



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
“ARAGÓN”**

**SELECCIÓN Y APLICACIÓN DE SELLOS
MECÁNICOS PARA SISTEMAS DE BOMBEO**

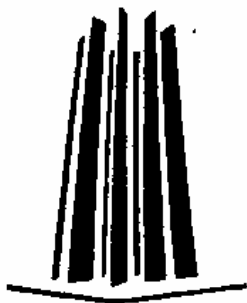
T E S I S

Que para obtener el Título de:

**INGENIERO MECÁNICO
ELECTRICISTA**

P R E S E N T A

EDGAR VÁZQUEZ PINEDA.



MÉXICO, D.F.

2008



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

DEDICO ESTE TRABAJO A:

MI MADRE:

Con todo mi agradecimiento, por su confianza, por todo su amor y dedicación a lo largo de mi vida.

MI PADRE:

Gracias por que a través de su ejemplo de carácter, trabajo, dedicación y rectitud, guía mi vida e inspira la más grande admiración.

MI ESPOSA:

Por su amor, sus consejos y su apoyo incondicional.

MIS HERMANAS:

Con el deseo de que las aliente a continuar esforzándose en el logro de sus objetivos reiterándoles mi apoyo.

MI ASESOR DE TESIS: Ing. Federique Jáuregui Renaud.

Por su comprensión y apoyo desinteresado para la realización de este trabajo.

LA UNIVERSIDAD, MAESTROS, FAMILIARES Y COMPAÑEROS:

Quienes me dieron su enseñanza, amistad y apoyo, durante toda mi formación escolar y profesional.



CONTENIDO

CAPITULADO

PAGINA

INTRODUCCIÓN.	3
I. GENERALIDADES.	4
I.1. Clasificación de las bombas.	4
I.2. Partes principales de una bomba centrífuga.	7
I.3. Definición de cero fugas.	15
II. EMPAQUETADURAS.	16
II.1. Funcionamiento de la empaquetadura.	16
II.2. Propiedades deseables de las empaquetaduras.	19
II.3. Tipos y materiales de las empaquetaduras.	19
II.4. Dimensiones de las empaquetaduras.	22
II.5. Empacado de una bomba centrífuga.	23
II.6. Arranque de una bomba con empaquetadura.	26
II.7. Inconvenientes en el uso de empaquetadura.	28
III. LOS SELLOS MECÁNICOS.	29
III.1. Definición de sello mecánico.	29
III.2. Forma esquemática de un sello mecánico.	30
III.3. Clasificación de los sellos mecánicos.	34
III.4. Principios de funcionamiento de los sellos mecánicos dobles.	45
III.5. Principios de funcionamiento de los sellos mecánicos Tandem.	46
III.6. Como evitan los sellos múltiples que fugue el líquido bombeado al manejar hidrocarburos.	48
IV. INGENIERÍA BÁSICA EN LOS SELLOS MECÁNICOS.	50
IV.1. Materiales de fabricación de los sellos mecánicos.	50
IV.2. Materiales de fabricación de las caras de contacto.	50
IV.3. Materiales de fabricación de los empaques secundarios.	56
IV.4. Metalurgia requerida para el cuerpo de los sellos mecánicos.	59
IV.5. El proceso del lapeado en la manufactura de los sellos mecánicos.	61



V.	SELECCIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS.	.63
V.1.	Propiedades de los líquidos.	.63
V.2.	Planes de lubricación API.	.73
V.3.	Cambiadores de calor.	.84
V.4.	Separador ciclónico.	.84
V.5.	Clasificación de los sellos mecánicos de acuerdo a la norma API 610 7ª ed.	.85
V.6.	Identificación de los sellos mecánicos de acuerdo a la marca Jhon Crane.	.89
V.7.	Instrucciones básicas para la correcta instalación de un sello mecánico.	.95
V.8.	Fallas comunes en los sellos mecánicos.	.96
VI.	EJEMPLOS DE APLICACIÓN.	100
	CONCLUSIONES.	.103
	ANEXOS.	104
	BIBLIOGRAFÍA.	.122





INTRODUCCIÓN:

Durante más de 2,000 años los seres humanos se han valido de diferentes medios para transportar fluidos. En la actualidad, las bombas de uso industrial ocupan el segundo lugar como la maquina industrial que más utiliza el ser humano, rebasándola sólo el motor eléctrico.

En la actualidad la aplicación de estas bombas es tan extensa que las podemos encontrar desde las aplicaciones más sencillas como su uso en casas habitación hasta servicios tan sofisticados como lo es, el arranque y movimiento de naves espaciales.

Si una materia ha de fluir, puede ser bombeada, desde el éter que es altamente volátil hasta los espesos lodos carbonosos. Aun los metales fundidos a y líquidos a más de 1,000° F se mueven por medio de bombas modernas.

Debido a la gran importancia que tienen las bombas es necesario cuidar su buen funcionamiento. No existe un proceso industrial que no requiera el uso de una bomba para manejo de fluidos. El 95 % de las bombas tienen un área llamada prensaestopas que es el lugar donde se encuentra la empaquetadura o, los sellos mecánicos, estos últimos son los mas eficientes dado que garantizan el sellado del sistema de bombeo.

La amplia variedad en bombas y manejo de fluidos principalmente, ocasionan la necesidad de fabricar todo tipo de sellos mecánicos, tanto en formas, tamaños y materiales, para evitar fugas. Es por ello que resulta necesario saber su funcionamiento, partes que los componen y materiales de fabricación, para hacer una buena selección y aplicación de los sellos mecánicos.

Dentro de la gran variedad de los equipos de bombeo los más utilizados son las bombas centrifugas, por tal razón este trabajo se enfoca a los sellos mecánicos aplicados a este tipo de bombas.



CAPÍTULO I. GENERALIDADES.

En la industria nacional el manejo de fluidos es de vital importancia, ya sea en los procesos industriales o en el transporte mismo, para lo cual es necesario utilizar diferentes tipos de bombas y a su vez sus sistemas de sellado.

La industria donde tienen aplicación son: la química, petroquímica, alimenticia, textil, automotriz, plantas nucleares, farmacéutica, entre otras. Dichas empresas manejan productos que pueden ser corrosivos, tóxicos, explosivos, viscosos, y en condiciones de altas y bajas temperaturas y/o presiones.

Por tal motivo los sistemas de sellado industrial han tenido un desarrollo tecnológico agigantado, debido a que el manejo de fluidos es sumamente delicado y en muchos de los casos existe un riesgo para los usuarios.

Una bomba centrífuga es una máquina transformadora de energía: recibe energía mecánica de un accionador eléctrico o mecánico, la que transmite a un fluido en forma de presión, posición y velocidad.

La bomba centrífuga es una turbo-máquina de tipo radial con flujo de adentro hacia fuera, presentando por lo general un área de paso, del fluido a manejar, relativamente reducida en relación con el diámetro del rotor o impulsor, con objeto de obligar al fluido a hacer un recorrido radial y largo, aumentando la acción centrífuga a fin de incrementar la carga estática que es el objetivo de esta bomba.

En la mayoría de los casos, la energía entregada por la bomba, es una mezcla de presión, posición y velocidad.

I.1. CLASIFICACIÓN DE LAS BOMBAS.

Los equipos de bombeo se clasifican, bajo dos consideraciones generales:



1. La que toman en consideración las características de los líquidos, así como las consideraciones de operación en las cuales trabaja el equipo.
2. La que se basa en el tipo o aplicación específica, para la cual, se ha diseñado la bomba.

Existen tres clases de bombas para uso común, y son:

- a. Centrífuga.
- b. Rotatoria
- c. Reciprocante.

Estos términos aplican solamente a la mecánica del movimiento del líquido y no al servicio para el que se ha diseñado la bomba.

Sin embargo es conveniente mencionar la clasificación que realiza el Instituto de Hidráulica, que es considerada como la más completa en su ramo, teniendo como miembros a más de cincuenta fabricantes de equipos de bombeo en el mundo entero, el cual se ha preocupado por mantener al día las normas y especificaciones. Fig. 1.1.

Las bombas de desplazamiento positivo constituyen la primera de las dos clases en que fueron divididas. Su principio de funcionamiento consiste en el movimiento de un fluido, causado por la disminución de volumen en una cámara.

El órgano intercambiador de energía puede tener movimiento alternativo (émbolo) y movimiento rotatorio (rotor). Sin embargo, en las máquinas de desplazamiento positivo, tanto alternativo como rotativas, siempre hay una cámara que toma un alto volumen (en la succión) y que la manda a otra de menor volumen (en la impulsión). Por eso a esta máquina también se le conoce con el nombre de máquina volumétrica.

Las bombas que tienen el órgano transmisor de energía con movimiento rotativo se llaman roto-estáticas, y el intercambio de energía del fluido siempre ocurre en forma de presión.

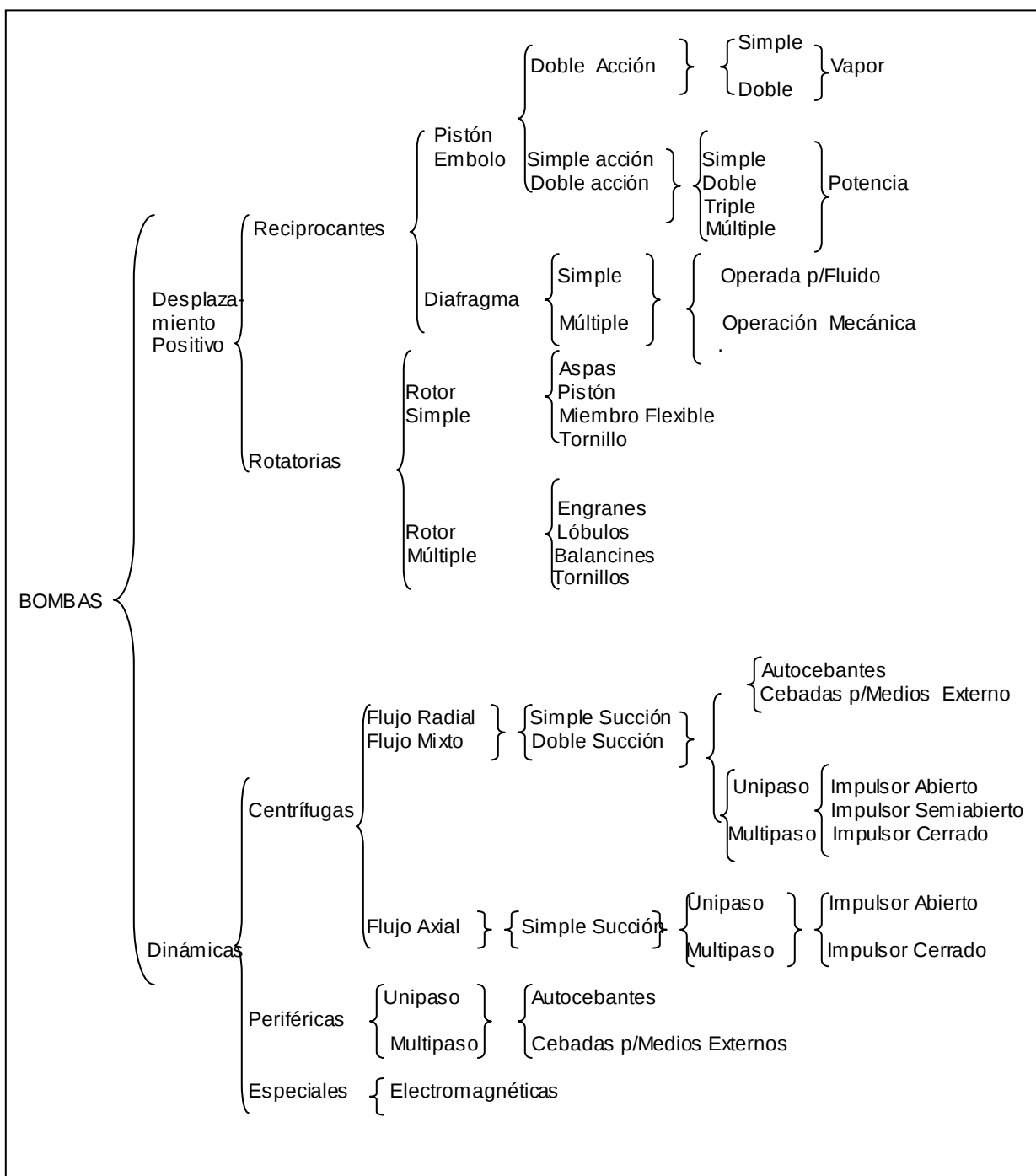


Fig. 1.1. Clasificación de las bombas.



El principio de desplazamiento positivo hace que todas las máquinas basadas en él, sean hidráulicamente reversibles. Estas bombas se emplean principalmente en transmisiones y controles.

La segunda clase de bombas en mención, son las rotodinámicas. Y su órgano transmisor de energía se llama rodete.

El nombre de rotodinámicas, es por que su movimiento es rotativo y la dinámica de la corriente del fluido juega un papel esencial en la transmisión de energía. Es decir, el intercambio ocurre en los cambios de dirección y valor absoluto de la velocidad del fluido.

La bomba rotodinámica no puede ser una máquina reversible. Al funcionar como una turbina disminuye su rendimiento y en algunos casos es incapaz de producir potencia útil alguna. La razón es que los ángulos de los álabes, juegan un papel decisivo en la transmisión de la energía y al funcionar como turbina, los álabes no poseen ya los ángulos apropiados.

El tener un amplio conocimiento de las clases y tipos de bombas, puede llegar a ser muy útil para elegir el equipo que tenga el mejor diseño, para la aplicación requerida.

1.2. PARTES PRINCIPALES DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.

En el corte seccional de la figura 1.2., se muestran las partes de una bomba centrífuga.

1.2.1. CARCAZA

La función de la carcasa es convertir la energía de velocidad impartida al líquido por el impulsor, en energía de presión. Esto se lleva a cabo, mediante la reducción de velocidad, por un aumento gradual del área. Por lo que pueden encontrarse diferentes tipos de carcasa, según su diseño o forma de operar. Fig. 1.3.

