

70
2ej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA
DE MEXICO

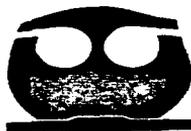
FACULTAD DE QUIMICA

EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

" FABRICACION Y USOS DE LAS
EMPAQUETADURAS INDUSTRIALES
EN MEXICO "

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
I N G E N I E R O Q U I M I C O
P R E S E N T A :

JORGE FRANCISCO GONZALEZ CAMARENA PALAU



MEXICO, D. F.

1997

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Jurado asignado :

Presidente	Prof. Doormann Montero Carlos
Vocal	Prof. Martínez Montes Jorge Trinidad
Secretario	Prof. Rivera Chávez Luis Miguel
1er. Suplente	Prof. Pérez Camacho Mariano
2o. Suplente	Prof. Montiel Maldonado Celestino

Asesor del tema: M. en I. Luis Miguel Rivera Chávez

Supervisor Técnico: Ing. Agustín Adolfo Vallejo García

Sustentante: Jorge Francisco González Camarena Paláu

A mis padres por su apoyo, entrega y amor.

A mi hermano por su cercanía.

A Ingrid por su cariño, apoyo y comprensión.

A mis abuelos Carmen y Francisco por el cariño que siempre me han brindado.

A la Ingeniera Lilita Blok y a mis compañeros de trabajo por su apoyo para la realización de esta tesis.

A los hermanos maristas por haber sentado las bases de mi educación pero muy especialmente al profesor Alejandro Aldape por su paciencia e interés.

A mis tíos Hugo, Maggi y Rolando por su confianza cariño y amistad.

A mis amigos de Garlock por su apoyo.

A mis amigos y compañeros por la alegría que han dado a mi vida.

AGRADECIMIENTOS

Deseo hacer una mención especial a los ingenieros Liliana Blok, Felipe Muez y Agustín Vallejo por el apoyo y la confianza brindados durante la realización de este proyecto.

INDICE

INTRODUCCION.....	1
CAPITULO 1.- GENERALIDADES DE LA EMPAQUETADURA	2
CAPITULO 2.- EMPAQUETADURA TRENZADA DE COMPRESIÓN.....	13
2.1.- MATERIAS PRIMAS DE LA EMPAQUETADURA DE COMPRESION.....	14
DESCRIPCION DE LOS MATERIALES	16
METALES	32
LUBRICANTES	33
2.2.- FABRICACION DE LA EMPAQUETADURA DE COMPRESION.....	35
2.3.- USO Y APLICACION DE LA EMPAQUETADURA DE COMPRESION	41
CAPITULO 3.- LAMINADOS DE HULE	43
3.1.- MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA FABRICACION DE LAMINADOS DE HULE	46
3.1.1.- Activadores -	49
3.1.2.- Cargas Reforzantes	50
3.1.3.- Cargas de Relicno -	52
3.1.4.- Plastificantes -	52
3.1.4.- Protectores o Antidegradantes -	53
3.1.5.- Auxiliares -	54
3.1.6.- Vulcanización, vulcanizantes y aceleradores	54
3.2.- PROCESO DE MANUFACTURA DE LAMINADOS DE HULE	57
3.2.1.- Pesado	57
3.2.2.- Mezclado	58
3.2.3.- Laminado	61
3.2.4.- Vulcanizado	62

3.3.-LAMINADOS DE HULE EN MEXICO	63
CAPITULO 4.- LAMINADOS DE ASBESTO Y LIBRES DE ASBESTO.....	65
4.1.- MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA FABRICACION DE LAMINADOS DE ASBESTO Y LIBRES DE ASBESTO.....	67
4.2.- FABRICACION DE LAMINADOS DE ASBESTO Y LIBRES DE ASBESTO.....	68
4.2.1.- <i>Pesado de Formulacións</i>	68
4.2.2.- <i>Mezclado</i>	68
4.2.3.- <i>Laminado</i>	68
4.2.4.- <i>Cortado</i>	69
4.3.- LAMINADOS DE ASBESTO EN MEXICO	70
CAPITULO 5.- EMPAQUETADURA HIDRÁULICA.....	71
5.1.- MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA FABRICACION DE EMPAQUETADURA HIDRÁULICA	72
5.2.- FABRICACION DE LA EMPAQUETADURA HIDRÁULICA	73
5.2.1.- <i>Empaquetadura Hidráulica de hule con refuerzo de tela</i>	73
5.2.2.- <i>Empaquetadura Hidráulica de Fibra de Vidrio y PTFE</i>	74
5.2.3.- <i>Empaquetadura de PTFE Maquinado</i>	75
5.3.- LA EMPAQUETADURA HIDRÁULICA EN MEXICO	77
CAPITULO 6.- EMPAQUETADURA SEMIMETÁLICA O ESPIRO-METÁLICA	78
6.1.- MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA FABRICACION DE EMPAQUETADURA HIDRÁULICA	80
6.2.- FABRICACION DE LA EMPAQUETADURA SEMIMETÁLICA	80
6.2.1.- <i>Moldeado de la Lámina de Acero y Enrollado de la Junta</i>	80
6.2.1.- <i>Colocaco de Los Anillos Centrador y de Compresión</i>	81
6.3.- TIPOS DE JUNTAS SEMIMETÁLICAS	81
6.4.- INFORMACION SOBRE LAS JUNTAS SEMIMETÁLICAS	84
CAPITULO 7.- RETENES DE ACEITE.....	95
7.1.- MATERIAS PRIMAS EMPLEADAS EN LA FABRICACION DE LOS RETENES DE ACEITE.....	99

7.2.- FABRICACION DE LOS RETINES DE ACEITE.....	99
7.3.- RETINES DE ACEITE EN MEXICO	101
CAPITULO 8.- SELLO MECÁNICO	102
8.1.-Clasificación de los Sellos Mecánicos	103
8.2 - Materias Primas Empleadas en la Fabricación de Sellos Mecánicos.....	108
8.3.- Fabricación de Sellos Mecánicos	108
8.4.- Uso de los Sellos Mecánicos	109
8.5.- Fabricantes de Sellos Mecánicos en México	111
CAPITULO 9.- EMPAQUES ESPECIALES.....	112
9.1.- LA CAJA DE EMPAQUE O EMPAQUETADURA METALICA.....	112
9.1.1 - Partes de una caja de empaques	112
9.1.2 - Materias Primas Empleadas en la Fabricación de Cajas de Empaque.....	114
9.1.3.- Fabricación de las cajas de empaques	115
9.2.- EL EQUALIZER DE GARLOCK.....	116
9.2.2.- Materias Primas Empleadas en la Fabricación del equalizer.....	117
9.2.3 - Fabricación del equalizer	118
9.3.- ANILLOS DE PISTON.....	118
9.4.-CINTAS DE PTFE	119
9.4.1 - Cintas	119
9.4.2 - Cintas enrolladas	120
9.4.3.- Cintas autoadheribles de teflón	120
9.4.4.- Cinta autoadherible de teflón suave.....	121
9.4.5.- Cinta tejida de teflón	121
9.5.- JUNTAS TEXTILES, MOLDEADAS Y ENCHAQUETADAS.....	121
9.5.1 - Juntas Textiles	121
9.5.2 - Juntas Moldeadas	122

<i>9.3.2.- Juntas Enchaquetadas</i>	122
CONCLUSIONES.	123
REFERENCIAS.	125
ANEXO I	127

INTRODUCCION

La empaquetadura es uno de los elementos consumibles que más se emplean en la industria. Este trabajo tiene como objetivo primordial el proporcionar a los estudiantes de las distintas ramas de ingeniería y a los profesionales en general una herramienta que permita la adecuada fabricación, selección e instalación de empaques de acuerdo a sus diferentes usos, para ello se emplearon manuales de fabricación, literatura especializada, folletos y experiencia en campo para poder proporcionar información práctica que sea de interés general.

La necesidad de información técnica confiable surgió por el hecho de que la mayor cantidad de literatura disponible se refiere a datos comerciales o de mercadotecnia más que a recomendaciones y datos técnicos sobre la fabricación e instalación de empaques, debiendo hacerse pruebas en campo para obtener gran parte de la información mencionada en el presente trabajo, dado que actualmente los procedimientos de manufactura de empaques usados en México aun se encuentran en un estado artesanal, por lo que no existía una metodología en la recopilación de tal información.

CAPITULO 1.- GENERALIDADES DE LA EMPAQUETADURA

En nuestra civilización se manejan infinidad de fluidos tanto en la industria como el hogar, de tal forma que los empaques son una refacción de uso muy generalizado, ya que permiten manejar líquidos y gases de una forma segura, sin fugas en equipos o tuberías.

Con la evolución de la industria se han ido necesitando nuevos y más eficientes sistemas de sellado; en un principio no era tan importante evitar las fugas y tampoco se manejaba la cantidad y variedad de fluidos que se manejan actualmente. Pero ahora sabemos que evitar fugas es de suma importancia para la industria, ya que esto reduce el costo de operación al reducir las pérdidas, además de reducir riesgos personales o ecológicos.

Las necesidades de la industria han forzado al desarrollo de la empaquetadura al punto de existir una gran variedad de sistemas de sellado además de una aún más grande variedad de materiales para su construcción.

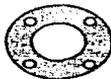
Los tipos principales de sistemas de sellado son los siguientes:

a) **Empaquetadura de compresión.** - Son fabricados a partir de fibras textiles y su sistema de sellado consiste en evitar el paso del fluido al ser comprimidas contra las partes móviles de las bombas, válvulas y compresores evitando fugas. Estas empaquetaduras presentan el problema de que se debe mantener un goteo constante del líquido que manejen o de lubricante para evitar que se quemen por acción de la fricción, además desgastan los vástagos de los equipos a largo plazo debido al rozamiento con la empaquetadura. Los trenzados o empaquetaduras de compresión se fabrican en variados materiales, desde fibras vegetales hasta fibras de grafito y Politetrafluorocarbono PTFE, pasando por el asbesto, otras fibras naturales o sintéticas y metales, cuando se instalan empaquetaduras de compresión.

debe tenerse cuidado de que estas no dañen al equipo donde se colocan y que resistan el medio en el cual se encuentran, además de cuidar que estén adecuadamente lubricadas



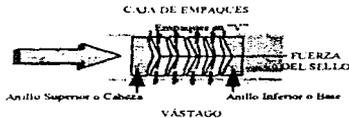
b) Juntas suajadas - Los empaques suajados son piezas que sirven de unión entre tuberías o partes de equipos garantizando que no queden espacios libres y se dividen según su origen en: laminados de hule, laminados de asbesto y libres de asbesto. Los de hule se fabrican a partir de láminas de un elástomero y las de asbesto y libres de asbesto a partir de láminas compuestas por fibras de asbesto o sustitutas del mismo conglomeradas con algún polímero elastomérico, estas juntas basan su funcionamiento en rellenar todos los espacios existentes en una unión adaptándose a la forma de la unión al ser comprimidas, estos son los empaques más conocidos debido a su uso en tuberías de agua en el hogar y en el automóvil; en el caso de estas juntas, además de cuidar su resistencia al medio en el cual se encuentran debe cuidarse su resistencia a la vibración y que al comprimirse se haga poco a poco, apretando alternadamente los extremos de la brida para evitar que las juntas se compriman diferencialmente impidiendo la realización de un buen sello



c) **Empaquetadura Hidráulica.** - Consisten en una serie de anillos con perfil de "V" fabricados con un material elástico y que se utilizan en embolos, la empaquetadura hidráulica basa su funcionamiento en ejercer una fuerza contra el embolo y contra la guía del mismo, esta fuerza se incrementa según aumenta la presión dentro del embolo, pues esta presión abre el empaque realizando un mejor sello, en muchas ocasiones se utilizan juegos de estos empaques para mejorar aun más el sello que realizan, dependiendo de las presiones y fluidos manejados existen distintos materiales para usarse en su fabricación, como son hules reforzados con tela y moldendos o teflones



Anillo de Empaquetadura Hidráulica.



Anillo Superior o Cabeza

Anillo Inferior o Base

VÁSTAGO

d) **Sellos mecánicos** - los sellos mecánicos se utilizan en ejes rotatorios y su funcionamiento consiste en tener dos superficies en contacto: una que gira junto al eje y otra que permanece fija al equipo. Una de las caras empuja a la otra para mantenerse siempre en contacto a pesar del desgaste por fricción, la cara que empuja se conoce como cabeza del sello mientras que la que permanece estática se conoce como asiento, el empuje de la cabeza se obtiene mediante un resorte principalmente. Presentan la gran ventaja de realizar un sello libre de fugas, además de poder colocar juegos de ellos, alimentando

algún aceite entre los dos para garantizar que no existan fugas, además de tener una larga duración, aunque tienen la desventaja de no soportar demasiada vibración.



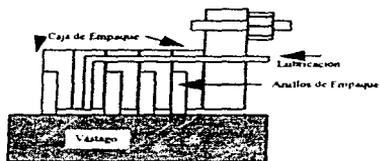
e) **Empaquetaduras para compresor** - Los compresores son equipos que manejan altas presiones, debido a lo cual se requieren empaquetaduras especiales como

e.i) **Anillos de Pistón** - Son anillos sólidos que sirven como guía, además de sellar las paredes del pistón, estos anillos se utilizan en compresores no lubricados, y se fabrican de materiales con un bajo coeficiente de fricción como el PTFE

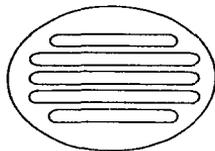


e.ii) **Empaquetaduras Metálicas o Caja de Empaque** - Consisten en una serie de anillos que se encuentran dentro de una caja metálica, estos anillos al ejercer fuerza contra la caja que los contiene sellan los vástagos de equipos recíprocos y al ser de materiales metálicos resisten muy altas

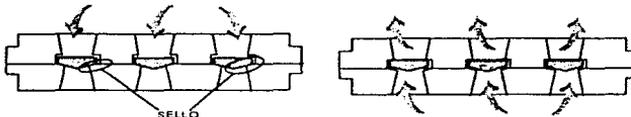
presiones, un amplio rango de temperaturas y elevadas velocidades. debido a su diseño y a que las partes en contacto con el equipo se fabrican de materiales como el PTFE requieren poca lubricación y permiten la realización de un excelente sello



e.iii) Las válvulas de **compresores** **reciprocantes** pueden mencionarse como equipo de sellado aun cuando **propriadmente** no lo son, ya que el sellado lo realizan las propias partes de la válvula, existen muchos tipos de válvulas, aunque el sistema es similar en todas, pues consiste en unas láminas que al recibir presión por un solo lado se adhieren al lado contrario de la válvula sellando contra las paredes y asiento de la misma



VÁLVULA CON ELEMENTOS DE SELLADO RECTOS

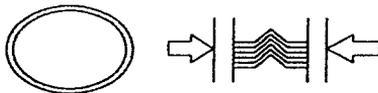


f) Juntas de textiles, moldeadas y enchaquetadas - Existen juntas que se fabrican doblando tela ahulada, otras se moldean a partir de materiales como hule, plásticos, resinas o metales, también se fabrican juntas enchaquetadas que consisten en utilizar un material de relleno y otro para la parte externa de la junta. Cualquiera de los tres tipos anteriores de junta presenta un mecanismo de sellado similar al de

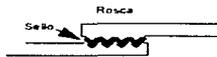
las juntas suajadas, en el caso específico de las juntas encaquetadas la combinación de materiales mejora su resistencia mecánica o térmica, por ejemplo juntas de teflon en su parte interna



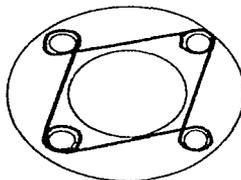
g) Juntas semimetálicas o espiro-metálicas. Estas juntas consisten en una espiral de lámina con perfil en "V" que envuelve una cinta de asbesto u otro material que se utiliza para resistir altas presiones y temperaturas, estas juntas sellan pues al colocarlas se ejerce una fuerza contra los dos extremos de la "V", permitiéndoles adaptarse al perfil de la brida donde se coloquen, pero debe tenerse cuidado de no torcerlas al colocarlas; a estas juntas pueden colocarse anillos interiores para reducir la caída de presión en la junta o anillos exteriores para mejorar su resistencia mecánica y facilitar su colocación.



h) Sellos para rosca de tuberia - Las tuberías delgadas suelen tener una rosca para unirlos, en esta unión se puede colocar hule en solución o una cinta de PTFE, su funcionamiento consiste en rellenar los espacios existentes en la rosca, permitiendo además un mejor apriete y evitando la oxidación en las roscas, este tipo de sellos es común encontrarlo en tuberías delgadas, por lo que se utiliza en los hogares.



i) Cintas de teflón - Últimamente han entrado en el mercado unas cintas de PTFE duro o suave que se colocan en las bridas y sustituyen a las juntas suajadas eficientemente, además de ser de fácil instalación, estas cintas se colocan enredando los tornillos de las bridas siguiendo la forma de la junta, por lo cual se pueden utilizar en cualquier tipo de brida; su inconveniente es que no permiten un sello total, pero por su fácil instalación pueden disminuir costos de mantenimiento

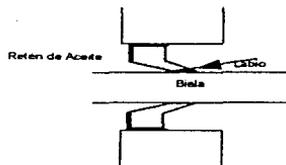


INSTALACIÓN DE LAS
CINTAS DE PTFE EN
BRIDA



PERFILES DE LAS
CINTAS DE PTFE

j) Retenes de Aceite - Los motores contienen aceite en la caja de rodamientos el cual debe mantenerse libre de agua y polvo. con este objetivo se utilizan los retenes de aceite, que consisten en un anillo que se sienta sobre las paredes de la entrada del motor y un labio de hule que realiza el sello contra la biela. Existen empaques equalizer que son retenes de aceite que no causan desgaste a las flechas mediante un sistema de aspas que alejan el aceite utilizando el mismo movimiento de la flecha, realizando un sello completo pero con bajas propiedades de resistencia a la vibración y a la torsión.



k) Anillos "O".- Por ultimo mencionaremos a los anillos "O", los cuales son anillos fabricados principalmente de hule, que se utilizan en válvulas y juntas en donde solo existen pequeños espacios por los cuales pueda existir una fuga. además forman parte de las cajas de empaque y motores como puntos de apoyo y sello de las piezas metálicas.

Además de los anteriores existen sellos moldeados en materiales elásticos y plásticos, utilizados como refacciones de aparatos específicos como son los instrumentos de dentista, en los cuales se utilizan pequeñas piezas de plástico grado sanitario que sirven para retener el aire comprimido que utilizan.

A continuación se listan algunos equipos utilizados comúnmente en la industria y el tipo de empaque que utilizan:

- **Tuberías.** Las uniones entre tramos de tubería o entre tuberías y equipos con un diámetro pequeño, son comúnmente roscadas y se utilizan sellos para rosca o cintas de teflon y cuando su diámetro es mayor se utilizan juntas suajadas o enchaquetadas, cuando se manejan presiones muy altas pueden utilizarse anillos "O" de algún metal suave y que se debe colocar dentro de una muesca en la brida
- **Bombas y compresores centrífugos.** En la entrada y salida de la bomba o compresor se emplean juntas suajadas y en la entrada de la biela que transmite el movimiento al alabe se pueden utilizar empaquetaduras trenzadas o sellos mecánicos, las primeras presentan la ventaja de un menor costo y una fácil instalación, mientras que los sellos mecánicos tienen la ventaja de una mayor duración, no desgastan la biela del equipo y realizan un mejor sello, los sellos mecánicos son altamente recomendados cuando se manejan sustancias peligrosas, tóxicas o corrosivas
- **Válvulas.** En los vástagos de válvulas se utiliza empaquetadura trenzada que permite un sello completo porque los vástagos son piezas que no se encuentran en movimiento constante, por lo cual no se requiere de un goteo de lubricación.
- **Reactores.** En las entradas de reactores y autoclaves se utilizan juntas suajadas o juntas de hule moldeado para bajas presiones y temperaturas, pero para altas presiones y temperaturas se utilizan juntas espiro-metálicas.
- **Calderas.** En las calderas suelen manejarse altas presiones y temperaturas por lo cual se utilizan juntas espirometálicas
- **Compresores recíprocos.** Debido a las altas presiones que suelen manejarse dentro de la caja de pistones se utiliza empaquetadura especial, principalmente si el compresor debe ser libre de lubricantes, por ejemplo para comprimir aire de instrumentos o usos alimenticios en los cuales se utilizan cajas de empaque, guías para los pistones y laminillas de las válvulas, todos en materiales con

bajo coeficiente de fricción. Cuando se utilizan lubricantes, pueden utilizarse empaquetaduras trenzadas en los vástagos y anillos "O" en los pistones y no son necesarias las guías para laminillas

- Torres de Destilación Podemos encontrar juntas suajadas o empaquetaduras semi-metálicas dependiendo de la temperatura de destilación, tanto en las entradas y salidas, entradas de hombre o ventanas

CAPITULO 2.- EMPAQUETADURA TRENZADA DE COMPRESIÓN

El más antiguo y común de los métodos para el control de fugas en vastagos, tres o espigas de válvulas y otros equipos como bombas y compresores, que requieren del depósito de fluidos, es la empaquetadura de compresión, llamada así por la forma en que ejecutan la función de sellado, pues consiste en un conjunto de anillos suaves y flexibles que se comprimen dentro de un espacio conocido como caja de empaques (Figura 2.1), en el cual se comprimen como muestra el dibujo expandiéndose radialmente tanto contra la caja de empaques como contra el vastago del equipo a sellar

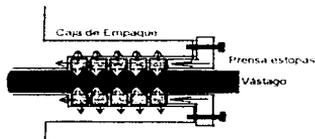


Fig. 2.1 Empaquetadura Trenzada

Una empaquetadura de compresión debe resistir el medio, la temperatura, la presión y la velocidad superficial en la cual se utilice, sin contaminar el fluido que se maneje. Como contaminación del fluido entenderemos los cambios químicos o físicos que sufra el fluido por acción de la empaquetadura.

Con objeto de que las empaquetaduras ofrezcan un servicio óptimo, debe seleccionarse cuidadosamente la materia prima a utilizar

2.1- Materias primas de la empaquetadura de compresión

Para obtener una visión clara del tipo de materias primas que se utilizan en la construcción de las empaquetaduras, estas serán listadas, para ser explicadas posteriormente.

A continuación se mencionan las principales materias primas de la empaquetadura trenzada:

HILOS

FIBRAS VEGETALES

Algodón

Lino

Yute.

FIBRAS MINERALES

Asbesto azul

Asbesto blanco

FIBRAS SINTÉTICAS

Fibra de vidrio

Fibra de carbón

Fibra de grafito

Fibras acrílicas

Rayones

Fibra aramídica

Teflones

Fibra Teflón

Fibra Teflón-Grafito

METALES

Aluminio

Cobre

Plomo

LUBRICANTES

EN POLVO

Grafito A

Resina LSA (Grafito blanco)

Polvero de zinc

SÓLIDOS

Parafinas

Petrolatos

LIQUIDOS

Aceite mineral

Aceite natural

Pescado

Soya

Resino

SUSPENSIONES

Resina de teflón

DESCRIPCIÓN DE LOS MATERIALES

Fibras vegetales o de celulosa:

Las celulosas tales como lino, yute y algodón son las fibras naturales más antiguamente usadas en empaquetadura dada su disponibilidad, su principal ventaja es su bajo costo, pero sus resistencias química y térmica son muy bajas, ya que resisten temperaturas máximas de operación de 105°C aproximadamente, y no resisten a los ácidos pero sí a los álcalis disueltos.

Entre más pura sea la celulosa que contiene una fibra mejores propiedades físicas mostrará, por ejemplo será más flexible y elástica, por el contrario mientras más lignificadas o leñosas son las fibras serán más tiezas y quebradizas.

En algunos casos la fibra consiste de algún derivado de la celulosa obtenido mediante tratamiento químico como el algodón mercerizado. Los álcalis concentrados alteran las propiedades de las fibras y los ácidos como el sulfúrico o clorhídrico hidrolizan rápidamente las fibras, desintegrando su estructura orgánica, cabe la mención especial del ácido nítrico que forma nitrocelulosas al ponerse en contacto con las fibras.

