada uno de los sistemas de presión, cada uno trabajara con una carga de 10 kg.

Con estas variables se entra al catalogo de METAL WORKS, para escoger el cilindro específico para la operación.

Después de escoger los diámetros de cilindros se tienen los siguientes valores:

Presión de alimentación = 6 bares.

Diámetro del cilindro = 50 mm.

Diámetro del pistón = 20 mm.

3.7 DISEÑO DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO DE VACÍO

3.7.1 RECIPIENTES A PRESIÓN

Se considera como un recipiente a presión cualquier vasija cerrada que sea capaz de almacenar un fluido a presión manométrica, ya sea presión interna o vacío, independientemente de su forma y dimensiones.⁴¹

3.7.2 PRESIÓN DE OPERACIÓN

Es identificada como la presión de trabajo y es la presión manométrica a la cual estará sometido un equipo en condiciones de operación normal.⁴²

3.7.3 PRESIÓN DE DISEÑO

Es el valor que debe utilizarse en las ecuaciones para el cálculo de las partes constitutivas de los recipientes sometidos a presión, dicho valor será el siguiente:⁴³

$$\text{Si } P_o > 300 \text{ [lb/in}^2\text{]} \quad P = 1.1 * P_o$$

$$\text{Si } P_o < 300 \text{ [lb/in}^2\text{]} \quad P = P_o + 300 \text{ [lb/in}^2\text{]}$$

El diseño del tanque de almacenamiento se basa principalmente en el hecho de que la bomba de vacío no tiene la fuerza necesaria para realizar la presión de vacío para formar los envases, por lo cual el acumulador de vacío tiene un sistema de control que hace que cada vez que los moldes necesiten de presión de vacío este se activa y deja mandar la fuerza necesaria para la producción de los envases.

El diseño del tanque se basa en la norma ASME sección VIII, División 1, que trata de recipientes a presión.⁴⁴

⁴¹ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.1

⁴² MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.1

⁴³ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.1

⁴⁴ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.88.

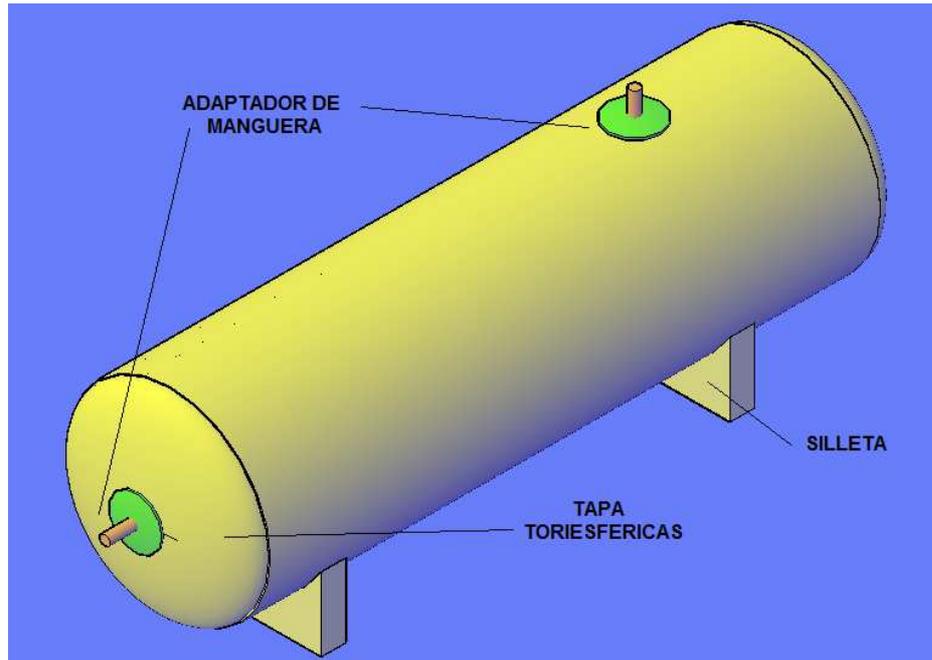


Figura 3.23 Almacenador de vacío.

El diseño del tanque se realiza para un tanque sometido a presión externa o vacío.

Los parámetros usados en el cálculo de los espesores en los recipientes sometidos a presión externa se realizan siguiendo las operaciones indicadas a continuación:

Para encontrar el valor del espesor del tanque se supone un valor de espesor t para lo cual se calculan las relaciones dadas a continuación:

$$\frac{L}{D_o} \quad (\text{Ec. 3.75})$$

Donde:

L Longitud del tanque, [in]

D_o Diámetro del cilindro del tanque, [in]

$$\frac{D_o}{t} \quad (\text{Ec. 3.76})$$

Donde:

- t Espesor mínimo requerido, [in]
 D_o Diámetro exterior del cilindro, [in]

Con el valor encontrado en la relación 3.75 se entra en la figura #48 (Ver anexo) para determinar el factor A, para lo cual se mueve hacia la derecha hasta encontrar la línea representativa del valor de la relación 3.76.⁴⁵

Con el factor A encontrado se entra en la en la figura 49 (Ver anexo V), para el material utilizado con el valor del factor A, hasta la línea representativa de la temperatura de diseño, moviéndose a la derecha se encuentra el valor de B.⁴⁶

Con el valor de B, se calcula la máxima presión exterior de trabajo permitida por la ecuación siguiente:

$$P_a = \frac{4 * B}{3 * \left(\frac{D_o}{t} \right)} \quad (\text{Ec. 3.77})$$

Donde:

- P_a Presión máxima exterior permisible para un valor de t, [lb/in²]
 t Espesor mínimo requerido, [in]
 D_o Diámetro exterior del cilindro, [in]
 A Factor Adimensional.

Cálculo de las tapas por presión externa

El cálculo de los espesores requeridos en las tapas, deberán cumplir con lo siguiente:

La presión exterior máxima permisible, será calculada por la ecuación:

$$P_a = \frac{B}{\frac{R_o}{t}} \quad (\text{Ec. 3.78})$$

⁴⁵ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.100.

⁴⁶ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.100.

Donde:

- P_a Presión máxima exterior permisible para un valor de t , [lb/in²]
 t Espesor mínimo requerido, [in]
 R_o Radio exterior de la tapa toriesférica [in]
 B Factor Adimensional.

El valor de B es calculado con el siguiente procedimiento:

Se supone un valor de t y calcule el valor de A para lo cual se usa la ecuación:

$$A = \frac{0.125}{\frac{R_o}{t}} \quad (\text{Ec. 3.79})$$

Resistencia del tanque de almacenamiento a los esfuerzos.

Los tanques cilíndricos horizontales soportados por silletas, están sometidos a los siguientes esfuerzos:⁴⁷

- Esfuerzos longitudinales por flexión.
- Esfuerzo de corte tangencial.

El cálculo de los esfuerzos longitudinales se expresa a continuación con la formula siguiente.⁴⁸

$$S_1 = \frac{Q * A_1 * \left[1 - \frac{1 - \frac{A_1}{L} + \frac{R^2 - H^2}{2 * A_1 * L}}{1 + \frac{4 * H}{3 * L}} \right]}{k_1 * R^2 * t_s} \quad (\text{Ec. 3.80})$$

Donde:

- S_1 Esfuerzo a tensión en la silleta, [lb/in²].

⁴⁷ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.122.

⁴⁸ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.123.

Q	Carga en una silleta, [lb].
A ₁	Distancia desde el inicio de la tapa hasta el eje, [in].
R	Radio del cilindro del tanque, [in].
E	Eficiencia de la soldadura.
H	Altura del casquete, [in].
K ₁	Valor de la constante para esfuerzos de flexión.
t _s	Espesor del tanque de almacenamiento, [in].
b	Ancho de la silleta, [in].

El cálculo de los esfuerzos longitudinales en el centro se expresa a continuación con la formula siguiente:⁴⁹

$$S_1 = \pm \frac{\frac{Q * L}{4} * \left[\frac{1 + 2 * \frac{R^2 - H^2}{L^2}}{1 + \frac{4 * H}{3 * L}} - \frac{4 * A}{L} \right]}{\pi * R^2 * t_s} \quad (\text{Ec. 3.81})$$

Para que el tanque cumpla con los requerimientos se debe cumplir la siguiente condición:

*S1 a tensión mas el esfuerzo debido a la presión interna P*R/2*ts no debe exceder el valor del esfuerzo permisible del material del cuerpo.*⁵⁰

Esta condición se encuentra establecida por la igualdad 3.83. El esfuerzo interno debido a la presión interna viene dado por la ecuación 3.82 así:

$$P_r = \frac{P * R}{2 * t_s} \quad (\text{Ec. 3.82})$$

Donde:

P	Presión de diseño, [lb/in ²]
T _s	Espesor del cilindro, [in].

La condición a cumplir es la siguiente:⁵¹

⁴⁹ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.123.

⁵⁰ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.123.

$$S_1 + P_r < S_{ad} \quad (\text{Ec. 3.83})$$

*El esfuerzo debido a la presión interna menos S_1 no debe exceder de la mitad del valor del punto de cedencia a compresión del material.*⁵²

El esfuerzo es a compresión, para ver si el tanque resiste el esfuerzo debe cumplir la siguiente condición:

El esfuerzo debido a la presión interna menos S_1 no debe exceder la mitad del valor del punto de cedencia a compresión del material.

Resistencia al corte tangencial.

Se aplican las siguientes fórmulas considerando las silletas cercanas a las tapas.

Los esfuerzos al corte tangencial en el cuerpo están dados por la ecuación 3.84.

$$S_2 = \frac{K_4 * Q}{R * t_s} \quad (\text{Ec. 3.84})$$

Los esfuerzos al corte tangencial en las tapas están dados por la ecuación 3.85.

$$S_2 = \frac{K_4 * Q}{R * t_h} \quad (\text{Ec. 3.85})$$

S_2 no debe exceder 0.8 veces del esfuerzo a tensión permisible del material de recipiente.⁵³

Se realiza el cálculo del espesor mínimo requerido para los elementos que forman parte del tanque con los datos que se indican a continuación:

La figura 3.21 muestra las especificaciones del tanque para su correcta dimensión:

⁵¹ MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.123.

⁵² MEGYESY, EUGENE, Manual de recipientes a Presión, Ed. Limusa, México 1992. Pag.123.

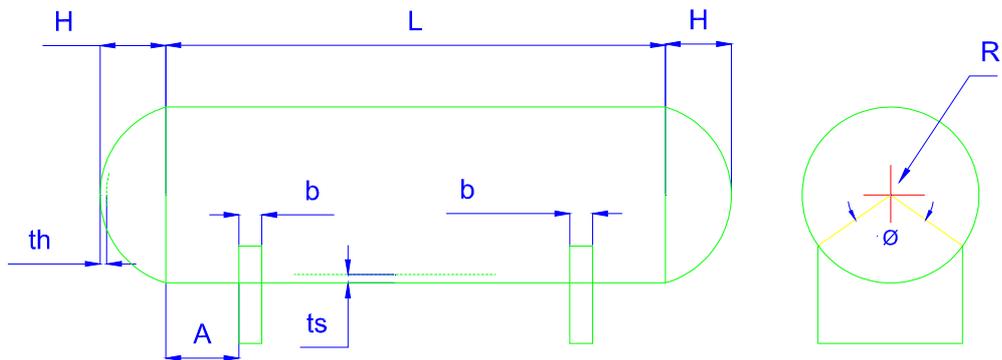


Figura 3.24 Vista lateral y frontal de acumulador de vacío.

Para encontrar el valor del espesor del tanque se supone un valor de espesor t para lo cual se calculan las relaciones dadas a continuación:

Datos

$$L = 51.18 \text{ [in]}$$

$$D_o = 21.25 \text{ [in]}$$

$$t = 0.12 \text{ [in]}$$

Reemplazando en las ecuaciones 3.75 y 3.76 y entrando a las figuras se tienen los siguientes valores de A y B respectivamente.

$$A = 0.000125$$

$$B = 3350$$

Reemplazando estos datos en la ecuación 3.77

$$P_a = \frac{4 * 3350}{3 * \left(\frac{21.25 \text{ [in]}}{0.12 \text{ [in]}} \right)}$$

$$P_a = 25.22 \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]$$

Este valor de presión indica que el cilindro del tanque soporta el vacío total debido que esta presión es mayor que la presión atmosférica o de vacío.

Calculo de las tapas por presión externa

Para el cálculo de los espesores requeridos en las tapas se parten de los datos a continuación:

Datos:

$$t = 0.12 \text{ [in]}$$

$$R_o = 19.125 \text{ [in]}$$

El valor de B es calculado con el siguiente procedimiento:

Se supone un valor de t y calcule el valor de A para lo cual se usa la ecuación 3.79:

$$A = \frac{0.125}{\frac{19.125[in]}{0.12[in]}}$$

$$A = 7.84 * 10^{-4}$$

Con el valor de A se encuentra el valor de B. con este valor se encuentra la presión exterior máxima admisible con la ecuación 3.78 así:

$$B = 10000$$

$$P_a = \frac{10000}{\frac{19.125[in]}{0.12[in]}}$$

$$P_a = 62.74 \left[\frac{lb}{in^2} \right]$$

Con el mismo criterio las tapas soportan sin problema la presión de vacío.

Con los criterios de diseño descritos se procede a realizar los cálculos para encontrar la resistencia de los esfuerzos a los que está sometida el tanque soportado por silletas con los datos que se indican a continuación:

$$Q = 169.54 \text{ [lb].}$$

$$A_1 = 5.9 \text{ [in].}$$

$$R = 10.62 \text{ [in].}$$

$$E = 0.8$$

$$H = 5.9 \text{ [in].}$$

$$K_1 = 0.33$$

$$t_s = 0.12 \text{ [in].}$$

$$b = 1.96 \text{ [in].}$$

Reemplazando datos en la ecuación 3.81 se tiene:

$$S_1 = \frac{169.52[\text{lb}] * 5.9 * \left[1 - \frac{1 - \frac{5.9[\text{lb}]}{51.18[\text{in}]} + \frac{(10.635[\text{in})^2 - (5.9[\text{in})^2}{2 * 5.9[\text{in}] * 51.18[\text{in}]} \right]}{1 + \frac{4 * 5.9[\text{in}]}{3 * 51.18[\text{in}]}}}{0.33 * (10.625[\text{in})^2 * 0.12[\text{in}]}$$

$$S_1 = 26.68 \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]$$

La condición expresada con la ecuación 3.83 debe cumplirse para lo cual se calcula el máximo esfuerzo permisible.