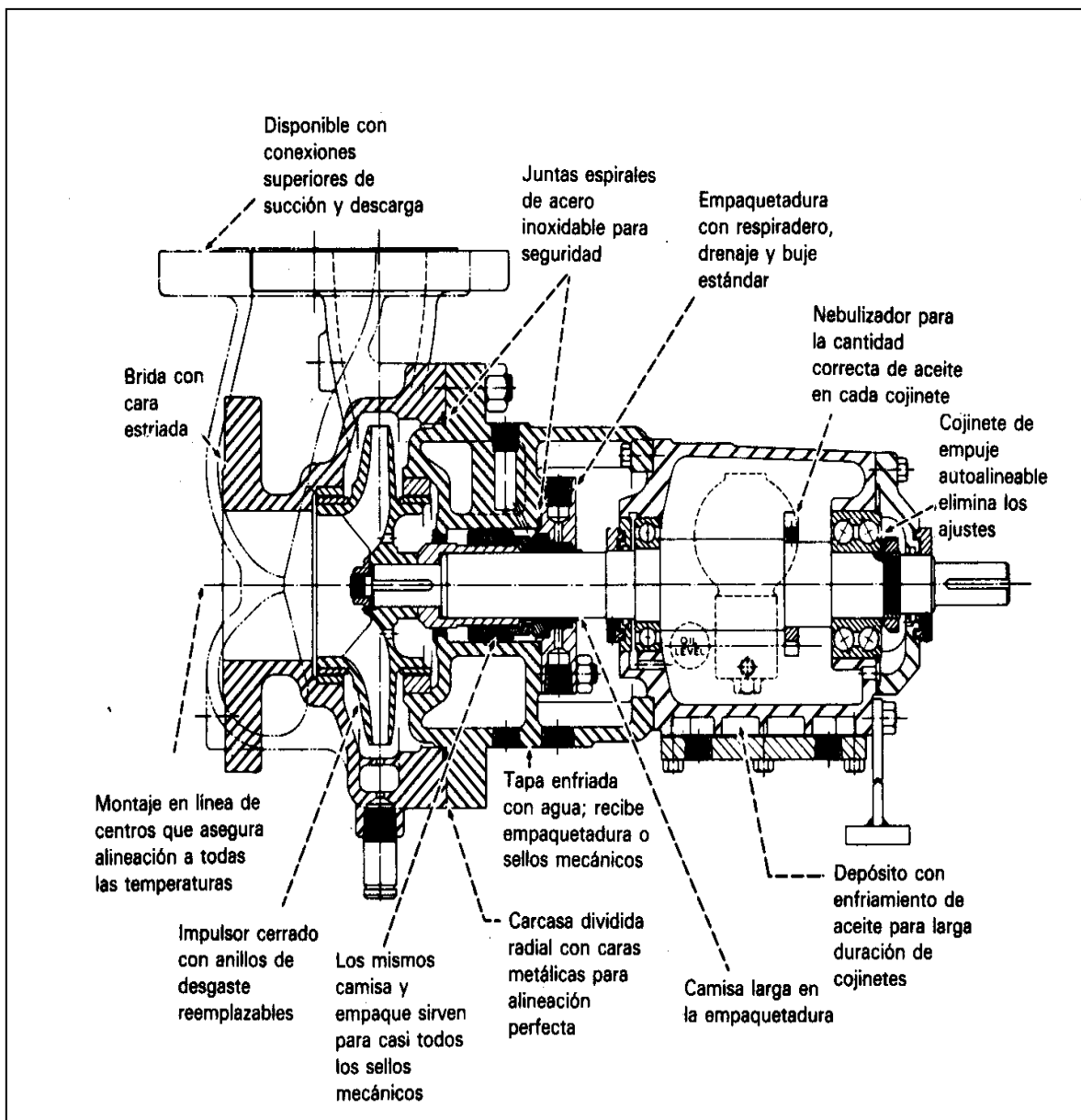


Figura 1.2. Corte transversal de una bomba centrífuga con succión sencilla.

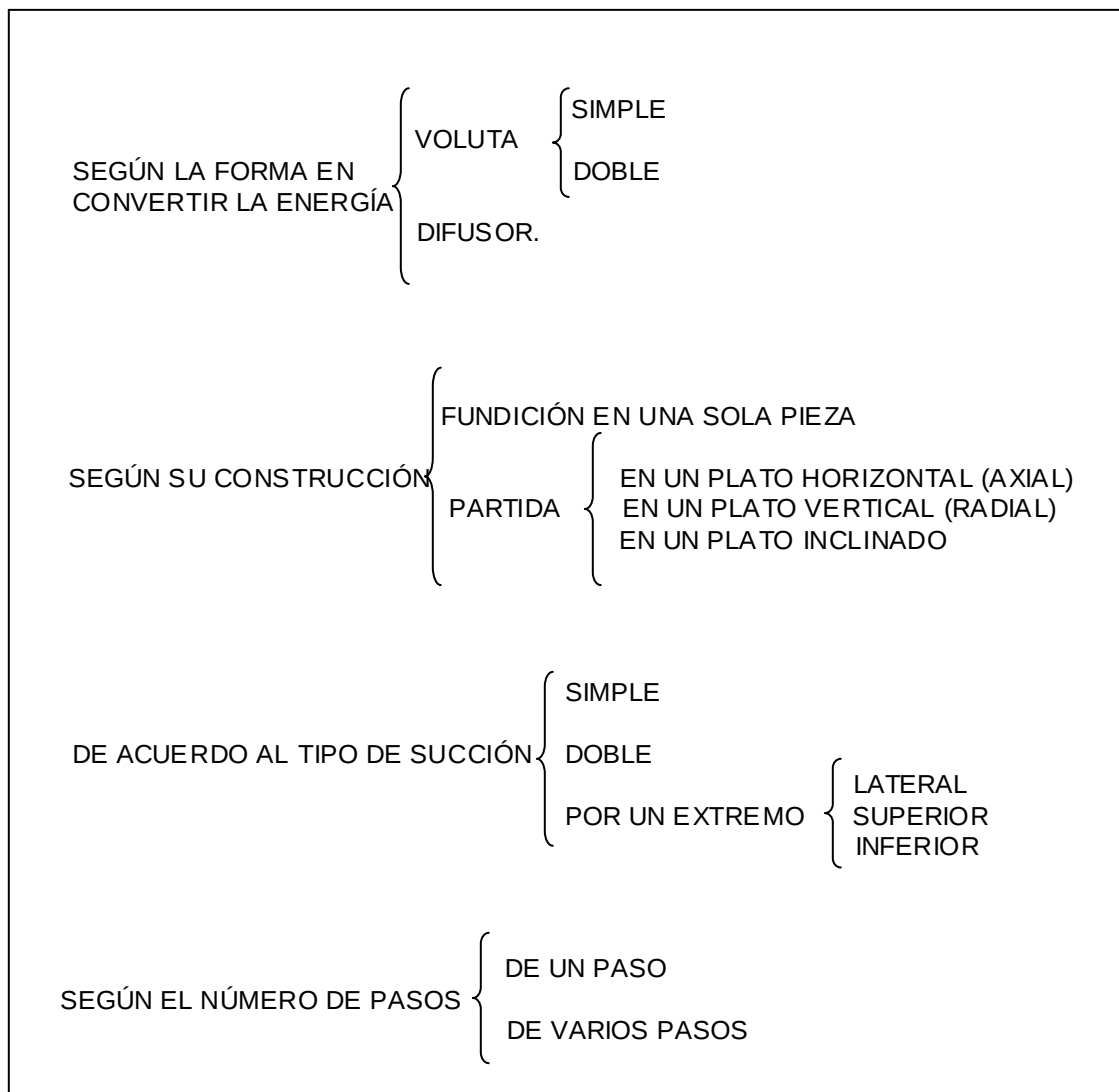


Figura 1.3. Tipos de carcaza.

1.2.2 IMPULSOR.

El impulsor es el corazón de la bomba centrífuga. Recibe el líquido, y le imparte una velocidad, de la cual, depende la carga producida por la bomba. Los impulsores se clasifican en diferentes tipos. Ver la figura 1.4 y la figura 1.5 muestra los impulsores típicos.

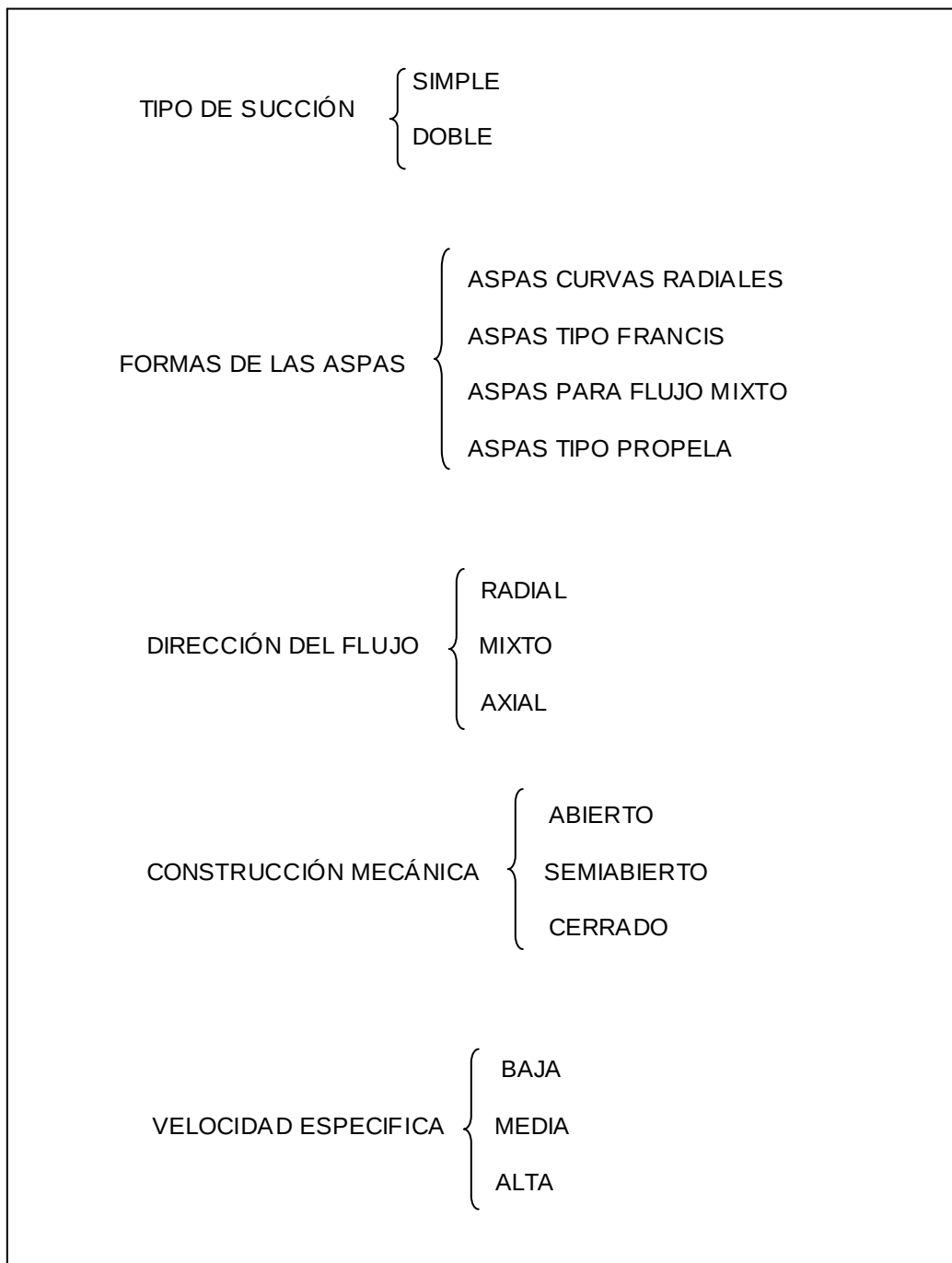


Figura 1.4. Tipos de impulsores.

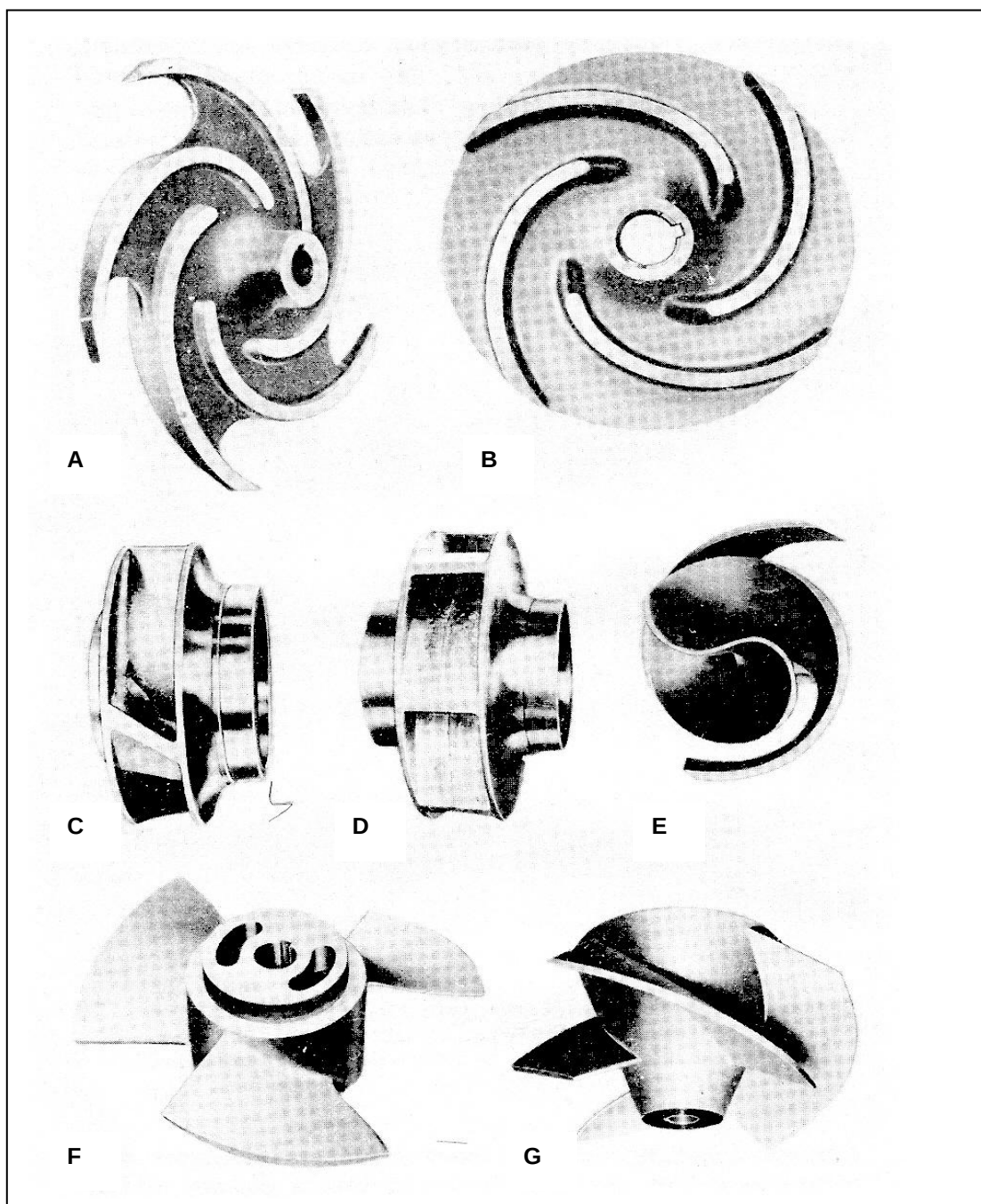


Figura 1.5. Impulsores típicos. A) abierto, B) semiabierto, C) y D) cerrados, E) para pulpa de papel, F) tipo paletas y G) para flujo mixto.



1.2.3. ANILLOS DE DESGASTE.

Su función es tener un elemento económico, eficiente, duradero y fácil de remover en aquellas partes en donde, debido a las cerradas holguras que se producen entre el impulsor que gira y la carcasa fija, la presencia del desgaste es casi segura. En la figura 1.6., (a) es una unión plana simple, (b) tiene un anillo plano montado en la carcasa de la bomba, (c) el anillo se ajusta en la ranura de la carcasa, (d), (e) y (f) anillos en la carcasa e impulsor. De esta manera, en lugar de tener que cambiar toda la carcasa, el impulsor o ambos, sólo se sustituyen estas piezas.