Algodón:

El algodón consiste en una sola y larga célula tubular, con lo cual su estructura difiere radicalmente de la estructura de cualquier otra fibra vegetal, formadas por grupos de células más cortas enredadas o pegadas por otro material.

La longitud de la fibra de algodón es de entre 1200 a 1500 veces su diámetro, esto es, aproximadamente 30 milímetros de longitud dependiendo de la especie de algodón y del lugar de origen. La fibra tiene un extremo cerrado y en punta y otro roto y abierto, con un canal interno que aumenta su capacidad de

absorción, aunque la mayor parte de ésta se debe a los múltiples poros que corren de la superficie al centro. La acción capilar le ayuda a retener sales y colorantes

La tabla 2.1.1 contiene los efectos promedio que producen los tratamientos que se hacen a los hilos de algodón.

Tabla 2.1.1 - Efectos de los tratamientos sobre los hilos de algodón (ref 9)

	Peso	Longitud	Resistencia a la Tensión	Elongación
Gris (crudo)	100%	100%	100%	100%
Blanqueado				
Clorito	97	97	94	92
Permanganato	97	96	93	96
Peróxido	93	96	87	102
Promedio	95,67	96,33	91,33	96,67
Teñido negro				
Anilina	110	96	122	98
Azufre	104	96	108	93
Promedio	107,00	96,00	115,00	95,50
Hervido en agua				
2 horas	97	97	104	104
4 horas	94	97	100	102
6 horas	94	97	100	98
Promedio	95,00	97,00	101,33	101,33

Lino:

La fibra de lino contiene solamente el 3,8% de lignina (la lignina es la substancia que da a la madera su consistencia) por lo que se comporta como celulosa pura la cual es flexible y suave. La fibra del lino mide de 12 a 36 pulgadas de largo, es de color gris plateado cuando se encuentra húmeda de rocío y de color blanco amarillento cuando retiene el agua, es capaz de subdividirse finamente, es suave y flexible, conduce mejor el calor que el algodón y es la más fuerte de las fibras comerciales de corteza. Se usa para

hacer hilo para coser, para zapatos, para encuadernar, para pescar y hacer redes, los mejores grados de hilaza para envoltura y ropa interior de punto, toallera, blancos y ropa de vestir.

La tabla 2.1.2 muestra la composición típica de la fibra de lino, según H. Müller.

Tabla 2.1.2. - Composición de la fibra de lino (ref 9)

Componente	Porcentaje
Agua (higroscópica)	9,58%
Extracto acuoso	4,79%
Grasa y ceras	2,36%
Celulosa	76,26%
Cenizas (minerales)	1,00%
Materia intracelular	6,01%

En forma de tela presenta la característica de incrementar su resistencia a la tensión al aumentar la humedad que contiene, como se puede apreciar de los datos de la tabla 2.1.3 que provienen de mediciones realizadas por Brun.

Tabla 2.1.3 - Resistencia a la tensión de la tela de lino húmeda (ref 9).

Humedad porcentaje	Resistencia a la tensión (Kg)
0,0%	180
2,2%	190
5,5%	232
9,0%	288
12,0%	350
15,0%	402
19,1%	417
35,0%	425

Yute:

La fibra de yute mide entre 1.4 y 3 metros y tiene una composición química distinta a la del algodón y el lino. Se compone esencialmente de lignocelulosa o bastosa, que es un compuesto de lignina y celulosa.

La fibra de yute es una fibra débil comparada con el resto de las fibras vegetales y las razones para su uso generalizado son su fineza, su lustre tipo seda y la facilidad que presenta para hilarse, además de ser una fibra suave difiriendo así de la mayoría de las fibras para cuerda, su mayor problema es su poca durabilidad, ya que al ser expuesto a la humedad se deteriora rápidamente, e incluso expuesto al ambiente pierde gradualmente su flexibilidad y resistencia a la tensión. Además la fibra de yute es muy sensible a los ácidos, los cuales incluso en trazas rompen las fibras y concentrados las disuelven, exceptuando al ácido sulfuroso, al disulfuro de sodio y los ácidos orgánicos que no tienen efecto sobre él, sin embargo, su resistencia al agua caliente y al vapor es similar a la de las demás fibras vegetales.

Fibras minerales o asbestos:

El asbesto es una fibra natural no inflamable que se obtiene de varios minerales como son serpentina, crisotilo y amfibolo, la extracción más generalizada es a partir serpentina. Las minas de asbesto se encuentran en la Unión Soviética, Canadá, Rodesia, Italia, Alemania, Checoslovaquia y Sudáfrica.

El color del asbesto varía de acuerdo al lugar de extracción, por lo que existe asbesto azul, gris, verde-gris, café y blanco.

Las fibras de asbesto son extraordinariamente delgadas, por ejemplo, las fibras más finas de crisotilo tienen aproximadamente $0.2\mu\text{m}$ de diámetro y en el resto de las fibras es de solo unos cuantos micrómetros. La longitud de las fibras que pueden hilarse varía entre los 12 y los 40 mm, la fibra más corta se utiliza en materiales de empaque y aislamiento, así como para el asbesto-cemento.

Las fibras de asbesto se enredan en hilos cuya calidad depende del tipo o tipos de fibra utilizados, así como de la cantidad de algodón o rayón (10 a 15%) que se le añade como ayuda al hilado.

Crisotilo:

Es un silicato de magnesio hidratado cuya fórmula empírica es $Mg_3[(OH)_4Si_2O_5]$; las fibras de Crisotilo son las fibras más flexibles de los asbestos y su resistencia a la tensión es alta, incluso de 800.000 psi. además tiene una buena resistencia al calor, aunque durante continuas exposiciones se vaporiza algo del agua que contiene su estructura, perdiéndose prácticamente toda entre 750°F y a 1110°F, sin embargo combinado con otros materiales así como en condiciones transitorias puede resistir mayores temperaturas

El crisotilo se obtiene principalmente de Quebec, Canada y el asbesto extraído de esta región se conoce como asbesto blanco pues la fibra totalmente abierta presenta este color aun cuando el mineral tiene un lustre verde. También existen minas en Columbia, Inglaterra pero el mineral tiene un alto contenido de hierro magnético por lo cual se le usa para aplicaciones eléctricas. También existen minas de crisotilo en: Canadá (Isla de Tenanova), Estados Unidos, Italia, Swazilandia, Sudáfrica, Chipre, Japon, Rusia y Yugoslavia.

Crocidolito:

Mejor conocido como asbesto azul, es un complejo silicato de hierro, magnesio y sodio cuya fórmula empírica es $Na_2MgFe_3[(OH)Si_4O_{11}]$. Se hacen algunos hilos de este material aunque esta fibra es difícil de procesar como tal, se utiliza como refuerzo de plásticos y láminas en que se requiere alta resistencia química; su resistencia al calor es menor que la del crisotilo, pero su resistencia a la tensión alcanza los 876.000 psi, su propiedad más importante es la alta resistencia al ataque de ácidos.

Los mayores depósitos de crocidolito se encuentran en Sudafrica, Austria y Bolivia, pero el mineral boliviano tiene una baja resistencia a la tensión que no le permite ser usado como textil.

Antofilita:

Esencialmente es un silicato de hierro y magnesio que usualmente tiene pequeñas cantidades de aluminio, su fórmula química se puede expresar como $(Mg,Fe)_3(OH)Si_4O_{11}$, la fibra de antofilita es quebradiza, frágil y baja en resistencia a la tensión, por lo cual no puede utilizarse con fines textiles.

Tremolita:

Es un silicato de calcio y magnesio $Ca_2Mg_3(OH)Si_4O_{11}$, la fibra de tremolita es larga, y por ello es un buen material para el filtrado, aunque es demasiado frágil como para usarse en la industria textil.

Actinolita:

Es un silicato de calcio, magnesio e hierro $Ca_2(Mg,Fe)_3(OH)Si_4O_{11}$, la fibra es débil y frágil como para hilarse, tiene buena resistencia a los ácidos, pero su valor práctico es bajo pues se prefiere utilizar otra fibra que además de la resistencia tenga la posibilidad de hilarse como es el crocidolito.

Grados de asbesto:

Debido a que los usos de la fibra de asbesto se ven determinados por la longitud de la fibra, ésta debe guardarse directamente en el molino de fibra, para ello se ha adoptado la prueba estandarizada en Quebec, que emplea una máquina consistente en tres mallas rectangulares de 24" x 14" x 3", una sobre otra estando la malla más abierta arriba y la más fina abajo, como se muestra en la Tabla 2.1.4.

Tabla 2.1.4 - Características de las mallas para pruebas de asbesto

Malla	Apertura de Malla	Diámetro de Orificio
Arriba, caja N°1	0.500"	0.105"
Enmedio, caja N°2	0.187", (4-mesh)	0.063"
Abajo, caja N°3	0.053", (10-mesh)	0.047"

Para llevar a cabo una prueba, 16 onzas de fibra son colocadas en la malla superior, se cierra el equipo y se agita horizontalmente a 327 rpm por 10 minutos, de tal manera que el grado de asbesto se determina por la cantidad de onzas que permanecieron en cada malla y por la cantidad que se encuentre en la base del equipo.

En la tabla 2.1.5 se muestran los grados de asbesto crisotilo canadiense.

Tabla 2.1.5.- Grados de asbesto crisotilo Canadiense (ref 10)

Grupo	Grado	Longitud de Fibra	
Grupo N°1	Crudo N°1	0.105"	
Grupo N°2	Crudo N°2	0.063"	
Grupo N°3	Fibras textiles (molidas)	Minimo	garantizado
		(mallas)	
	3F	10.5	3.9 1.3 0.3
	3K	7	7 1.5 0.5
	3R	4	7 4 1
	3T	2	8 4 2
	3Z	1	9 4 2

Otra clasificación es la utilizada en Gran Bretaña, la cual se especifica por el porcentaje de asbesto en la fibra, lo que repercute en su largo. La tabla 2.1.6 muestra esta relación.

Tabla 2.1.6.- Clasificación británica de asbesto (ref 10).

Grado	% en peso de asbesto	Largo de Fibra
Comercial	75 a 80%	Corta
No textil	80 a 85%	Corta
Grado A	85 a 90%	Mediana
Grado AA	90 a 95%	Larga
Grado AAA	95 a 99%	Muy larga
Grado AAAA	99% o mayor	Más de 3/4"
		Fibra casi extinta de las minas.

Es importante mencionar que en México el grado más usado para empaque es el AA.

El asbesto puede utilizarse por sí solo hasta los 800°F, pero cuando se requiere que conserve su resistencia a la tensión a mayores temperaturas, los hilos de asbesto se fabrican con un pequeño alambre en su interior, lo cual eleva su resistencia hasta 1200°F, además existe la opción de mezclar el asbesto con resinas principalmente fenólicas para utilizarlo a 5000°F.

Fibras Sintéticas

El uso de las fibras sintéticas se ha generalizado debido a que al seleccionar las materias primas con las cuales se fabrican, se permite cubrir una amplia gama de requerimientos predeterminados. Resulta fácil clasificar a las fibras sintéticas por su composición química o por sus propiedades particulares, pero incluso fibras del mismo grupo muestran comportamientos distintos por los diferentes métodos de manufactura. En la figura 2.1.2 se muestra una clasificación de las fibras sintéticas más usuales en el mercado.

Además de las propiedades anteriores la fibra de vidrio resiste bien el envejecimiento, los microorganismos y la radiación ultravioleta.

Fibra de carbón:

Las fibras de carbón son fibras inorgánicas obtenidas de materiales orgánicos como fibras o pitches por medio de pirólisis, sus propiedades más notables son: apreciable rigidez, alta resistencia a la radiación UV y a la flama, alta resistencia química e insolubilidad.

Fibras Sintéticas Orgánicas:

Fibras de Rayón:

Estas fibras son de mínima importancia en la producción de textiles industriales debido a su baja resistencia a la tensión y baja resistencia al calor.

Fibras de Rayón Cupramonio:

Las fibras de rayón se producen a partir de celulosa y la variedad cupramonio a partir de celulosa amoniacal, presentando bajas propiedades térmicas y químicas con excepción de una alta elasticidad.

Fibras de Acetato:

Las fibras de acetato tienen poca importancia en los textiles industriales y sus propiedades primordiales son la termoplaticidad y baja absorción de agua.

Fibras de Nylon (poliamidas):

Es una de las fibras más populares y antiguas por lo que se han desarrollado variedades. Las principales se muestran en la tabla 2.1.7

Tabla 2.1.7 - Fórmulas químicas de diferentes variedades de Nylon (ref 11)

<u>Variiedad de Nylon</u>	<u>Formula Quimica</u>
nylon 3	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_3-\text{CO}-)_n$
nylon 4	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-)_n$
nylon 5	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_5-\text{CO}-)_n$
nylon 6	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{CO}-)_n$
nylon 66	$(-\text{OC}(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-)_n$
nylon 610	$(-\text{OC}(\text{CH}_2)_4-\text{CO}-\text{NH}-(\text{CH}_2)_6-\text{NH}-)_n$
nylon 7	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_7-\text{CO}-)_n$
nylon 8	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_8-\text{CO}-)_n$
nylon 9	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_9-\text{CO}-)_n$
nylon 11	$(-\text{NH}-(\text{CH}_2)_{11}-\text{CO}-)_n$

Existen además fibras de nylon con cadenas aromáticas que tienen propiedades mecánicas extraordinarias, alta resistencia al calor y buenas propiedades eléctricas.

La resistencia al calor de estas fibras varía de los 200°C a los 500°C, pero a los 400°C se observa una rápida pérdida de su resistencia a la tensión, aunque soportan choques de alta temperatura.

La resistencia a los químicos es en general buena, por ejemplo el NOMEX resiste por más de 100 horas la exposición al ácido nítrico al 70%, al ácido sulfúrico al 70% o al hidróxido de sodio hasta el 10% sin perder más del 50% de su resistencia a la tensión.

Algunos ejemplos de estas fibras con características especiales se muestran en la tabla 2.1.8.

Tabla 2.1.8 - Características de fibras especiales empleadas en empaquetadura (ref 9)

Fibra	Características Principales
Kernel-	(Rhône-Poulenc-Textiles), es una fibra amarilla basada en el 4,4-difenilmetan disocianato y anhídrido del ácido trimelítico
Aramida-	(Importada de Rusia), Fibra amarilla utilizada para resistir temperaturas de 300 a 400°C.
Oxalon-	(Importada de Rusia), Es la poliamida aromática más barata y se usa como material eléctrico y en la industria del hule
Enkatherm-	(Enka-Glanzstoff), Fibra anaranjada basada en la politereftaloxamida.
Kynol-	(Carborum Co., USA), Fibra resistente a altas temperaturas tales como 1000°C durante un corto periodo de tiempo y a temperaturas cercanas a 200°C para uso continuo, esta fibra se utiliza en tapicería y alfombrado uniformes del personal de aviación y en la industria militar
Kaisal-	(Carborum Co., USA), Fibra diseñada para soportar temperaturas de 2500°C
Nomex-	(du Pont, USA), Fibra basada en el ácido isoftálico
Kevlar-	Fibra que presenta una muy buena resistencia a la tensión, así que se utiliza en la producción de cuerdas

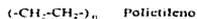
Fibras Poliester:

El uso de esta fibra ha ido sustituyendo al nylon pues en algunas propiedades como resistencia a la tensión, elongación y resistencia a un ambiente húmedo es superior. Esta fibra inicialmente se hacía a partir del polietileno tereftalato, siendo la fórmula general la siguiente



Fibras Poliolefinas:

Estas fibras se han vuelto importantes, pues tienen como ventajas un bajo precio y una alta resistencia a la tensión, por lo que son muy utilizadas como textil de empaque y para cubrir materiales o paquetes, en este grupo se encuentran los polietilenos y polipropilenos



Fibras Vinílicas:

Las fibras vinílicas representan un importante grupo que incluye una gran variedad de fibras que se pueden modificar para cubrir una amplia gama de aplicaciones. La fórmula general de las fibras vinílicas es la siguiente:



Hilos:

Con respecto a los hilos formados con las fibras anteriores podemos decir que se dividen en tres:

- Hilo de filamento. Producto lineal de 28 tex o más que se compone de varios filamentos.
- Hilo de monofilamento: hilo de entre 11 decitex y 0.1 mm.
- Además podemos mencionar a las cintas enrolladas como podrían ser algunos hilos de teflón o de fibras como el Kevlar.

Nota: Los tex equivalen al peso en gramos de 1000m de una fibra.

Metales:

Cuando se requiere una alta resistencia a la abrasión, tensión, vibración y manejo rudo de la empaquetadura, se utilizan alambres delgados de metal, ya sea insertados en los hilos de la empaquetadura o en lugar de los mismos, los más utilizados de esta manera son el cobre y el acero. Además se utiliza lámina de aluminio para forrar la empaquetadura con objeto de brindarle una mayor resistencia mecánica y térmica.

Las tablas 2.1.9, 2.1.10, 2.1.11, 2.1.12 y 2.1.13 muestran las características de algunos hilos utilizados comúnmente.

Tabla 2.1.9 - Hilos de Asbesto

Propiedad	Tipo de hilo			
	Asbesto 1020 80%	Asbesto 1021 70 20%	Asbesto 1030 80%	Asbesto 1040 80%
Rayón	15.6	4.3	15.6	15.6
Poliéster	4.4	3.5	4.4	4.4
Metal	--	22 --	--	--
gr/m	1	1.27	1.5	2
Res. Tensión(N)	22	31	31	44
Elongación %	7	5	5	5
Vueltaa/m	236	204	197	177
Espesor (mm)	0.84	1.44	1.27	1.78

Tabla 2.1.10.-Hilos de Fibra Kevlar

Propiedad	Tipo de hilo	
	Kevlar	
Kevlar		21.1
Rayón		21.1
F Vidno		57.8
gr/m		0.72
Res. Tensión(N)		93
Elongación %		3
Espesor (mm)		0.96

Tabla 2.1.11.- Hilos de Fibra Zenar

Propiedad	Tipo de hilo
	Zenar
Aramida	50
PTFE	30
Silicon Lub	18
Denier	14,400
Res. Tensión(psi)	55
Elongación %	3.15

Tabla 2.1.12.- Hilos de Fibra Acrilica

Propiedad	Tipo de hilo
	Acrilico
Acrilico	27.7
Rayón	15.2
F Vidrio	62.1
gr/m	0.67
Res. Tensión(N)	89.4
Elongación %	3
Espesor (mm)	0.96

Tabla 2.1.13.- Hilos de Fibra de Grafito

Propiedad	Tipo de hilo
	Hilo grafito
C	99.5
Genze	0.5
gr/m	0.7
Vueltas/m	79
Res. Tensión (psi)	7
Elongación %	5

A continuación se listan las pruebas para el control de calidad que deben realizarse a los hilos:

ASBESTOS (hilos 1020, 1021, 1030, 1040)

Resistencia a la tensión y elongación,

Espesor,

Peso / metro,

Vueltas / metro,

Capacidad de humectación

Pureza del asbesto

Además de las anteriores en el caso del 1021 debe conocerse el calibre y peso del alambre.

ACRILICO

Resistencia a la tensión y elongación,

Espesor

Peso / metro

Vueltas / metro

Capacidad de humectación

ARAMIDA

Resistencia a la tensión y elongación

Espesor

Peso / metro

Vueltas / metro

Capacidad de humectación

Siendo los dos últimos datos relevantes solo para el hilo Kevlar.

En la tabla 2.1.15 se muestran las características de los diferentes tipos de hilos de asbesto.

Tabla 2.1.15 -Construcción del hilo

1020	2 Cabos
1030	3 Cabos
1040	4 Cabos
1021 AA	2 Cabos, centro de inconnel y asbesto con calidad AA
<u>MECHA DE ASBESTO</u>	<u>asbesto enrollado en hilo de algodón</u>

Para la construcción de todos los hilos de asbesto se tuerce mecha de asbesto

Los hilos de asbesto se identifican mediante un código el cual se explica fácilmente con el siguiente ejemplo.

Para el ejemplo tomaremos el hilo 1021

1	0	2	1
A	B	C	D

AB = Número de yardas por libra entre 100.

C = N° de hilos o cabos

D = Presencia de filamento metálico.

METALES

Debe tenerse especial cuidado del espesor de las láminas o alambres metálicos así como de que la aleación seleccionada cumpla con los requisitos para su uso, que en general son la resistencia mecánica y la resistencia a la temperatura.

LUBRICANTES

Los lubricantes de empaquetadura trenzada son materiales con los cuales se tratan los hilos o la empaquetadura y a trenzada buscando

Mejorar el sellado.

Incrementar su resistencia química.

Incrementar la resistencia térmica.

Evitar que las fibras se resequen por el uso.

Disminuir la fricción con las partes móviles con que tenga contacto.

Cuando se seleccione un lubricante o un grupo de ellos se debe tomar en cuenta la resistencia al medio en el cual se utilice y la suavidad que brinde a la empaquetadura, una empaquetadura mal lubricada no sella apropiadamente y daña las partes móviles del equipo donde se coloque

Los lubricantes utilizados en las empaquetaduras han evolucionado al desarrollarse nuevos materiales encontrándose diferencias entre compañías e incluso dentro de la misma empresa con mejores propiedades químicas, físicas y térmicas, así que solo se mencionaran los tipos más utilizados en la actualidad y la función que desempeñan dentro de la empaquetadura

Grasas y Aceites:

Se utilizan para mejorar la flexibilidad de los trenzados y para aumentar el sellado de sustancias polares como el agua, además disminuyen la fricción con las flechas o cajas de empaques

Parafinas:

Sirven para fijar los lubricantes en polvo, además de mejorar el sellado y evitar la resequedad de las fibras.

Suspensiones de Teflón:

Los trenzados se mojan en las suspensiones de teflon para adquirir una capa de este material, adquiriendo por consiguiente una mejora en la resistencia química del material y una disminución del coeficiente de fricción del empaque.

Elastómeros:

Se utilizan para mejorar la elasticidad de los empaques y mejorar su resistencia mecánica.

Polvos de grafito o zinc:

El zinc se utiliza para mejorar la conducción del calor, permitiendo su rápida transferencia, el grafito además presenta la propiedad de disminuir la fricción por su estructura laminar.

2.2- Fabricación de la Empaquetadura de Compresión

La empaquetadura trenzada o de compresión se fabrica de una forma sencilla, aunque es un proceso delicado pues la tensión inadecuada de los hilos, así como una falla en la lubricación repercutirán en el comportamiento del producto final

A continuación, la figura 2.2.1 muestra el diagrama de flujo del proceso típico de manufactura de la empaquetadura trenzada

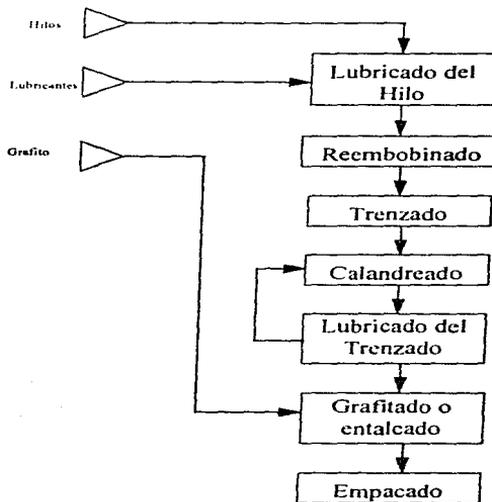


Figura 2.2.1.- Proceso de Manufactura de la Empaquetadura Trenzada

Es importante mencionar que el proceso mostrado anteriormente sufre modificaciones de acuerdo a las características de los envases que se estén manejando, por ejemplo las fibras vegetales no se lubrican hilo por hilo sino solamente ya trenzadas

Lubricado del hilo

El lubricado de las bobinas de hilo se lleva a cabo dentro de tanques que tienen la temperatura necesaria para que los aceites, grasas o parafinas que se utilicen se encuentren en estado líquido. Las bobinas se deben dejar el suficiente tiempo para que los lubricantes penetren en el hilo, en este proceso debe tenerse cuidado en evitar el contacto directo con los materiales calientes

Reembobinado en carretes

Aunque el espesor de una empaquetadura trenzada depende del número de hilos que la componen, las trenzadoras tienen un número definido de cargadores, por lo cual deben embobinarse en carretes de forma paralela el número de hilos que cada cargador deba llevar para obtener el número de hilos que llevará la empaquetadura.