El esfuerzo interno debido a la presión interna viene dado por la ecuación 3.80 así:

$$S_1 = \frac{36000 \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]}{29} * \left[\frac{0.12[\text{in}]}{10.625[\text{in}]} * \left[2 - \frac{2}{3} * 100 * \frac{0.12[\text{in}]}{10.625[\text{in}]} \right] \right]$$

$$S_1 = 17.48 \left[\frac{\text{lb}}{\text{in}^2} \right]$$

La segunda condición viene dada por la ecuación 3.82 así:

$$P_r = \frac{314.5 \left[\frac{lb}{in^2} \right] * 10.625[in]}{2 * 0.12[in]}$$

$$P_r = 1.39 * 10^4 \left[\frac{lb}{in^2} \right]$$

Con los mismos datos anteriormente descritos se calcula el esfuerzo longitudinal en el centro con la ecuación 3.81 así:

$$S_1 = \pm \frac{169.54 \left[\frac{lb}{in^2} \right] * 51.18[in]}{4} * \left[\frac{1 + 2 * \frac{(10.625[in])^2 - (5.9[in])^2}{(51.18[in])^2}}{1 + \frac{4 * 5.9[in]}{3 * 51.18[in]}} - \frac{4 * 5.9[in]}{51.18[in]} \right]$$

$$\pi * (10.625[in])^2 * 0.12[in]$$

$$S_1 = -46.68 \left[\frac{lb}{in^2} \right]$$

Con este valor de esfuerzo se compara con la condición expresada por la condición de la ecuación 3.81. Por lo tanto el tanque soporta sin ningún problema los esfuerzos producidos por las silletas.

La resistencia del tanque al corte tangencial se realiza mediante la aplicación de la ecuación 3.84.

$$S_2 = \frac{0.88 * 169.54[lb]}{10.625[in] * 0.12[in]}$$

$$S_2 = 117.2 \left[\frac{lb}{in^2} \right]$$

El valor es el mismo debido a que el cilindro y las tapas tienen el mismo espesor.

Reemplazando datos en la ecuación 3.85 se obtiene:

$$S_3 = \frac{0.401 * 169.54 \left[\frac{lb}{in^2} \right]}{10.625[in] * 0.12[in]}$$

$$S_3 = 53.32 \left[\frac{lb}{in^2} \right]$$

S3 mas el esfuerzo debido a la presión interna no debe exceder de 1.25 veces el esfuerzo a tensión permisible del material de la tapa.

El valor del tanque si cumple con la condición anterior.

3.8 DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

El diagrama del circuito de fuerza de la Termoformadora se observa en la figura 3.23.

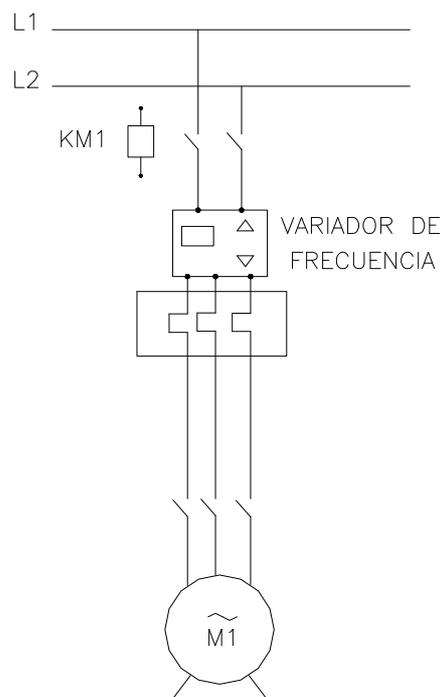


Figura 3.25 Diagrama de alimentación al sistema motriz.

Este circuito muestra la conexión del equipo primario motriz que será el encargado de dar el movimiento al sistema de alimentación de las láminas plásticas, como se explicó anteriormente.

Entre los elementos utilizados se tienen los siguientes:

L1 y L2, líneas que se toman de la entrada trifásica.

Variador de frecuencia, dispositivo electrónico que permite variar las revoluciones del motor.

M1, motor que da movimiento al sistema de alimentación de la Termoformadora.

A continuación en el grafico 4.15, se observa el diagrama de control del Sistema que controla la temperatura.

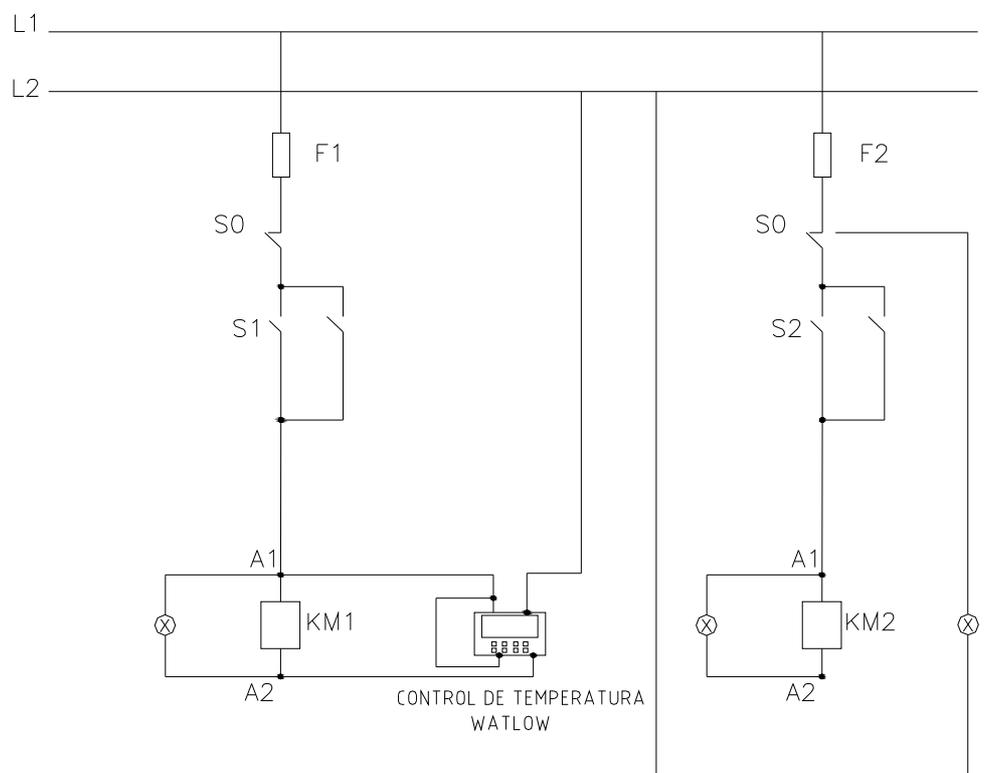


Figura 3.26 Diagrama de control de la Termoformadora.

Los elementos que se utilizan se detallan a continuación:

L1 y L2, líneas que se toman de la entrada trifásica.

F1 y F2, fusibles de protección del circuito.

S0, S1, S2, pulso de disparo.

WATLOW, Control de temperatura del sistema.

CAPITULO IV

4 ANÁLISIS DE COSTOS

Este capítulo se refiere acerca de los costos de diseño así como los costos para su posterior construcción y montaje del proyecto.

El análisis de estos conceptos se basa principalmente en la determinación de los costos que conlleva la realización de este proyecto, para esto se realiza un estudio detallado de los costos directos y costos indirectos, como se detallan a continuación:

Una clasificación de los costos directos más detallada es la siguiente:

- Materia Prima.
- Elementos normalizados.
- Costos de Maquinado.
- Costos de Montaje.

Los costos indirectos se puede subdividir en:

- Materiales Indirectos.
- Costos de Ingeniería.
- Gastos varios.

El costo total del proyecto es la suma de los costos directos y costos indirectos.

4.1 ANÁLISIS DE COSTOS DIRECTOS

4.1.1 COSTOS DE MATERIA PRIMA

Los costos de materia prima son aquellos elementos fundamentales y necesarios para la construcción de los elementos constitutivos de la Termoformadora. Los costos de los materiales se presentan en la tabla 4.1.

	Precio	Precio
--	---------------	---------------

Material	Cantidad	Unitario [USD]	Total [USD]
Perfil estructural tipo L 50*50*3 mm	3	13,5	40,5
Perfil estructural tipo L 20*20*2 mm	2	6,15	12,3
Casquetes de 540 mm.	2	123	246
Plancha de acero negro 3mm.	1	97,01	97,01
Eje de acero A-36. D=1/2"*1500mm.	1	85	85
Eje de bronce fosfórico. D=1"*300mm.	1	60	60
Tubo HG. 3/4"*10"	5	6	30
Total			570,81

Tabla 4.1 Costos de materia prima.

4.1.2 COSTOS DE ELEMENTOS NORMALIZADOS.

Son elementos que se adquieren en el mercado y no se alteran sus dimensiones para su uso, estos elementos se detallan en la Tabla 4.2.

Material	Cantidad	Precio Unitario [USD]	Precio Total [USD]
Variador de frecuencia	1	248	248
Motor de 1/4 hp. 220 V	1	202	202
GRIPPER CHAIN	1	2044	2044
Tablero de control	1	123	123
Radiadores Térmicos.	7	53,99	377,93
Bomba de Vacío	1	400	400
Fibra aislante	1	85	85
Control de Temperatura WALTLOW	1	196	196
Cilindros Neumáticos	2	109,14	218,28
Chumaceras	4	7,34	29,36
Cable # 14 para alta temperatura flexible	30	1,2	36

1 cinta autofundente	1	2,4	2,4
Cable # 8 flexible	20	1,25	25
Mangueras Neumáticos	1	0,6	0,6
Acoples y conectores neumáticos	20	0,45	9
Resortes	16	1,25	20
Total			3987,21

Tabla 4.2 Costos de elementos normalizados.

4.1.3 COSTOS DE MAQUINADO

Este costo está relacionado directamente con la mano de obra directa empleada en las operaciones en las maquinas herramientas para la respectiva fabricación de cada uno de los componentes de la Termoformadora. El cálculo de este costo se realiza por medio del tiempo que se emplea en la fabricación de cada uno de los elementos en los respectivas maquinas. Estos costos se detallan en la tabla 4.3.

Procedimiento	Costo por maquina, incluido mano de obra	Tiempo [h]	Costo Total [USD]
Torno	6	16	48
Fresadora	7	5	5
Soldadura	6	24	48
Taladrado	5	3	3
Pintura	5	8	8
Total			112

Tabla 4.3 Costos de maquinado.

4.1.4 COSTOS DE MONTAJE

Este costo está relacionado con el montaje que se realizará luego de que los sistemas de la Termoformadora estén fabricados, ya que los elementos son

varios se procede a tomar en cuenta a dos técnicos, un técnico electricista, un mecánico industrial y dos ayudantes. Esto se detalla en la tabla 4.4.

Personal	Tiempo	Costo [USD/h]	Costo Total [USD]
Técnico electricista	16	7	112
Técnico mecánico	32	5	160
Ayudantes	32	3	96
Total			368

Tabla 4.4 Costos de montaje.

4.1.5 COSTO DIRECTO TOTAL

En la tabla 4.5 se realiza el análisis de los costos directos.

Materia Primas	570,81
Elementos normalizados y Adicionales	3987,21
Costos de Maquinado	112
Costo de Montaje	368
COSTO DIRECTO TOTAL	5038,02

Tabla 4.5 Costo directo total.

4.2 ANALISIS DE COSTOS INDIRECTOS

4.2.1 COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS

Estos costos son generados por la utilización de materiales complementarios en la construcción de la Termoformadora. Estos valores se detallan en la tabla 4.6.

Material	Cantidad	Precio Unitario [USD]	Precio Total [USD]
Electrodos E 6011	3	1,43	4,29
Discos de corte	1	2,84	2,84
Discos de desbaste	2	3,51	7,02
Pintura de resistencia a la temperatura	1	45,32	45,32
Pintura anticorrosiva	1	13,8	13,8
Varios	1	65	65
Total			138,27

Tabla 4.6 Costos de materiales indirectos.

4.2.2 COSTOS DE INGENIERIA

Son costos que se derivan del conocimiento y de la experiencia que tiene un ingeniero para el diseño y la posterior construcción de una máquina, para el desarrollo de este proyecto se hace necesario la participación de dos personas las cuales desarrollaran las siguientes funciones:

- Definición de problema
- Presentación de alternativas.
- Selección de alternativas.
- Diseño y selección de la alternativa seleccionada.

Después de un análisis se tiene que los tiempos totales en las funciones anteriormente descritas son de aproximadamente 72 horas. Además se tiene un valor por hora de USD 20, lo que da un valor de USD 1440.

4.2.3 COSTOS IMPREVISTOS

Son aquellos gastos que no se tienen en cuenta al inicio y que se van mostrando conforme se va desarrollando el proyecto, estos detalles se tiene a continuación en la tabla 4.7.

Imprevistos	Valor [USD]
Movilización propia	25
Impresión de planos	30
Materiales extras	30
Varios	85
Total	170

Tabla 4.7 Costos imprevistos.

4.2.4 COSTO TOTAL INDIRECTO

COSTOS DE MATERIALES INDIRECTOS	138,27
COSTOS DE INGENIERIA	300
COSTOS IMPREVISTOS	85
COSTO INDIRECTO TOTAL	523,27

Tabla 4.8 Costo indirecto total.