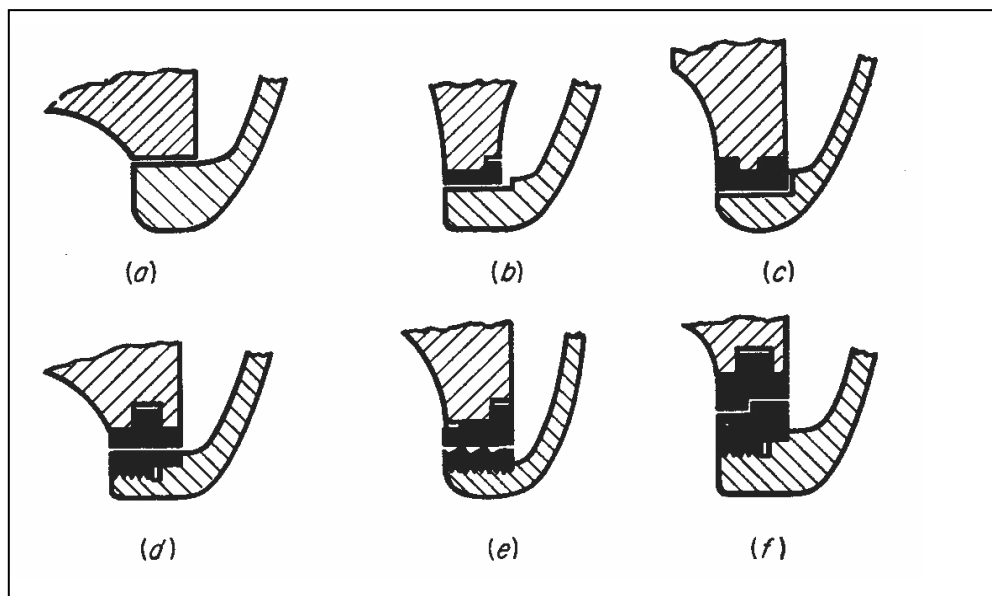


Figura 1.6. Disposiciones típicas de los anillos de desgaste.

1.2.4. FLECHA.

La función básica de la flecha de una bomba centrífuga, es transmitir el movimiento rotatorio del motor al impulsor, así como soportar los momentos de flexión o torque que se presentan al arrancar y durante la operación, mientras está soportando el impulsor y las otras partes giratorias: debe ejecutar el trabajo con una desviación menor que el espacio libre mínimo que hay entre las partes giratorias y las estacionarias. Las cargas que intervienen son: (1) los torques, (2) el peso de las partes, y (3) las fuerzas hidráulicas, tanto radiales como axiales. Figura 1.7.

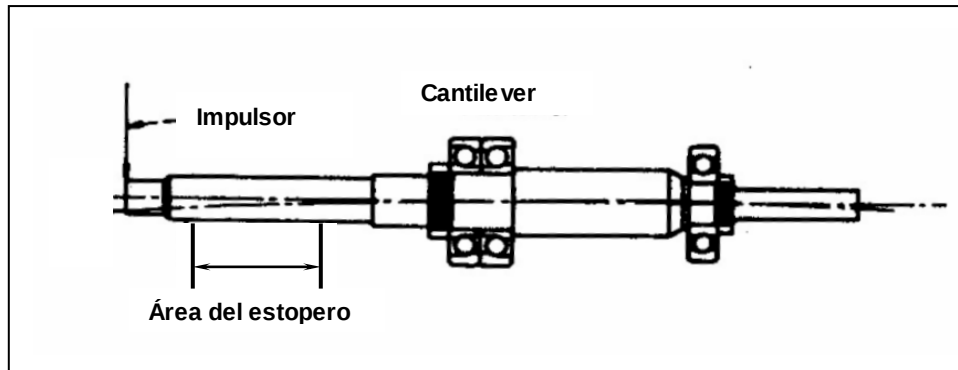


Figura 1.7. Flecha típica.

1.2.5. MANGA Y CAMISA DE LA FLECHA.

Debido a que la flecha es una pieza de la bomba costosa, que suele sufrir desgaste en el área del estopero, así como en el área de los cojinetes interiores, se requiere de una pieza de cambio económica, que proteja a la flecha del desgaste, para esto se emplea una camisa. Esta camisa es de forma tubular que se coloca sobre la flecha en el área del estopero que es el lugar donde comúnmente existe el desgaste. En el caso de los sellos mecánicos tipo cartucho la camisa ya está integrada en él.

1.2.6. COJINETES.

Se encargan de soportar la flecha y partes sujetas a ella, en una alineación correcta, en relación con las partes estacionarias. Por medio de un correcto diseño, soportan las cargas radiales y axiales existentes en la bomba.

Los soportes pueden ser en forma de bujes, baleros, o bien del tipo de rodillos. Para cargas axiales, el balero deberá tener un hombro sobre el cual, carguen las bolas. La carga axial es mayor en bombas verticales que horizontales.

1.2.7. BASES.

Entre los elementos de soporte en una unidad existen:



- a) soporte de rodamientos.
- b) soporte de bomba.
- c) soporte de grupo bomba-accionador (base común).

El soporte de rodamientos, aparte de alojar los baleros, está encargado de contener el lubricante necesario para la correcta operación de los mismos.

Por razones obvias es conveniente que las bombas y sus impulsores sean removibles de sus montaduras. Consecuentemente, por lo general están atornilladas y ancladas a superficies pulidas que a su vez están firmemente conectadas a los cimientos. Para simplificar la instalación de unidades de flecha horizontal, esta superficie pulida son generalmente parte de una pancha de cemento común en la que se alinean previamente la bomba y su impulsor.

1.2.8. ACOPLAMIENTOS.

Las bombas centrífugas están conectadas a sus impulsores (motores) por medio de acoplamientos de una u otra clase, excepto las unidades de conexión compacta. Los acoplamientos pueden ser flexibles o rígidos. Un acoplamiento que no permite movimiento relativo axial o radial entre las flechas del impulsor y de la bomba, es un acoplamiento rígido.

El acoplamiento flexible, por otro lado, es un dispositivo que conecta dos flechas, pero es capaz de transmitir torque, de la flecha del impulsor (motor), a la flecha impulsada (de la bomba) pero, tolerando un pequeño desalineamiento (angular, paralelo o una combinación de los dos).

1.2.9. EMPAQUETADURAS Y SELLOS MECÁNICOS.

La función de éstas piezas es evitar la fuga de liquido impulsado hacia la atmósfera, o el flujo de aire hacia adentro de la carcasa de la bomba; a través del espacio que existe entra la flecha de la bomba y la carcasa; a estos dos sistemas se enfoca este trabajo.



La empaquetadura es un cordón cuadrado tejido que se coloca en el estopero de la bomba, su fabricación se hace en diferentes materiales y medidas de sección.

El estopero es la cavidad concéntrica con la flecha en la parte trasera de la carcasa, entre ésta y la caja de baleros en la cual se alojan los empaques o bien el sello mecánico.

Los sellos mecánicos son las piezas más delicadas del equipo de bombeo. Se requiere de un amplio conocimiento de éstos, para una correcta selección, instalación y mantenimiento.

I.3. DEFINICIÓN DE CERO FUGAS.

En la industria del sello mecánico es común, que se mencionen los términos de "cero fugas" sin embargo no existe una definición de carácter universal sobre este concepto.

En los laboratorios de tecnología avanzada de la General Electric Co., en Schenectady. New York, U.S.A., definieron: cero fugas en un rango menor de $0.0000008 \text{ cm}^3/\text{seg.}$ de helio a una presión de 1 atmósfera.

En el centro espacial de la NASA (Nacional Aeronautics and Space Administration) en Houston, Texas, la cero fugas fue definida en un rango no mayor de $1.4 \times 10^{-3} \text{ cm}^3/\text{seg.}$ de gas nitrogenado a una presión de 300 psi (Pound per Square Inch por sus siglas en ingles) lbf/pg^2 a temperatura ambiente.

Por lo anterior podemos decir que: "cero fugas es un concepto relativo". Pero, como una fuga puede ser extremadamente toxica, costosa, corrosiva, explosiva o inflamable, debe tenerse en cuenta la recomendación antes mencionada.



CAPÍTULO II. EMPAQUETADURAS.

Antiguamente surgió la necesidad del sellado en la navegación, debido a que existía penetración de agua hacia el interior del barco a través de las propelas y de alguna manera tenían que evitar dicha penetración.

Se les ocurrió taponar dicha cavidad con lino, yute, estopa entre otros. De ahí viene el nombre de caja estopérica, y que a la fecha se conoce así.

Posteriormente se fueron mejorando los sistemas de sellado que consistieron en reducir la tolerancia entre el eje y la pared alrededor de este o la cubierta de la bomba y ya de esta manera empacando ese claro con material suave y elástico alrededor del eje; lo que conocemos ahora como empaquetaduras.

II.1. FUNCIONAMIENTO DE LA EMPAQUETADURA.

Los nuevos materiales han hecho posible, empaquetaduras que sellan mejor, duran más y reducen el desgaste del equipo. Aunque la tendencia actual es construir plantas selladas totalmente con sellos mecánicos, debido a la gran variedad de servicios que ofrecen, son una opción viable.

La principal ventaja de las empaquetaduras es la facilidad para seleccionarlas e instalarlas en la caja estopérica.

Las empaquetaduras funcionan con el principio de fugas controladas en aplicaciones dinámicas. Es necesario considerar las altas velocidades periféricas generalmente encontradas en las bombas centrífugas, pues el calor generado por fricción entre la empaquetadura y el eje rotativo es tan grande, que solo una fuga controlada del producto es capaz de disiparlo.

Para una mejor comprensión de la función de la empaquetadura, veamos el diseño común de una caja de estoperos conteniendo seis anillos de empaquetadura tejida y lubricada. Figura 2.1.

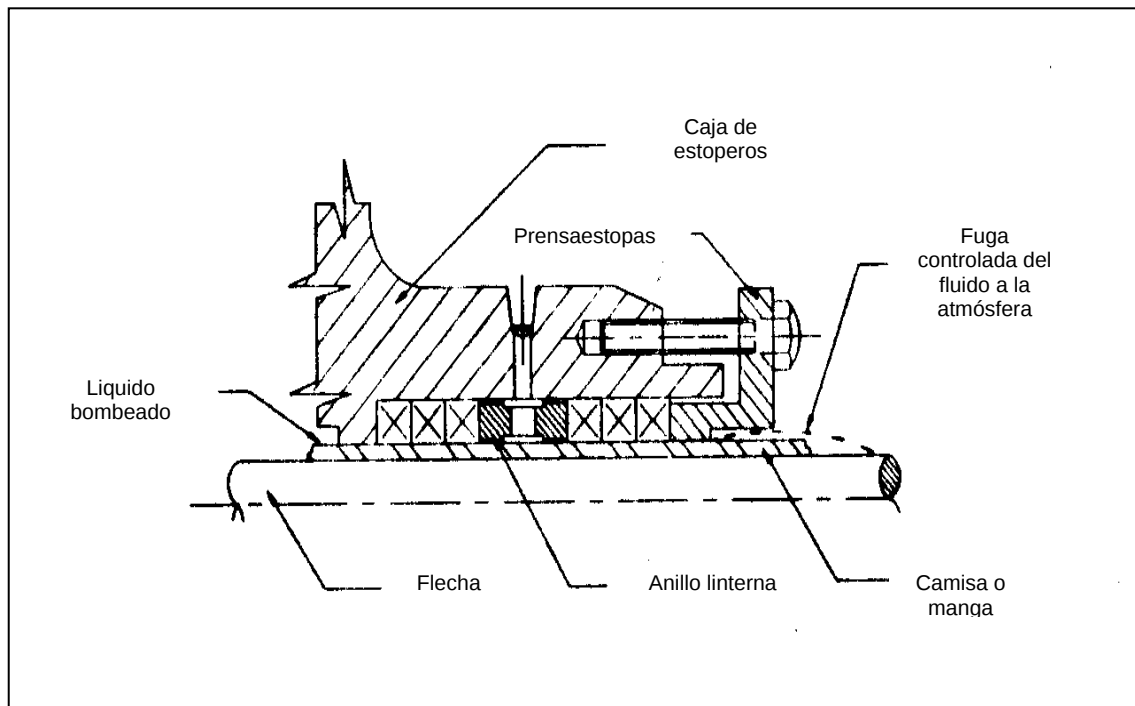


Figura 2.1. Caja de estoperos empacada.

Inicialmente la empaquetadura se comprime por medio del prensaestopas, para ejercerle cierta presión y contrarrestar o equilibrar la presión que ya existe en el interior de la bomba.

Al entrar en operación el equipo, parte del fluido bombeado pasa por el pequeño claro que existe entre la empaquetadura y el eje rotativo, actuando como lubricante, permitiendo además disipar el calor generado por fricción.

Cuando se opera con fluidos de valores lubricantes insatisfactorios, o la bomba funciona a altas temperaturas y/o altas presiones que crean un calor adicional, es necesario proveer medios de lubricación externos.

La lubricación externa es introducida a la caja de estoperos por medio de un anillo linterna, que generalmente es localizado, a la mitad de la caja de estoperos; sin embargo, su exacta localización debe ser determinada en base a la viscosidad y poder lubricante del fluido introducido, así como las condiciones de succión a vacío, contra las que actúa la empaquetadura.



Los medios de introducir la lubricación varían de acuerdo a los requerimientos, y pueden ser tan simples como el uso de una grasería hasta la complicada instalación de un sistema independiente de bombeo. El medio más común, es recircular el mismo líquido bombeado (siempre y cuando no sea corrosivo o contenga sólidos), tomado de la descarga de la bomba e inyectado directamente a la caja de estoperos. Ver Planes de Lubricación en el apartado V.2.

No existe empaquetadura que pueda resistir condiciones abrasivas excesivas que salgan de sus límites de operación y duración. A menos que se coloque un anillo linterna en el fondo de la caja de estoperos y se inyecte a una presión mayor un líquido compatible, libre de abrasivos, estando sujeto a que el proceso lo admita, de no ser posible, es necesario cambiar a otro tipo de sellado.

Ahora bien, si el contenido de sólidos abrasivos, es bajo, puede utilizarse el mismo fluido bombeado, instalando en la tubería de recirculación, unos filtros o separadores ciclónicos, sin alterar el proceso.

Cuando la bomba opera a altas presiones y/o temperaturas, complican el problema de mantener la empaquetadura del estopero en buenas condiciones, para tal caso, se provee la bomba de un estopero enchaquetado para ser enfriado por agua, esta disminuye la temperatura del líquido que fuga por el estopero, disipando también el calor generado por fricción, mejorando así, las condiciones de servicio de la empaquetadura. En casos especiales, puede usarse aceite o gasolina, en vez de agua.

II.1.1. ANILLO LINTERNA.

Es una pieza rígida que sirve para recibir el líquido de enfriamiento y se coloca entre los anillos de la empaquetadura.

II.1.2. PRENSAESTOPAS.

El prensaestopas es una pieza metálica que sirve para presionar los empaques y se coloca y funciona por medio de tornillos. Comúnmente es de bronce, ya que éste material no produce chispa y así evita la ignición de vapores inflamables, cuando se manejan hidrocarburos.



II.2. PROPIEDADES DESEABLES DE LAS EMPAQUETADURAS.

A continuación se definen las propiedades deseables para el correcto funcionamiento de las empaquetaduras.

1. Moldeable y elástica, para conformarse a la flecha y caja del estopero cuando se coloque y apriete, además de ser capaz de absorber las flexiones del eje durante la operación del equipo.
2. No debe tener ningún componente que pueda ser disuelto, atacado o debilitado por el fluido bombeado.
3. Bajo efectos de presión, no tiene que producir fricción destructiva y calor.
4. No causar abrasión o corrosión a la flechas.
5. Permitir la pérdida de volumen lentamente, de modo que no requiera de frecuentes ajustes o reemplazo.
6. Incluir lubricante de sacrificio para que en el momento del arranque o cuando haya un apriete en exceso, en lugar de dañarse la empaquetadura, se pierda el lubricante.