Trenzado

Existe una gran variedad de máquinas trenzadoras, aunque el funcionamiento básico de todas es muy similar.

Los hilos que conforman una empaquetadura requieren de una adecuada tensión para aportar resistencia al producto final y disminuir al mínimo los espacios entre los hilos, dicha tensión se obtiene mediante pesas o resortes que deben ser cuidadosamente seleccionados, además es necesario un avance constante durante el proceso con el objetivo de obtener un perfil constante, una vez seleccionado el avance y la tensión que se requiere para obtener un trenzado, se deben montar las bobinas de hilo en los cargadores

de la máquina; a esta selección y al montaje de bobinas se le conoce como etapa de preparación de la máquina.

Una vez preparada la máquina e hilos se procede a trenzar, para ello se debe tener especial cuidado de evitar que los hilos se enreden o se rompan y en caso de que esto ocurra se deberán unir los extremos del hilo roto o desenredar los hilos.

Existen diferentes acabados que se pueden dar a una empaquetadura según la resistencia que se desee en el producto

Torcido - No es propiamente un trenzado en este caso solamente se tuercen los hilos juntos hasta obtener un hilo más grueso y el proceso se repite hasta obtener el grosor deseado. su apariencia se muestra en la figura 2.2.2



Figura 2.2.2.- Empaquetadura Torcida

Tejido capa sobre capa -En esta empaquetadura se tejen hilos entrelazados capa sobre capa hasta alcanzar el diámetro deseado, como muestra la figura 2.2.3.

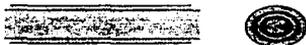


Figura 2.2.3 - Empaquetadura Tejida Capa Sobre Capa

Trenzado Normal - En el trenzado, los hilos corren en sentidos contrarios entrelazándose con el resto de los hilos, presenta un perfil cuadrado como muestra la figura 2.2.4



Figura 2.2.4 - Empaquetadura Trenzado Normal

Super Trenzado - En el trenzado los hilos atraviesan la empaquetadura desde la superficie hasta el centro envolviendo al resto de los hilos, y presenta una apariencia como la mostrada en la figura 2.2.5.



Figura 2.2.5 - Empaquetadura Super Trenzado

Calandreado

En las empaquetaduras se debe garantizar un perfil constante, con lo que se hace necesario calandrear los trenzados, esto consiste en un moldeo por presión para lo cual la empaquetadura se debe pasar entre cuatro cilindros que lo presionan para asegurar la medida del producto final y forzar a que el perfil de la empaquetadura sea uniforme, ver figura 2 2 6

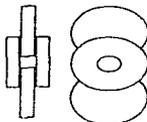


Figura 2 2 6.- Cilindros Para Calandrear.

Lubricado del Trenzado

El lubricado del trenzado con aceites, grasas o parafinas se realiza igual que el anterior lubricado hilo por hilo dentro de tanques que tengan la temperatura necesaria para que los lubricante se encuentre en estado líquido.

Existen otros lubricantes como las resinas de politetrafluorocarbano, mejor conocidas como PTFE o teflón, fabricadas principalmente por Dupont, que tiene otro proceso para su aplicación.

En esta técnica el material trenzado se hace pasar a través de una suspensión que contenga la resina con el objeto de humedecer el trenzado. Después de aplicar la suspensión se calienta hasta 120°C lentamente para evaporar toda el agua, obteniendo una película repelente al agua y se calandrea de nuevo el trenzado.

El material ya calandrado se debe someter a un proceso de sinterizado en el cual la resina de tetrafluorocarbono forma un polimero resistente al ataque químico y mecánico, además de presentar un bajo coeficiente de fricción. El sinterizado de películas de PTFE se realiza entre 360 y 371°C durante un tiempo máximo de 30 segundos para evitar que se degrade la película.

Grafitado o Entalzado

El grafito u otro material en polvo que mejore las propiedades superficiales de la empaquetadura se aplica al final del proceso, pasando el trenzado manual o mecánicamente por un depósito que contenga el polvo.

Empacado

En este caso el término se refiere a enrollar el producto en carretes o en espiral y colocarlo dentro de un depósito o caja para evitar que se maltrate.

Los principales fabricantes de empaquetadura de compresión en México son los siguientes:

Garlock de México

Chesterton

John Mansville

John Crane

Asberid

Empakmex

Utex

Los anteriormente mencionados son fabricantes e importadores y los dos primeros además exportan.

Existe también un importador de relativa importancia que es Latty.

2.3- Uso y Aplicación de la Empaquetadura de Compresión.

Las empaquetaduras de compresión se utilizan para sellar vástagos y flechas de bombas rotatorias y centrifugas, válvulas y otros equipos mecánicos, debido a que existen empaquetaduras de compresión de distintos materiales, se pueden usar varias empaquetaduras para cada fluido, estas se adquieren como una tira larga que debe ser cortada, antes de montarse, para ello se debe enrollar la "trenza" en una barra o tubo del mismo diámetro que el vástago a sellar y sobre esta barra cortarse, con objeto de que la trenza selle perfectamente todos los espacios dentro de la caja de estopas.

Se afloja el prensa estopas utilizando en general una llave inglesa, después se retira el sello viejo con un gancho o jalador de empaque y se revisa el vástago para verificar que no existan daños o escoriaciones que indiquen una mala operación o empaque, además las escoriaciones desgastan los empaques rápidamente y se recomienda en general cambiar la pieza.

Se limpia perfectamente el área a sellar y se comienzan a colocar los anillos de empaque en la forma que se muestra, alternándolos a 90° con respecto a los demás. Como regla general se utilizan tres o cuatro anillos de empaque, aun cuando este número suele variar.

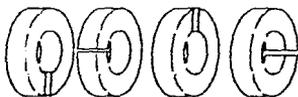


Figura 2.3.1 - Colocación de los anillos de empaque

En la tabla 2.3.1 se listan por materia prima el uso y rama industrial mas representativa en la cual suelen usarse las empaquetaduras.

Tabla 2.3.1.- Uso de las Empaquetaduras

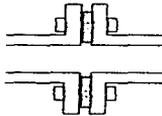
Materia Prima (HÍLO)	Lubricante Típico	Aplicación	Rama Industrial
Teflón con Grafito	Graso	Agua, Gases, aceites sintéticos Ácidos y Alcalinos	Química y Papelera
Cinta de PTFE		Gasolina, solventes y Lubricantes	Química
Cinta de PTFE Grado Alimento	Parafinas	Ácidos, Alcalis y Abrasivos	Minera y Alimenticia
Fibras Aramidicas	PTFE	Soluciones salinas, Ácidos y Alcalis débiles	Química, Cervecería, Destilerías y Minera
Hilo Acrílico	Teflón o Grafito	Agua, Alcoholes y Ácidos o Alcalis débiles	Servicios
Asbesto Blanco	Teflón o Grafito	Ácidos o Alcalis, Debiles y Alta Temperatura	Minera, Papelera y Servicios
Carbon	Teflón o Grafito	Ácidos débiles y corrosivos Alcalis fuertes, Aire	Azucarera, Petrolera, Papelera
Grafito	Teflón	Salmueras, Ácidos y Alcalis, Derivados del Petróleo y Materiales Contaminantes	Cervecerías, Maderera, Vidriera, Petroquímica y Química
Fibras Vegetales	Parafinas y Teflón o Grafito	Agua y Soluciones diluidas	Refinación, Metalúrgica, Minera y Azucarera

En caso de que se desee una especificación exacta puede consultarse la tabla de resistencias químicas que se encuentra en el ANEXO I

Cada fabricante cuenta con especificaciones exactas sobre la velocidad superficial que resiste su empaquetadura así como la temperatura y presión a que puede utilizarse, por ejemplo una empaquetadura típica de asbesto blanco puede utilizarse a un pH de 3 a 11, a una temperatura de hasta 260°C, a una presión de hasta 300 psi y a 1500 ft/min de velocidad periférica de la biela sellada, pero estas propiedades varían de acuerdo a la calidad de la materia prima, la construcción del empaque y al tipo de lubricante utilizado.

CAPITULO 3.- LAMINADOS DE HULE

Como su nombre lo indica, son laminas de material elastomerico (hule) que se cortan para fabricar empaques. Los empaques de hule para brida o juntas tienen un funcionamiento sencillo, son de un material elástico que al someterse a compresion se adapta a las superficies que lo comprimen sin dejar espacios libres que puedan fugar, su uso es en las juntas o bridas de tuberias y equipos, como se muestra a continuación



Los empaques fabricados a partir de laminados son los siguientes.

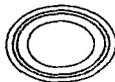
Empaque de cara completa -

Empaque que cubre completamente la superficie de la brida e incluye los agujeros de los tornillos.



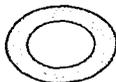
Empaque de labio -

Cualquier empaque el cual se aprieta a si mismo sellando por medio de un labio protuberante.



Empaque tipo anillo -

Empaque que cubre la superficie de la brida comprendida entre el diametro interior y los anillos.



Las propiedades principales que deben cuidarse en las laminas de hule que se utilizaran en empaques son las siguientes:

-Resistencia al ambiente - En el caso de los laminados de hule nos referimos a la resistencia a la temperatura, presión, fluidos a manejar interna o externamente y las condiciones del ambiente, sol, humedad, salinidad y resistencia a la oxidación, además su resistencia al impacto o vibración. Cada elastomero por separado presenta unas propiedades particulares, pero algunas mezclas mejoran las propiedades del laminado.

-Dureza. - La dureza determina la facilidad con la cual el hule puede ser flexionado, es medida mediante la escala Shore A que determina la dureza mediante una pieza metálica con punta plana y que se presiona contra la pieza, determinando la penetración que se consigue en el material, así una banda de hule típica tiene una dureza de 35 Shore A y el tacón de hule de un zapato de 80 Shore A aproximadamente

-Resistencia a la tensión - Es una medida de resistencia a la ruptura expresada generalmente el lb/in^2 , o Kg/cm^2 , esta propiedad es importante cuando los empaques serán expuestos a impactos o abrasión.

-Elongación o estiramiento - Es la medida en que un hule puede estirarse sin que se presente el rompimiento y se expresa como el porcentaje de la longitud original en el momento de la fractura

-Módulo de Young - Es una medida de resistencia al alargamiento, un módulo alto significa alta tensión al alargamiento. El hule natural y el neopreno tienen un módulo de young bajo, lo que significa que se estiran con mucha facilidad

-Deformación de compresión - La deformación por compresión es la medida del punto en el cual un hule no puede recobrar su forma original luego de que ha sido deformado por un periodo de tiempo y luego relajado. La baja compresión es una propiedad importante para cualquier material de empaque, particularmente, donde el material se encuentra alternativamente a alta y baja compresión. Un empaque que al comprimirse toma una forma permanente no se recomienda nunca

-Deformación por tensión - Es la medida del punto en el cual el aumento en la tensión produce una deformación tal que no se recobra la forma original del hule, después de remover la carga de tensión.

-Gravedad específica.- La gravedad específica es la proporción del peso de una sustancia dada en relación al peso de un volumen de agua igual. La mayoría de los elastómeros tienen una gravedad específica mayor a 1, el rango para los elastómeros normalmente usados en las empaquetaduras de hule es de 0.95 a 2.00

Otra característica importante en las láminas de hule que se usarán para empaques es la homogeneidad que deben tener en su espesor además de que no deben existir marcas o huecos en el hule, pues estos implican puntos débiles de la lámina y facilitarían la fuga.

3.1.- Materias primas empleadas en la fabricación de laminados de hule.

En los albores de la industria hulería todas las piezas se fabricaban de hule natural, sin embargo el desarrollo de los hules sintéticos ha permitido aplicaciones cada vez más sofisticadas en los cuales además de las propiedades de elasticidad y resistencia mecánica es necesaria la resistencia a diversos medios como agua, aire, aceite, grasas, ácidos, bases, oxígeno, ozono, cloro, y propiedades especiales como sean no manchantes, inodoras, translúcidas, no tóxicos, etc. Todas estas propiedades se obtienen como resultado de mezclar a los elastómeros con una amplia gama de materiales, teniendo cada uno de ellos una función determinante dentro del hule.

En el caso del hule, los fabricantes utilizan el término formulación para referirse a la mezcla de componentes y la proporción necesaria para obtener un hule con características deseadas y que resista la degradación, esta resistencia a la degradación depende de numerosos factores entre los cuales encontramos la selección del tipo de elastómero, el sistema anti-degradante y el sistema utilizado para curar o vulcanizar el hule, así por ejemplo el hule Terpolimero etilén propilén dieno EPDM o el polibutílo son inherentemente más resistentes que el resto de los hules entre los que se incluyen (estireno butadieno SBR, Poliisopreno, Policloropreno o neopreno), debido a la casi o total ausencia de dobles

enlaces, sin embargo, los elastómeros insaturados tienen propiedades distintas que los hacen muy útiles pero requieren de protección para resistir los efectos del medio.

Para formular los hules se toman en cuenta tres factores primordiales que son:

- a) Cubrir una especificación
- b) Facilidad de fabricación
- c) Económico.

Como primer paso se debe seleccionar el tipo de elastómero a utilizar tomando en cuenta las especificaciones a cubrir. A continuación se listan los principales elastómeros utilizados en empaquetadura:

a) Hule natural

b) Hules sintéticos

Estireno Butadieno (SBR)

Polisopreno

Polibutadieno

Cloropreno (Neopreno)

Butilo

Silicon

Fluoro elastómeros

Fluoro silicon

A continuación se muestra una tabla cualitativa de comparación entre los principales elastómeros

Tabla 3.1.1.- Comparacion cualitativa entre los principales elastomeros (ref 8)

RESUMEN DE PROPIEDADES							
Propiedades Principales	Mala Resistencia	Buena Resistencia	Mala Resistencia	Buena Resistencia	Mala Resistencia	Buena Resistencia	Resistencia a la Ozone y otros oxidantes (ppm)
Propiedades de Tension	Elastico	Buena	Regular	Regular	Regular	Mala	
Resistencia a la Abrasion	Elastico	Buena	Regular	Regular	Regular	Mala	Buena
Resistencia al Corte	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Resistencia a las Agrias	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Resistencia a las Fugas	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Resistencia a la Rotura	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Resistencia al PVP	Elastico	Elastico	Elastico	Elastico	Elastico	Elastico	Buena
Acabado	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Caracteristicas	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Caracteristicas Especificas	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Permeabilidad a los Gases	Regular	Regular	Mala/Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Resistencia a los Fluidos							
Acido Sulfurico	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Acido Nitrico	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Alcohol Metilico	Mala	Mala	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Alcohol Etilico	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Alcohol Isopropilico	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Alcohol Cetonico	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular
Alcohol Clorofornico	Buena	Buena	Regular	Regular	Regular	Regular	Regular

La siguiente tabla muestra las características de los principales hules

Tabla 3.1.2.- Características de los principales hules (ref 8)

Nombre corriente	Siglas	Denominacion Quimica	Propiedades Principales
Caucho Natural	NR	cis-1,4 Polisopreno	Baja generacion de calor por friccion (Usos en neumaticos) Baja histeresis
Caucho Isopreno (Natural y sintético)	IR	cis-1,4 Polisopreno	Baja generacion de calor por friccion (Usos en neumaticos) Baja histeresis
Caucho Butadieno	BR	cis-1,4 Polibutadieno	Baja generacion de calor por friccion (Usos en neumaticos) Baja histeresis
Caucho Butilo	BR	Copolimero de Isobutieno-Isopreno	Baja permeabilidad al aire Resistencia a los productos quimicos inorganicos
Butilo Modificado	-	Clorobutilo Bromobutilo	Mejor resistencia al calor Mejor proceso de mezcla
Caucho de Butadieno-Estireno	SDR	Copolimero de Butadieno-Estireno	Caucho sintético de uso general algo mas resistente al calor que el caucho natural
Caucho de Etileno-Propileno	EPDM	Copolimero de Etileno-Propileno	Resistencia al agua caliente vapor calor seco ozono y productos quimicos inorganicos
Caucho EPT	EPDM	Tercipolimero de etileno-propileno dieno	Resistencia al agua caliente vapor calor seco ozono y productos quimicos inorganicos
Caucho Cloropreno (Neopreno)	CR	Policloropreno	Moderada resistencia a los aceites Resistencia a la flexion y al ozono
CPE	CPE	Poli-etileno Clorado	Resistencia al ozono y a productos quimicos
Caucho Acrilico	ACM	Copolimero de ester acrilico	Resistente hasta 167°C combinado con moderada resistencia a los aceites

Nombre corriente	Siglas	Denominación Química	Propiedades Principales
Caucho Poliacrílico	ANM	Copolímero de ester acrílico	Resistente hasta 165°C combinado con moderada resistencia a los aceites
Caucho Butadieno Acronitrilo	NBR	Copolímero de butadieno acronitrilo	Resistente a aceites y disolventes
Hypalon	CM	Polietileno clorosulfurado	Resistencia al ozono y a productos químicos
Caucho de Silicona	MQ, VMQ	Polidimetil siloxano	Resistente a altas y bajas temperaturas
Caucho Poli Sulfuro Thiokol	PVMQ	-	Resistente a disolventes
Caucho carbonitrado Fluoroelastómeros	FKM	Copolímero de fluoruro de vinilidato y hexafluoropropileno	Resistencia a disolventes y productos químicos a temperaturas por encima de 200°C
Fluoroelastómero	CFM	Copolímero triclorofluoroetileno y fluoruro de etileno	Resistencia hasta los 200°C
Fluoroelastómero	-	Fosfonitrilo fluoroelastomero	Resistencia a disolventes sometidos a temperaturas entre 20°C y 195°C
Fluoroelastómero	FVMQ	Silanos fluorosustituidos	Resistencia a disolventes a alta y baja temperaturas
Elastómeros de Poloureteranos, Cauchos de Ureterano-socianato	AU, EU	Productos de reacción de isocianatos y esteres glicélicos poliquilínicos poliésteres	Alta fuerza de tensión y poca corriente de resistencia a la abrasión Buena resistencia a los aceites
Caucho Carboxílico	NBR	Caucho de butadieno-acrilonitrilo modificado grupos carboxílicos	Excelente resistencia a la abrasión Puede vulcanizarse sin azufre Buena resistencia al ozono
Caucho de Epicloridrina	CO	Homopolímero de epicloridrina	Buena resistencia a gasolinas y aceites buena resistencia al ozono Baja permeabilidad a los gases
Caucho de Epicloridrina	ECO	Copolímero de epicloridrina y cloridieno	Buena resistencia a gasolinas y aceites también a bajas temperaturas
Caucho termoplástico	-	Caucho termoplástico butadieno-estireno	Comportamiento elástico por encima de 110°C

Las propiedades mecánicas obtenidas al utilizar un elastómero puro son pobres, por lo que se hace necesario hacer uso de diversos materiales que modifican su comportamiento, tanto en propiedades físicas como químicas

3.1.1.- Activadores.-

Funcionan como auxiliares de la vulcanización

Los principales activadores los constituyen los óxidos metálicos; el óxido de zinc es el más activo, seguido del plomo y el óxido de magnesio, fuera de estos tres los demás óxidos tienen poca actividad.

El óxido de magnesio tiene en los cloroprenos la doble función de acelerante y neutralizante del cloro que se libera durante la vulcanización

Otro activador importante es el ácido esteárico, ya que con los aceleradores y el óxido de zinc se forma un complejo, siendo el paso intermedio de la reacción la formación del estearato de zinc; sin embargo, si se adiciona directamente el estearato de zinc, los resultados obtenidos son mucho mejores

3.1.2.- Cargas Reforzantes.

Su nombre deriva de que son materiales que mejoran las propiedades mecánicas de los hules; modifican las características de un compuesto, obteniéndose vulcanizados con mayores valores de módulo de Young, resistencia al desgarro y resistencia a la abrasión

La capacidad de reforzamiento de una carga depende básicamente del tamaño de las partículas que la componen. A menor tamaño de partícula mayor es su capacidad de reforzamiento debido a una mayor área de superficie que permite una mejor interacción entre el polímero y la carga.

Las cargas reforzantes más comúnmente empleadas son los negros de humo y el dióxido de silicio, y con algunas aplicaciones el óxido ferrico que tiene la doble función de activar y reforzar.

Los negros de humo son producto de la combustión de hidrocarburos líquidos o gaseosos y están formados por carbono elemental agrupado, formando partículas semejantes al grafito.

A continuación se ilustra el tamaño de partícula de las cargas reforzantes más comunes:

Tabla 3 1.3.- Tamaño de partícula de las cargas reforzantes más comunes (ref. 8).

CARGA	TAMANO DE PARTICULA
Negro de Canal	10 a 22 M μ
SAF	20 M μ
ISAF	25 M μ
HAF	29 M μ
FEF	40 M μ
GPF	80 M μ
SRF (ACEITE)	60 M μ
HMF (GAS)	60 M μ
SRF (GAS)	80 M μ
MT	470 M μ

En las cargas blancas encontramos de dos tipos: unas obtenidas por precipitación, con un contenido de SiO₂ del 85 al 90 % y las sílices piropénicas con un contenido de SiO₂ del 99.8%.

Las cargas blancas reforzantes (principalmente las ácidas) retrasan la velocidad de reacción de manera que es necesario incrementar la cantidad de aceleradores para obtener los mismos tiempos de vulcanizado que con los negros de humo. Es posible disminuir este efecto retardante con el empleo de dietilenglicol o trietanolamina. En la figura 3 1.1 se muestra la clasificación de las cargas reforzantes.

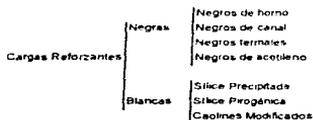


Figura 3 1.1 - Clasificación de las cargas reforzantes (ref. 8)

3.1.3.- Cargas de Relleno.-

Son cargas que se añaden a un compuesto con el unico objeto de abaratarlo. No confieren ninguna propiedad fisica a los vulcanizados aunque en ocasiones son ayuda de proceso, elevan la dureza o disminuyen la conductividad electrica. Estas cargas proceden de la molienda de rocas naturales como las cretas y silicatos, algunos ejemplos son

- Cretas
- Caolines
- Kieselguhr
- Talcos
- Barrita

3.1.4.- Plastificantes.-

Su función en el compuesto es la de auxiliar a la incorporación y la buena dispersión de las cargas, así como a la obtención de vulcanizados mas suaves

Los plastificantes pueden ser resinas, aceites o ésteres.

Las resinas presentan otra propiedad incrementan la pegajosidad o adhesividad del vulcanizado a textiles y metales

Se usan colofonias naturales (brea), colofonias esterificadas, resinas fenolicas y resinas hidrocarbonadas.