4.3 COSTO TOTAL DE LA MAQUINA

COSTO DIRECTO TOTAL	5038,02
COSTO INDIRECTO TOTAL	523,27
COSTO TOTAL DE LA MAQUINA	5561,29

Tabla 4.9 Costo total de la máquina.

CAPITULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Se concretó el objetivo principal del proyecto, este consiste en diseñar la Termoformadora de manera exitosa, cumpliendo las especificaciones deseadas por la empresa.
- La velocidad de producción de la Termoformadora puede variar ya que esta posee un variador de frecuencia que regula la velocidad de la alimentación de las láminas de plástico.
- La Termoformadora tiene la capacidad de realizar cualquier tipo de envase ya que esta consta de un mecanismo de moldes que puede ser cambiando dependiendo de la necesidad de la empresa,
- Para la operación de la Termoformadora se requiere solo una persona que no necesariamente debe ser calificada.
- Los planos de construcción y de taller cumplen con las normas establecidas para facilitar su posterior construcción.
- El diseño de la Termoformadora permite que esta sea de fácil desmontaje y mantenimiento.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda seguir el procedimiento del protocolo de pruebas para que el arranque de la Termoformadora sea el correcto y no exista ningún tipo de problema en la producción de los envases.
- La alineación de los mecanismos de macho y hembra debe ser muy riguroso para evitar una malformación de los envases, así como un daño de los moldes macho y hembra.
- Verificar que el tablero de control se encuentre con los parámetros adecuados de velocidad, así como el de temperatura de calentamiento.
- El mantenimiento debe ser realizado periódicamente para evitar que existan graves daños que requieran que la maquina pare la producción por largos periodos de tiempo.
- Las dimensiones de los elementos deben seguir las tolerancias admisibles para que no exista ningún problema al momento del montaje.
- Se debe verificar la correcta alineación de los resortes ya que de estos dependen en un alto porcentaje la adecuada producción de los envases.

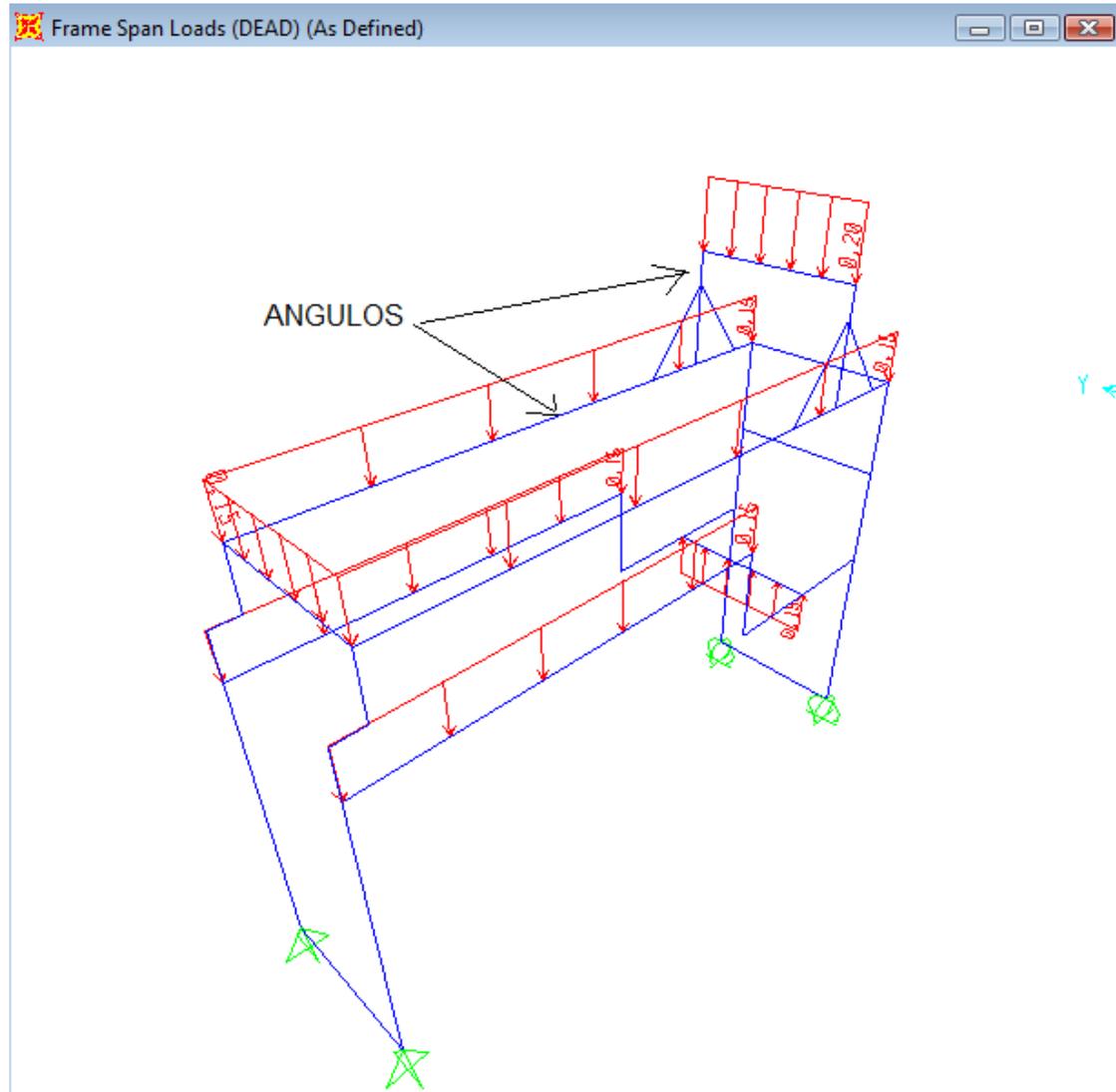
6 BIBLIOGRAFIA

1. NORTON, ROBERT, Diseño de Maquinas, Prentice Hall, Primera Edición, México 1999.
2. MEGYESY, EUGENE, Manual de Recipientes a Presión, Editorial Limusa, México 1992.
3. LEON, JUAN MANUEL, Diseño y Cálculo de Recipientes a Presión, Editorial Ingeniería León, México 2001.
4. INCROPERA, FRANK, Fundamentos de Transferencia de Calor, Editorial, Prentice Hall, Cuarta Edición, 1996.
5. VARGAS T. JAIME, Guía de los Fundamentos del Dibujo Industrial, Ed. EPN, Quito 2005.
6. MICHAELI GREIF & KAUFMANN, Vosseburger, Introducción a la Tecnología de los Plásticos, Ediciones UPC, España, 1999
7. OTHMER Kirk., Enciclopedia de Tecnología Química, Ediciones UPC, España, 1999
8. YUNUS A. Cengel, Transferencia de Calor, McGraw-Hill, México, 1998.
9. TSUBAKI, Catalogo de cadenas para Termoformado.
10. FAG, Manual de Rodamientos.

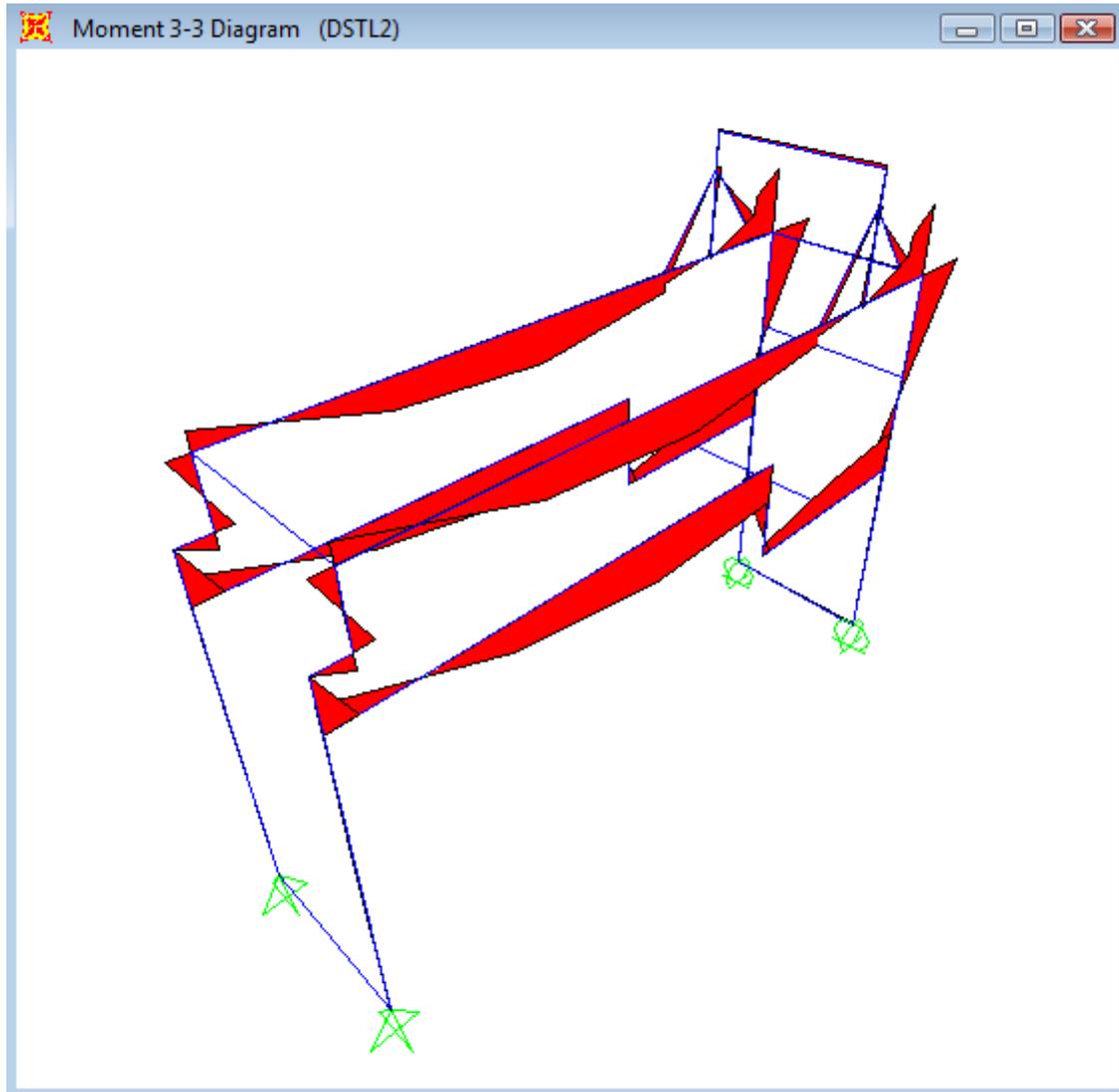
ANEXOS

ANEXO I

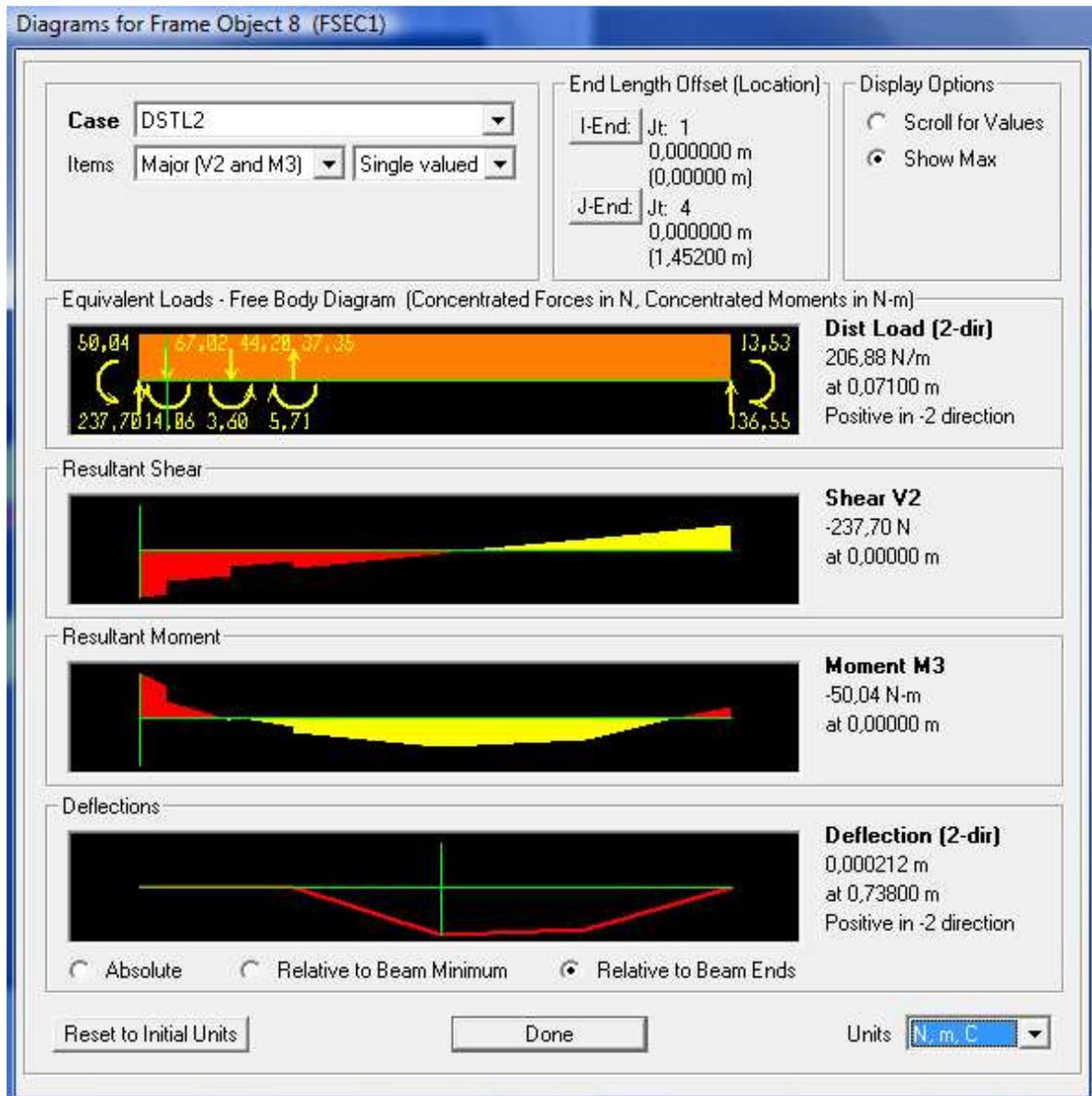
1. DISTRIBUCION Y ANALISIS DE CARGAS. SOFTWARE SAP 2000.
2. MOMENTOS RESULTANTES EN BASTIDOR. SOFTWARE SAP 2000.
3. DIAGRAMA DE MOMENTOS EN ELEMENTO CON MAYOR MOMENTO. SOFTWARE SAP 2000.
4. DIAGRAMA DE MOMENTOS EN EL EJE MOTRIZ.