II.3. TIPOS Y MATERIALES DE LAS EMPAQUETADURA.

Los cuatro tipos de empaquetadura son: entretejida cuadrada, plegada cuadrada, trenzado sobre tranzado y trenzado sobre un núcleo.

Las bombas centrífugas usan empaquetaduras del tipo a compresión, y de acuerdo a sus materiales y métodos de construcción, se clasifican en tres grupos básicos

- Empaquetaduras metálicas.
- Empaquetaduras plásticas.
- Empaquetaduras de fibras o filamentos tejidos



II.3.1. EMPAQUETADURAS METÁLICAS:

Comúnmente de plomo, babbitt (estaño, antimonio, cobre), cobre o aluminio. Son de envoltura en espiral o de construcción plegada torcida. Estas empaquetaduras suelen tener un núcleo de material elástico compresible y algún lubricante. El núcleo es un cordón de caucho sintético o mecha de asbesto.

Tienen gran aceptación, por su resistencia física, no-absorbencia, resistencia al calor y permitir una regulación de escurrimiento constante, sin necesidad de frecuentes ajustes.

El inconveniente es, su poco poder de recuperación, por lo que su uso está limitado a bombas centrifugas operando en correcto alineamiento y libres de vibraciones excesivas.

II.3.2. EMPAQUETADURAS PLÁSTICAS:

Generalmente son de construcción homogénea a base de fibras de asbesto, grafito, aceites y aglutinantes especiales, para tener un producto terminado con las propiedades deseadas, o a veces están formadas sobre un núcleo. Con frecuencia, tienen una camisa de asbesto u otro material trenzado para ayudar a mantenerles la forma.

Otros dos tipos son: empaquetaduras de caucho y lona, y de caucho con asbesto. Son de fácil conformación y excelente flexibilidad, aun con desgaste, siguen presentando la misma composición antifricción contra la flecha, adaptándose a sus irregularidades, sin crear un excesivo calor por fricción. Son de un costo económico y operan excelentemente a bajas presiones.

Sus desventajas son: se extrúyen por los claros, entre flecha y caja de estoperos, tienen baja resistencia a la presión, por lo que si llegan a ser aplicadas en servicios de altas presiones, tienen que operar, a velocidades de frotamiento muy reducidas, con frecuentes ajustes para regularizar su escurrimiento.



II.3.3. EMPAQUETADURAS DE FIBRA O FILAMENTOS TEJIDOS

Cabe aquí hacer una sub-clasificación dada la gran variedad de materiales y métodos de construcción:

- a) EMPAQUETADURAS DE FILAMENTOS VEGETALES: Están compuestas de fibras de lino, yute o algodón y lubricadas. Son fáciles de instalar, de bajo costo y se utilizan para servicios de aguas frías o similares. Soportan muy poco calor por fricción, por lo que deben permitir un mayor escurrimiento, que los demás tipos de empaquetaduras. Otro inconveniente, es que sus lubricantes, son lavados y arrastrados por el fluido en operación
- b) EMPAQUETADURAS DE FIBRAS DE ASBESTO: Existen dos clases, el asbesto: común blanco o Canadiense y el asbesto azul o Africano, éste último, es más áspero y abrasivo, pero tiene mayor resistencia a los ácidos.

Las fibras de asbesto mezcladas con algodón e impregnadas con lubricantes especiales y grafito, son las empaquetaduras de uso más generalizado en la operación de bombas centrífugas.

Estas empaquetaduras, tienen resistencia a la temperatura generada por fricción, son adaptables y flexibles, con muy poca variación de su volumen en los diferenciales de temperatura de operación. Su costo es económico, pero al igual que los filamentos vegetales, sus lubricantes son arrastrados por el fluido en operación presentando además una superficie abrasiva que desgasta a la flecha o manga.

- c) EMPAQUETADURAS DE TETRAFLUOROETILENO (TFE): El TFE llamado teflón, tiene una alta resistencia al calor (232°C máximo), bajo coeficiente de fricción, casi totalmente inatacable químicamente, que permite operar con productos altamente corrosivos y no produce contaminación sobre el producto manejado. El inconveniente es su baja conductividad Térmica, lo que limita su uso en la operación de bombas centrífugas como empaquetadura, pues las altas velocidades periféricas de la flecha, generan un calor tal, que puede sobrepasar la resistencia al calor del TFE. Es poco maniobrable y su volumen varía



con los cambios de temperatura, dificultando el control de la fuga. Debido a lo cual, su uso está sujeto, a un adecuado paso de lubricante entre flecha y empaquetadura, para disipar el calor por fricción.

- d) **EMPAQUETADURAS DE GRAFITO:** El advenimiento del grafito en la fabricación de empaquetaduras, resuelve muchos de los grandes problemas de empaque. Se compone de filamento o escamas laminadas de grafito puro. Al igual que el TFE, resisten las altas temperaturas, su coeficiente de fricción es muy bajo y es prácticamente inerte al ataque químico, con la virtud de ser excelente conductor térmico.

El nuevo producto conocido como GRAFOIL¹, permite bajo cuidadosa instalación, reducir el escurrimiento a un nivel inapreciable. El inconveniente es su alto costo y no resistir a los oxidantes fuertes.

Para seleccionar la empaquetadura adecuada, se deben considerar: condiciones del líquido como temperatura, lubricidad y presión del equipo, velocidad, condiciones físicas, material del eje o camisa y aspectos diversos como dimensiones, espacio disponible, servicio continuo o intermitente y cualquier combinación de ellos.

Los tipos de lubricantes para empaquetaduras mecánicas pueden ser sólidos, secos o líquidos.

Los sólidos o secos, pueden ser el tetrafluoroetileno (TFE), grafito, mica y bisulfuro de molibdeno. Los líquidos incluyen aceites refinados y sintéticos, grasas minerales y animales, y diversas ceras. Algunas empaquetaduras incluyen su propio lubricante y son las del tipo grafito.

II.4. DIMENSIONES DE LAS EMPAQUETADURAS.

Los espesores de la sección transversal de la empaquetadura, tienen una relación directa con el diámetro de la flecha o manga y la caja

¹ Marca registrada por Union Carbide



estopérica. A continuación, se enlistan los espesores recomendados por fabricantes de prestigio de bombas centrífugas, para diferentes diámetros de flecha.

DIÁMETRO DE FLECHA O MANGA	SECCIÓN TRANSVERSAL EMPAQUETADURA
1/2" a 5/8"	5/16"
11/16" a 1-1/2"	3/8"
9/16" a 2"	7/16"
2-1/16" a 2-1/2"	1/2"
2-9/16" a 3"	9/16"
3-1/16" a 4"	5/8"

Es importante usar los espesores adecuados para llenar el espacio reservado para la empaquetadura. Si se emplea un espesor menor al necesario, tienen que comprimirse excesivamente las empaquetaduras, para lograr llenar el estopero. Esto reduce la sección transversal, agotando los márgenes de compresibilidad para ajustes futuros. En cambio, al utilizar empaquetaduras de mayor sección, hay que forzarlas para que quepan en la caja del estopero, ocasionando un apriete contra la flecha mayor al requerido y en consecuencia, aumento de temperatura por una mayor fricción, y a su vez con esto, mayor desgaste.

II.5. EMPACADO DE UNA BOMBA CENTRÍFUGA.

Cuando prematuramente fallan las empaquetaduras, independientemente de su correcta selección para el servicio y los medios de lubricación son los adecuados, estas fallas son atribuibles casi en su totalidad, a métodos impropios de empackado y asentado inicial.

Para una buena instalación de empaquetaduras, el procedimiento que se debe realizar es el siguiente:

1. Si el empackado no es por vez primera, hay que remover la empaquetadura usada, por medio de un par de ganchos extractores del tamaño adecuado. Posteriormente, limpiar perfectamente el interior de la caja de estoperos, verificando con espejos y lámpara de ser necesario.



2. Verificar la concentricidad de la flecha con relación al diámetro interior del estopero.
3. Verificar la excentricidad en giro de la flecha, la cual, no tiene que exceder de 0.5 mm (0.002"), al diámetro.
4. La superficie del elemento rotatorio en el área de empaque debe encontrarse sin rayados, corrosión o deformaciones.
5. Revisar el claro radial interior del prensaestopas con el estopero, máximo debe ser 0.4 mm (0.15"), para evitar la extrusión de la empaquetadura, y el claro radial exterior de 0.25 mm (0.10") máximo, para prevenir se apoye en la flecha. También verificar que el claro entre el apoyo del fondo de la caja del estopero y la flecha, no supere los 0.25 mm (0.10"), radialmente. Ver figura 2.3.

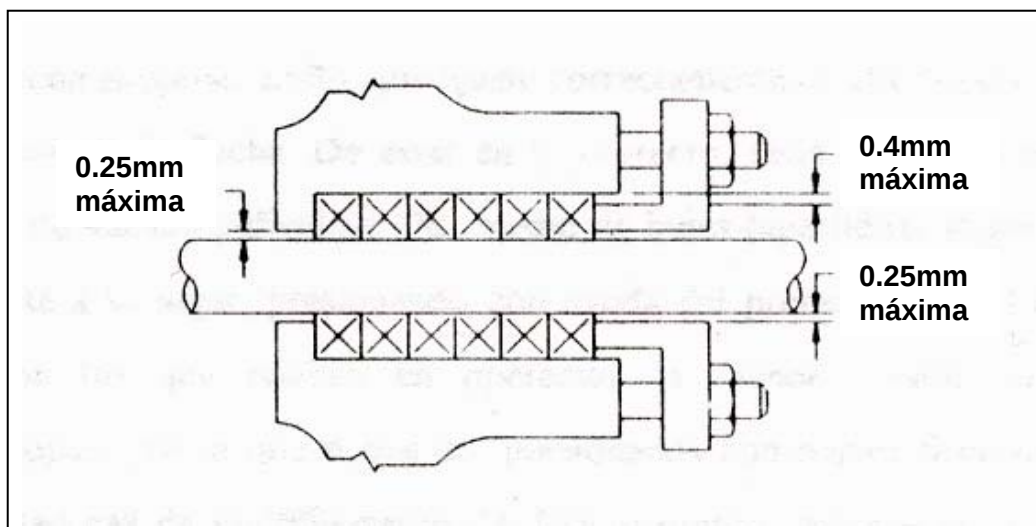


Figura 2.3. Instalación de empaquetadura.

6. Medir la profundidad de la caja, para asegurar la cantidad de anillos de empaquetadura que requiere, tomando en cuenta un espacio libre, para la entrada y centrado del prensaestopas.
7. Las empaquetaduras se encuentran en dos presentaciones: anillos preformados y carretes o rollos.



- 7.1. La forma más conveniente, es la del anillo preformado, debido a que tiene las dimensiones exactas, tanto del eje como del estopero, evitando el riesgo de desperdiciar material por cortes erróneos.
- 7.2. De no contar con juegos preformados, colocar la empaquetadura alrededor de la flecha o un mandril del mismo diámetro, trazar dos líneas paralelas a la flecha, separadas por una distancia igual a la sección de la empaquetadura, y cortar los anillos a 45 grados.
8. Las empaquetaduras metálicas y plásticas, deben abrirse para su instalación en sentido espiral, separando sus puntos axialmente, para evitar la distorsión del moldeo o rotura del empaque.
9. Verificar con el primer anillo, que ajuste correctamente en el estopero, permitiendo el libre giro de la flecha. De estar en lo correcto, cada anillo siguiente va a ser instalado de manera individual. Por medio de bujes bipartidos, se guían y asientan firmemente en su lugar, presionando con ayuda del prensaestopas. Los anillos del fondo son los que reciben en operación la menor presión distribuida del prensaestopas, por lo que deben ser presionados con mayor firmeza. Al emplear empaquetaduras de multifilamento de TFE o grafito, solamente se deslizan a su lugar sin comprimir.
10. Asegurar que los cortes de los anillos queden girados 120° uno del otro, para evitar posibles rutas de fuga.
11. Si la instalación incluye un anillo linterna, su posición es directamente abajo del orificio de inyección, considerando la compresión y pérdida de volumen de los anillos del fondo.
12. Posicionar el prensaestopas contra el último anillo, verificando que se encuentre bien colocado, para después apretar las tuercas uniformemente, con sólo la presión de los dedos. Por último, comprobar que la flecha gira sin rozar con el diámetro interior del prensaestopas.



II.5.1. SELECCIÓN DE UN SISTEMA DE EMPACADO EN UNA BOMBA.

A continuación se dan las consideraciones que deben tenerse en cuenta para la selección de un sistema de empaçado.

a) Estado del líquido a manejar.

- 1) Limpio o abrasivo.
- 2) PH ácido o alcalino.

b) Condiciones mecánicas.

- 1) Condiciones en que se encuentra el equipo.
- 2) Material y velocidad de la flecha.
- 3) Dimensiones de la caja estopérica.

c) Condiciones de operación.

- 1) Presión de succión, descarga y de la caja de estoperos.
- 2) Regulación de contaminación a la atmósfera.
- 3) Algún requerimiento gubernamental.

II.6. ARRANQUE DE LA BOMBA CON EMPAQUETADURA.

En el arranque del equipo, es necesario presurizar la caja del estopero, asegurándose de no quedar aire entrampado, el escurrimiento debe aparecer tan pronto se establezca la presión. Mientras no se presenta de manera permanente, la caja de estoperos puede sobrecalentarse, por lo que, si llega a ocurrir, hay que detener la bomba, esperando se enfríe, para intentar nuevamente el arranque. La operación debe repetirse las veces que sea necesario, hasta lograr la presencia del escurrimiento constante, sin el sobrecalentamiento de la caja del estoperos.

Después de un lapso de 10 minutos a éstas condiciones, el escurrimiento se regula, apretando las tuercas del prensaestopas, únicamente $\frac{1}{6}$ de vuelta completa, con intervalos de 10 minutos, hasta reducir la fuga a un nivel aceptable.



En posteriores ajustes para el control de la fuga, se toma el mismo sistema de $\frac{1}{6}$ de vuelta con intervalos de 10 minutos, siempre con la bomba trabajando a su presión normal y temperatura de operación.

El método anterior puede aplicarse en todas las instalaciones de empaquetadura, excepto cuando se manejen fluidos tóxicos o peligrosos, en los cuales, se requieren precauciones especiales.

La experiencia, ha demostrado que para las empaquetaduras del tipo a compresión, una combinación de estilos rinde mejor servicio y duración que los conjuntos de una sola clase, es decir, a condiciones de operación no severas y bajas presiones, el sólo emplear empaquetaduras de plástico cumple con el servicio, pero si la presión es superior, deben incluir en el conjunto, empaquetaduras de mayor densidad a los extremos, justamente en el cuello de la caja de estoperos y otro inmediato al prensaestopas, para evitar la extrusión de los menos densos en éstos dos puntos, y a medida que la presión de operación sea superior, debe hacerse la sustitución de anillos blandos por anillos más duros.

Si la caja de estoperos va equipada con anillo linterna, en cada lado de ésta, se instala un anillo de material pesado para evitar su extrusión.

Es importante no efectuar ajustes en exceso para detener el escurrimiento, ya que esto provoca la operación en seco de la empaquetadura, lo que limita su vida útil, provocando además rayados prematuros en la flecha o manga de la bomba. También es conveniente prever un espacio amplio, para remplazar la empaquetadura y anillo linterna (si es que lleva), sin remover o desmantelar cualquier otra pieza que no sea el prensaestopas.