Los aceites son los plastificantes mas usados y se clasifican como sigue:

- Nafénicos Formados por dobles cadenas cerradas
- Parafénicos Formados por cadenas abiertas
- Aromáticos Formados por cadenas cerradas (benzenicas)

Los esteres permiten obtener vulcanizados con buena flexibilidad a baja temperatura, utilizándose por ejemplo ftalatos o sebacatos

3.1.4.- Protectores o Antidegradantes.-

Son materiales que sin afectar sensiblemente la obtención del vulcanizado, permiten alargar la vida útil de una determinada pieza de hule, inhibiendo la acción de elementos que intervienen en la destrucción química del hule vulcanizado como son el oxígeno, el ozono, la temperatura, la luz y la combinación de elementos que componen el ambiente (humedad, atmósfera etc.), así como la fatiga por flexión

Los hules tienen una resistencia a la degradación inherente al material, sin embargo el proceso de manufactura favorece el ataque de elementos como el oxígeno, la reacción de oxidación del hule es autocatalítica así que la acción de los antioxidantes es detener esta reacción, bien sea capturando los radicales libres que se forman o evitando la formación de los peróxidos causantes de la degradación del polímero. Los antioxidantes son capaces de aligerar o desacelerar la reacción del oxígeno u otros oxidantes débiles con el hule

Acercas del comportamiento del ozono se piensa que uno de los tres oxígenos se fija en un enlace mientras los otros dos se unen a otro enlace, la tendencia de ceras, antiozonantes e inhibidores de luz ultravioleta es formar una capa protectora que a pesar de no ser elástica sea capaz de autoformarse cuando surjan agrietamientos por acción mecánica, algunos antiozonantes son:

Ceras de petróleo

Dibutilditiocarbamato de níquel

Paradifenildiaminas sustituidas

3.1.5.- Auxiliares.-

Cuando se requiere modificar alguna característica del producto final como color, aroma, textura, etc. se recurre a sustancias tales como

- Colorantes
- Aromatizantes
- Espesantes
- Fungicidas
- Fibras de refuerzo

La mezcla hasta el momento analizada es conocida como Master pero este material es plástico y pegajoso, debido a lo cual se requiere de la vulcanización, que consiste en una reacción entre las moléculas del elastómero y azufre para formar puentes entre las cadenas del polímero dando lugar a un material elástico y resistente que es el hule

3.1.6.- Vulcanización, vulcanizantes y aceleradores.

Durante la vulcanización hay un reticulado tridimensional de las cadenas lineales de elastómero dando lugar a un cambio de estado plástico a un estado elástico, en la formación de estos reticulados podemos encontrar diversos tipos de uniones o puentes entre las cadenas: Puentes de carbono, de azufre-carbono y puentes de carbono-azufre-azufre-carbono, se debe hacer notar que estos puentes de azufre-azufre se componen de hasta ocho átomos de azufre

Además de los enlaces mediante puentes de azufre, se producen enlaces mediante radicales característicos de los aceleradores

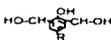
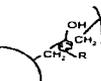
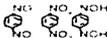
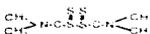
La tabla siguiente muestra algunos tipos de enlace y los radicales que los producen

Tabla 3.1 4 - Tipos de enlace originados por la vulcanización (ref. 8)

TIPOS DE PUENTE ATOMOS O RADICALES QUE DAN LUGAR A ESTOS PUENTES



$S_x N = 1$ a 8 por puente



Los puentes formados directamente entre carbonos de diferentes moléculas pueden ser debidos a energía radiante o a la acción de sustancias tales como peróxido de benzoilo o el tricloro benzoilo que dan lugar a la presencia de radicales libres

El proceso de vulcanización sería muy lento con el solo uso del azufre, para disminuir el tiempo de reacción se hace necesario el empleo de los aceleradores

Los tiuranos, guanidinas, sulfenamidas, y ditiocarbonatos activan las reacciones de vulcanización obteniéndose tiempos mucho más cortos.

El empleo de mayor o menor cantidad de azufre y aceleradores dependerá de las características finales deseadas debido a que la relación azufre/aceleradores determina el tipo de enlaces que se forman durante la vulcanización.

Cuando esta relación es alta, el sistema de puentes es polisulfuroso y cuando es baja los puentes son monosulfurosos, por lo que la vulcanización suele clasificarse en tres grupos.

Vulcanización Convencional	Con un máximo de puentes polisulfurosos
Vulcanización Eficiente	Con un máximo de puentes monosulfurosos
Vulcanización Semieficiente	Con distribución de los tipos de puentes.

El sistema eficiente da origen a vulcanizados con mayor resistencia al calor que los obtenidos con los otros dos sistemas.

Es importante mencionar que es necesaria una mayor resistencia al calor para vulcanizar piezas gruesas en las cuales es necesario que el exterior resista hasta que las partes interiores estén vulcanizadas.

El sistema eficiente utiliza pequeñas proporciones de azufre, porque es necesario para obtener buenas propiedades de elasticidad.

El azufre puede ser proporcionado a la mezcla en forma elemental o por medio de donadores de azufre, los cuales liberan azufre por acción del calor, incluso existen algunos que donan azufre y además cumplen la función de acelerante como el disulfuro de tetrametil tiurano.

El sistema semieiciente teoricamente produce un 50% de puentes polisulfurosos y un 50% de monosulfurosos, obteniéndose módulos de elasticidad máximos

Como orientación se muestran en la siguiente tabla la relación azufre/acelerantes en cada sistema

Tabla 3.1.5 - Relación de azufre y acelerantes en los sistemas de vulcanización (ref. 8)

SISTEMA DE VULCANIZACIÓN	AZUFRE	ACELERANTES
Convencional	de 2 a 4	de 1.2 a 0.5
Semieiciente	de 1 a 1.7	de 2.5 a 1.2
Eiciente	de 0.4 a 0.8	de 8 a 2

Vulcanización por medio de peróxidos

Los peróxidos dan lugar a puentes de unión directa entre átomos de carbono de las diferentes cadenas

Los vulcanizados de este tipo tienen gran estabilidad térmica, gran resistencia al envejecimiento por calor, bajo encogimiento y buenas propiedades de deformación permanente.

3.2.- Proceso de Manufactura de Laminados de Hule.

3.2.1.-Pesado

En la fabricación de cualquier producto de hule se comienza por pesar las materias primas de acuerdo a una formulación definida con anterioridad. en el caso del hule se manejan materiales en polvo por lo cual debe utilizarse mascarilla y una vez pesados estos materiales se proceden a mezclar

3.2.2.-Mezclado

Para iniciar debemos saber que muchos defectos como son poca uniformidad de propiedades mecánicas, falta de homogeneidad, baja dispersión de los ingredientes, prevulcanización y presencia de burbujas de aire, tienen su origen en un defectuoso proceso de mezclado.

El mezclado de polímeros con cargas se considera más un arte que una ciencia dentro de la industria huleira, y los formulistas en general se fijan solo en que mezclan y no en como lo hacen, preocupándose solamente por las características finales del producto, actitud comprensible pues la investigación en este campo solo se justifica si se obtienen ventajas económicas.

Los equipos más comunes existentes dentro de la industria huleira son los molinos de rodillos, los mezcladores internos y los de tipo continuo, nos referiremos principalmente al molino de rodillos dado que es el que se usa generalmente en la fabricación de hule para laminar.

El mezclado de hule presenta tres problemas principales: El flujo del fluido, los mecanismos de mezclado y los criterios de descarga.

Los polímeros como fluidos tienen un comportamiento no lineal, tienen viscosidades complejas, propiedades elásticas y generan esfuerzos normales bajo condiciones de corte.

En un molino de dos rodillos este esfuerzo depende de la separación de los rodillos, mientras que en uno interno depende del ancho y claro del rotor. En uno continuo el máximo esfuerzo se encuentra entre los rotores.

Los mecanismos de mezclado son función directa del proceso, de los cambios físicos que ocurren durante el mismo y del control que se tenga.

-Proceso - El mezclado es el resultado de una homogeneización si los esfuerzos de corte son suficientemente grandes, las partículas se fracturan (mezclado por dispersión) y el hule puede fluir (mezclado laminar). En estas etapas el tamaño original de la partícula sufre cambios elementales debido al proceso de mezclado

La importancia relativa de estos dos procesos determina la eficiencia del mezclado y la calidad del producto depende de la atracción entre los piementos agregados, el flujo del hule, la geometría del mezclador y las condiciones de operación tales como

- a) Temperatura
- b) Tiempo de mezclado
- c) Velocidad de los rodillos

Una limitante importante a la velocidad de operación es la elevación de la temperatura debida a la fricción interna, principalmente en mezcladores grandes

-Cambios físicos- Existen cuatro cambios físicos en los ingredientes de la mezcla durante el ciclo de mezclado

Después de una etapa inicial donde el hule es alimentado al molino, la etapa de incorporación o mojado tiene lugar y es cuando de modo inicial se incorporan los ingredientes libres al hule

La dispersión de las cargas consiste en distribuir las en el hule rompiendo hasta la última partícula y generando una mezcla homogénea

El mezclado simple es la distribución de las cargas en el hule y se presenta durante todo el mezclado. Para mejorar el proceso se adicionan aceites y plastificantes que ayudan a la deformación de corte, generan mejores propiedades reológicas o de flujo en el proceso

-Controles- Para asegurar la obtención de una buena mezcla y para economizar costos es necesario el control de los equipos de proceso buscando la obtención de uniformidad entre los lotes de mezcla, eficientar el tiempo y energías que se consumen

Los factores que producen deformidades en las mezclas son las variaciones en las propiedades de los ingredientes, errores de dosificación y el control inadecuado del mezclado. los dos primeros se corrigen controlando la calidad de los materiales y el pesado, el tercero corresponde al equipo y por lo tanto se recomienda asesorarse con el fabricante. Son muy diversos los controles que se utilizan, por ejemplo, controles de tiempo, temperatura y amperaje del motor de accionamiento, en general se utilizan controles de temperatura aun cuando estos no garantizan la uniformidad de los lotes debido a variaciones en el enfriamiento

El mejor sistema de control es un registro de potencia. La energía es el producto de la potencia por el tiempo, así la energía necesaria para realizar una mezcla corresponderá al área bajo la gráfica de un registro continuo de potencia. Un registro de potencia permitirá evitar sobre-mezclados que implican pérdidas de energía

La variación típica de la potencia a lo largo de un ciclo de mezclado se muestra en la figura 3.2.1 y es como sigue

Inicialmente la potencia aumenta al cargar el mezclador; el masticado del polímero produce incrementos de temperatura y reducciones de viscosidad, con lo que disminuye la potencia requerida. Al añadir los ingredientes para su dispersión se incrementa la potencia hasta un punto en el que esta tiende a nivelarse e incluso a disminuir ligeramente

El primer aumento de potencia ocurre al alimentar el polímero y las cargas durante un tiempo conocido como Tiempo de Incorporación Negra. Una rápida baja en el consumo de potencia corresponde a la adición del aceite plastificante, después de la cual sube lentamente la potencia hasta nivelarse indicando que el aceite ha quedado incorporado debidamente. Luego sigue la adición de aditivos especiales para después de un intervalo proceder a la descarga.

El análisis del registro de potencia permitirá eficientar el ciclo al detectar los puntos críticos en los que deben alimentarse ciertos elementos para mejorar la uniformidad del proceso además se puede conocer la energía específica consumida por carga alimentada.

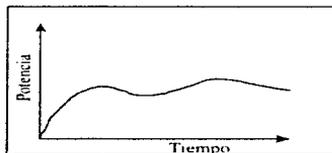


Figura 3.2.1 Variación típica de la potencia durante un ciclo de mezclado.

-Criterios de Descarga - Estos criterios están dirigidos a garantizar la calidad final del producto, evitando sobremezclados y variaciones entre mezclas. Un criterio comúnmente usado es una combinación de tiempo y temperatura, obteniendo mezclas en las cuales los ingredientes estén completamente incorporados y dispersados para obtener un procesado más fácil en los siguientes pasos, una vulcanización completa y efectiva y dar al producto final las propiedades adecuadas al servicio que dará.

3.2.3.-Laminado

Antes de laminar los masters ya mezclados y acelerados, estos deben dejarse reposar para permitir la salida del aire capturado durante el mezclado.

El proceso de laminado o calandreado consiste en hacer pasar el hule caliente a través de dos cilindros metálicos con el objeto de obtener una lámina de espesor homogéneo; para calentar el master, este debe alimentarse a unos molinos de mezclado antes de cargarse a la calandria o laminadora.

Para laminar el hule deben tenerse dos cilindros, uno caliente y uno frío, el hule se enbanda en el cilindro caliente hasta que se obtiene el espesor deseado, una vez obtenido este, el hule se baja y enrolla en una tela de algodón antes de meterlo a vulcanizar, es en este proceso de laminado cuando se puede insertar una malla metálica o de otro material dentro del hule, laminando primero un lado y luego el otro o en caso de requerirse varias mallas, las capas que conformaran la lamina final se laminaran una por una.

Durante el proceso de laminado lo más importante es que el hule nunca falte en la alimentación y que este no alcance a enfriarse antes de entrar a los rodillos.

3.2.4.-Vulcanizado

En la actualidad existen varias técnicas disponibles de vulcanización:

- a) Moldeo por compresión
- b) Moldeo por transferencia
- c) Moldeo por inyección
- d) Vulcanizado de laminados en autoclave
- e) Vulcanizado por microondas
- f) Vulcanizado a vapor abierto.

En la Vulcanización continua se necesita que la mezcla sea densa y uniforme además de no contener aire o materiales que se volatilicen a altas temperaturas. La mezcla debe ser soportada adecuadamente y que la vulcanización sea muy rápida.

En el caso de los laminados para empaque, el vulcanizado se debe realizar en autoclave para que el calentamiento sea lento y se deba hacer un venteo de la autoclave al inicio si se utiliza vapor y si se utiliza aire caliente debiera asegurarse una buena circulación de aire, pues este es un mal conductor del calor. En caso de tenerse materiales gruesos la vulcanización debiera realizarse lentamente para que el calor alcance todas las partes del hule.

Siendo la vulcanización un proceso irreversible, debe cuidarse que antes de entrar a vulcanizar, el hule sea colocado adecuadamente dentro de un molde o en el caso de las laminas de hule enrollado, estas sean acomodadas de forma que no pueda perder su forma y que su espesor permanezca homogéneo. Durante la vulcanización el hule suele perder aproximadamente un 10% de su espesor, de forma que este debe estar presionado antes de entrar a vulcanizar pues al perder volumen se "afloja".

3.3.-Laminados de hule en México

Existe un sinnúmero de compañías que fabrican laminados de hule en México, sin embargo esta gran polarización del mercado ha traído consigo que también exista un sinnúmero de calidades distintas en los laminados, a continuación se muestran las especificaciones típicas de los fabricantes de empaques en México.

Tabla 3.3.- Especificaciones típicas del hule en México

Elastómero	Color	Modulo (psi)	Fuerza Tensil (psi)	Elongación	Resistencia al desgarre (psi)	Dureza Shore "A"	Densidad (gr/cc)
SBR	Rojo	400	700	250	100 80±5	1 5± 05	
Neopreno	Negro	900	1500	125	200 60±5	1 3± 05	
Caucho Nitrilo	Verde/cafe	350	400	150	130 70±5	1 14± 03	

Aun cuando existen muchas fórmulas que darán resultados diferentes y se utilizan otros elastómeros para la fabricación de láminas.

CAPITULO 4.- LAMINADOS DE ASBESTO Y LIBRES DE ASBESTO

Son láminas fabricadas utilizando fibras de asbesto o sus sustitutos conglomeradas con algún material elastomérico (hule) las cuales al igual que las láminas de hule son cortadas para fabricar empaques. Los empaques de asbesto para brida o junta tienen un funcionamiento sencillo son elásticos así que al ser comprimidas se adaptan a las superficies que las comprimen sin dejar espacios libres, exactamente igual que las juntas de hule pero con una mejor resistencia a la temperatura, presión y compresión

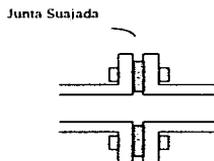


Figura 4 1 - Uso de las juntas suajadas

Las propiedades principales que deben cuidarse en la selección de láminas de asbesto al igual que los laminados de hule que se utilizarán en empaques son las siguientes:

- Resistencia al ambiente.
- Dureza.
- Resistencia tensil.
- Elongación o estiramiento

- Módulo de Young.
- Deformación por compresión
- Deformación por tensión

Debido a que las láminas de asbesto se utilizan para fabricar juntas suajadas, debe cuidarse que las láminas no presenten ninguno de los siguientes defectos

- Desprendimientos tipo picaduras o bandas - Levantamiento de la primera capa de la lámina debido a una falta de adherencia ya sea con forma alargada o puntual
- Hoyos - Son perforaciones en la hoja causadas por falta de material o por acción mecánica
- Abombamientos - Secciones de la lámina de material flojo o con forma de burbuja
- Cortes en la hoja - Pliegues en la hoja
- Rugosidad - La lámina tiene zonas carentes de material y otras con material excesivo, dando un acabado ríspido
- Desgarres - Rasgaduras tanto en las orillas como el cuerpo de la hoja
- Nudos, terrones o bordos - Arrugas visibles sobre la superficie de la hoja
- Delaminación - Separación de la lámina en capas
- Contaminación -
 - Material ajeno - Materias como madera, papel o metales que normalmente no deben presentarse en una hoja.
 - De mezclas - Cuando en una hoja pueden verse residuos de materiales que deberían formar parte de otras hojas
- Grumos de hule - Partículas gruesas y duras o áreas arrugadas de la superficie de la hoja.

4.1.- Materias primas empleadas en la fabricación de laminados de asbesto y libras de asbesto.

Como su nombre lo indica el asbesto es una de las materias primas más importantes, en laminados prácticamente se emplean solo fibras cortas y medianas, las fibras largas no son necesarias aunque se pueden utilizar dando buenos resultados. La razón para ocupar el asbesto es su alta resistencia química, y térmica así como que al ser una fibra permite obtener hojas flexibles, el resto de las materias primas que se utilizan son fibras que sustituyen al asbesto como fibra kevlar o de vidrio las cuales se comenzaron a utilizar cuando se descubrió el efecto altamente cancerígeno del asbesto, creando miedo principalmente en países como Estados Unidos y Europa, sin embargo estudios recientes han comprobado que el asbesto crisotilo no causa alteraciones a la salud, ni asbestosis ni fibrosis pulmonar, ni cáncer, como ejemplo se tiene el estudio realizado por John McDonald y Fry en 1982 el cual reportó que en tres fabricas de telas y empaquetaduras en las cuales se trabajó solo con crisotilo se encontró un solo caso de mesotelioma (tumoración o neoplasia en el pulmón), mientras que en las fabricas donde se trabajaba con una mezcla de fibras de asbesto se presentaron 18 casos, otro estudio relativo a los trabajadores de una fabrica de asbesto-cemento publicado por el Dr. Hans Weill y sus colegas, demostro que trabajadores expuestos durante 20 años a una atmosfera de 100 millones de partículas por pie cubico al año no mostro malignidad respiratoria detectable.

Así que actualmente se utiliza solamente asbesto blanco o crisotilo y aun cuando algunos fabricantes utilizan laminados libres de asbesto, los de asbesto siguen siendo populares en México

Para conglomerar las laminas se utiliza hule, el cual se mezcla con el asbesto sin vulcanizar junto con las materias primas necesarias para la formulacion de igual forma que en el capítulo anterior, pero mezclándose con la fibra por medio de algún solvente orgánico como heptano.

4.2.- Fabricación de laminados de asbesto y libres de asbesto.

El proceso de laminado puede dividirse en cuatro etapas principales: El pesado de formulaciones, el mezclado, laminado y cortado

4.2.1.- Pesado de Formulaciones

Antes de mezclar deben tenerse preparados todos los ingredientes que se utilizarán, tanto la fibra, como el hule y sus cargas. Debe además vigilarse que el hule no este prevulcanizado y que se respeten las cantidades de aceleradores, vulcanizantes, cargas reforzantes y hule de las formulaciones.

4.2.2.- Mezclado

Este proceso tiene como objetivo obtener la mejor dispersión posible, por lo cual debe cuidarse que la fibra se abra correctamente, en algunos casos se alimenta a través de un tornillo que cumple esta función y en otros se adicionan primero las cargas y el solvente antes que la fibra para evitar que esta se enrede en forma de bolas. El proceso de mezclado se realiza lentamente con el objetivo de evaporar algo del heptano y evitar que se sobrecaliente la mezcla, evitando una prevulcanización

4.2.3.- Laminado

Consiste en hacer pasar una capa pequeña de mezcla entre dos rodillos, uno caliente y uno frío, en el caliente se pega la mezcla creando una capa muy delgada a partir de la cual comienza a fabricarse la hoja engrosando esta capa poco a poco hasta obtener el espesor deseado

El proceso comienza cuando se añade una mezcla de primera capa, la cual contiene más hule en proporción de la fibra en la formulación; al tener más hule, la primera capa se adhiere al cilindro caliente y permite que el resto de la lámina se siga formando con la formulación normal

Durante el desarrollo del proceso debe tenerse cuidado de que no se acumule carga de un solo lado causando que el espesor de la hoja no sea constante, también debe cuidarse que no se acabe la carga, que

no se pegue la lamina al cilindro frio con lo cual podria rasgarse la hoja; además debe evitarse la formación de burbujas

Para obtener una lamina densa y resistente, uno de los cilindros es móvil y la separacion de los cilindros es en todo momento igual al espesor de la lamina. Los cilindros ejercen fuerza sobre la lámina, como se puede observar en la figura 4 2



Figura 4 2.- Formación de una lamina de asbesto

4.2.4.- Cortado

Después de obtener el espesor deseado de la lamina se deben cortar sus orillas, además de que se cortan las láminas del ancho que se necesite, estos cortes se debe realizar preferentemente sobre el cilindro girando para que sean rectos y luego se realiza un corte a lo largo del cilindro detenido para bajar la hoja, estos cortes se muestran en la figura 4 3

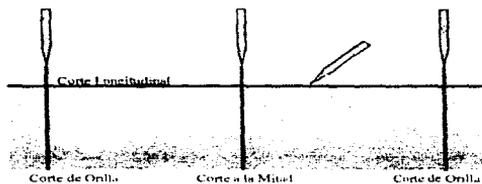


Figura 4.3.- Cortes en un laminado

Una vez realizados los cortes la hoja debe bajarse, esto se hace simplemente jalandola a partir del corte longitudinal y haciendo girar el cilindro.

Una vez bajadas las hojas deben dejarse enfriar para poder manipularlas sin peligro de quemaduras.

4.3.- Laminados de Asbesto en México.

Los laminados de asbesto son fabricados en México por compañías como Garlock y Chesterton. Asberid, Empaqmex, además los cuatro son importadores de laminados Norteamericanos y las compañías Garlock y Asberid son exportadores.

CAPITULO 5.- EMPAQUETADURA HIDRÁULICA

Para sellar vástagos recíprocos a altas presiones y temperaturas se utiliza la empaquetadura hidráulica o Chevron, que consiste en un conjunto de anillos con perfil en "V", los cuales actúan como bisagra y al ser sometidos a presión se abren, apretando contra las paredes que lo rodean y al disminuir la presión este apriete disminuye permitiendo una operación con un mínimo de fricciones. Una buena empaquetadura hidráulica debe llevar un anillo superior o cabeza de empuje y un anillo inferior o base que mejoran el funcionamiento del sello. En la figura 5.1 se observa el perfil de una empaquetadura hidráulica completa en uso.

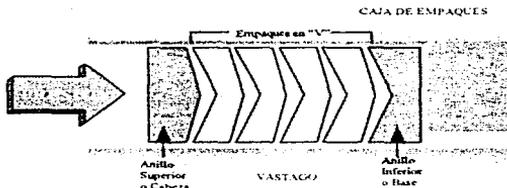


Figura 5.1 - Perfil de una Empaquetadura hidráulica en Uso.

Las empaquetaduras semimetálicas sellan presiones desde vacío hasta 10,000 psi y temperaturas desde criogénicas hasta 650°C (1,200°F)

Cuando se utiliza empaquetadura hidráulica debe cuidarse que se encuentre adecuadamente lubricada para disminuir la fricción, pues esta causara desgaste tanto en el vástago como en la empaquetadura, además la empaquetadura debe llenar el espacio de la caja de empaques para evitar desgaste y un sello deficiente por el juego que se presenta cuando la caja de empaques solo se encuentra llena parcialmente.

5.1.- Materias Primas Empleadas en la Fabricación de Empaquetadura Hidráulica

La empaquetadura hidráulica suele fabricarse de hule con refuerzo de tela. Comúnmente se utiliza una mezcla de hules nitrilo y SBR (Estireno butadieno) aprovechando la resistencia a la tensión y a la temperatura del nitrilo así como la alta elasticidad del SBR, al igual que con cualquier producto de hule se utilizan activadores, inhibidores y cargas de refuerzo.

La tela de refuerzo es por regla general tela de algodón, la cual se impregna con el hule.