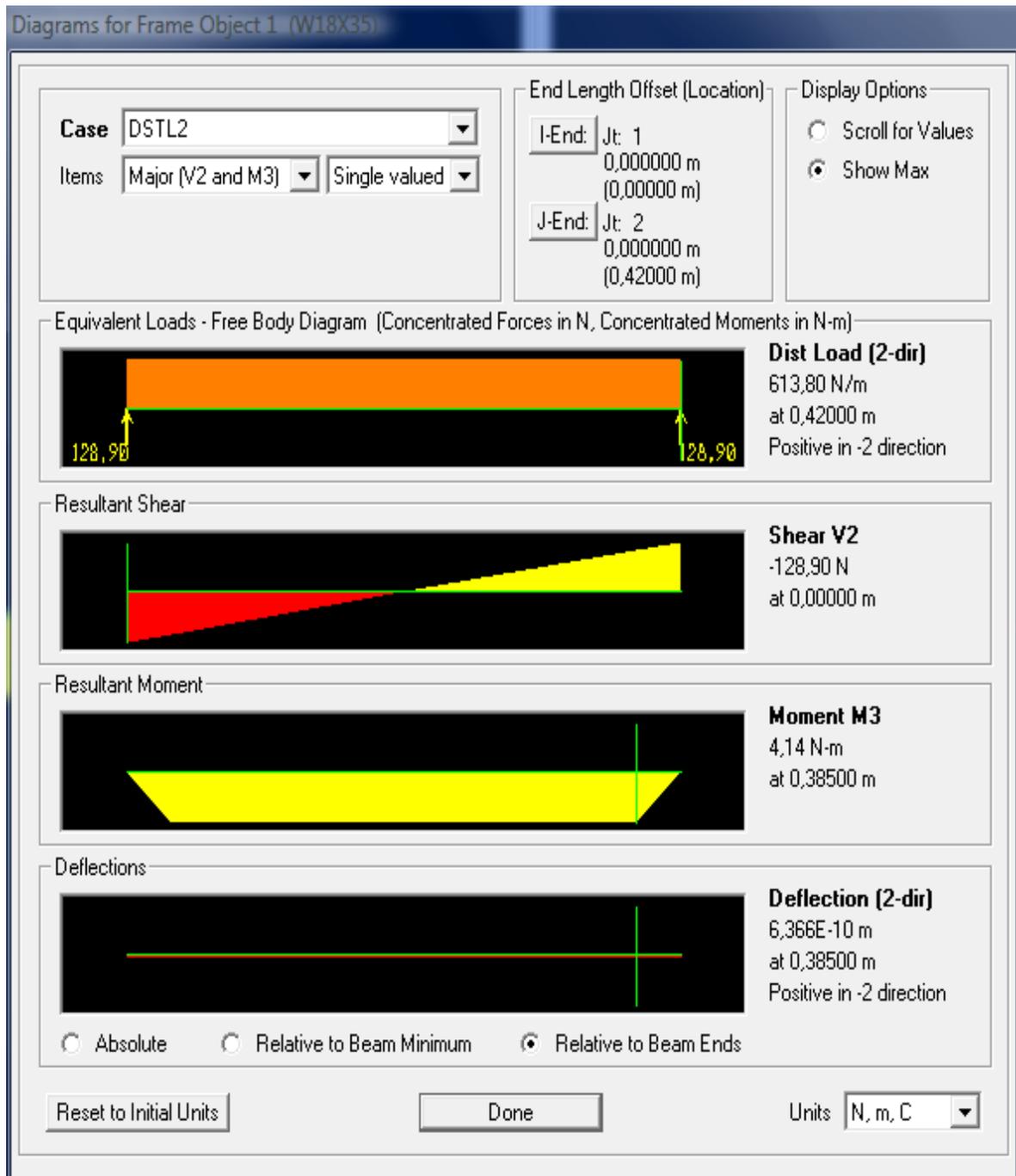
1. Distribución y análisis de carga en el bastidor.



2. Diagramas de Momentos de los elementos del bastidor.



3 Momento máximo en la parrilla que presenta el SAP2000



4 Diagrama de momentos en el eje motriz.

ANEXO II

1. PROPIEDADES MECANICAS DEL ACERO A-36.
2. CATALOGO DE PERFILES L MARCA DIPAC

Tabla 5:
Comparación de propiedades mecánicas de aceros
ASTM A36 Y A42-27ES.

Características	Espesor, e al que se aplica, mm		Unidad de medida (*)	Grados de aceros	
	A42-27ES	ASTM A36		A42-27ES	ASTM A36
Resistencia a la Tracción, R_m	Todos	(**)	Kgf/mm ²	$42 \leq R_m \leq 52$	$41 \leq R_m \leq 56$
Limite de Fluencia mínimo, R_e	$e \leq 16$	(**)	Kgf/mm ²	27	25
Alargamiento Porcentual de Rotura, A, en Probetas de $L_0 = 50$ mm	$e \leq 5$ $5 \leq e \leq 16$ $16 \leq e \leq 50$	(**)	% min % min % min	22 20 18	19

* De acuerdo con NCh 22, $1 \text{ Kgf/mm}^2 = 9,80665 \text{ MPa}$

** Para perfiles de sección inferior a 645 mm^2 , o barras de diámetro inferior a 13 mm , no se exige ensayo de tracción al fabricante.

Tabla 2.3 Materiales más comunes y esfuerzos permisibles (Kg/cm^2)

ESPECIFICACION	GRADO	ESFUERZO EN PUNTO CEDENCIA	ESFUERZO A LA TENSION	ESFUERZO DE DISEÑO	ESFUERZO DE PRUEBA
ASTM					
A-283	C	2110	3870	1410	1580
A-285	C	2110	3870	1410	1580
A-131	A,B,CS	2390	4080	1600	1750
A-36		2530	4080	1630	1750
A-131	EH36	2580	4990	1200	2140
A-442	55	2110	3870	1410	1580
A-442	60	2250	4220	1500	1690
A-573	58	2250	4080	1500	1690
A-573	65	2460	4570	1640	1850
A-573	70	2950	4920	1970	2110
A-516	55	2110	3870	1410	1580
A-516	60	2250	4220	1500	1690
A-516	65	2460	4570	1640	1850
A-516	70	2670	4920	1780	2000
A-662	B	2810	4570	1830	1960
A-662	C	3020	4920	1970	2110
A-537	1	3510	4920	1970	2110
A-537	2	4220	5620	2250	2410
A-633	C,D	3510	4920	1970	2110
A-678	A	3510	4920	1970	2110
A-678	B	4220	5620	2250	2410
A-737	B	3510	4920	1970	2110



DIPAC®

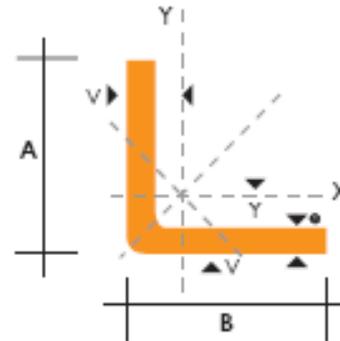
PRODUCTOS DE ACERO

ANGULOS "L" DOBLADO

PERFILES ESTRUCTURALES ANGULOS "L" DOBLADO

Especificaciones Generales

Norma	INEN 1 623: 2000
Otras calidades	Previa consulta
Largo normal	6,00 m
Otros largos	Previa consulta
Espesores	Desde 1,5 hasta 12 mm
Acabado	Natural
Otro acabado	Previa consulta



DIMENSIONES			PESOS		SECCION	EJE X-X		- EJE Y-Y		EJE U-U	EJE V-V
A	B	e	6 metros	1 metro		I	W	i	X=Y	i	i
mm	mm	mm	Kg	Kg		cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm
25	25	2	4.38	0.73	0.93	0.57	0.32	0.78	0.72	0.99	0.47
25	25	3	6.36	1.06	1.35	0.79	0.44	0.76	0.77	0.98	0.44
30	30	2	5.34	0.89	1.13	1.00	0.46	0.94	0.84	1.20	0.58
30	30	3	7.80	1.30	1.65	1.41	0.67	0.92	0.89	1.18	0.55
30	30	4	10.08	1.68	2.14	1.80	0.88	0.92	0.94	1.17	0.52
40	40	2	7.20	1.20	1.53	2.44	0.84	1.26	1.09	1.61	0.78
40	40	3	10.62	1.77	2.25	3.50	1.22	1.25	1.14	1.59	0.76
40	40	4	13.86	2.31	2.94	4.46	1.58	1.23	1.19	1.58	0.78
40	40	5	19.62	2.82	3.59	5.31	1.91	1.22	1.23	0.73	0.73
50	50	2	9.12	1.52	1.93	4.86	1.33	1.58	1.34	2.01	0.98
50	50	3	13.44	2.24	2.85	7.03	1.95	1.57	1.39	2.00	0.96
50	50	4	17.64	2.94	3.74	9.04	2.53	1.56	1.43	1.98	0.94
50	50	5	21.60	3.60	4.59	10.88	3.09	1.54	1.48	1.97	0.93
50	50	6	25.92	4.32	5.40	12.57	3.62	1.53	1.53	1.96	0.90
60	60	3	16.26	2.71	3.45	12.37	2.84	1.89	1.64	2.41	1.16
60	60	4	21.36	3.56	4.54	16.00	3.71	1.88	1.68	2.39	1.15
60	60	5	26.34	4.39	5.59	19.40	4.54	1.86	1.73	2.38	1.13
60	60	6	31.68	5.28	6.60	22.56	5.35	1.85	1.78	2.37	1.11
60	60	8	41.04	6.84	8.55	28.21	6.85	1.82	1.88	2.34	1.05
75	75	3	19.56	3.26	4.35	24.60	4.48	2.38	2.01	3.02	1.48
75	75	4	27.06	4.51	5.74	32.02	5.88	2.36	2.06	3.00	1.45
75	75	5	33.42	5.57	7.09	39.08	7.25	2.35	2.11	2.99	1.43
75	75	6	40.32	6.72	8.40	45.76	8.57	2.33	2.16	2.97	1.40
75	75	8	52.56	8.76	10.95	58.03	11.05	2.30	1.25	2.95	1.37
75	75	10	64.92	10.82	13.36	68.89	13.38	2.27	2.35	2.92	1.32
80	80	4	28.92	4.82	6.14	39.10	6.72	2.52	2.18	3.21	1.56
80	80	5	35.76	5.96	7.59	47.79	8.28	2.51	2.23	3.20	1.54
80	80	6	43.20	7.20	9.00	56.05	9.80	2.49	2.28	3.18	1.51
80	80	8	56.40	9.40	11.75	71.32	12.67	2.46	2.37	3.16	1.46
80	80	10	68.94	11.49	14.36	84.94	15.36	2.43	2.47	3.13	1.43
80	80	12	81.78	13.63	16.83	97.05	17.87	2.40	2.57	3.10	1.38

También en galvanizado e inoxidable - Medidas Especiales Bajo Pedido.

ANEXO III

1. PROPIEDADES DE RADIADORES TERMICOS MARCA ELSTEIN FSR.
2. PROPIEDADES DE LA LANA DE FIBRA DE VIDRIO COMO MATERIAL AISLANTE.

Ceramic Infrared Panel Radiators

FSR

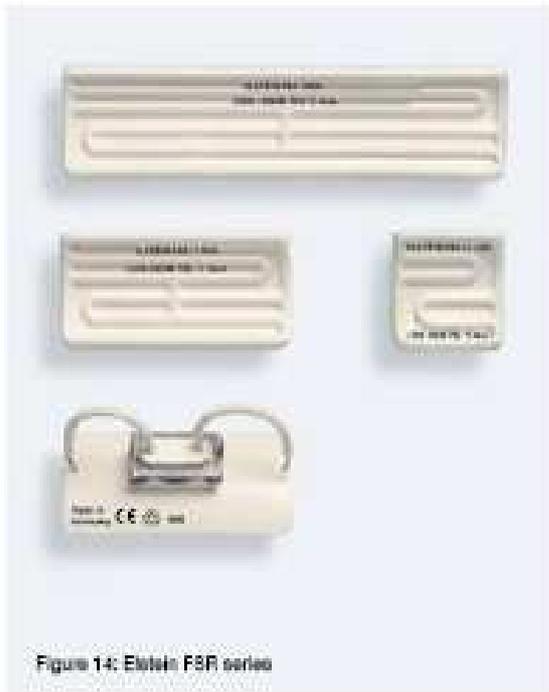


Figure 14: Elstein FSR series

Elstein FSR panel radiators are ceramic infrared radiators, which are designed for operating temperatures up to 750 °C. Surface ratings of up to 64 kW/m² can be installed.

FSR series radiators are made using a full-pour casting ceramic process and are characterised by their concave design. Due to the design of this type, there is a space between the radiator and mounting plate, which reduces the heat absorbed by the wiring space.

FSR panel radiators can be used universally and are suitable for assembling radiation areas with any geometry required. They are available in three designs and cover the power range from 60 W to 1000 W.