El American Petroleum Institute's (API) 610 6^a Ed., párrafo 2.7.2.2 indica que: las cajas de estoperos en cualquier bomba para hidrocarburos, no debe tener menos de seis anillos de empaque, más el anillo linterna. El tamaño de empaque mínimo permitido es un cuadrado de 9.5 mm ($\frac{3}{8}$ " por lado; sin embargo, se prefieren tamaños de 12.7 mm ($\frac{1}{2}$ ").



II.7. INCONVENIENTES EN EL USO DE EMPAQUETADURAS.

La empaquetadura tiene un periodo corto de vida, lo que significa mantenimiento muy frecuente. No elimina fugas, sólo las restringe; ocasiona desgastes de las partes del equipo por fricción, y absorbe gran cantidad de potencia, no cubre toda la variedad de fluidos y sus características, no cumplen con las normas actuales para manejo de algunos fluidos.



CAPÍTULO III. SELLO MECÁNICO.

III.1. DEFINICIÓN DE SELLO MECÁNICO.

El sello mecánico es un conjunto de partes, que forman un dispositivo de precisión, diseñado para evitar las fugas, el cual atraviesa una flecha rotativa, realizando el sellado por el contacto axial de sus caras, que se encuentran perpendiculares a la flecha y en movimiento relativo una de la otra; maneja cualquier variedad de fluido a muy diversas condiciones de operación, sus pérdidas de potencia por fricción son reducidas, tiene un periodo de vida útil relativamente amplio, y no requiere de ajustes ni paros frecuentes por mantenimiento. Por éstas y muchas más razones, el sello mecánico, es el tipo de sellado más utilizado en plantas industriales.

Comúnmente tiene aplicación en bombas centrífugas y rotatorias, compresores centrífugos, de flujo axial y rotatorios, así como agitadores y reductores de velocidad.

El sello mecánico puede comprenderse mejor en su forma primitiva, una flecha con un hombro, contra la pared estática del recipiente. El sellado se logra donde las dos caras establecen el contacto. Figura 3.1.

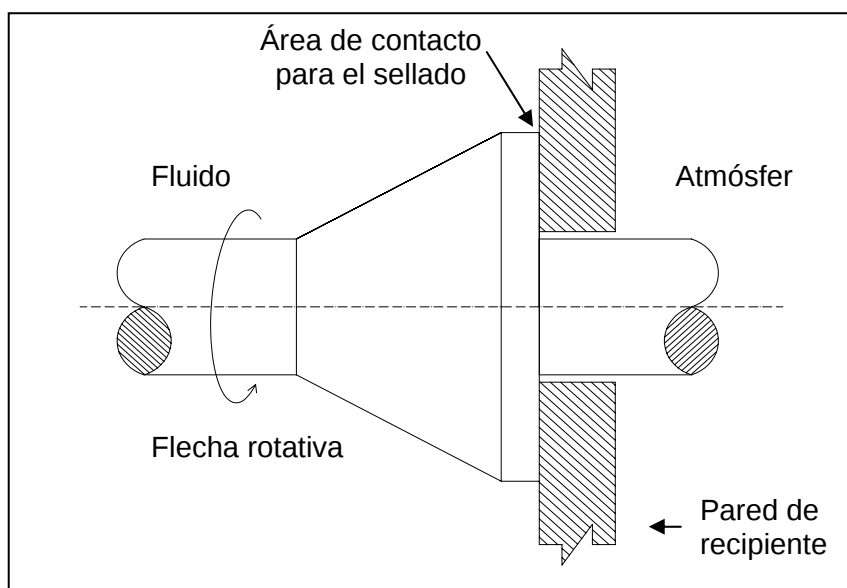


Figura 3.1. Flecha con hombro haciendo contacto con la pared del recipiente para realizar el sellado.



La figura anterior muestra de forma simplificada el concepto del sellado, pero tiene las siguientes desventajas:

1. El sellado es demasiado rígido, no tiene flexibilidad para compensar los movimientos radiales ni axiales por excentricidad de la flecha.
2. No hay posibilidad de intercambio de materiales para cubrir diferentes condiciones de operación, cuando el desgaste ocurra los componentes deben sustituirse en su totalidad o bajo modificaciones costosas.
3. No existe ajuste automático que mantenga la unión constante de las caras de contacto a medida que estas se desgastan.

III.2 FORMA ESQUEMATICA DE UN SELLO MECÁNICO.

Todos los sellos mecánicos están constituidos por tres componentes básicos; 1) Un grupo de elementos primarios, 2) Un grupo de sellos secundarios, y 3) Los componentes para instalar, sujetar y mantener el contacto entre caras.

El primer grupo está compuesto de dos elementos; uno fijo, que está sujeto a una tapa o brida, y otro móvil, que gira junto con la flecha y mantiene el contacto permanente con el elemento fijo llamado comúnmente cara estacionaria, esto se logra gracias al uso de resortes que son de formas y tamaños muy variados, los cuales se describen mas adelante. Las superficies en contacto de ambos elementos, forman el sellado principal.

Estas superficies llamadas comúnmente caras, deben ser completamente lisas y de dureza diferente.

Debido a que el sellado principal ocurre de manera perpendicular al eje, existen varias ventajas, entre las que se encuentran: evitar un desgaste excesivo de la flecha, eliminar pérdidas de potencia por fricción, así como sobrecalentamiento del equipo.

El segundo grupo es la de los sellos secundarios, y su función es cerrar las trayectorias de fuga entre la cara fija y la cara rotatoria, con la flecha, en la que esta montado el cuerpo rotatorio, y la brida respectivamente, que aloja comúnmente a la cara estacionaria, además de permitir el montaje



flexible del conjunto rotatorio y compensar parte de los movimientos axiales de la flecha.

Los sellos secundarios pueden ser tazas, anillos en V o cheurones, fuelles, anillos en forma de cuña, juntas y o'rings. Estos últimos son los más recomendados, debido a que pueden flexionarse unas cuantas milésimas de pulgada y son mejores que otras configuraciones de elastómero, que no permiten tanto movimiento.

Y el tercer grupo que son: los componentes y accesorios metálicos del sello que sirven para:

1. Adaptar los sellos en un equipo. Puede ser una camisa o cubierta y así tener una instalación más fácil y precisa, tornillos opresores que se sujetan a la flecha y a la vez coloca al cuerpo rotatorio en la posición precisa de la longitud de trabajo.
2. Aplicar carga mecánica en las caras por medio de resortes, hasta que empiece la presión hidráulica, y compensar los movimientos axiales de la flecha. El movimiento axial es constante, entre 0.001 y 0.002 pulg., y puede ser producido por una desviación normal, vibración, cavitación, desequilibrio del impulsor, desalineamiento de los tubos y acoplamientos, y las tolerancias de los cojinetes.
3. Transmitir el par a las caras fija y rotatoria del sello. Se obtiene con pasadores, rebajas, muescas o tomillos integrales con el sello.

En la actualidad podemos encontrar sellos mecánicos de muchos diseños y para todas las aplicaciones. A continuación se muestran las partes de un sello mecánico básico.

1. Una flecha con el elemento de sello secundario, en este caso un empaque tipo o'ring. Figura 3.2.
2. El sello secundario se encuentra alojado en la cara rotativa, que es una de las dos partes del sello primario. Este empaque tiene una sección mayor a la cavidad en la que se aloja, para que exista interfase con la cual se evita la fuga entre la flecha y la cara estacionaria. Figura 3.3.

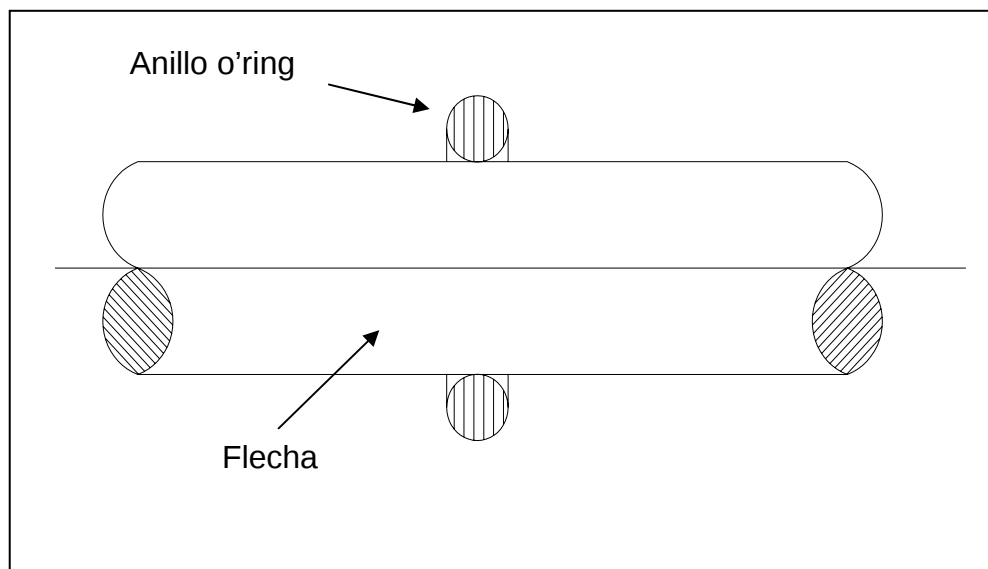


Figura 3.2. Flecha y sello secundario

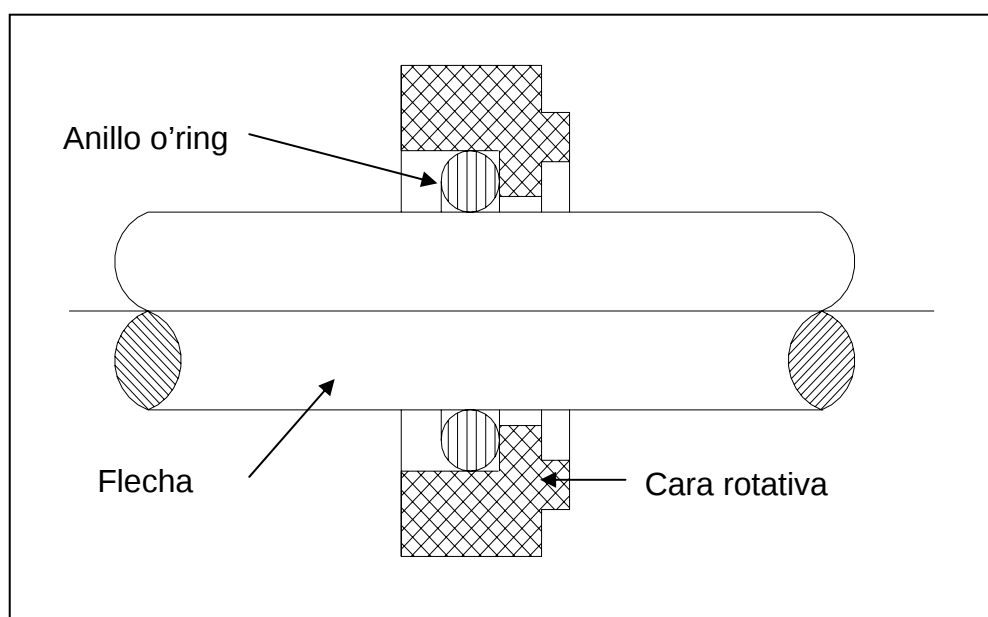


Figura 3.3. Flecha, empaque secundario y cara rotativa.



3. Agregamos un disco donde recarga la cara rotativa, un resorte para energizarlo axialmente, éste hará el trabajo de mantener unidas las caras cuando el equipo esté detenido o cuando no haya presión hidráulica y, para la recuperación de distancia por el desgaste de la cara rotativa. Y un collarín quien hará la fijación del cuerpo rotativo con la flecha y dar la altura de trabajo del sello mecánico. Figura 3.4.

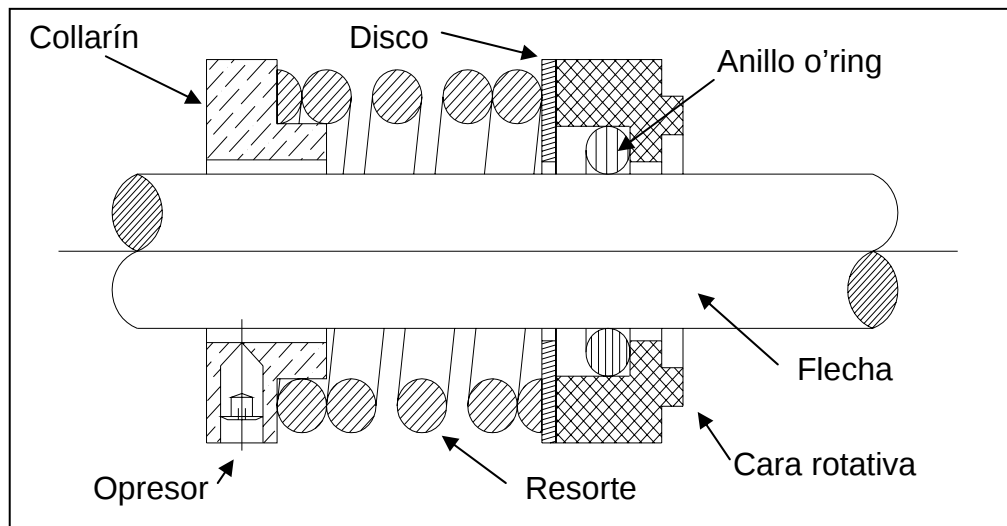


Figura 3.4. Cabeza rotativa de sello mecánico.

4. Finalmente se incorpora el elemento estacionario para formar el sello mecánico. Como se puede observar se coloca generalmente al final de la unidad, existen varios diseños de éste, y se conoce comúnmente con el nombre de asiento. Figura 3.5.