También existen empaques de tela de fibra de vidrio al cual se impregna resina PTFE en suspensión para luego sinterizarse, obteniéndose una empaquetadura que resiste altas presiones y temperaturas desde criogénicas hasta los 260°C.

Podemos encontrar empaquetadura hidráulica de otros materiales como PTFE (Politetrafluoroetileno, o teflón), para cuya fabricación se utiliza la resina polimerizada. Estos empaques resisten temperaturas extremas, de criogénicas hasta 232°C pero sólo resisten presiones bajas o medias, con la ventaja de no requerir lubricación.

5.2.- Fabricación de la Empaquetadura Hidráulica

5.2.1.- Empaquetadura Hidráulica de hule con refuerzo de tela

5.2.1.1.- Pesado.

Como cualquier otro producto de hule, cuando se inicia el proceso de fabricación deben pesarse los componentes de la formulación previamente desarrollada para obtener el mejor resultado en el producto

5.2.1.2.- Mezclado

El mezclado del hule para empaquetadura hidráulica se lleva a cabo exactamente igual que para la obtención de los master de los laminados de hule (para mayor información ver el Capítulo 3 de laminados de hule).

5.2.1.3.- Laminado de la Tela con Hule.

El proceso de laminado o calandreado consiste en hacer pasar la tela junto con el hule caliente a través de dos cilindros metálicos con el objeto de obtener una lámina muy delgada de espesor homogéneo, para calentar el master éste debe alimentarse a unos molinos de mezclado antes de cargarse a la calandria o laminadora.

Para el laminado deben tenerse dos cilindros, uno caliente y uno frío, el hule se enbanda en el cilindro caliente hasta que se obtiene el espesor deseado, una vez obtenido éste se alimenta la tela de un lado entrando en contacto con el hule y desprendiendo una película de éste, primero de un lado de la tela y luego se repite el proceso para el otro.

5.2.1.4.- Enrollado de la Tela Ahulada.

La tela se enrolla a mano o con máquina hasta obtener el grosor adecuado a la medida de la empaquetadura.

5.2.1.5.- Moldeado de la Empaquetadura.

La tela enrollada se coloca dentro de moldes que le darán su forma final y utilizando presión y temperatura se vulcaniza el hule obteniéndose el empaque con su forma final.

5.2.1.6.- Rebabado y Cortado.

Una vez moldeada la empaquetadura se extrae del molde y las orillas deben cortarse, pues el hule antes de vulcanizar tiende a fluir por la junta del molde, haciendo necesario eliminar esta orilla.

Una vez rebabado se debe realizar un corte diagonal al empaque para hacer posible su instalación.

5.2.2.- Empaquetadura Hidráulica de Fibra de Vidrio y PTFE.

5.2.2.1.- Preparado de la Tela de Fibra de Vidrio.

La tela se hace pasar a través de una suspensión que contiene resina de PTFE (Teflón) dejándose humedecer unos segundos

5.2.2.2.- Enrollado de la Tela.

La tela se enrolla a mano o maquina hasta obtener el grosor adecuado a la medida de la empaquetadura.

5.2.2.3.- Moldeado y Sinterizado de la Empaquetadura.

La tela enrollada se coloca dentro de moldes y se somete a una temperatura de 120°C para evaporar el agua y que el empaque adquiera su forma definitiva, después se somete a una temperatura entre 360°C y 371°C durante 30 segundos para que la resina de PTFE sinterice.

5.2.2.4.- Rebabado y Cortado.

Una vez moldeada la empaquetadura se extrae del molde y las orillas deben cortarse pues la resina antes de sinterizar tiende a fluir por la junta del molde, haciendo necesario eliminar las irregularidades que puede presentar la orilla

Una vez rebabado se debe realizar un corte diagonal al empaque para hacer posible su instalación.

5.2.3.- Empaquetadura de PTFE Maquinado.

5.2.3.1.- Premoldeado de la resina

La fabricación de un empaque maquinado de politetrafluoroetileno comienza con la fabricación de lingotes de PTFE a partir de la resina en polvo. En la tabla 5.1 observamos la clasificación de las resinas de PTFE para moldeado

TIPO DE RESINA TEFLON	7A	7C	8	8A
Tamaño medio de partícula, micrometros	35	30	575*	500*
Densidad Aparente del polvo, g/l	475	275	720	700
Contracción del molde, %				
a 13.8 MPa (2000 psi) **	5.3	8	3.7	3.9
a 34.5 MPa (5000 psi) **	3.3	5.8	2.9	2.8

* Aglomerados de granos de partículas de corte fino
(Diámetro interno del molde - diámetro externo del disco
sintenzado) x 100 / Diámetro interno del molde, para placas de
espesor de 2.54 mm (0.1 pulgadas)

Tabla 5.1.- Clasificación de las resinas de PTFE para moldeado (ref. 3)

La diferencia en las resinas hace que la 7A se utilice para fabricar lingotes grandes en los cuales se requiere una baja compresión, la 7C permite una mayor compresión y además se utiliza cuando se requieren sustancias compuestas, mientras que las resinas 8 y 8A se utilizan en extruidos y para moldear piezas pequeñas a alta velocidad, la 8A requiere de una menor presión, para obtener propiedades iguales a la resina 8.

Para la fabricación de los lingotes se inicia con un premoldeo, consistente en compactar el polvo de moldear dentro de un cilindro de diámetro semejante al del empaque a fabricar, durante el premoldeado se establece un contacto íntimo entre las partículas de la resina con objeto de que el premoldeado pueda resistir la siguiente etapa y además se elimina la mayor parte del aire que pudiera contener.

5.2.3.2.- Hornado

En esta etapa, la temperatura del horno se eleva al rango entre 366°C y 385°C y se mantiene dentro de ese intervalo de temperaturas hasta que las partículas de resina se vuelven coalescentes en una pieza sólida y fuerte. A 342°C la resina se vuelve un gel no cristalino y traslúcido, pero lo suficientemente fuerte para mantener su forma. Durante el enfriamiento, la resina recupera su estado parcialmente cristalino y su grado de cristalización depende del índice de enfriamiento entre los 320 y 300°C, esta cristalización es muy importante en las propiedades finales del producto.

Durante el hornado tanto el calentamiento como el enfriamiento deben realizarse lentamente para evitar fracturas debidas a los gradientes de temperatura dentro del lingote, debidas a la baja difusión térmica del teflón.

Se recomiendan índices de enfriamiento de 8 a 22°C/hora dependiendo del espesor de pared, liberándose adecuadamente las tensiones mecánicas y obteniéndose propiedades mecánicas uniformes en el lingote.

5.2.3.3.- Maquinado.

El proceso de maquinado consiste en realizar cortes al lingote moldeado en un torno hasta obtener el empaque de la forma y medidas exactas.

Para este proceso se corta el lingote a las medidas aproximadas que deberá llevar para luego montarse en un torno con el cual se rebaja el material hasta obtener la forma deseada.

5.2.1.4.- Rebabado.

Los empaques son rebabados y pulidos para no presentar asperezas o irregularidades que pudieran dañar los equipos en que se usan, este proceso se puede llevar a cabo a mano o utilizando máquinas pulidoras.

5.3.- La empaquetadura Hidráulica en México.

En la industria mexicana se utilizan en mayor cantidad los empaques de hule con refuerzo de tela, y los maquinados de teflón para usos en la industria alimenticia o cuando se requieren compresores no lubricados para aire de instrumentos, sin embargo, en la industria criogenica se utilizan los de fibra de vidrio

Los empaque hidráulicos al igual que la empaquetadura trenzada son fabricados por:

Garlock de México

Chesteron

John Mansville

John Crane

Asberid

Empakmex

Utex

CAPITULO 6.- EMPAQUETADURA SEMIMETÁLICA O ESPIRO-METÁLICA

Cuando se requiere sellar vapor a alta presión y temperatura en entradas de mano, bridas, bonetes de válvulas y entradas de hombre en equipos como torres, calderas, reactores o tuberías puede utilizarse la empaquetadura semimetálica, la cual consiste en una lamina de acero con perfil de "V" enrollada con cinta de asbesto, lo que le permite aislar el calor y tener una alta resistencia tanto térmica como mecánica

Las empaquetaduras semimetálicas sellan presiones desde vacío hasta 10 000 psi y temperaturas desde criogénicas hasta 650°C (1.200°F)

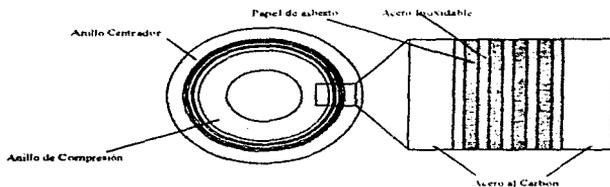


Figura 6.1 -Apariencia de la Empaquetadura semimetálica.

La resistencia a la temperatura y presión son función de la proporción que existe entre el acero y el asbesto, y que se conoce como densidad de la empaquetadura

Las empaquetaduras de igual medida nominal pero con diferente resistencia tienen aproximadamente el mismo ancho, pero varían el espesor del asbesto junto con el número de vueltas que da el acero para conformar el empaque. Un empaque con alta resistencia a la presión tendrá más vueltas en la lámina de acero que uno especificado para menor presión, así el espesor del asbesto variará de forma inversa a la presión, se fabrican empaquetaduras con cuatro espesores de asbesto, los cuales se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 6.1.- Espesores disponibles del Asbesto para junta Semimetálica (ref. 6.2).

Espesor del Asbesto	Presión de Uso
0.007 in	Mayores a 600 lb.
0.015 in	Mayores a 300 lb.
0.030 in	Mayores a 150 lb.
0.045 in	Hasta 150 lb.

Lo anterior implica que las juntas diseñadas para usarse en un equipo no son intercambiables con las diseñadas para cualquier otro equipo aún cuando dimensionalmente sean iguales, pues su resistencia no siempre es la misma.

El mecanismo de sellado de la empaquetadura semimetálica consiste en que al apretarse el empaque, su perfil en "V" se deforma ejerciendo cada porción del acero fuerza en contra de la brida y adaptándose al perfil de la misma, se puede decir que el sellado depende de la elasticidad de la brida, siempre y cuando la superficie de la brida sea plana, pues si la junta es empujada contra el barrenado de la brida o fuera de la cara de ésta, la junta resultará dañada provocando fugas.

Las juntas espiral-metálicas suelen tener un anillo centrador de acero al carbon galvanizado, el cual sirve para asegurar una correcta posición de la junta dentro del círculo de barrenos de la brida, además actúa como plano de referencia para evitar una compresión excesiva sobre la junta. Algunas juntas tienen un

anillo interno o de compresión el cual tiene tres funciones, primero llena el espacio entrante de la brida impidiendo en alguna medida que fluidos corrosivos lleguen a la junta, previene el movimiento de la junta bajo cargas excesivas de los tornillos y minimiza la turbulencia y actúa como brida tipo canal sin necesidad de acanalar las bridas

6.1.- Materias Primas Empleadas en la Fabricación de Empaquetadura Hidráulica

Las dos materias primas que se utilizan en la fabricación de la mayor parte de las juntas semi-metálicas son acero inoxidable 304 para la espiral de acero, papel de asbesto comprimido como relleno y anillos de acero al carbono normalmente de 1/8 pulgadas de espesor como anillos centradores o de compresión, aunque se fabrican juntas con acero inoxidable 316 que resiste mejor la corrosión y rellenos de PTFE, específicamente para sellar fluidos altamente corrosivos o alimentos, otra sustancia de relleno que puede utilizarse es el grafito para temperaturas muy elevadas

6.2.- Fabricación de la Empaquetadura Semimetálica

6.2.1.- Moldeado de la Lámina de Acero y Enrollado de la Junta.

En un proceso continuo, la lámina se hace pasar por un molde que la dobla con forma de "V" mediante presión entre dos rodillos, de aquí entran juntas la lámina de acero y el papel relleno a un molde sobre el cual se enrollan hasta alcanzar el espesor deseado de la junta, para mantener la forma de la junta se aplican puntos de soldadura en los extremos del acero

Los moldes en los cuales se enrollan las juntas son en realidad láminas con la forma y medidas del interior de la junta que tienen maquinado el perfil "V", de forma que sin necesidad de paredes laterales la junta adquiere su forma final

6.2.1.- Colocarlo de Los Anillos Centrador y de Compresión

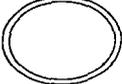
Los anillos centrador y de compresión se colocan generalmente de forma manual en la empaquetadura, con cuidado de no doblar la junta

6.3.- Tipos de Juntas Semimetálicas

Las juntas semimetálicas se clasifican por su forma o por su construcción

La forma de las juntas semimetálicas es determinada por la forma de la junta a sellar, por su forma podemos listar las siguientes.

Tabla 6.2 - Formas estandar de juntas semimetálicas para entradas de hombre, de mano y tapas de tubería.

Forma	Nombre
	REDONDA
	OBLONGA
	PERA
	CUADRADA
	OVALADA
	DIAMANTE

A continuación se listan los diferentes tipos de junta semimetálica de acuerdo a su construcción

Tabla 6.3 - Tipos principales de juntas semimetálicas (ref. 6.2)

JUNTA SEMIMETÁLICA	CARACTERÍSTICAS	APLICACIÓN
Tipo CR	Con anillo centrador	Bridas de cara realzada, cara plana y de traslape.
Tipo CRI	Con anillo centrador y de compresión	Para la mayoría de los conectores y bridas.
Tipo CR-RJ	Con anillo centrador	Bridas ranuradas para anillo.
Tipo RM	Sin anillos	Bridas macho-hembradas deslizables.
Tipo RMI	Con anillo de compresión interior	Bridas macho-hembradas deslizables.
Tipo RL	Sin anillos	Bridas macho-hembradas tipo canal grande.
Tipo RS	Sin anillos	Bridas macho-hembradas tipo canal chico.
Tipo BM	Sin anillos	Para juntas tipo entrada.
Tipo BR	Con anillo de centrador interior	Para juntas tipo entrada con bisel entre el hombro y el asiento.
Tipo BH	Sin anillos	Para superficies de sellado angostas a altas cargas.

Tabla 6 5 - Juntas semi-metálicas tipo CR para caras realizadas, bridas deslizables y cuellos soldables de acuerdo a especificaciones API STANDARD 601 (ref 6 2)

Medidas de las juntas semi-metálicas CR y de sus anillos centradores															
Fracción de Trabajo		160 lbs.		300 lbs.		400 lbs.		600 lbs.		900 lbs.		1600 lbs.		2600 lbs.	
Nominal de la Tubería	Junta D.E.	Junta D.I.	Anillo D.I.	Junta D.E.	Junta D.I.	Anillo D.I.	Junta D.E.	Junta D.I.	Anillo D.E.	Junta D.E.	Anillo D.I.	Junta D.E.	Anillo D.I.	Junta D.E.	Anillo D.I.
1	1 7/8	1 3/4	2 3/4	1 3/4	1 7/8	1 3/4	2 3/8	1 3/4	2 3/8	1 3/4	2 3/8	1 3/4	2 3/8	1 3/4	2 3/8
1 1/4	2 3/8	1 23/32	3	2 1/2	3 1/4	2 1/2	3 1/2	2 1/2	3 1/2	2 3/4	3 1/2	2 3/4	3 1/2	2 3/4	3 1/2
1 1/2	2 3/4	1 31/32	3 3/4	1 31/32	3 1/4	1 31/32	3 1/4	1 31/32	3 1/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4	1 3/4
2	3 3/8	2 1/2	4 1/8	2 1/4	4 3/4	2 1/4	4 3/4	2 1/4	4 3/4	2 3/4	4 3/4	2 3/4	4 3/4	2 3/4	4 3/4
2 1/2	3 7/8	1 3/8	4 7/8	3 1/4	5 1/8	3 1/8	5 1/8	3 1/8	5 1/8	2 3/4	5 1/8	2 3/4	5 1/8	2 3/4	5 1/8
2	4 3/4	4	5 3/8	4	5 7/8	4	5 7/8	4	5 7/8	3 1/2	5 7/8	3 1/2	5 7/8	3 1/2	5 7/8
4	5 7/8	5	6 7/8	5	7 1/8	4 3/4	7 1/8	4 3/4	7 1/8	4 3/4	7 1/8	4 3/4	7 1/8	4 3/4	7 1/8
5	7	5 3/16	7 1/4	5 3/16	8 3/4	5 3/16	8 3/4	5 3/16	8 3/4	5 3/4	8 3/4	5 3/4	8 3/4	5 3/4	8 3/4
6	8 1/2	7 3/16	8 1/4	7 3/16	9 5/8	7 3/16	9 5/8	7 3/16	9 5/8	6 7/8	9 5/8	6 7/8	9 5/8	6 7/8	9 5/8
8	10 3/8	8 3/16	11	8 3/16	12 1/8	8 3/16	12 1/8	8 3/16	12 1/8	8 7/8	12 1/8	8 7/8	12 1/8	8 7/8	12 1/8
10	12 1/2	11 5/16	13 3/8	11 5/16	14 1/4	11 5/16	14 1/8	11 5/16	14 1/8	11 5/8	14 1/8	11 5/8	14 1/8	11 5/8	14 1/8
12	14 1/2	13 3/8	15 1/4	13 3/8	16 5/8	13 3/8	16 5/8	13 3/8	16 5/8	14	16 5/8	14	16 5/8	14	16 5/8
14	16	14 5/8	17 1/2	14 5/8	19 1/8	14 5/8	19 1/8	14 5/8	19 3/8	14 1/2	19 3/8	14 1/2	19 3/8	14 1/2	19 3/8
16	18 1/2	16 5/8	20 1/2	16 5/8	21 3/4	16 1/2	21 3/4	16 1/2	22 1/2	16 5/8	22 1/2	16 5/8	22 1/2	16 5/8	22 1/2
18	20 3/4	18 11/16	21 3/8	18 11/16	23 1/4	18 11/16	23 1/8	18 11/16	24 1/4	18 1/2	24 1/4	18 1/2	24 1/4	18 1/2	24 1/4
20	22 3/4	20 11/16	23 3/4	20 11/16	25 1/4	20 11/16	25 1/4	20 11/16	26 1/4	20 3/4	26 1/4	20 3/4	26 1/4	20 3/4	26 1/4
24	27	24 1/2	28 1/2	24 1/2	30 3/4	24 1/2	30 3/4	24 1/2	31 3/8	24 3/4	31 3/8	24 3/4	31 3/8	24 3/4	31 3/8

El tipo CR1 con anillo interior de 1/8" de espesor existe para tuberías de 2" a 24" de diámetro nominal y su diámetro interno equivale al diámetro interno de la tubería más 1/8", solo se usa para bridas de cuello soldable.

El espesor de la junta es de 0.175" y el del anillo de 1/8"

Tabla 6.6.- Juntas semi-metálicas tipo CR-RJ para usarse en lugar de anillos ovalado standard o anillos octogonales en bridas de cuellos soldables teniendo calibre para acomodar tubería cedula 40 o mayor para especificaciones USA B16 (ref. 6.2)