With its FSR panel radiators, the company Elstein-Werk has been setting design, type, power and quality standards, recognised worldwide since 1952, for ceramic infrared panel radiators.

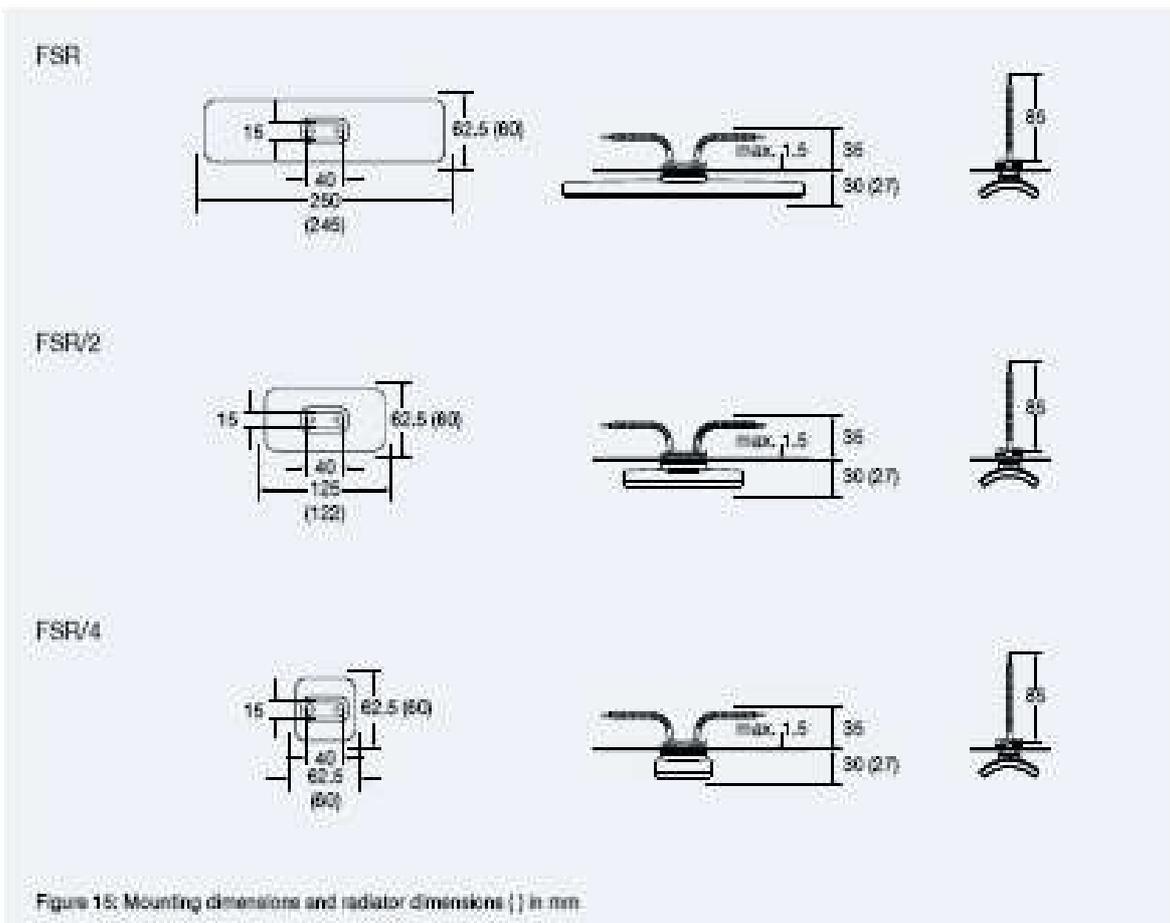
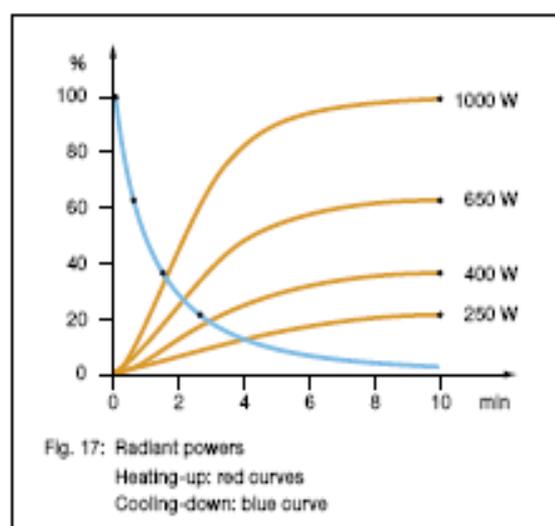
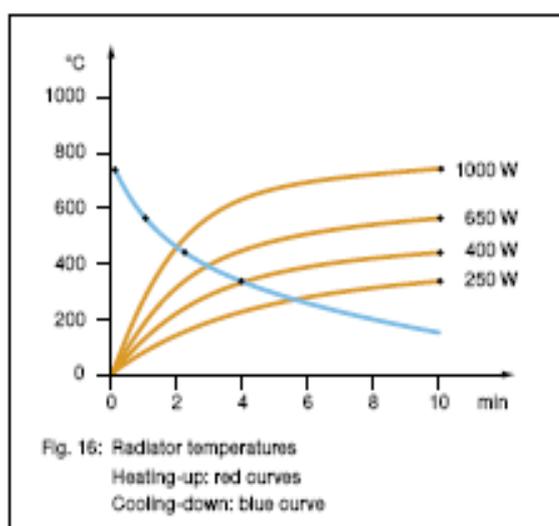


Figure 15: Mounting dimensions and radiator dimensions () in mm



Type, weight, wattage	FSR	220 g	250	400	650	1000	W
	FSR/2	125 g	125	200	325	500	W
	FSR/4	75 g	60	100	200	250	W
Surface rating			16.0	25.6	41.6	64.0	kW/m ²
Typical operating temperature			400	500	620	720	°C
Maximum permissible temperature			750	750	750	750	°C
Wavelength range			2 - 10				μm

Standard design	Thermocouple radiators	Variants
Operating voltage 230 V Ceramic full-pour casting Leads 85 mm Elstein standard socket Mounting set	Integrated thermocouple Type K (NiCr-Ni) Designation T-FSR, T-FSR/2, T-FSR/4 TC leads 100 mm	Special wattages Special voltages Extended leads Live leads with ring terminals

The power can be controlled using thermocouple radiators together with TRD temperature controllers, TSE thyristor switching units and other accessories.

IR radiation areas can be assembled using REO reflectors, REF construction sets, EBF construction elements and MBO mounting sheets.

The national safety regulations must be complied with for the respective application, for example, the IEC or EN standard 60519-1, Safety in electrical heating installations.

Further information and safety information are given in the mounting instruction enclosed with each radiator.



LANA AW

Aislamiento Térmico para servicio en caliente

DESCRIPCIÓN:

La Lana AW de FiberGlass es un aislamiento térmico hecho con lana de fibras de vidrio inorgánicas y elásticas, aglomeradas con resina termo-resistente, presentada en rollos.

USOS:

La Lana AW está diseñada para ser empleada en aplicaciones como aislamiento térmico de equipos y electrodomésticos que trabajan a temperaturas hasta de 540°C (1000°F) con el espesor recomendado. Este aislamiento es ampliamente utilizado en sistemas de paneles, recubrimientos flexibles, hornos industriales o superficies irregulares.

BENEFICIOS:

- **Excelente Funcionamiento Térmico**
La eficiencia térmica de la Lana AW contribuye a reducir las pérdidas de calor y el consumo de combustibles.
- **Peso Liviano**
El bajo peso de la fibra de vidrio facilita la instalación y manipulación del aislamiento, incluso cuando se trabaja con grandes cantidades.
- **Elasticidad**
Su elasticidad garantiza llenar completamente todos los espacios con el aislamiento asegurándose alta eficiencia en el funcionamiento de los artefactos.
- **Rápido y Fácil de Instalar**
Su presentación en rollos permite cubrir grandes áreas rápidamente, eliminando el trabajo tedioso de colocar lámina por lámina.

"Líderes en ahorro y conservación de energía".

AISLAMIENTO INDUSTRIAL

- Incombustible
- Resiste la vibración sin deformarse
- Inorgánico
- No genera ni acelera la corrosión sobre acero, hierro, cobre o aluminio.
- No absorbe humedad ambiental.

ESPECIFICACIONES TECNICAS

- Conductividad Térmica: 0.039 w/°C.m² Valor típico (0.27 BTU.in/hr.°F.ft²).
- Características de Quemado Superficial: ASTM E84 Propagación de llama 25.
- Temperatura de aplicación: Máx 540°C (1000°F).
- Empaque: Bolsas de polietileno
- Unidad: Rollos

DIMENSIONES:

	LONGITUD	ANCHO	ESPESOR
600" X 48" X 1"	15.24m	1219 mm	25.4 mm
300" X 48" X 1"	7.62 m	1219 mm	25.4 mm
600" X 48" X 1 1/2"	15.24 m	1219 mm	50.8 mm

ESPEORES RECOMENDADOS

Espeor	Ts Tq	1000°F (538°C)	850°F (454°C)	700°F (371°C)	550°F (288°C)	400°F (288°C)	250°F (121°C)
1"	Ts	250	228	204	180	154	125
	Q	203	168	134	100	67	34
2"	Ts	187	173	159	144	128	110
	Q	110	91	73	55	37	19
3"	Ts	161	151	140	129	117	104
	Q	76	63	50	38	25	13
4"	Ts	145	138	129	120	111	-
	Q	58	48	39	29	20	-
5"	Ts	137	130	122	-	-	-
	Q	47	39	31	-	-	-
6"	Ts	130	124	-	-	-	-
	Q	139	33	-	-	-	-

Cálculos realizados para: Velocidad de viento = 0
 Emisividad Exterior = 0.2
 Temperatura ambiente = 88°F (30°C)

Ts = Temperatura Superficial en °F

Q = Pérdidas de Calor en BTU/h.ft²

Unidad de Servicio Técnico: llame gratis al 01 800 09 107 07
 Ingresa al 220 0007 internet: www.Megaseal.com.mx
 E-mail: ventas@megaseal.com.mx

"La información en este documento está sujeta a cambio sin previo aviso".

"Para obtener información detallada sobre las especificaciones técnicas de este producto, solicite y consulte la DDC (Especificación del Cliente)".

ANEXO IV

1. CATALOGO DE METAL WORKS PARA CILINDROS NEUMATICOS.

FORCES GENERATED DURING THRUST AND TRACTION (THEORETICAL)

Cylinder bore D mm	Piston rod diameter d mm	Motion	Useful area cm ²	Thrust and traction force in N depending on the operating pressure in bar.									
				1 bar	2 bar	3 bar	4 bar	5 bar	6 bar	7 bar	8 bar	9 bar	10 bar
8	4	thrust	0.50	0.5	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
		traction	0.38	0.4	0.8	1.1	1.5	1.9	2.3	2.6	3.0	3.4	3.8
10	4	thrust	0.79	0.8	1.6	2.4	3.1	3.9	4.7	5.5	6.3	7.1	7.9
		traction	0.66	0.7	1.3	2.0	2.6	3.3	4.0	4.6	5.3	5.9	6.6
12	6	thrust	1.13	1.1	2.3	3.4	4.5	5.7	6.8	7.9	9.0	10.2	11.3
		traction	0.85	0.8	1.7	2.5	3.4	4.2	5.1	5.9	6.8	7.6	8.5
16	6	thrust	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		traction	1.73	1.7	3.5	5.2	6.9	8.6	10.4	12.1	13.8	15.6	17.3
16	8	thrust	2.01	2.0	4.0	6.0	8.0	10.1	12.1	14.1	16.1	18.1	20.1
		traction	1.51	1.5	3.0	4.5	6.0	7.5	9.0	10.6	12.1	13.6	15.1
20	8	thrust	3.14	3.1	6.3	9.4	12.6	15.7	18.8	22.0	25.1	28.3	31.4
		traction	2.64	2.6	5.3	7.9	10.6	13.2	15.8	18.5	21.1	23.8	26.4
20	10	thrust	3.14	3.1	6.3	9.4	12.6	15.7	18.8	22.0	25.1	28.3	31.4
		traction	2.36	2.4	4.7	7.1	9.4	11.8	14.1	16.5	18.8	21.2	23.6
25	8	thrust	4.91	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	29.5	34.4	39.3	44.2	49.1
		traction	4.41	4.4	8.8	13.2	17.6	22.0	26.4	30.8	35.2	39.7	44.1
25	10	thrust	4.91	4.9	9.8	14.7	19.6	24.5	29.5	34.4	39.3	44.2	49.1
		traction	4.12	4.1	8.2	12.4	16.5	20.6	24.7	28.9	33.0	37.1	41.2
32	12	thrust	8.04	8.0	16.1	24.1	32.2	40.2	48.3	56.3	64.3	72.4	80.4
		traction	6.91	6.9	13.8	20.7	27.6	34.6	41.5	48.4	55.3	62.2	69.1
40	12	thrust	12.57	12.6	25.1	37.7	50.3	62.8	75.4	88.0	100.5	113.1	125.7
		traction	11.44	11.4	22.9	34.3	45.7	57.2	68.6	80.0	91.5	102.9	114.4
40	16	thrust	12.57	12.6	25.1	37.7	50.3	62.8	75.4	88.0	100.5	113.1	125.7
		traction	10.56	10.6	21.1	31.7	42.2	52.8	63.3	73.9	84.4	95.0	105.6
50	16	thrust	19.63	19.6	39.3	58.9	78.5	98.2	117.8	137.4	157.1	176.7	196.3
		traction	17.62	17.6	35.2	52.9	70.5	88.1	105.7	123.4	141.0	158.6	176.2
50	20	thrust	19.63	19.6	39.3	58.9	78.5	98.2	117.8	137.4	157.1	176.7	196.3
		traction	16.49	16.5	33.0	49.5	66.0	82.5	99.0	115.5	131.9	148.4	164.9
63	16	thrust	31.17	31.2	62.3	93.5	124.7	155.9	187.0	218.2	249.4	280.6	311.7
		traction	29.16	29.2	58.3	87.5	116.6	145.8	175.0	204.1	233.3	262.5	291.6
63	20	thrust	31.17	31.2	62.3	93.5	124.7	155.9	187.0	218.2	249.4	280.6	311.7
		traction	28.03	28.0	56.1	84.1	112.1	140.2	168.2	196.2	224.2	252.3	280.3
80	20	thrust	50.27	50.3	100.5	150.8	201.1	251.3	301.6	351.9	402.1	452.4	502.7
		traction	47.12	47.1	94.2	141.4	188.5	235.6	282.7	329.9	377.0	424.1	471.2
80	25	thrust	50.27	50.3	100.5	150.8	201.1	251.3	301.6	351.9	402.1	452.4	502.7
		traction	45.36	45.4	90.7	136.1	181.4	226.8	272.1	317.5	362.9	408.2	453.6
100	25	thrust	78.54	78.5	157.1	235.6	314.2	392.7	471.2	549.8	628.3	706.9	785.4
		traction	73.63	73.6	147.3	220.9	294.5	368.2	441.8	515.4	589.0	662.7	736.3
125	32	thrust	122.72	122.7	245.4	368.2	490.9	613.6	736.3	859.0	981.7	1104.5	1227.2
		traction	114.68	114.7	229.4	344.0	458.7	573.4	688.1	802.7	917.4	1032.1	1146.8
160	40	thrust	201.06	201.1	402.1	603.2	804.2	1005.3	1206.4	1407.4	1608.5	1809.6	2010.6
		traction	188.50	188.5	377.0	565.5	754.0	942.5	1131.0	1319.5	1508.0	1696.5	1885.0
200	40	thrust	314.16	314.2	628.3	942.5	1256.6	1570.8	1885.0	2199.1	2513.3	2827.4	3141.6
		traction	301.59	301.6	603.2	904.8	1206.4	1508.0	1809.6	2111.1	2412.7	2714.3	3015.9