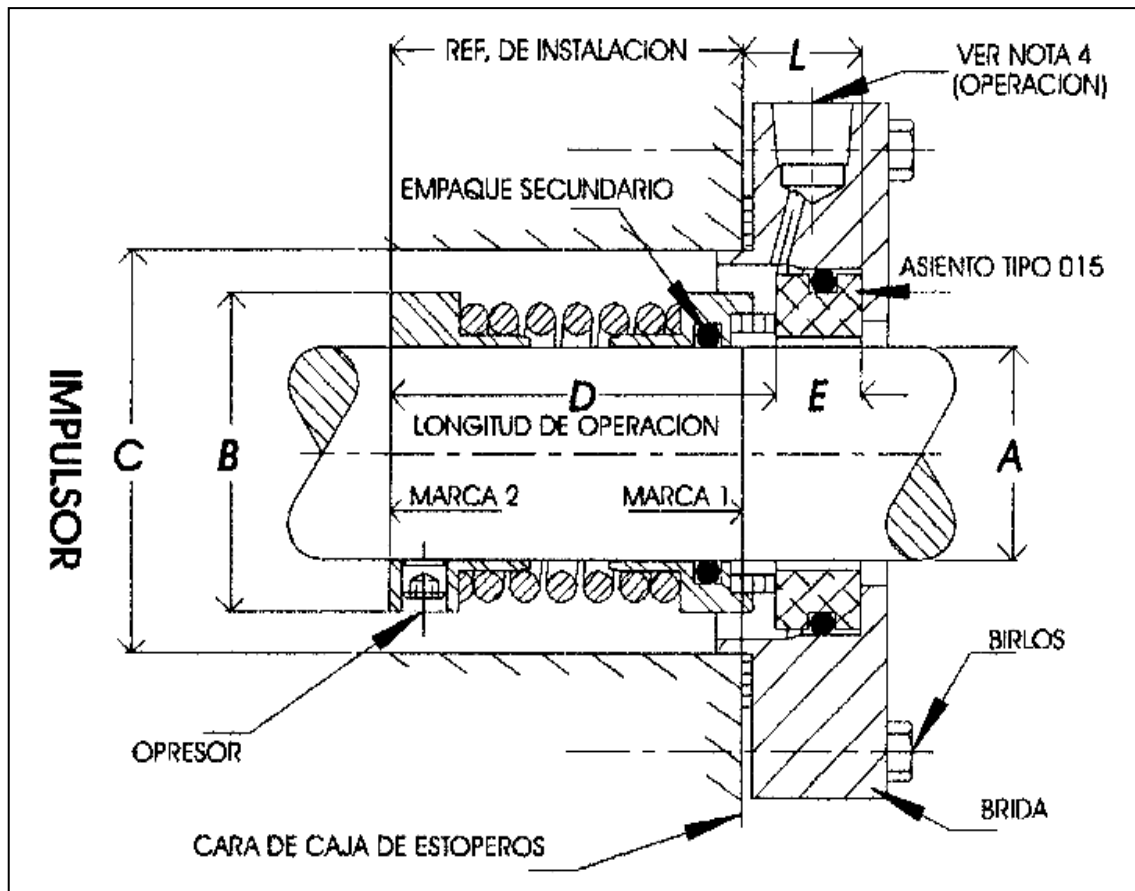


Figura 3.5. Sello mecánico sencillo de resorte único, completo.

III.3. CLASIFICACIÓN DE SELLOS MECÁNICOS.

Los sellos mecánicos se dividen en dos grupos para su clasificación, el primero de estos es: por sus características de diseño y el segundo: por su arreglo posicional.



III.3.1. CLASIFICACIÓN SUS POR CARACTERÍSTICAS DE DISEÑO.

a) SELLOS MECÁNICOS BALANCEADOS.

Un sello mecánico se denomina como balanceado cuando los diámetros de las caras de contacto han sido reducidas en relación al diámetro del eje, de modo que la carga en la cara sea menor que la ejercida por la presión del fluido bombeado. Figura 3.6.

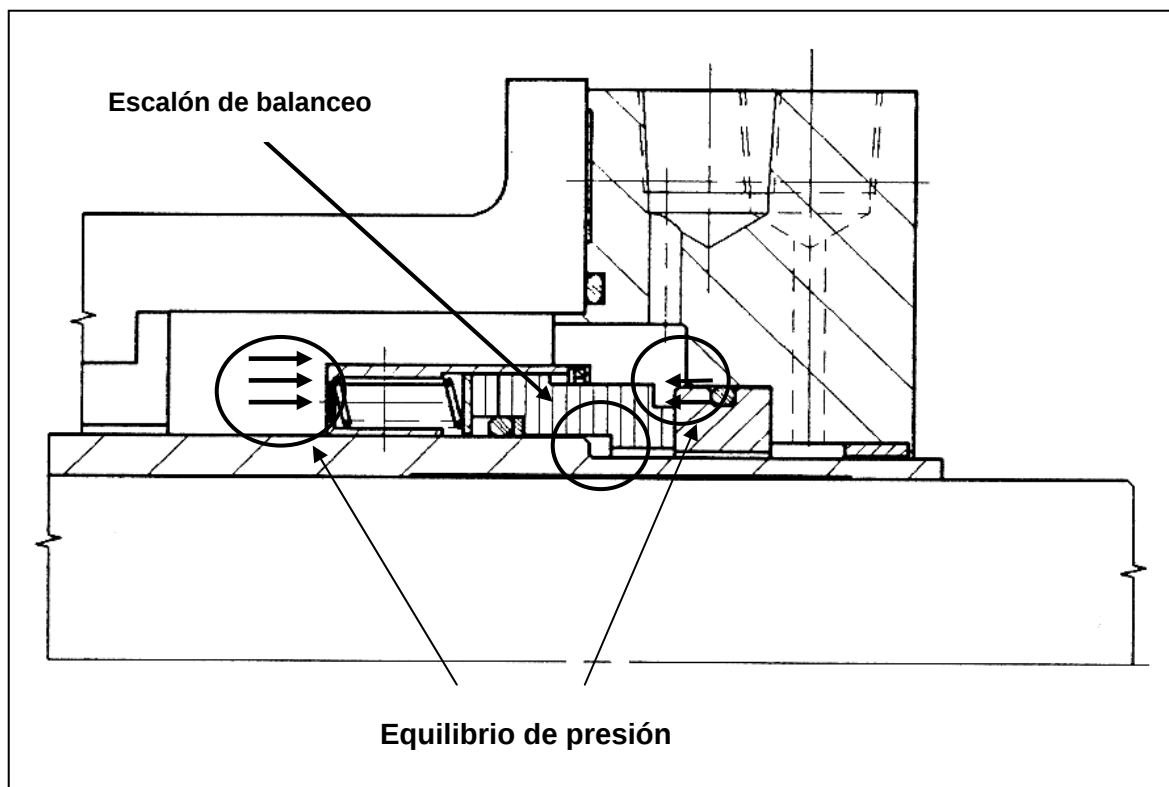


Figura 3.6. Sello mecánico balanceado. Las flechas indican el equilibrio de presión, que se obtiene gracias al escalón que tiene la cara rotativa en sus diámetros, interior y exterior.

Esto es necesario para asegurar la presencia de una película del fluido entre las caras, dado que la presión que trata de penetrar entre las superficies lapeadas debe ser mayor que la carga que por empuje axial están soportando.

Por otra parte el balancear un sello requiere un cambio sencillo de diseño que reduce las fuerzas hidráulicas que sierran las caras del sello.



Esto no tiene que ver con el balance dinámico que se le hace a la rueda de un automóvil o al motor de una bomba centrífuga.

Al presionarse las caras del sello, mas la fricción, resultado de la fuerza rotodinámica, la cantidad de calor que generan se determina por la cantidad de presión ejercida, la película lubricante entre las caras lapeadas y la velocidad relativa del movimiento. Presiones y velocidades altas generar calor excesivo. Cuando se genera calor en exceso, puede reducirse aumentando la lubricación entre las caras. La lubricación puede aumentarse reduciendo el efecto de la presión hidráulica en la cavidad del sello específicamente sobre las caras de este.

Las caras del sello se mantienen separadas por una película del líquido sellante. La carga del resorte y la presión hidráulica en la caja de estoperos actúan juntas sobre la superficie expuesta del anillo del sello para conservar las caras cerradas, restringiendo así el escape a un nivel aceptable, usualmente indetectable.

Las fuerzas que tienden a cerrar las caras de un sello interno están sometidas a la presión hidráulica. Si el sello funciona a una presión alta en el estopero, éstas fuerzas pueden ser excesivas y provocar que la película lubricante entre las caras sea expulsada, privándolas de lubricación y produciendo flasheo (es la formación de burbujas que se pegan en las caras del sello, las cuales originan un vacío, succionando parte del material y al explotar las despostillan) entre ellas, e incluso, hasta el punto, de hacer operar al sello en seco, lo que ocasiona su daño inmediato. Para evitarlo, fabricantes de sellos mecánicos recomiendan que para los siguientes casos se emplee un sello balanceado

- En el manejo de fluidos con gravedad específica igual o menor a 0.7 (Como el propano, butano, propileno y gases licuados del petróleo, debido a que evaporan a temperatura ambiente y presión atmosférica, además de ser difíciles de mantener)
- Cuando la presión en la cámara del sello es superior a 150 lbf/pg².
- Cuando a la temperatura de bombeo, el fluido esté con una presión de vapor igual o mayor a 25 lbf/pg² y/o presiones de sellado mayores a 75 lbf/pg².



Las ventajas que presenta emplear un sello balanceado son:

Además de equilibrar la presión hidráulica, requiere de menor potencia que un sello desbalanceado, compensa el golpe de ariete y puede utilizarse en bombas distintas y a diferentes presiones, con la única limitante de ser del mismo diámetro de flecha.

Como el calor generado por el sello mecánico está en función de la presión de cierre contra sus caras y el sello equilibrado hace que esa presión sea mínima, requiere poco o ningún enfriamiento a condiciones normales.

Facilita al sello operar a altas presiones de la caja del estopero, reduciendo también la carga de la cara del sello.

b) SELLOS MECÁNICOS NO BALANCEADOS

El sello mecánico no balanceado es aquel que va montado en una flecha de diámetro constante, por lo que, la presión del producto en el estopero, actúa totalmente a favor del cierre y para mantener en contacto las caras. Figura 3.7.

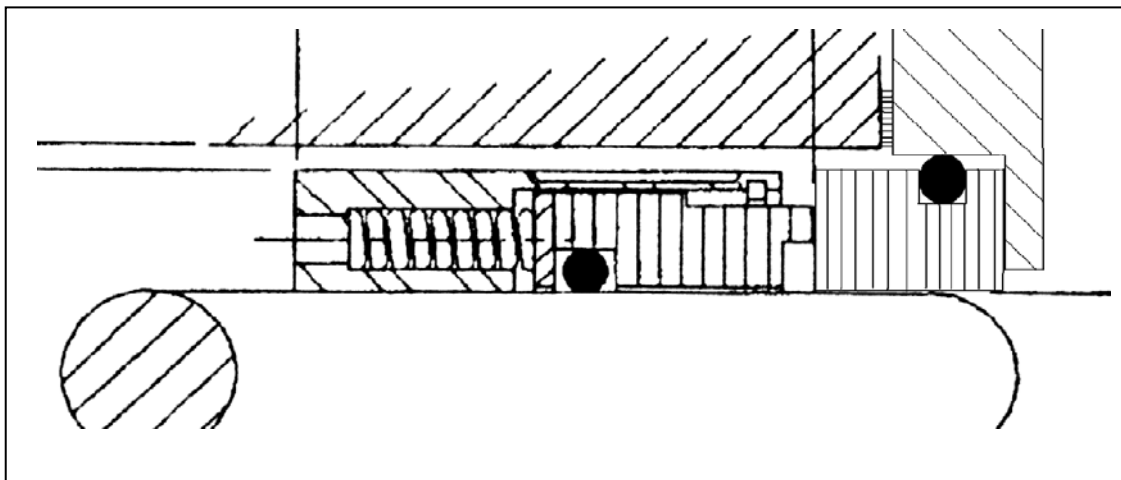


Figura 3.7. Sello mecánico no balanceado, multiresortes.



La cantidad de escape a través de las caras del sello es inversamente proporcional a la cantidad de carga sobre las caras del sello; entre mas alta sea la carga, menor será el escape de fluido.

Los sellos no balanceados, por tener cargas más altas sobre las caras que los sellos balanceados, tienen menos escapes y son mas estables cuando se someten a vibración, desalineamiento o cavitación.

Son a menudo menos costosos y más adaptables cuando se realiza un cambio en el uso de empaquetadura por el de sello mecánico, en una bomba hidráulica con caja de estoperos estándar, sin necesidad de modificaciones en la manga de la flecha o en la caja de estoperos.

Una de las desventajas de los sellos no balanceados es, relativamente, el límite de presión. Si la fuerza de cierre ejercida sobre la cara del sello excede este límite, la película lubricante líquida entre las caras es expulsada. Sin lubricación y con carga alta, las caras pronto se destruyen a si mismas. Este problema es superado por el sello mecánico balanceado.

c) SELLOS MECÁNICOS DE CABEZA EN ROTACIÓN Y DE ASIENTO EN ROTACIÓN.

Dependiendo de cual de los elementos de sellado primario esté en giro, los sellos mecánicos se agrupan en cabeza en rotación o asiento en rotación.

Ambos sistemas son usuales. La selección depende primordialmente del tipo de equipo en que se apliquen. En muy altas revoluciones el diseño simple del asiento permite un balance dinámico más fácil sin embargo, la mayoría de las aplicaciones incluyen la cabeza en rotación.

d) SELLOS MECANICOS DE EMPUJE Y DE NO EMPUJE.

Esta clasificación se basa en la forma y posición del empaque secundario, es decir, que puede o no moverse con el desgaste de las caras del sellado primario.



1) SELLOS MECÁNICOS DE EMPUJE.

El tipo de sello secundario agrupa a los sellos mecánicos dentro de la categoría de sellos de empuje y sellos de no empuje. Son aquellos que usan resortes y son: El de resortes múltiples pequeños, el de un sólo resorte sencillo y el de resorte ondulado. Y que utilizan como sello secundario, anillos o'ring, cuñas y otros, el sello secundario debe deslizarse por empuje a lo largo del diámetro de la flecha, para compensar el desgaste de las caras de contacto. Figura 3.8.

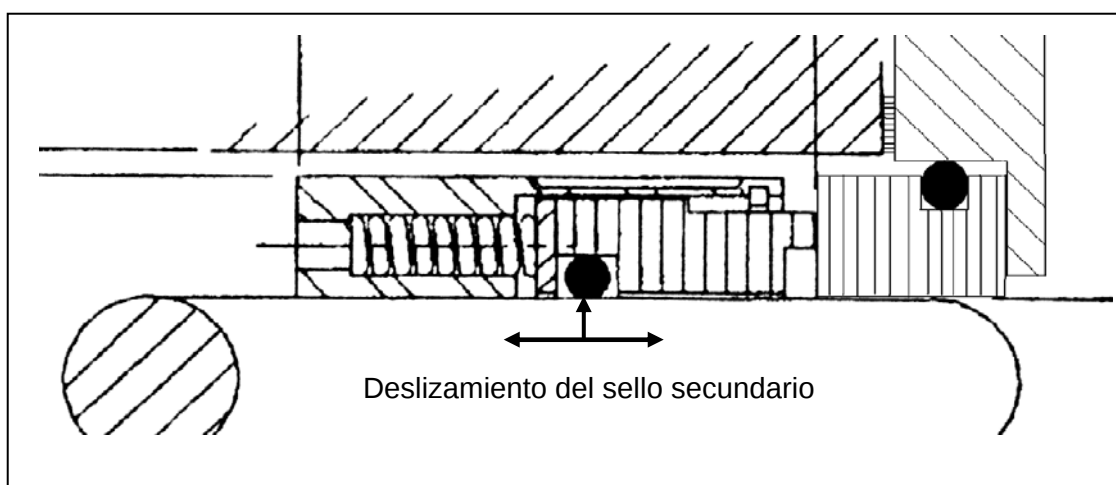


Figura 3.8. En este caso se muestra un sello mecánico sencillo, sin balancear, multiresortes, de empuje; con empaque secundario tipo o'ring.

Los anillos o'ring son simples y de fácil habilitación. Sus limitaciones son la compatibilidad del fluido operante con el elastómero seleccionado y la temperatura que este pueda soportar.

Las cuñas fabricadas de teflón son compatibles con una gran variedad de productos químicos y su resistencia con la temperatura cubre desde aplicaciones criogénicas a -215°C hasta un máximo de 260°C .

2) SELLOS MECÁNICOS DE NO EMPUJE.

De la clasificación de sellos de no empuje, pertenecen los sellos de fuelle elastomérico y los de fuelle metálico.