Medidas de las juntas semi-metálicas CR-RJ y de sus anillos centradores															
Presión de Trabajo	150 lbs.			300 lbs.			600 lbs.			900 lbs.			1500 lbs.		
	Medida Nominal de la Tubería	Anillo D.E.	Anillo D.R.												
2	2 1/2	2.250	4.75	2.75	2.500	5.25	3.00	2.750	5.75	3.250	6.00	3.500	6.250	3.500	
375	2 1/2	2.250	4.75	2.75	2.500	5.25	3.00	2.750	5.75	3.250	6.00	3.500	6.250	3.500	
3	3	3.250	5.50	3.50	3.250	6.25	3.75	3.500	6.75	3.750	7.00	3.750	7.250	4.00	
4	3 1/2	3.500	6.00	4.00	3.750	7.00	4.25	4.000	7.50	4.250	8.00	4.500	8.250	4.250	
5	4	4.000	6.50	4.50	4.250	7.50	4.75	4.500	8.00	4.750	8.50	5.000	8.750	4.750	
6	4 1/2	4.500	7.00	5.00	4.750	8.00	5.25	5.000	8.50	5.250	9.00	5.500	9.250	5.250	
8	5	5.000	7.50	5.50	5.250	8.50	5.75	5.500	9.00	5.750	9.50	6.000	9.750	5.750	
10	5 1/2	5.500	8.00	6.00	5.750	9.00	6.25	6.000	9.50	6.250	10.00	6.500	10.250	6.250	
12	6	6.000	8.50	6.50	6.250	9.50	6.75	6.500	10.00	6.750	10.50	7.000	10.750	6.750	
15	6 1/2	6.500	9.00	7.00	6.750	10.00	7.25	7.000	10.50	7.250	11.00	7.500	11.250	7.250	
20	7	7.000	9.50	7.50	7.250	10.50	7.75	7.500	11.00	7.750	11.50	8.000	11.750	7.750	
24	7 1/2	7.500	10.00	8.00	7.750	11.00	8.25	8.000	11.50	8.250	12.00	8.500	12.250	8.250	
30	8	8.000	10.50	8.50	8.250	11.50	8.75	8.500	12.00	8.750	12.50	9.000	12.750	8.750	
37.5	8 1/2	8.500	11.00	9.00	8.750	12.00	9.25	9.000	12.50	9.250	13.00	9.500	13.250	9.250	
45	9	9.000	11.50	9.50	9.250	12.50	9.75	9.500	13.00	9.750	13.50	10.000	13.750	9.750	
54	9 1/2	9.500	12.00	10.00	9.750	13.00	10.25	10.000	13.50	10.250	14.00	10.500	14.250	10.250	
63	10	10.000	12.50	10.50	10.250	13.50	10.75	10.500	14.00	10.750	14.50	11.000	14.750	10.750	
75	10 1/2	10.500	13.00	11.00	10.750	14.00	11.25	11.000	14.50	11.250	15.00	11.500	15.250	11.250	
90	11	11.000	13.50	11.50	11.250	14.50	11.75	11.500	15.00	11.750	15.50	12.000	15.750	11.750	
108	11 1/2	11.500	14.00	12.00	11.750	15.00	12.25	12.000	15.50	12.250	16.00	12.500	16.250	12.250	
127.5	12	12.000	14.50	12.50	12.250	15.50	12.75	12.500	16.00	12.750	16.50	13.000	16.750	12.750	
150	12 1/2	12.500	15.00	13.00	12.750	16.00	13.25	13.000	16.50	13.250	17.00	13.500	17.250	13.250	
180	13	13.000	15.50	13.50	13.250	16.50	13.75	13.500	17.00	13.750	17.50	14.000	17.750	13.750	
216	13 1/2	13.500	16.00	14.00	13.750	17.00	14.25	14.000	17.50	14.250	18.00	14.500	18.250	14.250	
240	14	14.000	16.50	14.50	14.250	17.50	14.75	14.500	18.00	14.750	18.50	15.000	18.750	14.750	
270	14 1/2	14.500	17.00	15.00	14.750	18.00	15.25	15.000	18.50	15.250	19.00	15.500	19.250	15.250	
315	15	15.000	17.50	15.50	15.250	18.50	15.75	15.500	19.00	15.750	19.50	16.000	19.750	15.750	
360	15 1/2	15.500	18.00	16.00	15.750	19.00	16.25	16.000	19.50	16.250	20.00	16.500	20.250	16.250	
420	16	16.000	18.50	16.50	16.250	19.50	16.75	16.500	20.00	16.750	20.50	17.000	20.750	16.750	
480	16 1/2	16.500	19.00	17.00	16.750	20.00	17.25	17.000	20.50	17.250	21.00	17.500	21.250	17.250	
540	17	17.000	19.50	17.50	17.250	20.50	17.75	17.500	21.00	17.750	21.50	18.000	21.750	17.750	
630	17 1/2	17.500	20.00	18.00	17.750	21.00	18.25	18.000	21.50	18.250	22.00	18.500	22.250	18.250	
720	18	18.000	20.50	18.50	18.250	21.50	18.75	18.500	22.00	18.750	22.50	19.000	22.750	18.750	
810	18 1/2	18.500	21.00	19.00	18.750	22.00	19.25	19.000	22.50	19.250	23.00	19.500	23.250	19.250	
900	19	19.000	21.50	19.50	19.250	22.50	19.75	19.500	23.00	19.750	23.50	20.000	23.750	19.750	
1008	19 1/2	19.500	22.00	20.00	19.750	23.00	20.25	20.000	23.50	20.250	24.00	20.500	24.250	20.250	
1125	20	20.000	22.50	20.50	20.250	23.50	20.75	20.500	24.00	20.750	24.50	21.000	24.750	20.750	
1260	20 1/2	20.500	23.00	21.00	20.750	24.00	21.25	21.000	24.50	21.250	25.00	21.500	25.250	21.250	
1410	21	21.000	23.50	21.50	21.250	24.50	21.75	21.500	25.00	21.750	25.50	22.000	25.750	21.750	
1575	21 1/2	21.500	24.00	22.00	21.750	25.00	22.25	22.000	25.50	22.250	26.00	22.500	26.250	22.250	
1740	22	22.000	24.50	22.50	22.250	25.50	22.75	22.500	26.00	22.750	26.50	23.000	26.750	22.750	
1920	22 1/2	22.500	25.00	23.00	22.750	26.00	23.25	23.000	26.50	23.250	27.00	23.500	27.250	23.250	
2100	23	23.000	25.50	23.50	23.250	26.50	23.75	23.500	27.00	23.750	27.50	24.000	27.750	23.750	
2295	23 1/2	23.500	26.00	24.00	23.750	27.00	24.25	24.000	27.50	24.250	28.00	24.500	28.250	24.250	
2490	24	24.000	26.50	24.50	24.250	27.50	24.75	24.500	28.00	24.750	28.50	25.000	28.750	24.750	
2700	24 1/2	24.500	27.00	25.00	24.750	28.00	25.25	25.000	28.50	25.250	29.00	25.500	29.250	25.250	
2925	25	25.000	27.50	25.50	25.250	28.50	25.75	25.500	29.00	25.750	29.50	26.000	29.750	25.750	
3150	25 1/2	25.500	28.00	26.00	25.750	29.00	26.25	26.000	29.50	26.250	30.00	26.500	30.250	26.250	
3375	26	26.000	28.50	26.50	26.250	29.50	26.75	26.500	30.00	26.750	30.50	27.000	30.750	26.750	
3600	26 1/2	26.500	29.00	27.00	26.750	30.00	27.25	27.000	30.50	27.250	31.00	27.500	31.250	27.250	
3840	27	27.000	29.50	27.50	27.250	30.50	27.75	27.500	31.00	27.750	31.50	28.000	31.750	27.750	
4080	27 1/2	27.500	30.00	28.00	27.750	31.00	28.25	28.000	31.50	28.250	32.00	28.500	32.250	28.250	
4320	28	28.000	30.50	28.50	28.250	31.50	28.75	28.500	32.00	28.750	32.50	29.000	32.750	28.750	
4560	28 1/2	28.500	31.00	29.00	28.750	32.00	29.25	29.000	32.50	29.250	33.00	29.500	33.250	29.250	
4800	29	29.000	31.50	29.50	29.250	32.50	29.75	29.500	33.00	29.750	33.50	30.000	33.750	29.750	
5040	29 1/2	29.500	32.00	30.00	29.750	33.00	30.25	30.000	33.50	30.250	34.00	30.500	34.250	30.250	
5280	30	30.000	32.50	30.50	30.250	33.50	30.75	30.500	34.00	30.750	34.50	31.000	34.750	30.750	
5520	30 1/2	30.500	33.00	31.00	30.750	34.00	31.25	31.000	34.50	31.250	35.00	31.500	35.250	31.250	
5760	31	31.000	33.50	31.50	31.250	34.50	31.75	31.500	35.00	31.750	35.50	32.000	35.750	31.750	
6000	31 1/2	31.500	34.00	32.00	31.750	35.00	32.25	32.000	35.50	32.250	36.00	32.500	36.250	32.250	
6240	32	32.000	34.50	32.50	32.250	35.50	32.75	32.500	36.00	32.750	36.50	33.000	36.750	32.750	
6480	32 1/2	32.500	35.00	33.00	32.750	36.00	33.25	33.000	36.50	33.250	37.00	33.500	37.250	33.250	
6720	33	33.000	35.50	33.50	33.250	36.50	33.75	33.500	37.00	33.750	37.50	34.000	37.750	33.750	
6960	33 1/2	33.500	36.00	34.00	33.750	37.00	34.25	34.000	37.50	34.250	38.00	34.500	38.250	34.250	
7200	34	34.000	36.50	34.50	34.250	37.50	34.75	34.500	38.00	34.750	38.50	35.000	38.750	34.750	
7440	34 1/2	34.500	37.00	35.00	34.750	38.00	35.25	35.000	38.50	35.250	39.00	35.500	39.250	35.250	
7680	35	35.000	37.50	35.50	35.250	38.50	35.75	35.500	39.00	35.750	39.50	36.000	39.750	35.750	
7920	35 1/2	35.500	38.00	36.00	35.750	39.00	36.25	36.000	39.50	36.250	40.00	36.500	40.250	36.250	
8160	36	36.000	38.50	36.50	36.250	39.50	36.75	36.500	40.00	36.750	40.50	37.000	40.750	36.750	
8400	36 1/2	36.500	39.00	37.00	36.750	40.00	37.25	37.000	40.50	37.250	41.00	37.500	41.250	37.250	
8640	37	37.000	39.50	37.50	37.250	40.50	37.75	37.500	41.00	37.750	41.50	38.000	41.750	37.750	
8880	37 1/2	37.500	40.00	38.00	37.750	41.00	38.25	38.000	41.50	38.250	42.00	38.500	42.250	38.250	
9120	38	38.000	40.50	38.50	38.250	41.50	38.75	38.500	42.00	38.750	42.50	39.000	42.750	38.750	
9360	38 1/2	38.500	41.00	39.00	38.750	42.00	39.25	39.000	42.50	39.250	43.00	39.500	43.250	39.250	
9600	39	39.000	41.50	39.50	39.250	42.50	39.75	39.500	43.00	39.750	43.50	40.000	43.750	39.750	
9840	39 1/2	39.500	42.00	40.00	39.750	43.00	40.25	40.000	43.50	40.250	44.00	40.500	44.250	40.250	
10080	40	40.000	42.50	40.50											

Tabla 6.7 - Juntas semi-metálicas tipo RL para bridas tipo canal grande, deslizables y cuello soldable de acuerdo a especificaciones USA B16 (ref. 6.2).

Medidas de las juntas semi-metálicas RL		
Presión de Trabajo	150, 300, 400, 600, 900, 1500 Y 2600 lbf.	
Medida Nominal de la Tuberia	Junta D.I	Junta D.E.
½	1	1 3/8
¾	1 5/16	1 11/16
1	1 ½	2
1 ¼	1 7/8	2 ½
1 ½	2 1/8	2 7/8
2	2 7/8	3 5/8
2 ½	3 3/8	4 1/8
3	4 ½	5
3 ½	4 ¾	5 ½
4	5 3/16	6 3/16
4 ¾	5 11/16	6 ¾
5	6 5/16	7 5/16
6	7 ½	8 ¾
8	9 3/8	10 5/8
10	11 ½	12 ¾
12	13 ¾	15
14	14 ¾	16 ½
16	17	18 ¾
18	19 ¾	21
20	21 ¾	23
24	25 ¾	27 ¾

Tabla 6.8.- Juntas semi-metálicas tipo RM para bridas macho-hembradas deslizables y cuellos soldables de acuerdo a especificaciones USA B16 (ref. 6.2)

Medidas de las juntas semi-metálicas RM			
Presión De Trabajo	Hasta 1500 lbs.	2600 lbs.	Hasta 2500 lbs.
Medida Nominal de la Tubería	Junta D.I.	Junta D.E.	Junta D.E.
1/8"	3/8"	1	1
1/4"	1	1 3/16	1 3/8
3/8"	1 5/16	1 1/8	1 11/16
1"	1 3/4	1 3/4	2
1 1/2"	1 7/8	1 5/8	2 1/2
1 3/4"	2 1/8	1 7/8	2 7/8
2"	2 7/8	2 3/8	3 5/8
2 1/4"	3 3/8	3	4 1/8
3"	4 1/4	3 1/2	5
3 1/2"	4 1/2	4 1/2	5 1/2
4"	5 3/16	4 1/2	6 3/16
4 1/2"	5 11/16		6 1/2
5"	6 5/16	5 1/4	7 5/16
6"	7 1/2	6 1/4	8 1/4
8"	9 3/8	8 1/2	10 5/8
10"	11 1/2	10 1/2	12 1/2
12"	13 1/2	13	15
14"	14 1/2		16 1/2
16"	17		18 1/2
18"	19 1/2		21
20"	21 1/2		23
24"	25 1/2		27 1/2

El tipo RMI con anillo interior de 1/8" de espesor existe para tuberías de 2" a 24" de diámetro nominal y su diámetro interno equivale al diámetro interno de la tubería más 1/8", solo se usa para bridas macho-hembradas de cuello soldable.

Tabla 6.9.- Juntas semi-metálicas tipo RS para bridas tipo canal chico de acuerdo a especificaciones USA

B16 (ref. 6.2).

Medidas de las juntas semi-metálicas RS		
Presión de Trabajo	150, 300, 400, 600, 800, 1000 Y 2500 lbs.	
Medida Nominal de la Tubería	Junta D.I.	Junta D.E.
½	1	1 3/8
¾	1 5/16	1 11/16
1	1 ½	1 7/8
1 ¼	1 7/8	2 ¼
1 ½	2 1/8	2 ¾
2	2 7/8	3 ¼
2 ½	3 3/8	3 ¾
3	4 ¼	4 5/8
3 ½	4 ¾	5 1/8
4	5 3/16	5 11/16
5	6 5/16	6 13/16
6	7 ¼	8
8	9 3/8	10
10	11 ¼	12
12	13 ¾	14 ¾
14	14 ¾	15 ¾
16	16 ¾	17 5/8
18	19 ¾	20 1/8
20	21	22
24	25 ¾	26 ¾

Tabla 6.10 - Juntas semi-metálicas tipo RM y BR para entradas de hombre (ref. 6.2).

Medidas de las juntas semi-metálicas RM y BR			
Presión De Trabajo	0 a 499, 500 a 999, 1000 y Mayores		
	Junta D.I.	Grueso Junta	Anchura (Flange)
BM-Ovalada	10 X 15	0.175	15/16
BM-Ovalada	10 X 15	0.250	15/16
BM-Ovalada	10 X 16	0.250	15/16
BM-Ovalada	11 X 15	0.250	15/16
BR-Ovalada	11 X 15	0.250	13/16
BM-Ovalada	11 X 15	0.175	¾
BM-Ovalada	11 X 15	0.175	15/16
BM-Ovalada	11 X 15	0.175	¾
BM-Oblonga	11 ½ X 14 7/8	0.250	15/16
BM-Oblonga	11 7/16 X 15 1/16	0.250	15/16
BM-Ovalada	12 X 16	0.250	15/16
BR-Ovalada	12 X 16	0.250	13/16
BM-Ovalada	12 X 16	0.175	¾
BM-Ovalada	12 X 16	0.175	¾
BR-Ovalada	12 X 16	0.175	15/16
BR-Ovalada	12 1/8 X 16 1/8	0.250	13/16
BM-Oblonga	14 X 16	0.175	¾
BM-Redonda	14	0.175	¾
BM-Redonda	16 1/16	0.175	¾

En la tabla 6.11 se muestran las características de las juntas semi-metálicas tipo BH para entradas de mano y uniones de tubería utilizadas por los principales fabricantes de calderas.

Tabla 6-11 - Juntas semi-metálicas tipo BH para entradas de mano y uniones de tuberías utilizadas por los fabricantes de calderas (ref. 6-2)

Presión de Trabajo		0 a 499, 500 a 999, 1000 y Mayores. (El espesor de la junta es de 0,178")		
Fabricante	Forma	Junta D1	Anchura (Flange)	
American Engineering	Redonda	3 5/16	3/16	
	Oblonga	3 5/16 X 3 11/16	3/16	
Babcock & Wilcox				
No. 24	Ovalada	4 9/16 X 5 1/4	7/32	
No. 28	Rectangular	4 13/16 X 5	7/32	
Brush	Cuadrada	4 1/2 X 4 1/2	7/32	
Brush	Cuadrada	3 21/32 X 3 21/32	7/32	
Brush	Ovalada	4 5/32 X 4 25/32	1/4	
Brush	Ovalada	3 13/32 X 3 25/32	3/16	
No. 32	Redonda	3	1/4	
No. 40	Diamante	3 3/8 X 3 1/4	3/16	
No. 41	Oblonga	2 9/64 X 2 33/64	5/32	
No. 47	Redonda	2 1/32	3/16	
No. 48	Ovalada	3 13/16 X 4 1/4	7/32	
No. 70	Redonda	3 9/32	3/16	
No. 79	Oblonga	4 5/32 X 4 25/32	1/4	
No. 89	Redonda	3 7/16	5/32	
No. 92	Redonda	4 1/32	1/4	
2" Econ	Redonda	1 5/8	1/4	
Baden-Hausen Vease Lista Riley Stoker				
Bros				
HB-10	Redonda	2 1/4	1/4	
HB-11	Redonda	3 3/8	1/4	
HB-12	Redonda	4 1/2	1/4	
HB-13	Oblonga	3 3/8 X 4 1/4	1/4	
HB-14	Oblonga	4 1/4 X 5	1/4	
Bucyrus-Erie				
G-227	Oblonga	3 X 4 1/4	3/8	
G-260	Ovalada	4 X 6	7/16	
G-208	Redonda	2 1/2	1/4	
Casey-Hedges				
	Oblonga	4 1/2 X 5 1/8	3/8	
Claver Brooks				
	Oblonga	2 13/16 X 3 9/16	5/16	
	Oblonga	3 1/2 X 4 1/4	3/8	

Juntas semi-metálicas tipo BH para entradas de mano y uniones de tubería

Presión de Trabajo			
0 a 499, 500 a 999, 1000 y Mayores. (El espesor de la junta es de 0.175")			
Fabricante	Forma	Junta D.I.	Anchura (Flange)
	Oblonga	4 X 6	3/8
Combustion Engineering			
1N-L1272	Redonda	1 1/2	1/2
3N-L1274	Redonda	2 5/8	1/2
4N-L740	Redonda	3 1/8	1/2
4N-L741	Redonda	3 1/8	1/2
5N-L902	Redonda	3 5/8	1/2
6N-L744	Redonda	4 1/8	1/2
7N-L1131	Redonda	1 1/2	1/2
21N-L1291	Oblonga	2 1/8 X 2 1/2	5/32
22N	Ovalada	2 1/8 X 2 5/8	7/32
23N	Oblonga	2 25/32 X 3 13/32	7/32
24N-L1206	Diamante	3 X 3 7/8	1/2
25N-L1276	Oblonga	3 1/8 X 4 1/8	1/2
27N	Diamante	3 3/8 X 3 1/2	3/16
28N-L1277	Oblonga	3 3/8 X 3 7/8	1/2
29N-L639	Diamante	3 3/8 X 4 1/2	1/2
30N-L866	Diamante	3 5/8 X 4 1/2	1/2
31N-L579	Diamante	4 1/4 X 5 1/8	1/2
32N	Ovalada	4 9/16 X 5 1/2	7/32
33N-L1205	Diamante	3 1/2 X 4 5/8	1/2
51N	Rectangular	4 13/16 X 5	7/32
52N-L1117	Rectangular	4 7/8 X 5 3/16	7/32
PB-9474	Oblonga	4 1/8 X 4 7/8	3/16
PB-9474	Redonda	3 1/2	3/16
Connelly	Oblonga	3 x 3 15/16	3/8
Edge Moor			
	Ovalada	4 1/8 X 5 1/2	3/8
	Redonda	2 1/2	1/2
	Redonda	4 1/16	15/32
Ene Cry			
	Oblonga	3 x 4 1/2	3/8
	Ovalada	3 1/32 X 4 1/32	5/16
	Ovalada	3 17/32 X 4 1/32	5/16
	Ovalada	4 1/32 X 5 1/32	5/16
	Ovalada	4 1/32 X 6 1/32	3/8
	Pera	3 1/32 X 4 5/8	3/8
	Redonda	3 1/2	3/8
Foster Wheeler			
	Redonda	1 5/16	5/32
	Redonda	2 1/32	13/64
	Redonda	2 1/32	15/64
	Redonda	2 1/8	3/8
	Redonda	3 1/8	3/8

Juntas semi-metálicas tipo BH para entradas de mano y uniones de tubería

Presión de Trabajo		0 a 499, 500 a 999, 1000 y Mayores. (El espesor de la junta es de 0.176")		
Fabricante	Forma	Junta D 1	Anchura (Flange)	
	Redonda	4 1/8	3/8	
	Diamante	4 X 5	3/8	
	Oblonga	3 X 4	3/8	
	Oblonga	2 25/32 X 3 13/32	7/32	
	Oblonga	3 11/32 X 3 31/32	7/32	
	Oblonga	4 3/16 X 5 3/16	5/16	
	Rectangular	4 15/16 X 5 3/16	7/32	
Geary	3 % 4	Oblonga	3 13/16 X 4 5/8	3/8
		Oblonga	4 3/4 X 5 3/4	7/16
Heme		Oblonga	3 5/8 X 4 5/8	3/8
		Redonda	3 5/8	3/8
Keeler		Oblonga	3 X 4	3/8
		Diamante	4 1/4 X 5 1/4	3/8
		Redonda	4 1/2	3/8
Murray		Oblonga	3 5/8 X 4 9/16	3/8
		Oblonga	3 5/8 X 4 9/16	7/16
		Oblonga	4 1/32 X 4 29/32	3/8
		Ovalada	4 X 6	7/16
Oil Field		Oblonga	2 1/2 X 3 1/2	3/8
		Ovalada	3 X 4	3/8
		Ovalada	3 1/2 X 4 1/2	3/8
		Ovalada	4 1/16 X 5 1/16	7/16
Pacific		Redonda	1 1/2	1/2
		Redonda	2	1/2
		Redonda	2 1/2	1/2
Page		Ovalada	2 27/32 X 3 29/32	3/8
		Ovalada	3 1/8 X 4 1/8	3/8
		Ovalada	3 1/8 X 4 1/4	3/8
		Ovalada	3 5/16 X 4 5/16	3/8
		Ovalada	3 25/32 X 5 23/32	5/8
		Redonda	2 3/16	3/8
Riley Stoker		Oblonga	3 23/32 X 5 23/32	11/32
		Redonda	3 9/32	5/16
		Cuadrada	4 X 4	11/32
		Cuadrada	5 1/2 X 5 1/2	3/8
		Redonda	1 31/32	3/8
		Ovalada	3 17/32 X 4 17/32	5/16

Juntas semi-metálicas tipo BH para entradas de mano y uniones de tubería

Presión de Trabajo 0 a 499, 500 a 999, 1000 y Mayores. (El espesor de la junta es de 0.175")			
Fabricante	Forma	Junta D I	Anchura (Flange)
Springfield	Ovalada	3 17/32 X 4 17/32	5/16
	Ovalada	4 1/16 X 5 1/16	3/8
	Cuadrada	5 1/2 X 5 1/2	3/8
Superheater	Oblonga	2 21/32 X 3 9/32	15/64
	Oblonga	3 3/32 X 4 3/32	1/4
	Oblonga	3 11/32 X 3 23/32	3/16
	Oblonga	3 3/8 X 3 7/8	1/4
	Redonda	15/16	3/16
	Redonda	3 3/32	1/4
Union	Ovalada	3 1/2 X 4 1/2	3/8
	Pera	3 1/2 X 4 1/2	3/8
	Pera	3 7/16 X 4 7/16	3/8
	Pera	4 1/2 X 5 1/2	3/8
Vogt	Redonda	3 5/8	3/8
	Redonda	3 19/32	3/8
	Redonda	4 1/8	3/8
	Ovalada	3 3/8 X 4 1/4	7/32
	Ovalada	3 X 4	5/16
	Ovalada	3 1/2 X 4 1/2	5/16
	Ovalada	3 1/4 X 5	3/8
	Ovalada	4 X 5	5/16
	Ovalada	4 X 6	3/8
	Ovalada	4 1/4 X 5 1/8	7/32
	Ovalada	4 1/4 X 5 1/8	5/16
Ovalada	4 9/32 X 5 5/32	7/32	
Ward	Cuadrada	4 7/8 X 4 7/8	1/4
Wickes	Pera	4 1/8 X 5 1/8	9/32
	Pera	4 1/4 X 5 1/8	3/8
	Ovalada	3 X 4	5/16
	Ovalada	3 1/2 X 4 1/2	5/16
	Ovalada	4 X 5	5/16
	Ovalada	4 X 6	5/16
Redonda	4 1/8	3/8	
Redonda	4 1/4	3/8	

CAPITULO 7.- RETENES DE ACEITE

Los retenes de aceite se utilizan para aislar rodamientos en motores, bombas, compresores, generadores, grúas y equipos de transporte haciendo posible mantener el lubricante dentro de la caja de rodamientos y evitando que aire, agua, polvo u otro contaminante entre en contacto con el aceite.

En general los retenes de aceite se componen de una caja metálica, una sección flexible y un resorte o lámina elástica.

Existen dos tipos principales de retenes de aceite: los retenes ensamblados y los retenes moldeados.

- a) Retenes Ensamblados - Estos retenes se componen de cuatro elementos independientes, que ensamblados componen el retén propiamente dicho. Estos componentes son: una caja exterior, una interior, un elemento flexible y un resorte, el ensamblado se mantiene firme doblando la caja exterior sobre la interna, como lo muestra la figura 7.1.

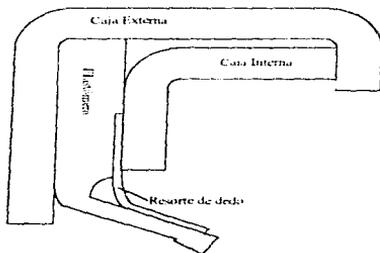


Figura 7.1.- Diseño Básico de un Retén Ensamblado.

b) Retenes Moldeados - Son retenes que se componen de tres partes, una parte metálica o caja, un elemento elastomérico y un resorte. En estos retenes, el elemento elástico se une al elemento metálico durante el moldeado y vulcanizado. El resorte se une al moldeado durante las fases finales de fabricación. La arquitectura de un retén moldeado se muestra en la figura 7.2

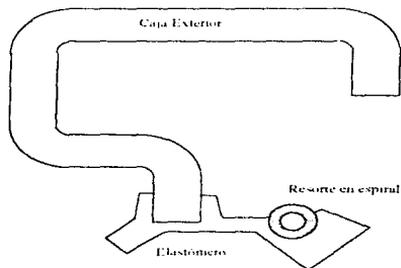


Figura 7.2- Diseño Básico de un Reten Moldeado.

En la tabla 7.1 se muestra la comparación entre los dos tipos de retén de aceite.

Tabla 7.1 Ventajas de los retenes de aceite (ref. 6.1)

Reten Ensamblado con resorte de dedo	Reten Moldeado Con resorte en espiral
Mayor resistencia al doblado	Menor costo
No puede soltarse el resorte	Requiere menor espacio
No retiene contaminantes en el resorte	
Cada dedo con accion individual proporciona un sellado igual en todo el diámetro	
Se puede fabricar con doble labio elastico	

Un servicio de sellado satisfactorio no puede ser alcanzado si es que el eje y las partes de la maquina que lo rodean no se encuentran en buenas condiciones mecánicas. además, las velocidades del eje, temperatura y otras condiciones de operación como vibraciones juegan un papel importante en el desempeño de los retenes. A continuación se marcan algunos factores que deben tomarse en cuenta cuando se utilizan retenes de aceite

- a) Acabado del eje - La eficiencia del sellado depende en gran medida de la condición del eje en contacto con el miembro de sellado, por lo tanto si existen daños en un eje y se desea reemplazar los retenes de aceite, se requerirá una nueva superficie en el eje
- b) Desalineamiento del eje y desvío dinámico - El desalineamiento del eje es la distancia en que el eje está fuera del centro con respecto a la cavidad donde se localiza y el desvío mecánico es la desviación del giro del eje con respecto al centro verdadero del mismo. Cualquiera de los dos defectos en el movimiento causará un desgaste desigual en los retenes acortando su vida efectiva.