ANEXO V

1. VALORES DEL FACTOR A QUE SE USAN EN EL DISEÑO PARA RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA.
2. VALORES DEL FACTOR B QUE SE USAN EN EL DISEÑO PARA RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA.
3. VALORES DE LA CONSTANTE K.



VALORES DEL FACTOR A
QUE SE USAN EN LAS FORMULAS PARA
RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA

NORMAS

FIGURA No. 48

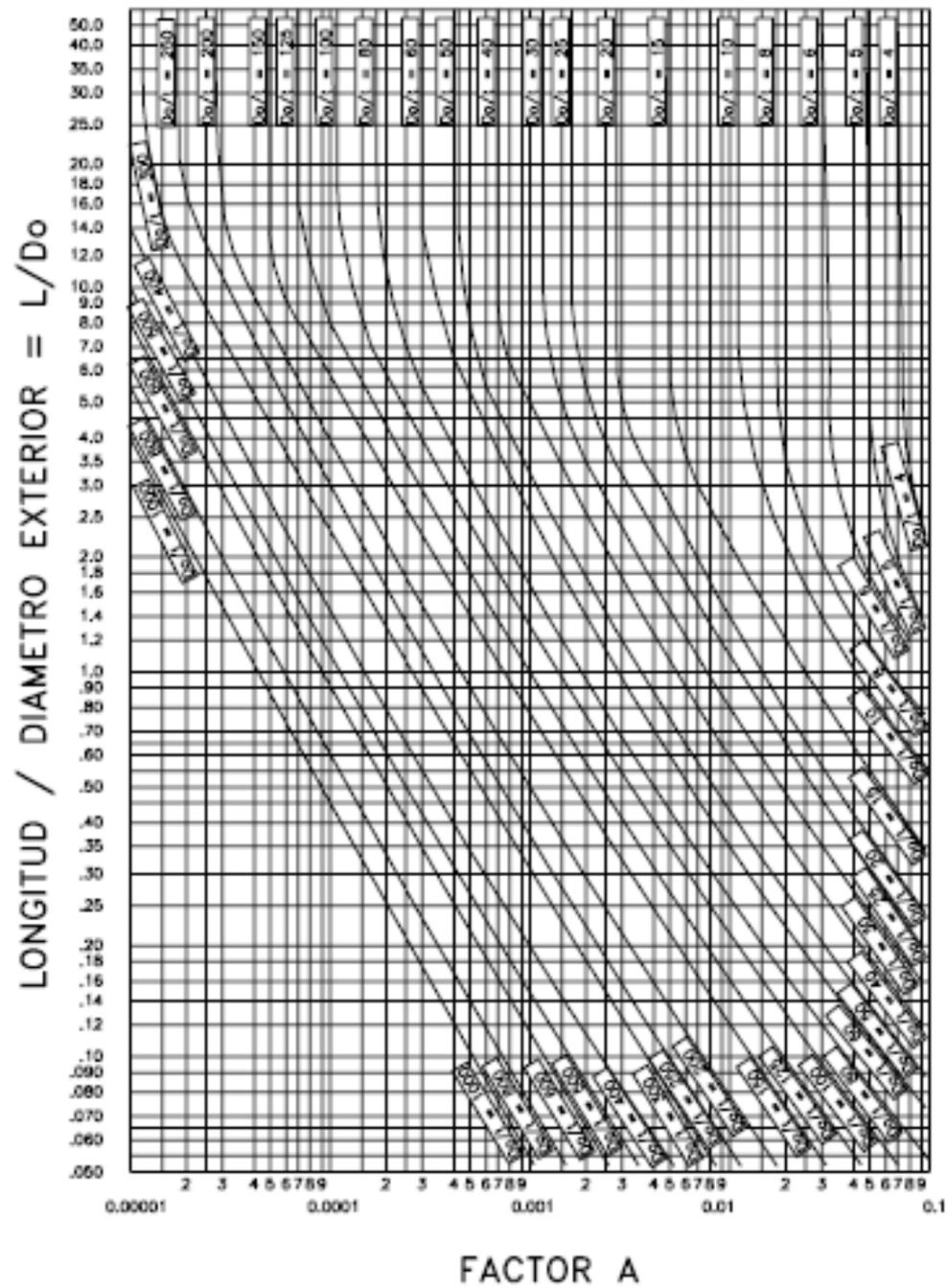


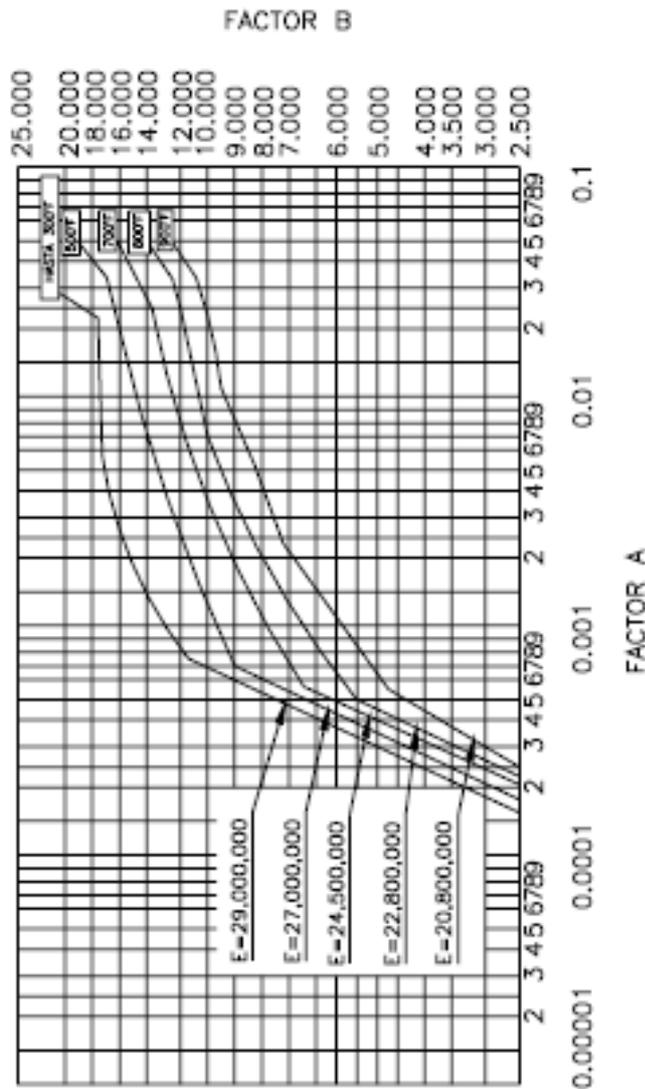
FIG.5-UGO-28.0 (CODIGO ASME) GRAFICA GEOMETRICA PARA RECIPIENTES
CILINDRICOS SUJETOS A CARGAS EXTERNAS O COMPRESIVAS
(PARA TODOS LOS MATERIALES)



LOS VALORES DEL FACTOR B
QUE SE EMPLEAN EN LAS FORMULAS PARA
RECIPIENTES SUJETOS A PRESION EXTERNA

NORMAS

FIGURA No. 49



LOS VALORES DE ESTA GRAFICA SON APLICABLES CUANDO EL RECIPIENTE ES FABRICADO CON ACERO AL CARBON Y LA RESISTENCIA A LA FLUENCIA ESPECIFICADA ES DE 30,000 PSI. O MAYOR. EN ESTA CATEGORIA PERTENECEN LOS SIGUIENTES MATERIALES USADOS MAS FRECUENTEMENTE:

SA-283 C
SA-285 C
SA-515
SA-516
SA-53-B
SA-106-B

TODOS LOS GRADOS

TIPO 405
TIPO 410 } ACEROS INOX.

FIG. 5-UCS-28.2 (CODIGO ASME)

NOTA:

EN LOS CASOS EN QUE EL VALOR "A" CAIGA A LA DERECHA DEL EXTREMO DE LA LINEA DE TEMPERATURA, SUPONGASE UNA INTERSECCION CON LA PROLONGACION HORIZONTAL DEL EXTREMO SUPERIOR DE LA LINEA DE TEMPERATURA.

		ESFUERZOS EN RECIPIENTES CILINDRICOS HORIZONTALES SOPORTADOS POR DOS SILLETAS										NORMAS	
												FIGURA No. 59	
VALORES DE LA CONSTANTE "K" (INTERPOLAR PARA VALORES INTERMEDIOS)													
ANGULO DE CONTACTO θ	K ₁	K ₂	K ₃	K ₄	K ₅	K ₆	K ₇	K ₈	K ₉	K ₁₀	K ₁₁		
120	0.335	1.171		0.880	0.401		0.760	0.603	0.34	0.053	0.204		
122	0.345	1.139		0.846	0.393		0.753	0.618					
124	0.355	1.108		0.813	0.385		0.746	0.634					
126	0.366	1.078		0.781	0.377		0.739	0.651					
128	0.376	1.050		0.751	0.369		0.732	0.669					
130	0.387	1.022		0.722	0.362		0.726	0.680	0.33	0.045	0.222		
132	0.398	0.996		0.694	0.355		0.720	0.705					
134	0.409	0.971		0.667	0.347		0.714	0.722					
136	0.420	0.946	0.51B PARA CUALQUIER ANGULO DE CONTACTO θ	0.641	0.340		0.708	0.740					
138	0.432	0.923		0.616	0.344		0.702	0.759					
140	0.443	0.900		0.592	0.327		0.697	0.780	0.32	0.037	0.241		
142	0.455	0.879		0.569	0.320		0.692	0.796					
144	0.467	0.858		0.547	0.314	VER FIGURA No. 60	0.687	0.813					
146	0.480	0.837		0.526	0.308		0.682	0.831					
148	0.492	0.818		0.505	0.301		0.678	0.853					
150	0.505	0.799		0.485	0.295		0.673	0.876	0.30	0.032	0.259		
152	0.518	0.781		0.466	0.289		0.669	0.894					
154	0.531	0.763		0.448	0.283		0.665	0.913					
156	0.544	0.746	0.430	0.278	0.661		0.933						
158	0.557	0.729	0.413	0.272	0.657		0.954						
160	0.571	0.713	0.396	0.266	0.654		0.976	0.29	0.026	0.279			
162	0.585	0.698	0.380	0.261	0.650		0.994						
164	0.599	0.683	0.365	0.256	0.647	1.013							
166	0.613	0.668	0.350	0.250	0.643	1.033							
168	0.627	0.654	0.336	0.245	0.640	1.054							
170	0.642	0.640	0.322	0.240	0.637	1.079	0.27	0.022	0.298				
172	0.657	0.627	0.309	0.235	0.635	1.097							
174	0.672	0.614	0.296	0.230	0.632	1.116							
176	0.687	0.601	0.283	0.225	0.629	1.137							
178	0.702	0.589	0.271	0.220	0.627	1.158							
180	0.718	0.577	0.260	0.216	0.624	1.183	0.25	0.017	0.318				

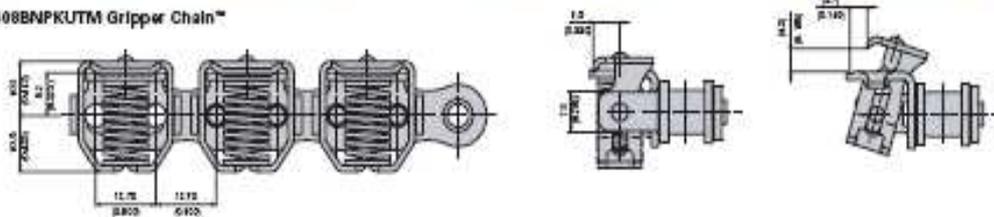
* K₁ = 3.14 SI EL RECIPIENTE TIENE ANILLO DE REFUERZO O CABEZA (A < R/2)

ANEXO VI

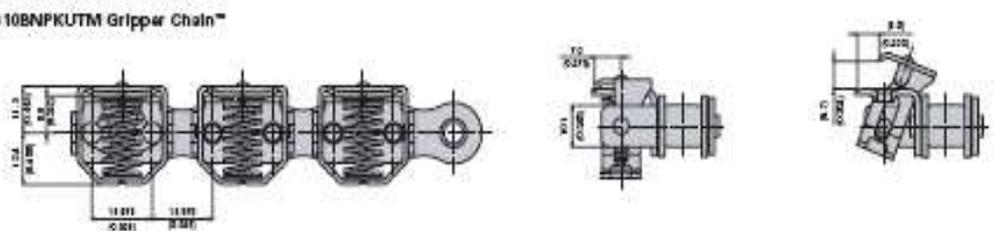
1. CATALOGO DE GRIPPER CHAIN MARCA TSUBAKI
2. CATALOGO SPROCKETS MARCA TSUBAKI.