- El sello de fuelle elastomérico tiene la ventaja principal, de que el elemento rotatorio puede moverse libremente en dirección de la cara estacionaria, es decir, mantiene un contacto constante entre caras, sin sufrir los retardos por fricción, como ocurre con el empaque de la flecha ("O" ring) y la flecha, para el caso de un sello convencional. Figura 3.9.

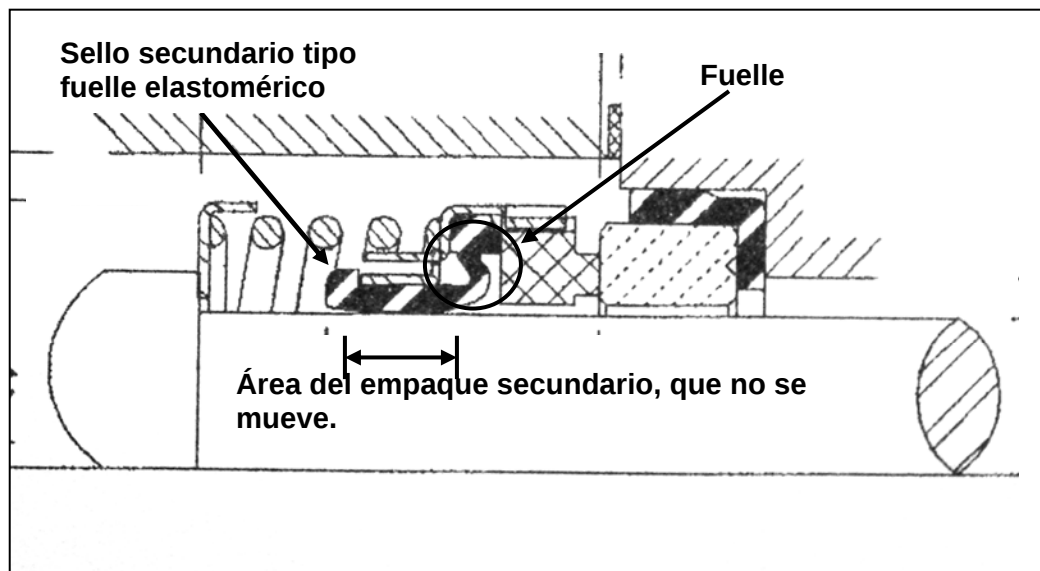


Figura 3.9. Sello mecánico de fuelle elastomérico.

Otra ventaja del sello de fuelle elastomérico en relación al sello convencional, es que cuando la metalurgia de la flecha o la camisa, no es compatible con el producto, y da lugar a la corrosión, el empaque de la flecha no pierde su habilidad de compensar los movimientos axiales debido a su diseño.

Limitaciones: El sello de fuelle elastomérico es energizado por un resorte, el cual ajusta sobre la flecha y el fuelle, consecuentemente, la vida útil del sello, está sujeta a la velocidad de operación, además son más susceptibles a fallas por fatiga y no operan a altas presiones y, cuando llega a fallar un fuelle elastomérico, el problema es más serio, que al fallar un empaque convencional, debido a que, cuando un O'ring empieza a deteriorarse por cualquier razón, la fuga presente es restringida y se incrementa paulatinamente, lo que



advierte con tiempo planear el paro de la bomba para su reparación, en cambio, si llega a tener una ruptura el fuelle, se requiere de una inmediata reparación por la fuga tan grande.

- El sello de fuelle metálico es empleado principalmente para el manejo de líquidos con altas temperaturas. El propio diseño del fuelle, suministra la presión necesaria para mantener el contacto entre caras, eliminando el uso de resortes. El fuelle metálico es, una pieza unitaria de baja rigidez soportada a todo lo largo y ancho, y la presión es aplicada a todos los puntos de la cara de contacto del sello. También gracias a su configuración, el fuelle permite al sello, ser aplicado a velocidades más altas de giro que cuando es ajustado por un sólo resorte y los empaques de la flecha o camisa no tienen movimiento por el desgaste de la cara. Figura 3.10.

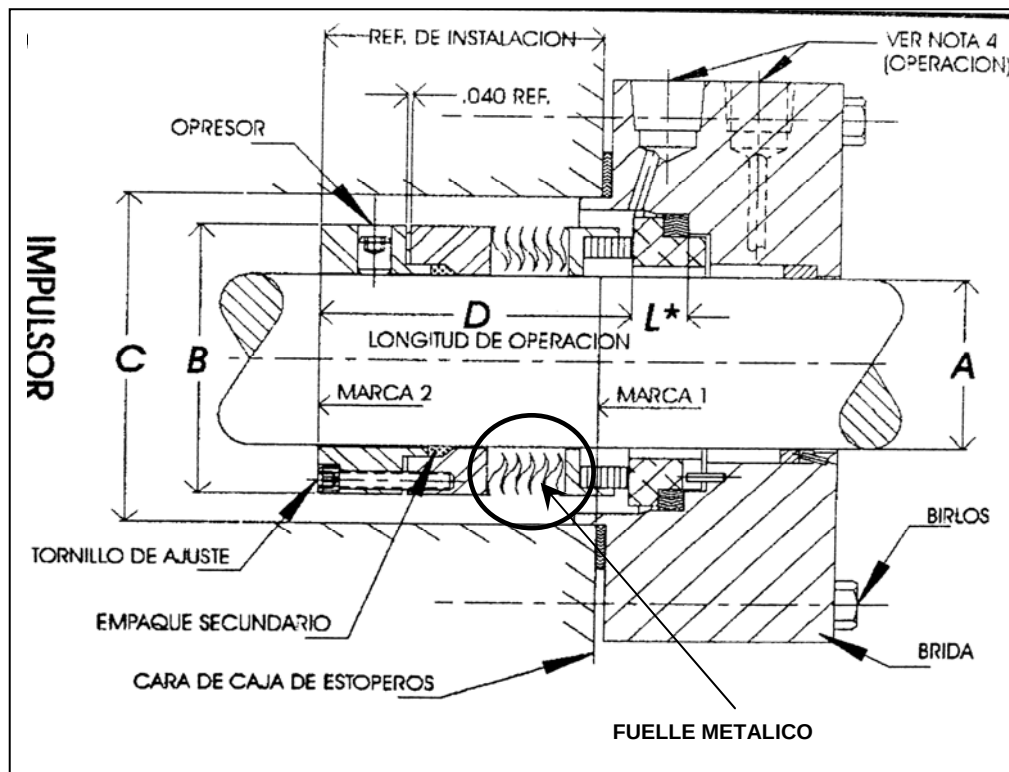


Figura 3.10. Sello mecánico de fuelle metálico. En este caso el empaque secundario es tipo cuña, que comúnmente en este sello es de material grafito, para el manejo de aceite térmico, superior a 300° F.



El fuelle puede ser rotatorio o estacionario y ambos pueden ser proporcionados con montaje en cartucho.

El sello de fuelle rotatorio es muy ventajoso cuando opera con líquidos sucios, debido a que la acción centrífuga, minimiza la acumulación de sólidos entre los anillos del fuelle

En cambio, el sello de fuelle estacionario se prefiere cuando se manejan productos viscosos, debido a que son menos las partes rotatorias en contacto con el líquido. Su arreglo permite reducir las fallas por fatiga originadas por formaciones cíclicas.

Puede ser de materiales resistentes al ataque químico y soportar temperaturas extremas de operación, lo que no ocurre con sellos convencionales, los cuales, dependen de elastómeros o resinas de TFE para el sellado secundario y componentes de montaje con rangos de temperatura limitados; y aunque el material de un empaque en particular admita operar bajo una temperatura crítica, esto no significa, que tiene también la resistencia necesaria para soportar el ataque químico del producto.

En el supuesto caso de que el problema combinado de temperatura y resistencia química pueda ser superado por la creación de un ambiente artificial compatible en la cámara del sello, tal solución requiere de arreglos de lubricación y enfriamiento costosos, en cambio, el sello de fuelle metálico, promete ofrecer una solución económica a los problemas de sellado con alta temperatura.

Limitaciones: El fuelle metálico está formado por una serie de placas llamadas espiras, de las cuales, cada una es un anillo individual soldado en cualquiera de sus extremos o anillos similares. Desafortunadamente sus propiedades mecánicas necesarias, no son las de una sola pieza de metal, por lo que presenta frecuentemente la posibilidad de fallar por fatiga, resultando una ruptura del fuelle. Tal ruptura puede desencadenar grandes fugas.

La introducción de los empaques secundarios de todo grafito, puede sustituir en algunos casos, el uso de sellos de fuelle metálico, ya que además de ser capaces de operar a temperaturas extremas son inertes a efectos de deterioro de la mayor parte de los químicos.



El API-610 recomienda para equipos de bombeo que no cuenten con chaquetas de enfriamiento y bombeen líquidos a temperaturas mayores de 300° F.

f) SELLOS MECÁNICOS DE RESORTES ÚNICOS y RESORTES MÚLTIPLES.

Por último de la clasificación por diseño se agrupan en resorte único y resortes múltiples. Los sellos mecánicos de resorte único como su nombre lo dice solo usan un resorte teniendo la ventaja de que el mayor grueso de su sección resiste por más tiempo la corrosión que el alambre delgado de los resortes múltiples.

Pero los sellos mecánicos de resortes múltiples tienen la ventaja de ocupar menos espacio longitudinalmente y que la presión que ejercen a las caras de contacto es más uniforme.

III.3.2. CLASIFICACIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS POR SU ARREGLO POSICIONAL.

El mayor número de aplicaciones de sellos mecánicos se cubren satisfactoriamente con el uso de un solo sello mecánico sencillo. La cabeza rotativa del sello mecánico puede montarse en el interior del equipo y estar rodeado por el fluido en operación, o bien exteriormente, reduciendo entonces la porción del sello que esta en contacto con el fluido manejado.

a) SELLOS MECÁNICOS SENCILLO:

INTERNO: Se dice que un sello es interno, cuando su componente rotatorio se encuentra dentro de la carcasa, es decir, en contacto con el producto, el cual, ejerce una presión que tiende a cerrar las caras. Este tipo de sello es el más utilizado.

Se prefiere el montaje interior, ya que la presión hidráulica del fluido actúa positivamente para mantener las caras en contacto y se obtiene una presión intercalada más estable. Además la fuerza centrífuga a su favor alejando las posibles partículas abrasivas del “área” del sellado.



EXTERNO: En el sello externo el elemento rotativo está montado fuera del recipiente para el líquido bombeado, y a la inversa del anterior, la presión interna tiende a separar las caras, por lo que su lubricación y lavado están restringidos. Es óptimo en servicios al vacío, o a muy bajas presiones, permite aislar las partes metálicas de sustancias corrosivas y es de fácil mantenimiento.

Pero no es conveniente cuando se emplean líquidos abrasivos, ya que las partículas de éste, se pueden acumular en la abertura anular y por la fuerza centrífuga, ser empujadas entre las caras, ocasionando su rápido desgaste. Figura 3.11.

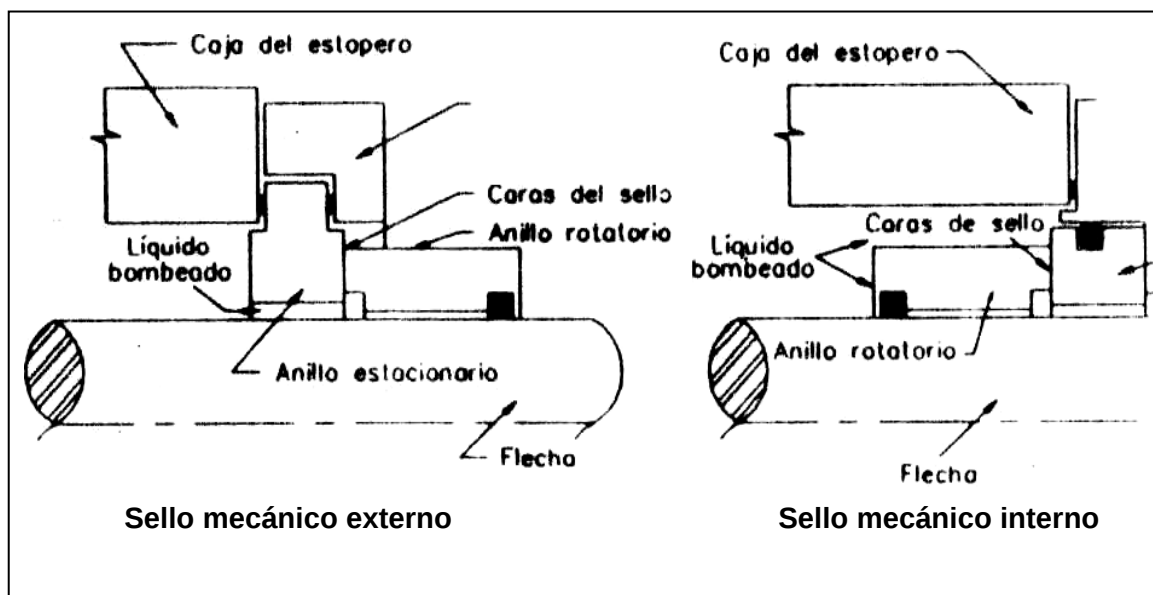


Figura 3.11. Sello mecánico externo y sello mecánico interno

b) SELLOS MECÁNICOS DOBLES

Los sellos mecánicos dobles consisten en dos sellos sencillos montados en sentido opuesto en la misma caja del sello. Su objetivo es proporcionar una zona neutral en la que se recircula un líquido secundario limpio, con poder lubricante y a mayor presión que la que presenta el fluido en operación. De este modo se logra que la película interfacial sea proporcionada por el líquido secundario, si se mantiene en todo momento la diferencia de presión.



Este sistema es particularmente útil en la operación de gases, pues las caras de contacto no operan en seco y en la operación de líquidos abrasivos, pues favorece a evitar el desgaste prematuro de las caras de contacto del sello mecánico. Figura 3.12.

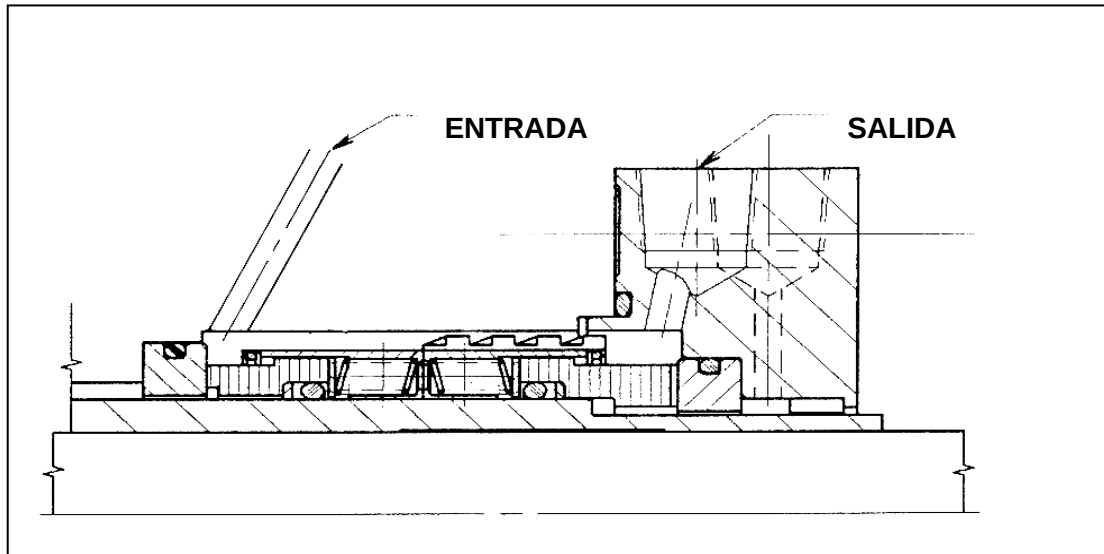


Figura 3.12. Arreglo de sello mecánico Doble. Con entrada y salida del fluido secundario para lavado y enfriamiento.

c) SELLOS TANDEM: Se componen de dos sellos sencillos montados en serie con una cavidad entre ellos. Debido a su arreglo, son de mayor tamaño que los dobles, y también son lubricados de un líquido circulante, proveniente de una fuente externa. Figura 3.13.