En general se recomienda que la desviación máxima sea de 0.25 milímetros, la figura 7.3 muestra estos dos defectos en la rotación de ejes

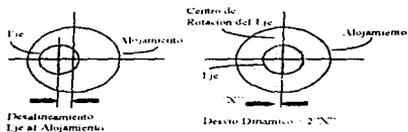


Figura 7.3 - Desalineamiento del eje y desvío dinámico

- c) **Presión** - Los retenes de aceite standard no se recomiendan para usarse cuando los fluidos involucran presión. La tabla 7.2 contiene los límites permitidos de presión de operación

Tabla 7.2.- Límites de presión en la operación de retenes de aceite (ref. 7.3)

Velocidad del Eje		Presión Máxima Permitida	
Pies por Minuto	Metros por minuto	Libras por pulg. cuadrada	Kilo-pascales
0-1000	0-304.8	7	48
1001-2000	304.9-609.6	5	35
2001 o mayor	609.7 o mayor	3	21

- d) **Tolerancia** - La efectividad en el sello de un reten de aceite es muy sensible a las diferencias en las medidas tanto del reten como de la cavidad que lo contendrá, de forma que debe buscarse que este último tenga un diámetro constante y que ni el barreno ni la cavidad tengan oquedades causadas por corrosión u otro tipo de imperfecciones

7.1.- Materias Primas Empleadas en la Fabricación de los Retenes de Aceite.

Como se ha observado los retenes de aceite se componen de tres elementos: una caja, un resorte y un elastomero. Para la fabricación de las cajas de metal se utiliza principalmente el acero al carbono, pero existen en el mercado algunos retenes de aceite con cajas de acero inoxidable, de acero al níquel e incluso de bronce o aluminio para trabajos especiales.

Los resortes también son fabricados principalmente de acero para cuerdas de piano, aunque también se fabrica de acero inoxidable 17-7P, Incoloy o de Inconel.

El elastomero suele ser acrílonitrilo debido a su alta resistencia a los aceites y a su elasticidad. Para la fabricación de la pieza de hule se utiliza una formulación que aporte dureza y resistencia mecánica al elastomero, esto es, alta en negro de humo además de sus correspondientes activadores, aceleradores y conservadores. Existen algunos retenes de aceite cuyo elemento elástico se fabrica de PTFE.

7.2.- Fabricación de los Retenes de Aceite.

Cada una de las partes de los retenes se fabrican de forma distinta y en una etapa final se ensamblan.

En primer lugar la o las cajas se fabrican a partir de lámina de acero la cual es maquinada y troquelada hasta darle su forma final.

Los resortes en espiral para retén de aceite se fabrica doblando alambre de acero en una máquina que por medio de giros y tensión les da forma.

Los resortes de dedo se maquinan a partir de lamina de acero piano para aplicaciones normales de presion y temperatura pero para otras, se emplea acero inoxidable 17-7P, acero hasteloyd o de Inconel

El elastomero como se menciona en el capitulo 2, se fabrica a partir de una formula, la cual es mezclada en molinos, una vez realizada la mezcla, el proceso puede seguir dos caminos

a Moldeado - Para fabricar la pieza de elastomero para los retenes ensamblados puede colocarse el hule sin vulcanizar dentro de moldes, en los cuales, utilizando presion y temperatura, se realiza la vulcanizacion del hule, pero para los retenes moldeados, junto con el elastomero tambien se colocan dentro del molde el resorte y la caja prefabricados.

b Extruido - Otro sistema para fabricar los retenes ensamblados consiste en extruir el hule

- 1) Extruido - En esta etapa, el hule caliente pero sin vulcanizar se alimenta a un maquina extrusora, la cual hace pasar el hule a traves de un dado con la forma del elemento elastico que requiere el reten, para poder realizar este proceso, el dado debe estar caliente**
- 2) Preparacion para vulcanizar - El material extruido es dificil de manejar pues tiende a pegarse entre si o con otros materiales, debido a esto se debe tratar con silicon el cual evita este efecto.**
- 3) Vulcanizado - El hule para reten suele vulcanizarse dentro de autoclaves, aunque puede utilizarse otro metodo de vulcanizado como los mencionados en el capitulo 2**
- 4) Cortado - La tira de hule vulcanizado debe cortarse al largo necesario antes de poder armar el reten**

En los retenes cuyo elemento de sellado es el PTFE, este se fabrica maquinando un cilindro comprimido y moldeado de dimensiones similares a las del producto terminada

Armado - Los elementos que formaran el reten se colocan en la posicion adecuada para doblar la caja externa sobre la caja interna, ajustando sus partes

Cortado.- En algunos retenes debe hacerse un corte en diagonal para permitir una fácil instalación.

7.3.- Retenes de Aceite en México.

En México se encuentran en el mercado retenes de aceite para casi cualquier aplicación, desde servicios normales hasta uso pesado como en aerías, con alta resistencia química y a la corrosión, incluso existen algunos con un elemento extra de fieltro para evitar al máximo la entrada de contaminantes, o con labios dobles en el mismo sentido para un máximo sellado o con los labios en sentido contrario para separar dos fluidos, para sellar sobre superficies estéricas o sobre superficies perpendiculares al centro del eje, o para realizar el sello contra la caja del alojamiento y no contra el eje.

A pesar de que existe un número grande de clasificaciones para los empaques todos se pueden englobar en los mencionados en este capítulo y solo se distinguen por alguna mejora específica aplicada a algún uso particular como son las resistencias químicas o a la abrasión.

Los principales fabricantes de retenes de aceite son los fabricantes de refacciones para autobuses y camiones pero para uso industrial los principales fabricantes son Chesterton y Garlock de México, además existen algunos importadores como Cymsa.

CAPITULO 8.- SELLO MECÁNICO

Los sellos mecánicos al igual que la empaquetadura trenzada se utiliza en equipos rotativos como bombas, compresores o licuadoras, pero aunque su propósito sea el mismo, el mecanismo de sellado y la eficiencia del sello es distinta.

Los sellos mecánicos se utilizan cuando se requiere minimizar las fugas, ya que solo permiten fugas de 0.3 cc/hora mientras que las empaquetaduras requieren de un pátete de aproximadamente 360 cc/hora, además presentan la ventaja de no producir desgaste en los equipos debido a que el sello se realiza entre una cara giratoria y una fija perpendiculares al eje rotatorio y no contra el eje.

Todos los sellos mecánicos constan de cinco partes principales: una parte estacionaria o asiento y una parte móvil o cabeza, un sello secundario que evita fugas por el exterior del sello, partes metálicas y elásticas. La parte móvil se monta sobre la flecha rotatoria y generalmente las partes elásticas se ubican dentro de ella de tal forma que producen un empuje sobre el asiento para que el desgaste no altere la eficiencia del sello. En los puntos de contacto entre la flecha, la cara del estopero y el sello mecánico se colocan anillos "O" de hule moldeado, los cuales constituyen sellos secundarios, las partes metálicas se refieren al cuerpo de la cabeza y asiento y los apoyos que requieren los sellos, según se muestra en la figura 7.1.

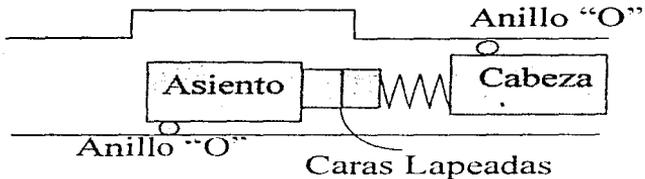


Fig. 7.1.- Partes principales de un sello mecánico

Las caras en contacto deben ser lapeadas, esto es, que la rugosidad máxima sea de 3.2×10^{-3} y de un material con bajo coeficiente de fricción para evitar desgastes y sobrecalentamientos.

8.1.-Clasificación de los Sellos Mecánicos.

Existen muchos tipos de sellos mecánicos, pero su principal clasificación los divide en balanceados y no balanceados.

Un sello no balanceado se da cuando el área expuesta al fluido de proceso es mayor que el área de contacto entre las caras de sellado, en términos sencillos tiene un exceso de fuerza en el sellado respecto de la presión que realmente será sellada. La presión en exceso limita la capacidad de los sellos ante las presiones altas.

Los sellos balanceados y no balanceados tienen un tren de áreas iguales en sus caras internas pero en los balanceados el área de contacto con el fluido ha sido reducida reduciendo la fuerza que se ejerce sobre el área de contacto entre las caras permitiendo que se utilicen a altas presiones, que generen menos calor y tengan una mayor durabilidad.

Los sellos mecánicos también pueden ser clasificados como rotativos y estacionarios. En los rotativos el o los resortes giran junto con la flecha mientras que en los estacionarios estos permanecen estacionarios.

También se clasifican por su posición en internos y externos.

-Sellos Internos - Cuando el sello se encuentra montado en la parte interna de la caja de empaques del equipo se le conoce como sello interno. Estos son generalmente difíciles de instalar. También es difícil darles mantenimiento sin desarmar los equipos pero tienen las siguientes ventajas:

El fluido de proceso evita el calentamiento excesivo.

La fuerza centrífuga del sello ayuda a mantenerlo limpio y a evitar que partículas sólidas lleguen a las caras de sellado.

Cuando estos sellos fugan generalmente no causan graves pérdidas pues ocupan prácticamente todo el volumen del estopero impidiendo que existan fugas mayores. Ver fig 7.2.

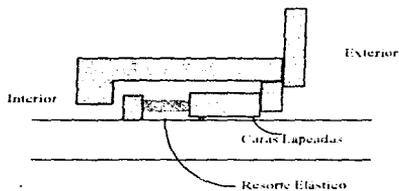


Fig 7.2.- Esquema de un sello mecánico interno

-Sellos Externos.- Se localizan en la parte externa de la caja de empaques de los equipos y tiene las siguientes ventajas:

Fácil instalación

Pueden fabricarse con alta resistencia a la corrosión sin incrementar mucho su valor

Permiten inspeccionar las caras y el sello rápida y fácilmente.

Pero tiene limitaciones por su pobre disipación del calor, así que solo puede usarse a bajas velocidades, bajas temperaturas y bajas presiones

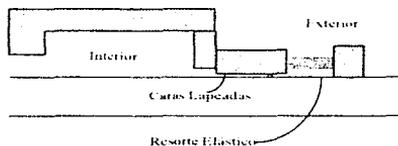


Fig 7.3 - Esquema de la posición de un sello externo

Otra forma de clasificarlos es por el número de pares de caras lapicadas que conforman el sello mecánico en sencillos, dobles o en tandem

-Sellos Sencillos.- Consisten en una sola unidad rotativa fija a la flecha del equipo y una unidad estacionaria fija a la caja del estopero generalmente con una brida, pueden ser internos o externos

-Sellos Dobles - Los sellos dobles presentan dos juegos de caras lapicadas y pueden describirse como dos sellos sencillos uno después de otro y en posiciones encontradas. lo más común es encontrarlos con las cabezas alejadas (sello doble espalda contra espalda), entre los dos sellos se inyecta un líquido secundario a una presión mayor que la del fluido de proceso, las ventajas de los sellos dobles son minimizan el riesgo de fuga a la atmósfera, el líquido secundario puede ser monitoreado para conocer

el funcionamiento del sello, además de que su funcionamiento en condiciones extremas como cristalización, congelación, formación de burbujas en las bombas, fuego, etc. en la figura 7.2 se muestra un esquema del funcionamiento y construcción de este sello mecánico doble.

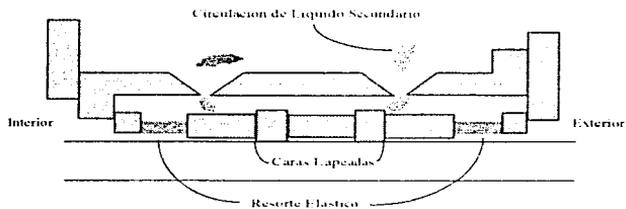


Fig. 7.2 - Esquema de un sello mecánico doble espalda contra espalda

Otros sellos dobles son los sellos cara a cara donde las cabezas se encuentran juntas y consisten en un sello interno y uno externo encastrados, en este caso se alimenta entre las caras un líquido secundario a una presión cercana a la atmosférica y no existe tanta seguridad como en los espalda contra espalda, en la siguiente figura se muestra este tipo de sello

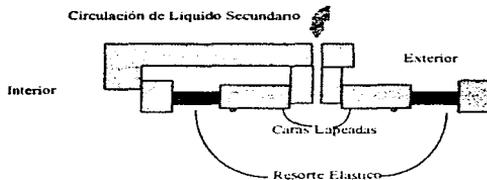


Fig 7.3.-Esquema de un sello mecánico doble cara a cara

-Sellos en Tándem -El arreglo de sellos en tandem es el más seguro de los sellos dobles y consiste en dos sellos internos en el espacio entre los dos sellos se alimenta un fluido de ayuda a una presión ligeramente mayor que la de proceso para prevenir fugas hacia el sello y a su vez el sello externo evita fugas del fluido secundario hacia la atmósfera. En la figura 7 4 se muestra la arquitectura típica de un sello mecánico en tandem.

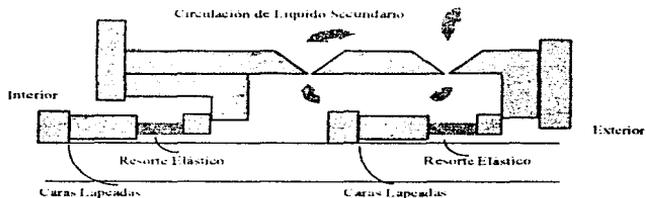


Fig. 7.4. - Esquema de un sello mecánico en Tandem

8.2.- Materias Primas Empleadas en la Fabricación de Sellos Mecánicos.

Existen varios materiales que se pueden utilizar de acuerdo a su resistencia a los fluidos de proceso

En la fabricación de las partes metálicas y resortes suele utilizarse acero inoxidable 316 o 416 aunque pueden utilizarse bronce, titanio u otros metales

En los sellos secundarios y en los resortes de hule se utilizan materiales como el neopreno, el nitrilo, el hule Viton (Marca Reg. E I DuPont) o propileno y exclusivamente el sello secundario materiales como el grafito, el teflon o la fibra de vidrio

Las partes más finas de los sellos mecánicos son las caras estacionaria o rotativa, los materiales estandar de fabricación son carbon, ceramicas (óxidos de aluminio), carburo de tungsteno y níquel, carburo de silicio, níquel y teflones con cargas como grafito o fibra de vidrio, pero también se fabrican de bronce, carburo de tungsteno y cobalto, acero inoxidable 316 u otros aceros

8.3.- Fabricación de Sellos Mecánicos.

La fabricación de cualquier sello mecánico comienza con la selección de los materiales a utilizar de acuerdo a las especificaciones de resistencia a temperatura y presión así como a los fluidos de proceso con que se utilizara.

8.3.1.- Fabricación de las partes metálicas y resortes.

Las partes metálicas como son los soportes del sello se fabrican maquinando y doblando láminas o tubos del material hasta alcanzar la forma deseada y los resortes se forman en una máquina rotativa

8.3.2.- Fabricación de los sellos secundarios y hules elásticos.

Los sellos secundarios suelen ser anillos "O" de hule se fabrican de forma igual que el hule laminado excepto que el hule mezclado se introduce en moldes donde a presión y temperatura se lleva a cabo el vulcanizado de las piezas, de donde pasan a un proceso mediante el cual se elimina el hule que pudiera haber fluido entre los moldes. El hule que se utilizara como elastico se fabrica de forma semejante a los anillos "O".

8.3.3.- Fabricación de las caras lapeadas.

Las caras de los sellos mecánicos se maquinan a partir de perfiles circulares (tubos) que tienen medidas semejantes a las finales en el sello a partir de los cuales se maquinan las piezas. Una vez maquinadas las caras con la forma final se pasa a un proceso de lapeado en el cual mediante unas navajas rotativas se obtiene el acabado final.

8.4- Uso de los Sellos Mecánicos.

Los sellos mecánicos se utilizan en cualquier equipo rotativo, pero depende de las condiciones de proceso el tipo de sello mecánico a emplearse, en las tablas 8.1 y 8.2 se muestran algunos criterios de selección que pueden servir de base para emplear de forma óptima los sellos mecánicos.

Tabla # 1 - Criterios de selección de los Sellos Mecánicos (ref. 5)

Temperaturas	TIPO DE SELLO MECANICO			
	INTERNO		EXTERNO	
	No-Balanceado	Balanceado	No-Balanceado	Balanceado
Hasta 120°C				
De 120°C a 250°C				
Mas de 250°C				

Presiones	TIPO DE SELLO MECANICO			
	INTERNO		EXTERNO	
	No-Balanceado	Balanceado	No-Balanceado	Balanceado
Hasta 50 psi				
de 50 a 300 psi				
Mas de 300 psi				

Velocidad Superficial de la Flecha	TIPO DE SELLO MECANICO			
	INTERNO		EXTERNO	
	No-Balanceado	Balanceado	No-Balanceado	Balanceado
Hasta 7.6 m/s				
de 7.6 a 15.2 m/s				
Mas de 15.2 m/s				

Tabla # 2 - Criterios de Desempeño para Sellos Mecánicos (ref. 5)

TIPO DE SELLO NO-BALANCEADO		Presión Máxima	Temperatura Máxima	Velocidad Máxima
Metálico	Rotativo	50 psi	400 °C	25.4 m/s
	Estacionario	50 psi	400 °C	50.8 m/s
No metálico	Rotativo	50 psi	120 °C	25.4 m/s
	Estacionario	No es un diseño estandar		
Elastomérico	Rotativo	50 psi	205 °C	25.4 m/s
	Estacionario	50 psi	205 °C	50.8 m/s

TIPO DE SELLO BALANCEADO		Presión Máxima	Temperatura Máxima	Velocidad Máxima
Metálico	Rotativo	300 psi	400 °C	25.4 m/s
	Estacionario	300 psi	400 °C	50.8 m/s
No metálico	Rotativo	150 psi	120 °C	25.4 m/s
	Estacionario	No es un diseño estandar		
Elastomérico	Rotativo	300 psi	205 °C	25.4 m/s
	Estacionario	300 psi	205 °C	50.8 m/s

8.5- Fabricantes de Sellos Mecánicos en México.

Los principales fabricantes de sellos mecánicos en el país son Vasei, John Crane y Garlock. los tres son fabricantes, importadores y exportadores.

CAPITULO 9.- EMPAQUES ESPECIALES

9.1.- La Caja de Empaques o Empaquetadura Metálica.

La caja de empaques es el equivalente de los sellos mecánicos en equipo reciprocante, se utiliza en lugar de la empaquetadura trenzada en equipos como compresores y tiene la ventaja de poderse utilizar en compresores no lubricados.

Las cajas de empaques consisten en una serie de anillos de materiales con bajo coeficiente de fricción que realizan el sello al comprimirse contra una caja metálica que les sirve de apoyo. Los anillos que forman parte de la caja de empaques se colocan en parejas, uno con cortes tangenciales y el otro con cortes radiales, estos cortes permiten que los anillos se autoajusten con el desgaste y se utilizan en parejas para que entre los dos sellen el espacio formado por los cortes.

El mecanismo de sellado es sencillo según se aplica presión sobre uno de los lados de la caja de empaques todos los anillos que contiene son empujados hacia el lado contrario con mayor fuerza, de tal forma que al aumentar la presión se incrementa también la fuerza del sello.

Es importante indicar que se pueden colocar dos juegos de anillos de empaque, normalmente se utiliza un mayor número de juegos por seguridad.

9.1.1.- Partes de una caja de empaques

Las cajas de empaque se componen de anillos y de la caja metálica. Los anillos se clasifican en radiales y tangenciales, cada anillo se encuentra rodeado de un resorte que tiene la función de apretar en contra del

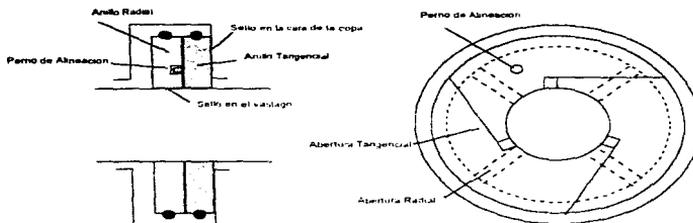


Figura 9 2 - Anillos utilizados en las cajas de empaque

9.1.2.- Materias Primas Empleadas en la Fabricación de Cajas de Empaque.

Las materias primas utilizadas en la fabricación de las cajas de empaque se seleccionan de acuerdo a las condiciones en que trabajaran

En la fabricación de las partes metálicas y resortes suele utilizarse acero inoxidable 316 o 416 aunque pueden utilizarse bronce, titanio u otros metales

Se utiliza un anillo de cobre para realizar el sello de la caja del estopero con la caja de empaques

Los materiales con los cuales se fabrican los anillos de la caja de empaque son FLUR-O-FRAN Y LAM-O-FRAN, (que son mezclas de fibra de vidrio, teflon, grafito bisulfuro de molibdeno y bronce), Babbit (Aleación de estano, cobre, plomo y antimoni). Bronce (Aleación de cobre, estaño y plomo) y hierro fundido. a continuación se enlistan algunas características de estos materiales que pueden ayudar a entender su funcionamiento

Fluor-o-Fran

Bajo coeficiente de fricción.

En servicio exento de aceite resiste hasta 1,000 psi

Con lubricación hasta 10,000 psi

Lam-o-Fran

Resistente a corrosión y abrasión

No es afectado por gases amargos y solventes.

Resiste temperaturas hasta 300°F y presiones hasta 1,000 psi.

Babbitt

Resiste temperaturas menores a 250° y presiones inferiores a 600 psi.

Ideal para gases limpios como el oxígeno.

Bronce

Requiere lubricación

Resiste hasta presiones de 45,000 psi

Hierro Fundido

Se requiere que el vástago sea templado

Se requiere de buena lubricación

Resiste presiones inferiores a 600 psi

9.1.3.- Fabricación de las cajas de empaques.

Tanto las partes que componen la caja como los anillos se fabrican mediante maquinados y fresados hasta tener la forma final de la caja para después ser pulidos, los resortes se forman en una máquina rotativa.

Una vez fabricadas las piezas se procede al ensamble de la caja completa.

9.2.- El Equalizer de Garlock.

Este empaque es un reten de aceite que no causa desgaste en los equipos ya que los únicos puntos de roce se presentan dentro de mismo equalizer, además sella utilizando la fuerza centrífuga de la biela donde se coloque, el equalizer se compone de dos partes principales: una que se fija a la biela (Rotor) y otra en dos piezas ensambladas que se fija a la caja del equipo (Estator), ambas partes se fijan al equipo con unos anillos "O" que además evitan toda fuga entre el equipo y el equalizer.

Como cualquier otro reten de aceite se utilizan en equipos rotativos como bombas, turbinas, compresores, ventiladores o mezcladoras.

La eficiencia de estos retenes se debe a que funcionan como una pequeña bomba, que utilizando su fuerza centrífuga, absorbe los fluidos por sus lados para luego expulsarlos de regreso a través de unos pequeños orificios en sus caras. Esto se observa claramente en la figura 9.3.

Este empaque presenta la ventaja de evitar al máximo la contaminación de los aceites lubricantes en los equipos, pero presenta la desventaja de no poder operar cuando existen vibraciones o cuando los equipos no están bien alineados, ya que solo resisten un desalineamiento total de 0.015° . En la figura 9.3 se muestra el corte de un equalizer y se esquematiza el mecanismo de sellado.