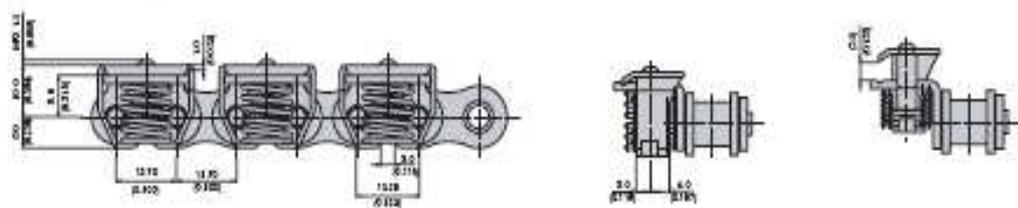
RS08BNPKUTM Gripper Chain™



RS 10BNPKUTM Gripper Chain™



RS08BNPKUTS Gripper Chain™



DSC Ref.	Chain No.	Connecting Link	Pitch		Roller Dia.		Inside Width		Clamp Type	Clamping Force	Materials		
			mm	in.	mm	in.	mm	in.			Base Chain	Clamp	Spring
08B-1	RS08BNPKUTM	RS08BNPKUTMCL	12.7	.500	8.51	.335	1.75	.305	Type K	50	NP	304SS	SA
10B-1	RS 10BNPKUTM	RS 10BNPKUTMCL	15.9	.625	10.16	.400	9.65	.380	Type K	70	NP	304SS	SA
08B-1	RS08BNPKUTS	RS08BNPKUTSCL	12.7	.500	8.51	.335	1.75	.305	Standard	55	NP	304SS	SA

NP = Nickel-Plated Steel SS = Stainless Steel SA = Special Alloy
 Notes: Do not twist chain. Use care not to damage attachment when unloading chain from reel.

Tsubaki Gripper Chain™



A formidable new force has taken hold of wrapping operations: Gripper Chain™ from Tsubaki. Our high-performance roller chain is now available with both conventional and innovative new side-swivel gripper attachments for form, fill, and vacuum seal applications.

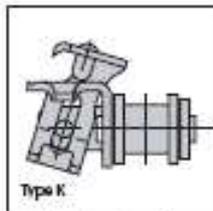
Enhanced operation

Tsubaki gripper attachments feature reliable clamping mechanisms to ensure precise positioning. High-performance springs are designed to last more than 10 million cycles, even at high speeds. Our Type K attachment's side-swivel design allows optimal material feed through to ensure your lines run smoother.

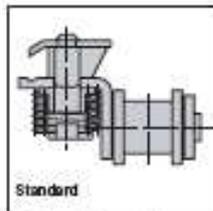
Exclusive! Quickly cut to length
Tsubaki is the only manufacturer to offer Gripper Chain™ with recessed riveted pins for easy chain length adjustment. Keep production rolling with less downtime.



Attachment design



The clamping mechanism on Tsubaki's Type K gripper attachments opens vertically, then sideways for easy film engagement.



High-quality Standard attachments which open straight up and down, are also available.

Get a grip on truly profitable performance. Discover the difference Tsubaki's high-quality base chain makes in your bottom line.

- Lower maintenance costs
- Increased uptime
- Increased productivity

Quick, uniform start-up

Factory pre-loading minimizes initial chain elongation. Colored connecting links are easy to identify while in service and convenient to install with retaining clips.



Extended service life

FDA-approved food-grade (H3) lubricant is applied at the factory following assembly to ensure uniform coverage and protection of each chain component.

Extensive selection

Nickel-plated base chains are available from stock. Alternate materials for special applications — including corrosion resistant stainless steel and now, maintenance-free LAMBDA® — can be quickly made-to-order.



Precision machined sprockets for both Type K and Standard Gripper Chain™ applications are available on a made-to-order basis.

U.S. TSUBAKI SPROCKETS

No. 40 $\frac{1}{2}$ " Pitch — Plain Bore

Dimensions are in inches unless otherwise indicated.

Type A					Type B Plain Bore						
No. Teeth	Catalog Number	List Price	Plain Bore	Wt. Lbs.	Catalog Number	List Price	Plain Bore	†Max. Bore	Hub Dia.	LTB	Wt. Lbs.
8					40B8	\$17.40	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{16}$ ▲	$\frac{7}{8}$	.12
9					40B9	18.20	$\frac{1}{2}$	$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{8}$ ▲	$\frac{7}{8}$	.22
10					40B10	18.80	$\frac{1}{2}$	$\frac{3}{4}$	$1\frac{1}{4}$ ▲	$\frac{7}{8}$	.25
11					40B11	20.40	$\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	$1\frac{3}{8}$ ▲	$\frac{7}{8}$	.38
12	40A12	\$24.40	$\frac{1}{2}$	.28	40B12	21.80	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{2}$ ▲	$\frac{7}{8}$	.44
13	40A13	24.80	$\frac{1}{2}$	.30	40B13	22.20	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{5}{8}$	$\frac{7}{8}$	.50
14	40A14	25.80	$\frac{1}{2}$	.34	40B14	22.20	$\frac{1}{2}$	1	$1\frac{1}{4}$	$\frac{7}{8}$	.57
15	40A15	26.20	$\frac{5}{8}$	.38	40B15	22.20	$\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{4}$	$1\frac{1}{8}$	$\frac{7}{8}$	.69
16	40A16	26.20	$\frac{5}{8}$	.41	40B16	23.20	$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{4}$	2	$\frac{7}{8}$	.81
17	40A17	27.20	$\frac{5}{8}$	.44	40B17	27.20	$\frac{5}{8}$	$1\frac{5}{8}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	.94
18	40A18	27.20	$\frac{5}{8}$	.46	40B18	29.00	$\frac{5}{8}$	$1\frac{1}{2}$	$2\frac{5}{8}$	$\frac{7}{8}$	1.12
19	40A19	27.60	$\frac{5}{8}$	.52	40B19	33.00	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	$\frac{7}{8}$	1.30
20	40A20	28.40	$\frac{5}{8}$	.58	40B20	37.80	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{8}$	1	1.60
21	40A21	29.00	$\frac{5}{8}$	.64	40B21	41.80	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{5}{8}$	1	1.80
22	40A22	29.80	$\frac{5}{8}$	.70	40B22	45.80	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.00
23	40A23	30.20	$\frac{5}{8}$	.77	40B23	50.40	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.10
24	40A24	31.20	$\frac{5}{8}$	.84	40B24	53.00	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.20
25	40A25	31.80	$\frac{5}{8}$	.91	40B25	55.80	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.30
26	40A26	32.40	$\frac{5}{8}$	1.00	40B26	58.20	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.40
27	40A27	33.00	$\frac{5}{8}$	1.10	40B27	61.40	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.50
28	40A28	33.80	$\frac{5}{8}$	1.10	40B28	63.80	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.50
29	40A29	34.20	$\frac{5}{8}$	1.20	40B29	64.80	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.60
30	40A30	35.20	$\frac{5}{8}$	1.30	40B30	65.80	$\frac{5}{8}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.70
31	40A31	35.80	$\frac{3}{4}$	1.40	40B31	66.40	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.70
32	40A32	36.80	$\frac{3}{4}$	1.50	40B32	67.20	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.80
33	40A33	37.80	$\frac{3}{4}$	1.60	40B33	69.00	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	2.90
34	40A34	38.20	$\frac{3}{4}$	1.70	40B34	69.80	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	3.00
35	40A35	38.20	$\frac{3}{4}$	1.80	40B35	70.40	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	3.10
36	40A36	39.20	$\frac{3}{4}$	1.90	40B36	71.80	$\frac{3}{4}$	1 $\frac{3}{4}$	$2\frac{1}{2}$	1	3.20
38	40A38	42.20	$\frac{3}{4}$	2.10	40B38	74.80	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	3.80
40	40A40	43.20	$\frac{3}{4}$	2.40	40B40	78.00	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	4.10
42	40A42	45.00	$\frac{3}{4}$	2.60	40B42	79.80	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	4.30
44	40A44	47.20	$\frac{3}{4}$	2.90	40B44	80.40	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	4.60
45	40A45	47.60	$\frac{3}{4}$	3.00	40B45	80.80	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	4.70
46	40A46	48.60	$\frac{3}{4}$	3.10	40B46	82.00	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	4.90
47	40A47	49.80	$\frac{3}{4}$	3.30	40B47	85.00	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	5.10
48	40A48	50.40	$\frac{3}{4}$	3.40	40B48	85.80	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	5.20
50	40A50	53.00	$\frac{3}{4}$	3.70	40B50	89.80	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	5.40
54	40A54	56.80	$\frac{3}{4}$	4.30	40B54	91.20	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	6.00
60	40A60	63.80	$\frac{3}{4}$	5.30	40B60	96.80	$\frac{3}{4}$	2	3	$1\frac{1}{2}$	7.00
70	40A70	75.80	1	7.20	40B70	113.80	1	2	3	$1\frac{1}{2}$	8.90
72	40A72	78.20	1	7.70	40B72	118.40	1	2	3	$1\frac{1}{2}$	9.50
80	40A80	96.80	1	9.50	40B80	138.40	1	2	3	$1\frac{1}{2}$	11.20
84	40A84	105.00	1	10.40	40B84	150.40	1	2	3	$1\frac{1}{2}$	12.10
96	40A96	134.00	1	13.70	40B96	200.80	1	2	3	$1\frac{1}{2}$	15.40
112	40A112	187.40	1	18.60	40B112	267.40	1	2	3	$1\frac{1}{2}$	20.30

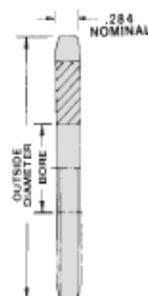
SEE CURRENT DISCOUNT SHEET FOR ALTERATION CHARGES

▲Has recessed groove in hub for chain clearance †Dimensions shown allow for standard keyway with set screw at 90°

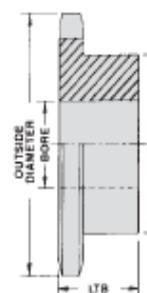
Note: Consult U.S. Tsubaki for availability of No. 41 Plain Bore Sprockets.

CHAIN TECHNICAL DATA

Size	40
Pitch	$\frac{1}{2}$ "
Inside Width	$\frac{5}{16}$ "
Roller Diameter	.312"



TYPE A



TYPE B

ANEXO VII

1. CATALOGO DE MOTORES ELECTRICO MARCA SIEMENS, TRIFASICOS.
2. VARIADOR DE FRECUENCIA MARCA SIEMENS.
3. CONTROL DE TEMPERATURA MARCA WATLOW. SERIE SD31.

Motores trifásicos jaula de ardilla, alta eficiencia, totalmente cerrados

Totalmente cerrados con ventilación exterior.

Montaje: Horizontal (F1)

Aislamiento Clase F

Diseño Nema B según Norma MG-1

33°C temp. ambiente a una altitud de 2300msnm

40°C temp. ambiente a una altitud de 1000msnm

Motores a prueba de explosión para atmósferas de

División 1, Clase 1, Grupo D- Clase 2, Grupos F&G

Para otra clasificación, favor de consultarnos.