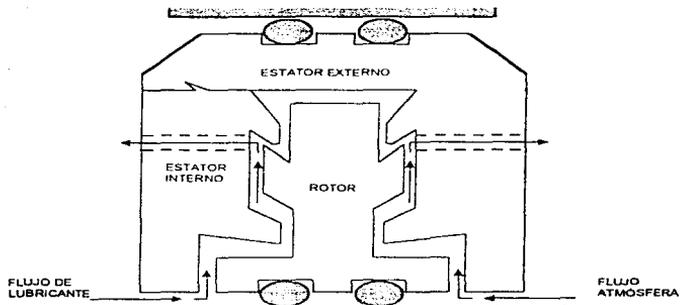


Fig. 9.3.- Esquema de un equalizer y su funcionamiento (ref. 7.5)

9.2.2.- Materias Primas Empleadas en la Fabricación del equalizer.

Las principales materias primas utilizadas en su fabricación son:

PTFE (Teflón) con carga de grafito al 10% que es un material que tiene una muy buena resistencia a los químicos y a las altas temperaturas, normalmente se utiliza junto con anillos "O" de un fluoroelastómero, lo cual les permite ser usados con materiales pegajosos.

PTFE con carga de silicato de calcio al 15% que también presenta buenas propiedades de resistencia química y a la temperatura, pero además satisface las exigencias de la industria alimenticia, los anillos "O" con que se fabrican son de silicón.

PTFE con acero inoxidable 316 al 50%. este material presenta buena resistencia mecánica y rigidez por lo que se utiliza para diámetros anchos donde los demás materiales resultarían demasiado flexibles.

PTFE con Bronce al 55% y 5% de molibdeno que se utiliza cuando se requiere de que no generen chispas y por lo tanto sean a prueba de explosiones.

9.2.3.- Fabricación del equalizer.

Las tres piezas que forman a un equalizer se fabrican maquinando cilindros huecos premoldeados a partir de la resina de PTFE con sus cargas, una vez maquinada cada una de las piezas, estas se ensamblan. Los anillos "O" se fabrican moldeando el elastomero que se vulcaniza mediante presión y temperatura.

9.3.- Anillos de Pistón.

Los anillos que se utilizan como guías en los pistones cumplen con la función de realizar un sello entre el pistón y la caja, además de evitar el contacto directo entre las dos piezas, se utilizan principalmente en compresores no lubricados en los cuales no deben rozar las piezas metálicas. estos anillos se colocan como muestra la figura 9.4 y suelen ser fabricados en los mismos materiales que los anillos de las cajas de empaques.

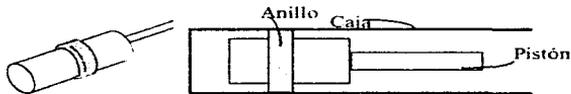


Fig 9.4 - Anillos de Pistón

9.4.-Cintas de PTFE.

Existen diferentes tipos de cintas de PTFE en el mercado: cintas, cintas enrolladas, cintas autoadheribles, cintas autoadheribles de PTFE suave y cintas tejidas, todas ellas tienen como base de fabricación a las resinas de PTFE. Las cintas se utilizan para sellar juntas roscaadas, y las cintas enrolladas y las autoadheribles se utilizan para sellar bridas tanto de equipos como de tuberías, sustituyendo a las juntas suajadas con la ventaja de que no requieren fabricarse a la medida y como consecuencia disminuyen los inventarios de herramientas para mantenimiento. Cualquiera de estos empaques resisten la corrosión y temperaturas hasta de 250 °C y presiones de 200 psi.

9.4.1.- Cintas

Las cintas de teflon se fabrican extruyendo en caliente y a presión un perfil circular de bajo diámetro (conocido como espagueti), el cual se sumerge en petrolato para evitar su resequead, después se aplasta para darle la forma de cinta y las medidas aproximadas de 0.003" de espesor por 0.5" de ancho, para después ser enrollada. En la figura 9.5 se muestra la forma como se utilizan las cintas de teflon.

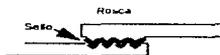


Figura 9.5.- Instalación de las cintas de teflon.

9.4.2.- Cintas enrolladas.

Las cintas enrolladas se fabrican a partir de las cintas normales enrollandolas unas sobre otras hasta obtener el diametro buscado (entre 3/32" x 3/8"). el resultado es un perfil circular de teflon, la desventaja de estas cintas es que son duras y por lo tanto cuando se utilizan pueden dejar pequeños espacios en sus cruces, debido a la forma como se deben aplicar, en la figura 9.6 se muestra la forma de colocar las cintas de teflon.

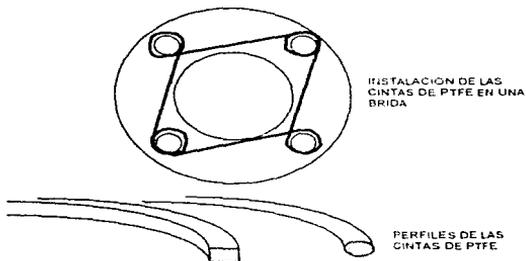


Figura 9.6 - Instalación y perfiles típicos de las cintas de teflon

9.4.3.- Cintas autoadheribles de teflón.

Consisten en cintas de teflon enrolladas, una vez que se tienen con perfil circular se pasan entre cilindros que las aplastan para obtener dos superficies planas, una de las cuales es tratada para colocarle una cinta adherible que se utilizará para fijar la cinta a la brida en que se aplique, facilitando así su instalación.

9.4.4.- Cinta autoadherible de teflón suave.

Son semejantes a las anteriores pero se fabrican extruyendo teflón con una carga espumante para que pierda la rigidez y sea suave, semejante a una esponja

9.4.5.- Cinta tejida de teflón.

Son cintas tejidas en círculo utilizando hilos de PTFE y que se doblan a la mitad para poder enrollarse, estas cintas se utilizan para juntas de mas de 12 pulgadas de diámetro: el hecho de que sean huecas permite que el traslape sea plano facilitando el sello. La forma como se traslapan se muestra en la figura 9.7.



Figura 9.7 Forma de traslape de las cintas de teflón utilizadas en juntas bridadas.

9.5.-Juntas textiles, moldeadas y encaquetadas.

9.5.1.- Juntas Textiles.

Las juntas textiles son formadas doblando tela ahulada y sometendolas a presión y temperatura de tal forma que se vulcaniza el hule, se fabrican principalmente de asbesto con hules nitrilo y SBR, debido a sus características se utilizan cuando se requiere de una junta suave, por ejemplo en las entradas de mano de equipos que trabajan con vapor, también presentan una buena resistencia a los ácidos y solventes orgánicos. En la figura 9.8 se muestra un perfil típico de las juntas de tela ahulada.

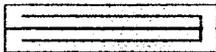


Fig 9.8 - Perfil de las juntas formadas de tela ahulada.

9.5.2.- Juntas Moldeadas.

Las juntas Moldeadas se fabrican en materiales elásticos para utilizarse como refacciones a la medida en aplicaciones que incluyen tanto a los equipos industriales como a los del hogar. un ejemplo típico es el empaque de las licuadoras o el de las mangueras

9.5.2.- Juntas Enchaquetadas.

Estas juntas se fabrican buscando aprovechar las características de resistencia, limpieza y durabilidad de algunos materiales como PTFE o los metales pero que encarecerían mucho las juntas si fueran fabricadas totalmente de esos materiales. así que se rellenan con algún material que conserve su resistencia a la temperatura y que permita que la junta sea flexible.

Las juntas enchaquetadas se fabrican principalmente con lamina de metal corrugado relleno de asbesto, o con lamina de teflón y se rellenan de materiales como el asbesto o la fibra de vidrio

Los perfiles comunes de las juntas enchaquetadas se muestran en la figura 9.9. el corrugado se utiliza con materiales rígidos de forma tal que se adapten a las bridas durante el sellado



Figura 9.9.- Perfiles de las empaquetaduras enchaquetadas.

CONCLUSIONES.

- a) Se elaboró una herramienta que permitiera a los interesados contar con la información relativa a la fabricación y usos de la empaquetadura industrial en México de uso actual, principalmente orientada a los alumnos de las ramas de la Ingeniería relacionadas con procesos industriales.
- b) Se hizo un estudio de las características que presenta cada una, de tal forma que pudiera seleccionarse la más adecuada según el uso que se le de.
- c) Se presentó una relación de las compañías mexicanas que se relacionan con la fabricación e importación de empaques en México para que se tome como referencia de estudios posteriores.
- d) Se trató el tema del asbesto y el peligro que representa su uso, mostrando que dentro de los diferentes tipos de asbesto solo algunos están relacionados con el desarrollo de tumores cancerígenos, procurando desmitificar su empleo.
- e) Se menciona la forma correcta en el uso de materiales que cuentan con tal variedad de marcas y estructuras que es en ocasiones complicada su selección como son los hules y teflones.
- f) Se mostró el proceso mediante el cual los fluidos se mantienen dentro de contenedores y tuberías.

Se preparó un documento que permitiera orientar a los usuarios al empleo de empaques adecuados a sus necesidades.

a) Se presentaron algunos empaques de diseño avanzado, que representan alternativas a los sistemas actuales de sellado con importantes mejoras en su eficiencia y en la preservación de los equipos en que están instalados

Se dieron recomendaciones sobre cuidados específicos que se deben tener al momento de fabricar e instalar ciertos tipos de empaques para que funcionen adecuadamente y se alargue su vida útil

REFERENCIAS.

- 1 CYMSA. Empaquetaduras Industriales CYMSA™ México D.F. (1996)
- 2 Bjorksten Johan Polyesters and their Applications. Bjorksten Research Laboratories Inc. Reinhold Publishing. E. U. A. 1956.
- 3 DUPONT. Manual de Procesamiento de Resinas Granulares. TFE-Resina de Fluorocarbomo. Teflon™, 1992 Pag. 3-17
- 4 DUPONT. The Neoprene-W Family. E. U. A. 1994
- 5 Fluid Sealing Association. Mechanical Seal Handbook, E. U. A. (1990), pag. 8-26.
- 6 Garlock de Mexico. Catálogos de Datos de Ingeniería. Garlock de México, S.A. DE C.V. México D.F. 1995.
 - 6.1. Retenes de Aceite K1.OZURE™
 - 6.2. Juntas Semi-Metalicas, Guardián 555™
 - 6.3. Juntas de TFE rellenas CHEMISEL™
 - 6.4. Empaquetaduras Estilos :
 - 6.4.1. Grafite 100
 - 6.4.2. 20/20 Mull-Right
 - 6.4.3. 5900, Filamento de PTFE.
 - 6.4.4. Empaquetaduras Lattice-Braid
 - 6.5. Catálogo General de Productos France.
 - 6.6. Empaquetaduras Comprimidas Libres de Asbesto.
 - 6.7. Cinta Junta de TFE Estulo 620

- 6.8. Apuntes Sobre Empaquetaduras Garlock de México, México D.F 1994.
7. Garlock Inc. Catálogos de Datos de Ingeniería. Garlock Inc. Palmyra, New York. 1996
- 7.1. CP-3900. Empaquetaduras Comprimidas Libres de Asbesto
 - 7.2. Gasketing Materials
 - 7.3. Hydraulic Components. Chevron™
 - 7.4. Klorure™. Oil Seals Down Time
 - 7.5. The Garlock Equalizer. The Ultimate Bearing Protector.
 - 7.6. Garlock Packings and Other Garlock Products. Garlock Inc. E. U. A. 1952.
 - 7.7. Vegetable- Fiber Gasketing.
8. Gazano Izquierdo J. Antonio, Carmona Castillo Roberto, Memorias del Curso Ciencia y Tecnología del Hule Grupo Hulero Mexicano.
9. Matthews J. Merritt. The Textile Fibers, John Wiley & Sons, Inc. 4a Ed. E.U.A. (1988), pág.
10. Sunbury Herbert E. Handbook of Asbestos Textiles, Asbestos Textile Institute. 3a. Ed. E.U.A. (1967). Pág. 1-22.
11. Švédová Jarmina. Industrial Textiles, Colección Textile Science and Technology. Ed. Et Sevier. Amsterdam (1990) Pág.
12. VAZEL. VAZEL Sellos Mecánicos. 1995. (1995).

ANEXO 1

Información relevante sobre el asbesto y las materias primas de la
empaquetadura.

Composición Química de varios Tipos de Asbesto.					
	Crisotilo	Crocidolito	Amosita	Antofilita	Tremolita
SiO ₂	37-44%	49-53%	49-53%	56-58%	51-62%
MgO	39-44%	0-3%	1-7%	28-34%	0-30%
FeO	0-6%	13-20%	34-44%	3-12%	1,5-5%
Fe ₂ O ₃	0.1-5.0%	17-20%	-----	-----	-----
Al ₂ O ₃	0.2-1.5%	-----	2-9%	0.5-1.5%	1-4%
H ₂ O	12-15%	2.5-4.5%	2-5%	1-6%	0-5%
CaO	Tr.-5.0%	-----	-----	-----	0-18%
Na ₂ O	-----	4.0-8.5%	-----	-----	0-9%
CaO+Na ₂ O	-----	-----	0.5-2.5%	-----	-----

-(Ref. 10)

Composición Química de varios Tipos de Asbesto.						
	Crisotilo	Crocidolito	Amosita	Antofilita	Tremolita	Actinolita
Color	Verde gris a blanco	Azul	Gris, amarillo a café	Amarillo, café a gris claro	Gris, amarillo o verde claro	Verde claro
Textura	Suave a áspero y sedoso	Suave a áspero	Coarse but somewhat pliable	Aspero	Generalmente áspero	Áspero
Flexibilidad	Alta	Buena	Buena	Mala	Mala	Mala
Hilado	Muy bueno	Bueno	Bueno	Malo	Malo	Malo
Resistencia al calor	Buena, frágil a alta	Pobre, fuses	Buena, frágil a alta	Muy buena	Media a buena	-----
Resistencia Tensil, psi	824,000 max	576,000 max	287,000 max	4,000 o menos	1,000 a 8000	1000 o menos
Punto de Fusión, °F	2770	2180	2550	2675	2400	2540
Calor Específico	0.266	0.201	0.193	0.21	0.212	0.217
Carga Eléctrica	Positiva	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa	Negativa
Velocidad de filtrado	Baja	Alta	Alta	Media	Media	Media

Canadian Mining and Metallurgical Bulletin, Abril 1951

(1) R. Zukowski and R. Gaze, Nature, 183, 35 (1959)

-(Ref. 10)

Propiedades superficiales de algunas fibras

Tipo de Fibra	Angulo de contacto con agua	Tension superficial	Coefficientes de fricción (fibra contra fibra)
Algodon bruto	80		0.29 a 0.57
Lana bruta	85		0.24 a 0.38
Nylon 6	70	0.042	0.15 a 0.30
Nylon 66	65	0.046	0.14 a 0.23
Poliester	71	0.043	0.23 a 0.58
Cloruro de polivinilo	83	0.039	0.19 a 0.31
Polietrafluoroetieno	108	0.0185	
Poliestileno	94 a 95	0.031	
Polipropileno	95	0.028	0.25 a 0.45

-(Ref. 11)

Tipo de Fibra	Fuerza tensil (seco)		Fuerza tensil Relativa (humedo)	Elongación	
	N/tex	p/Tex		Seco	Húmedo
Algodon	0.2 a 0.49	2.3 a 5.5	100 a 110%	8 a 10%	9 a 11%
Lino	0.57 a 0.71	6.5 a 8	110 a 120%	1.5 a 1.8%	1.6 a 2.2%
Yute	0.27 a 0.36	3 a 4	110 a 120%	1.5 a 2.2%	1.5 a 2.5%
Lana	0.09 a 0.18	1 a 2	80 a 90	22 a 35%	25 a 50%
Viscose Rayon	0.18 a 0.35	2 a 2.5	45 a 55%	20 a 24%	22 a 35%
Nylon 6	0.40 a 0.53	4.5 a 6	85 a 95%	25 a 40%	28 a 45%
Nylon 66	0.40 a 0.53	4.5 a 6	85 a 95%	25 a 40%	30 a 50%
Poliester	0.40 a 0.62	4.5 a 7	100%	25 a 55%	25 a 55%
Cloruro de Polivinilo	0.09 a 0.31	1 a 3.5	100%	25 a 60%	25 a 60%
Polietrafluoroetieno	0.04	0.46	100%		
Vidno	0.65 a 0.79	4.5 a 9	100%	2.5 a 3.5%	2.5 a 3.5%

-(Ref. 11)

Tipo de Fibra	P. Fusión °C	P. Bieido °C	P. Flama °C	Calor específico (cal/gr)	Conductividad del calor (cal/cm°C)	Límite de Oxígeno
Algodon			400-500	0.25	7.110 ⁻⁴	0.184
Lana			500	0.325	5.4.10 ⁻⁴	0.252
Viscose Rayon			420	0.30 a 0.32		0.197
Nylon 6	215	170 a 180	510 a 530	0.36	5.3.10 ⁻⁴	0.2
Nylon 66	255 a 258	230 a 250	530	0.35	5.0.10 ⁻⁴	0.2
Poliester	250 a 260	230 a 240	500 a 600%	0.32	2.10 ⁻⁴	0.206
Cloruro de Polivinilo	180 a 200	90 a 105		0.25	4.0.10 ⁻⁴	0.371
Vidno	800 a 850	550 a 600	0%	0.19		

-(Ref. 11)

En las siguientes paginas se muestran las resistencias de los materiales mas utilizados en empaquetadura a algunos elementos, compuestos y mezclas utilizadas en la industria

Químico	Temp °F	Elastómeros No Resist. a Aceites			Elastómeros Resistentes a Aceites					Elastómeros especiales		Otros Materiales							
		NBR nitril	BR BR	CR CR	NBR NBR	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM	FKM FKM
Dióxido etil	70	N	N	C	C	C	B	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dióxido sulfato	70	N	N	C	C	N	N	N	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dióxido tolueno	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dimetil amina	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Dimetil fenol	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Diisopropil glicol	70	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Divinil benzeno	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Divinil etil	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Ácido etanico - 30%	150	C	C	A	A	C	C	B	A	B	C	A	B	C	N	N	A	A	N
Etileno	70	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	N	A	A	A	A
Etil	70	B	B	C	C	C	B	N	N	N	B	N	N	N	A	A	A	A	A
Étano	70	N	N	N	N	A	B	B	B	B	B	N	A	A	A	A	A	A	A
Etileno	70	B	B	A	A	A	B	B	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A
Etilo	70	N	N	B	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A
Etil acetona	70	N	N	B	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A
Etil amina	70	C	C	B	C	C	B	N	N	N	B	N	N	N	A	A	A	A	A
Etil butil etil	70	N	N	B	A	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A
Cloruro de etileno	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A
Etilen glicol	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	N	A	A	A	A
Óxido de etileno	70	N	N	C	C	N	N	N	N	N	N	C	N	N	A	A	A	A	A
Tricloruro de etileno	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A
Aceites grasos (en general)	70	C	C	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A
Cloruro ferrico	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N
Sulfato ferrico	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro ferroso	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N
Sulfato ferroso	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hidróxido ferrico	70	N	B	A	A	S	C	A	A	B	N	A	A	N	A	A	A	A	A
Acido	250	N	A	A	A	N	C	A	A	B	N	A	A	N	A	A	A	A	A
Fluor	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Acido fórmico	70	S	B	A	A	B	H	B	C	A	N	N	B	C	C	C	A	A	N
Freon 11	70	N	N	N	N	A	N	C	A	N	N	N	C	C	A	A	A	A	A
Freon 12	70	B	A	B	B	A	A	A	A	A	B	N	C	C	A	A	A	A	A
Freon 21	70	B	B	A	N	N	N	B	B	A	N	N	C	N	A	A	A	A	A
Freon 31	70	B	B	A	N	N	N	B	B	A	N	N	C	N	A	A	A	A	A
Freon 112	70	N	N	N	N	B	B	B	B	B	B	N	A	A	A	A	A	A	A
Acido fumarico	70	A	A	N	C	A	N	B	A	B	B	B	A	A	N	A	A	A	A
Fenol	70	N	N	N	N	A	N	B	A	B	N	N	A	A	A	A	A	A	A
Glicerina	75	N	N	N	N	A	B	B	C	A	N	N	A	A	A	A	A	A	A
Glicérol	70	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Glicol	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	B	A	A	A	N	A	A	A	A
Heptanal	70	N	N	N	A	N	A	C	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A
Heptano	70	N	N	N	A	N	A	C	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A
Acido heptanico	70	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Heptanol-2	70	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Hexano	70	N	N	N	N	A	B	A	C	B	N	N	A	A	A	A	A	A	A
Hidrazina	70	N	N	N	N	A	B	A	C	B	N	N	A	A	A	A	A	A	A
Acido clorídrico - 37%	125	N	N	C	C	N	N	N	B	N	N	N	N	A	N	N	A	A	N
Acido fluorídrico conc	125	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	B	N	N	A	A	N
Hidrogeno	70	N	B	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	B	A	A	A	A
Peróxido de hidrogeno - 50%	70	N	N	N	N	N	A	A	N	A	N	C	C	B	A	A	A	A	N
Acido sulfúrico	150	N	N	N	A	N	N	B	B	C	N	N	C	C	N	N	A	A	A
Fenol	150	N	N	N	B	B	N	C	A	C	N	N	B	A	N	A	A	A	A
Cloruro ferrico	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N
Cloruro ferroso	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N
Isob	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N
Hidróxido de hierro	70	N	B	A	A	B	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A

Químico	Temp °F	Elastómeros No Resist a Ácidos				Elastómeros Resistentes a Ácidos				Elastómeros especiales			Otros Materiales									
		Neopren	Nitril	BR	IRAP	NR	Cloropreno	Poliolefin	Poliolefin	Fluorocarbono	Fluorocarbono	Fluorocarbono	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio	Aluminio			
Acetato de sodio	70	A	A	A	A	B	B	B	B	H	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A
Bicarbonato de sodio	70	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Borato de sodio anhidro	70	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	B	B	A	B	A	A	A	A	A	A	A
Cloruro de sodio	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Dióxido de sodio	70	B	B	A	A	B	B	B	B	B	N	N	B	A	N	A	A	A	N	N	N	N
Hidrógeno de sodio	150	B	B	A	A	B	B	B	A	B	B	B	B	C	B	B	B	N	A	A	A	N
Nitrato de sodio	150	B	B	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	N	A	A	N
Fosfato de sodio	70	A	A	A	A	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de sodio (anhidro)	150	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A
Sulfato de sodio (decahidrat)	150	N	N	B	B	A	A	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	
Vapor	1300	N	N	A	A	N	C	C	C	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A
Acido succinico	70	N	N	B	B	B	B	B	B	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Estireno	70	N	N	N	N	B	N	N	N	N	N	N	C	B	A	A	A	A	A	A	A	
Dióxido de azufre	70	C	C	B	A	N	C	C	C	A	B	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	
Eter sulfúrico	70	N	N	C	C	C	B	N	N	N	B	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	
Acido sulfúrico (anhidro)	150	C	C	B	A	A	C	B	C	A	B	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	
Acido tartárico	70	A	B	B	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Tetraclorobenceno	70	N	N	N	N	N	C	C	N	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Tetrahidro furano	70	N	N	B	B	C	C	C	N	A	B	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Cloruro de litio	70	N	N	N	N	C	C	C	N	A	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Trinitro tolueno	70	N	N	N	N	N	B	B	B	N	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	N	
Tolúol	70	N	N	N	N	N	N	N	N	C	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Aceto para transformadores	70	N	N	N	N	A	A	B	A	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Trihidro metilcaptono	70	N	N	N	N	N	N	N	N	H	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Tricloro fluoro metano	70	N	N	N	N	A	C	C	N	N	N	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Trietanolamina	70	B	B	B	B	B	A	A	N	A	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	
Acetatos vegetales	70	N	N	A	A	A	B	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Acetato de vinilo	70	N	N	B	B	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Cloruro de vinilo	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Agua	70	A	A	A	A	B	A	A	N	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Xileno	70	N	N	N	N	N	N	N	N	N	N	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Acetato de zinc	70	A	A	A	B	B	B	B	B	N	N	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	
Cloruro de zinc	150	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
Sulfato de zinc	150	B	B	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	