Factor de Servicio:

1.0 Motores RGZSESD

1.15 Motores RGZE y RGZESD

1.25 Motores RGZE y RGZESD

Amazonas 14.3T a 256T en 2 y 4 Polos



PRODUCTO CERTIFICADO S1047

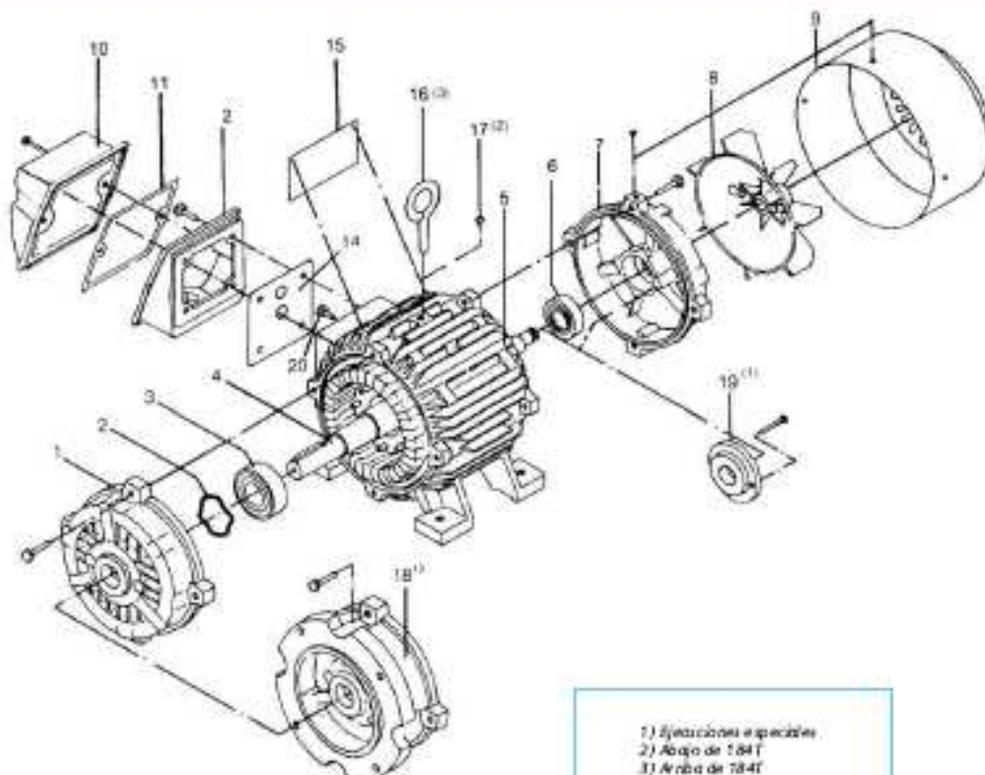
Potencia en HP	Descripción			Modelo		
	Velocidad en RPM	Tensión a 60 Hz en Volts	Tamaño Armadura NEMA	RGZE Uso general Catálogo Spiridon	RGZESD Servicio pesado No. de parte	RGZESD A prueba de explosión Catálogo Spiridon
0.5	900	220/440	143T	1LA0143BYK30	N/A	N/A
	1800	220/440	143T	1LA01434YK30	N/A	1M91434YF30
0.75	1200	220/440	143T	1LA01436YK30	N/A	1M91436YF30
	900	220/440	145T	1LA0145BYK30	N/A	N/A
1	3600	220/440	143T	1LA0143ZYK30	1L49143ZYK30*	1M9143ZYF30
	1800	220/440	143T	1LA01444YK30	1L491444YK30*	1M91444YF30
	1200	220/440	145T	1LA01456YK30	1L491456YK30*	1M91456YF30
	900	220/440	182T	1LA0182BYK30	1L49182BYK30*	1M9182BYF30
1.5	3600	220/440	143T	1LA0144ZYK30	1L49144ZYK30*	1M9144ZYF30
	1800	220/440	145T	1LA01454YK30	1L491454YK30*	1M91454YF30
	1200	220/440	182T	1LA01826YK30	1L491826YK30*	1M91826YF30
	900	220/440	184T	1LA0184BYK30	1L49184BYK30*	1M9184BYF30
2	3600	220/440	145T	1LA0145ZYK30	1L49145ZYK30*	1M9145ZYF30
	1800	220/440	145T	1LA01464YK30	1L491464YK30*	1M91464YF30
	1200	220/440	184T	1LA01846YK30	1L491846YK30*	1M91846YF30
	900	220/440	213T	1LA0213BYK30	1L49213BYK30*	1M9213BYF30
3	3600	220/440	182T	A7882500006685	1L49182ZYK30*	1M9182ZYF30
	1800	220/440	182T	1LA01824YK30	1L491824YK30*	1M91824YF30
	1200	220/440	213T	1LA02136YK30	1L492136YK30*	1M92136YF30
	900	220/440	215T	1LA0215BYK30	1L49215BYK30*	1M9215BYF30
5	3600	220/440	184T	1LA0184ZYK30	1L49184ZYK30*	1M9184ZYF30
	1800	220/440	184T	1LA01844YK30	1L491844YK30*	1M91844YF30
	1200	220/440	215T	1LA02156YK30	1L492156YK30*	1M92156YF30
	900	220/440	254T	1LA0254BYK30	1L49254BYK30*	1M9254BYF30
7.5	3600	220/440	213T	1LA0213ZYK30	1L49213ZYK30*	1M9213ZYF30
	1800	220/440	213T	1LA02134YK30	1L492134YK30*	1M92134YF30
	1200	220/440	254T	1LA02546YK30	1L492546YK30*	1M92546YF30
	900	220/440	256T	1LA0256BYK30	1L49256BYK30*	1M9256BYF30
10	3600	220/440	215T	1LA0215ZYK30	1L49215ZYK30*	1M9215ZYF30
	1800	220/440	215T	1LA02154YK30	1L492154YK30*	1M92154YF30
	1200	220/440	256T	1LA02566YK30	1L492566YK30*	1M92566YF30
	900	220/440	284T	1LA0284BYFE71	1LA028485E71*	*
15	3600	220/440	254T	1LA0254FE71	1L49254FE71*	1M9254ZYF30
	1800	220/440	254T	1LA02544FE71	1L492544YK30*	1M92544YF30
	1200	220/440	284T	1LA02846FE71	1LA028465E71*	*
	900	220/440	285T	1LA02868FE71	1LA028685E71*	*
20	3600	220/440	256T	1LA0256FE71	1L49256ZYK30*	1M9256ZYF30
	1800	220/440	256T	1LA02564FE71	1L492564YK30*	1M92564YF30
	1200	220/440	285T	1LA02866FE71	1LA028665E71*	*
	900	220/440	324T	1LA03248FE71	1LA032485E71*	*
25	3600	220/440	284T5	1LA0284FE72	1LA0284Z5E72*	*
	1800	220/440	284T	1LA02844FE71	1LA028445E71*	*
	1200	220/440	324T	1LA03246FE71	1LA032465E71*	*
	900	220/440	326T	1LA03268FE71	1LA032685E71*	*
30	3600	220/440	284T5	1LA0284FE72	1LA0286Z5E72*	*
	1800	220/440	285T	1LA02864FE71	1LA028645E71*	*
	1200	220/440	326T	1LA03266FE71	1LA032665E71*	*
	900	220/440	364T	*	1LA036485E71*	*
40	3600	220/440	324T5	1LA0324FE72	1LA0324Z5E72*	*
	1800	220/440	324T	1LA03244FE71	1LA032445E71*	*
	1200	220/440	364T	1LA03646FE71	1LA036465E71*	*
	900	220/440	365T	*	1LA036585E71*	*

*Sobre pedido especial

Notas técnicas. Lista de partes

Lista de partes para motores trifásicos cerrados de alta eficiencia

1. Escudo soporte de rodamiento, lado accionamiento ("A").
2. Arandela de presión.
3. Rodamiento de bolas lado ("A")
4. Eje con paquete rotor y cuña espiga
5. Carcasa con paquete estator bobinado.
6. Rodamiento de bolas lado "B"
7. Escudo soporte de rodamiento, lado ventilador ("B").
8. Ventilador de plástico.
9. Capuchón de lámina.
10. Tapa caja de conexiones.
11. Empaque tapa-base caja de conexiones.
12. Base caja de conexiones.
14. Empaque base caja de conex-carcasa.
15. Placa de características.
16. Cáncamo.
17. Tapón para rosca cáncamo.
18. Escudo soporte de rodamiento, con brida "C" o "D".
19. Tapa balero interior lado ventilador ("B").
20. Tornillo de tierra.



SINAMICS G110

Convertidores en caja SINAMICS G110 0,12 kW a 3 kW

SINAMICS G110 es un convertidor de frecuencia que ofrece funcionalidad básica para la mayor parte de las aplicaciones industriales de velocidad variable.

El convertidor SINAMICS G110, especialmente compacto, trabaja con control de tensión-frecuencia conectado a redes monofásicas de 200 V a 240 V.

Es el convertidor de frecuencia de gama baja dentro de la familia SINAMICS; ideal para aplicaciones donde el precio juega gran papel.

Para documentación técnica (catálogos, dibujos dimensionales, certificados, manuales e instrucciones de servicio) siempre actual, visite el sitio web:

<http://www.siemens.com/sinamics-g110>

u, offline, consulte el CD-ROM CA 01 Vol. 2 "Configurar" en el Configurador SD, pídile en la dirección siguiente:

<http://www.siemens.com/automation/CA01>

BENEFICIOS

- Instalación, parametrización y puesta en servicio simples
- Diseñado para máxima compatibilidad electromagnética
- Extenso rango de parámetros que permite configurarlo para una amplia gama de aplicaciones
- Simple conexión por cable
- Funcionalidad adaptada gracias a variantes analógica y USS
- Funcionamiento silencioso del motor gracias a altas frecuencias de pulsación
- Información de estado y avisos de alarma a través de panel de operador BOP (Basic Operator Panel) opcional
- Posibilidad de copiar rápidamente parámetros usando el panel BOP opcional
- Opciones externas para comunicación con PC así como BOP
- Actuación rápida y reproducible de las entradas digitales para aplicaciones de alta velocidad
- Entrada precisa de consigna gracias a una entrada analógica de 10 bits de alta resolución (sólo variantes analógicas)
- LED para la información de estado
- Variante con filtro CEM integrado de clase A o B
- Interruptor DIP para adaptación rápida a aplicaciones de 50 Hz ó 60 Hz
- Interruptor DIP para cierre del bus en la variante USS (RS485)
- Puerto serie RS485 (sólo variantes USS) para su integración en sistemas de accionamiento conectados en red.



Panel BOP (Basic Operator Panel)

El panel BOP permite ajustes de parámetros personalizados. Los valores y unidades se visualizan en un display de 5 dígitos. Un panel BOP puede usarse para varios convertidores. Simplemente se enchufa directamente en el convertidor. El panel BOP tiene una función para copiar ("clonar") rápidamente parámetros. Para ello se memoriza un juego de parámetros de un convertidor y éste se carga luego en los restantes.

Juego para conexión a PC

Para controlar y poner en marcha un convertidor directamente desde un PC, si en éste está instalado el software (STARTER) correspondiente.

Módulo adaptador RS232, con aislamiento galvánico, para conexión punto a punto segura a un PC.

Incluye un conector Sub-D de 9 pines y un cable RS232 estándar (3 m).

Herramienta de puesta en marcha

STARTER es una herramienta gráfica de puesta en marcha para convertidores de frecuencia SINAMICS G110 bajo Windows NT/2000/XP Professional. Permite leer, modificar, almacenar, cargar e imprimir listas de parámetros.

**Datos para selección y pedidos**

Accesorios	Referencia
Panel BOP (Basic Operator Panel)	6SL3255-0AA00-4BA0
Juego para conexión a PC	6SL3255-0AA00-2AA0
Adaptador para fijación sobre perfil DIN, tamaño 1 (FS A)	6SL3261-1BA00-0AA0
Adaptador para fijación sobre perfil DIN, tamaño 2 (FS B)	6SL3261-1BB00-0AA0
Herramienta de puesta en marcha STARTER en CD-ROM, (inc. instrucciones, lista de parámetros, guía Primeros pasos *)	6SL3271-0CA00-0AG0

Datos para selección y pedidos

Tipo de documentación	Idioma	Referencia
Instrucciones de servicio *) (edición impresa)	Alemán	6SL3298-OAA11-0AP0
	Inglés	6SL3298-OAA11-0BP0
	Francoés	6SL3298-OAA11-0CP0
	Italiano	6SL3298-OAA11-0DP0
Lista de parámetros *) (edición impresa)	Español	6SL3298-OAA11-0EP0
	Alemán	6SL3298-OBA11-0AP0
	Inglés	6SL3298-OBA11-0BP0
	Francoés	6SL3298-OBA11-0CP0
	Italiano	6SL3298-OBA11-0DP0
Guía Primeros pasos *)	Español	6SL3298-OBA11-0EP0
	Multilingüe	Con cada convertidor se entrega una edición impresa.

SERIES SD31

Reliable Control and Application Flexibility in a Compact Package



The SERIES SD family of PID temperature controllers utilizes today's advanced micro-electronics technology to provide the value, benefits and accuracy you've come to expect from Watlow. The SERIES SD31 offers improved accuracy of 0.1 percent of span as well as a faster sampling rate of 6.6Hz in a 1/2 DIN package.

An optional full featured countdown timer operates in a choice of delay-on, delay-off, signal-on or signal-off modes. This timer supports set point tracking during countdown for both heat and cool process variables.

The SERIES SD31 controller delivers many flexible, user-friendly options. Easily choose factory or user defaults and display either process or set point values. Process inputs are scalable and invertible from the front panel. Other features include Variable Burst Fire and flexible Outputs, that users can select as On-Off, Heat/Cool or as Process or Deviation Alarms. Users can also select between 11 different Thermocouples, a 100 Ohm RTD, a 0 to 20mA or 0 to 10V process input - all from the front panel - which eliminates the need for dip-switches.

With optional EIA-485 communications, you can configure, monitor and data log with such optional software products like WATVIEW.

Features and Benefits

Accurate PID control with auto-tune

- Improves process yield

INFOSENSE™ sensor technology

- Thermal sensing technology improves accuracy by a minimum of 50 percent

Optional countdown timer

- Enhances process control capability

User defined menu system

- Simplifies control operation
- Reduces operator errors

Serial communications

- Connectivity with WATVIEW (Human Machine Interface) HMI software

Ramp to set point

- Controls temperature rise

Variable burst fire

- Provides tighter control
- Prolongs heater life

Agency approvals

- UL®, C-UL®, CE NEMA 4X/IP65, CSA and NSF

UL® and C-UL® are registered trademarks of Underwriter's Laboratories, Inc.

Your Authorized Watlow Distributor Is:

 **WATLOW**
Better Thermal Solutions...Faster
1241 Bundy Boulevard
Winona, Minnesota 55987-5580 USA
Phone: 507-454-5300
Fax: 507-452-4507
Internet: www.watlow.com
E-mail: info@watlow.com

WIN-SD31-1108

ISO 9001



To be automatically connected to the nearest North American Technical and Sales Office call:

1-800-WATLOW2

International Technical and Sales Offices: Australia, +61-3-9335-6440 • China, +86-21-3950-9510 • France, +33 (0) 3073-2425 • Germany, +49 (0) 7253-9400-0 • Italy, +39 (0) 2 458-8841 • Japan, +81-3-3518-6630 • Korea, +82-2-575-9804 • Malaysia, +60-3-7980-7741 • Mexico, +52 (442) 217-6235 • Shanghai, +86-21-3950-9504 • Singapore, +65-6773-0489 • Spain, +34 91 675 1292 • Sweden, +46 35-27-11-66 • Taiwan, +886-7-288-5168 • United Kingdom, +44 (0) 115-964-0777



ANEXO VIII

1. HOJAS DE PROCESO.

ANEXO IX

1. PLANOS.