Este arreglo es usado cuando el fluido en operación se convierte en abrasivo al enfriarse y cristalizar o al contacto atmosférico, y en el manejo de fluidos tóxicos u inflamables por medidas de seguridad. También es una forma de escalonar diferencias de presión.

III.4. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS SELLOS MECANICOS DOBLES.

Ambos sellos mecánicos que forman al sello mecánico doble operan en un ambiente de fluido secundario conforme a los planes 53 y 54 del API



(AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE), manteniendo una presión mayor que la presión normal en la caja de estoperos de la bomba. La presión diferencial asegura que cualquier fuga será del fluido secundario hacia el proceso, o hacia la atmósfera. Ambos sellos son enfriados y lubricados por el líquido secundario, el cual es recirculado mediante un recipiente externo que mantiene la presión en el alojamiento de los sellos, superior a la del fluido secundario.

Aparte de enfriar y lubricar ambos sellos, el recipiente externo sirve para aislar el producto del medio ambiente. Las emisiones del producto son bloqueadas efectivamente.

El sistema recomendado debe incluir preferentemente un serpentín de enfriamiento en el recipiente, así se provee de un enfriamiento eficaz para manejar un amplio rango de condiciones de operación.

Este sistema es un paquete completo de monitoreo del fluido a manejar, pues nos mide la presión en el alojamiento de los sellos, el nivel del fluido secundario y las fugas del sello. Es de fácil mantenimiento requiere de poco espacio y por la importancia del producto equivale a un bajo costo.

III.5. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DEL SELLO MECÁNICO EN TANDEM.

En un sello mecánico en tandem, se utilizan dos sellos. “El sello mecánico primario”, opera en el ambiente del fluido bombeado bajo la presión normal de la caja de estoperos. “El sello mecánico secundario”, opera en un fluido secundario (Plan API 52) que se mantiene a una presión menor de la caja de estoperos de la bomba (típicamente a presión atmosférica).

Tanto los sellos dobles como los tandem, son empleados para evitar fugas por completo del producto, pero que criterio es conveniente tomar, para elegir entre el uso de un tipo de sello y el otro.

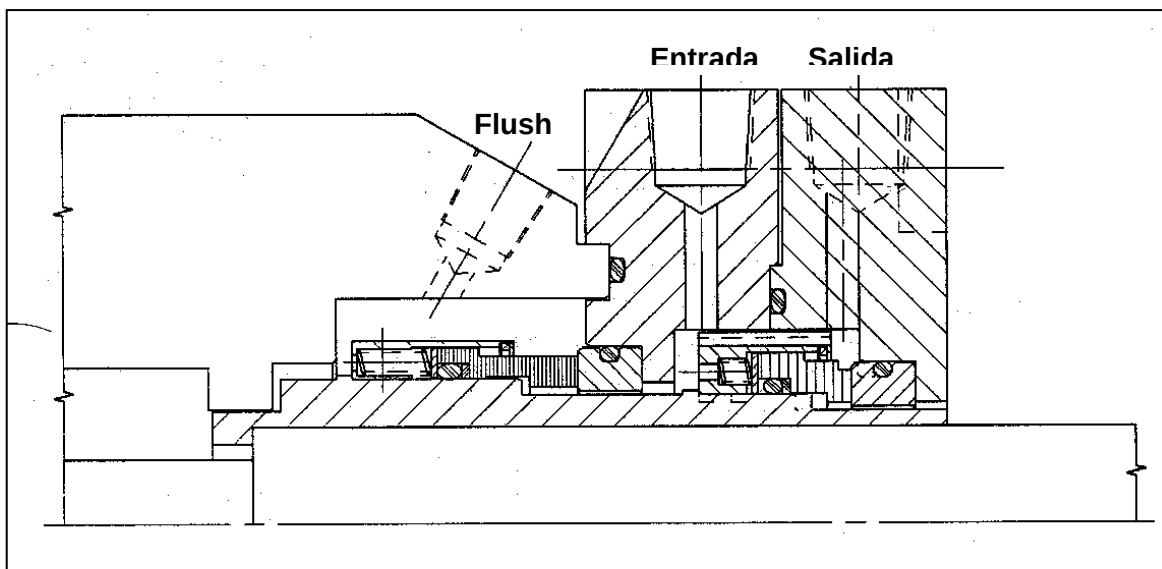


Figura 3.13. Arreglo de sello mecánico en tandem. El flush es para el lavado del sello mecánico primario. Y la entrada y salida, del fluido secundario, para la cámara de alojamiento del sello mecánico secundario.

Primeramente analizar el producto a manejar, es decir, si el líquido bombeado es venenoso como ocurre con todos los ácidos; por ejemplo: el ácido fluorhídrico (HF), el ácido sulfúrico (H_2S), el ácido clorhídrico (HCL) y el amoniaco, o muy contaminantes como suele ser el MTBE (Metil Terbutiil Ether), plomo y azufre. Para éstos casos, es indispensable, que por ningún motivo ocurra una fuga, para ello, se requiere el sello más seguro, que es el doble.

En cambio, al bombear un líquido común, hablese de cualquier hidrocarburo, con una gravedad específica menor a 0.7. Lo más aconsejable es un sello múltiple para que no fugue en forma de vapor, y sólo basta con emplear un sello Tandem.

Otro punto en consideración, es saber si el sistema acepta que el líquido bombeado se mezcle con el lubricante del sello. Cuando es posible y casi siempre ocurre con los productos primarios, se recomienda utilizar un sello doble, pero en el caso de que el producto no deba ser contaminado, suele emplearse un sello tandem.



También hay que tener en cuenta, de que los sellos dobles son convenientes en aplicaciones con vapor y productos de pobre viscosidad, los cuales rinden una película inestable de fluido. Y los sellos tandem, cuando el producto se vuelve abrasivo al cristalizar en contacto con la atmósfera, así como con líquidos inflamables o tóxicos.

El último criterio es el económico. El fluido barrera, para un sello doble, debe mantenerse siempre a una presión mayor que la de bombeo, lo que hace más caro a su sistema para operar, que el de un sello tandem.

III.6. COMO EVITAN LOS SELLOS MULTIPLES QUE FUGUE EL LIQUIDO BOMBEADO AL MANEJAR HIDROCARBUROS.

Tanto el arreglo doble como el tandem, evitan la fuga del producto, por medio de la circulación de un líquido externo como sello, con una presión y temperatura controladas.

En el doble, el líquido es inyectado en la cavidad, a una presión mayor que la presión de funcionamiento del estopero, con una diferencia mínima de 25 psi. El líquido lubricante forma una barrera que evita al producto pasar a través del sello interno, por el contrario, el líquido barrera fuga por éste medio hacia el estopero, mezclándose con el producto. Por lo que si llega a fallar cualquiera de los sellos de un arreglo doble, la presión del liquido barrera evita al líquido bombeado fugar a la atmósfera.

En un arreglo tandem, el líquido en la cavidad del sello se utiliza como barrera a la atmósfera y está a una presión menor que la existente en el estopero. Por tanto, las fugas del sello interno son del estopero a la cavidad que contiene el líquido barrera, donde la mezcla es canalizada a una línea de recuperación. A diferencia del sello doble, el sello interno de un arreglo tandem, utiliza lavado para eliminar el calor por fricción.

En una cámara de mayor presión que la del estopero, está montado el sello externo, el cual sirve de respaldo al primario. De manera que si llega a fallar éste último, es probable, que fugue el producto. Por eso se afirma, que un sello doble es más confiable que un sello tandem.



Existen dos consideraciones básicas que afectan en la selección del líquido barrera.

- I. Debe ser un líquido estable, con propiedades lubricantes.
2. En cualquiera de los arreglos de sellos múltiples, está presente la mezcla del producto y el líquido barrera, debiendo ser por lo tanto compatibles.

A continuación se indican los líquidos selladores convenientes:

RANGO DE TEMPERATURA	SELLADOR
-120°C a -90.C	Propano
-90.C a -30.C	Metanol o propano
-30.C a 20.C	Queroseno o aceite hidráulico
20.C a 200.C	Aceite ligero o gasóleo

Como recomendación general, puede usarse un aceite ligero del que normalmente se dispone en las refinerías para aplicaciones de sellado de hidrocarburos. Pero definitivamente hay que adecuarse a las disposiciones de la planta 450°F.



CAPÍTULO IV. INGENIERÍA BÁSICA EN LOS SELLOS MECÁNICOS.

En éste capítulo se tratarán temas como: materiales de construcción de los sellos mecánicos, características del fluido a manejar, sistemas de lubricación así como factores que favorecen o perjudican el funcionamiento del sello mecánico, los cuales son importantes para la selección de un sello mecánico.

IV.1. MATERIALES DE FABRICACIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICO.

Los materiales de construcción adecuados de un sello, no sólo deben basarse en la lista de materiales recomendados para el sellado de fluidos, también hay que considerar, las propiedades mecánicas del material, es decir, de acuerdo al servicio, un material puede ofrecer mayores ventajas que otro, siendo ambos propios para el sellado del fluido. Por tal motivo, en la siguiente sección, se señalan las características principales de los materiales de construcción más comunes en un sello.

IV.2. MATERIALES DE FABRICACION DE LAS CARAS DE CONTACTO.

La selección de los materiales en las caras de contacto o de fricción es uno de los pasos más importantes para asegurar un buen funcionamiento del sello mecánico. Los materiales deben ser duros, resistentes a la corrosión y capaces de aceptar una planicidad. La mayoría de los materiales para la cara tienen pocas características para soportar el deterioro cuando entran en contacto con otra superficie del mismo material. Por lo tanto, dos materiales diferentes, uno más suave que el otro, son seleccionados comúnmente.

En ambientes extremadamente abrasivos o corrosivos es a veces preferible aparear superficies del mismo material, pero solamente es práctico con materiales extremadamente duros tales como carburo de tungsteno o carburo de silicio. En estos casos, el líquido sellante o el producto debe tener capacidad lubricante adecuada para evitar que las caras se agrieten con el calor.



A continuación se describen los materiales más usados para la fabricación de los sellos mecánicos.

a) METALES.

- i. **Stellite:** Es una fundición sólida de stellite, también se puede usar como soldadura de aporte, se deposita sobre una superficie o base de acero inoxidable 316.
Esto es un sistema práctico. El stellite tiene una resistencia a la corrosión superior a la de los aceros inoxidables de serie 300 AISI, con composición básica de 18% cromo y 8% Níquel.
El stellite puede usarse con una variedad amplia de productos y lubricantes, pero no se recomienda para uso con agua por la tendencia del agua a extraer el cabalto por filtración. El stellite, como material para caras de sello, ha sido reemplazado en gran parte por el carburo de tungsteno que es más versátil.
- ii. **Ni-Resist:** Este es un material económico, que en algunos casos es usado en servicios suavemente corrosivos. El Ni-Resist es un material de hierro fundido de 42-67%, con 13-32% Níquel, 10% Cobre y pequeños contenidos de otros metales. Usualmente aplicable, en el sellado de productos derivados del petróleo
- iii. **Bronce:** El bronce es un material excelente para las caras para aparear con carburo de tungsteno. Como tiene una mayor resistencia a la abrasión y más resistencia estructural que el carbón, el bronce se usa para los servicios de agua para irrigación de tuberías y aceite crudo donde ocurre comúnmente abrasión. El módulo de elasticidad más alto y otras propiedades físicas del bronce permiten su uso en aplicaciones de alta presión, donde el carbón no sería práctico por su fragilidad. El bronce no produce chispas que es una ventaja en ambientes explosivos e inflamables. El bronce tiene una resistencia a la corrosión relativamente baja, de manera que debe aplicarse con cuidado en ambientes corrosivos. No se acepta para servicios con alimentos por su contenido de estaño y plomo.
- iv. **Hastelloy (B o C):** Principalmente empleado en unidades de compresión, que requieren un alto grado de resistencia a la corrosión y casi es inerte al ataque químico.



- v. **Oxido de cromo:** En este caso se hace una aplicación de óxido de cromo sobre una superficie metálica normalmente de acero inoxidable 316. La capa estándar contiene 93-96% de óxido de cromo. Este recubrimiento de cerámica puede dañarse por impacto o choque térmico. Pero este tipo de aplicaciones son menos frágiles que un asiento de cerámica sólida, por lo tanto el oxido de cromo tiene aplicación para mayor velocidad y presión. El uso de la base metálica hace posible el suministro de asientos no estándar y en pequeñas cantidades. La resistencia a la corrosión de la base metálica se limita solamente por la metalurgia, que debe ser seleccionado con un ritmo de corrosión menor de 0.002 pulgadas (0.05 mm.) de penetración por año.

b) MATERIALES CERAMICOS.

- i. **Cerámica.** Normalmente se usa en los asientos estacionarios. Su composición química es de 99.5% de óxido de aluminio. Por su dureza la cerámica ofrece excelentes características al desgaste. Más aún como la cerámica contiene menos del 5% de silicatos, es químicamente inerte y puede aplicarse a casi cualquier producto, inclusive a hidróxido de sodio y ácido hidrofúorídrico. Su pureza es un factor primordial para la resistencia de un mayor grado de choque térmico que la cerámica de menor pureza, pero los asientos de cerámica no son tan resistentes como los asientos metálicos.

La cerámica está limitada a presiones y velocidades moderadas. La cerámica en tamaños estándar, su costo es relativamente bajo, pero en pequeñas cantidades y en dimensiones no estándar, el costo y el tiempo de entrega hace que las cerámicas sólidas sean imprácticas.

- ii. **Carbón.** Es un material usado frecuentemente en la cara rotativa del sello mecánico. El carbón tiene excelentes cualidades de antifricción y es compatible con un amplio rango de temperaturas y ambientes corrosivos. Sin embargo, debido a su módulo de elasticidad bajo, el carbón-grafito puede fracturarse o distorsionarse bajo presión.



- iii. **Carbón para servicios generales.** Tiene baja porosidad y el módulo de elasticidad más alto dentro de los varios grados disponibles. Se forma combinando carbón grafito con un aglomerante de residuo del petróleo. Ésta mezcla es sinterizada, causando la carbonización del aglutinante. La estructura que resulta es impregnada luego con una resina para llenar los vados en el material básico. Aunque químicamente el carbón general es prácticamente inerte, se descompone en presencia de algunos agentes oxidantes fuertes, tales como el ácido nítrico o el hipoclorito de sodio.
- iv. **Carbón servicios químicos.** Este carbón tiene un elemento impregnado que es químicamente resistente a los agentes oxidantes fuertes que atacan al carbón general. A pesar de que soporta agentes químicos, tiene mayor porosidad y características de uso menos deseables.
- v. **Carburo de tungsteno.** El carburo de tungsteno es uno de los materiales más versátiles disponibles para la fabricación de las caras del sello, porque tienen dureza superior, un alto rango de resistencia química y propiedades de antifricción excelentes. El costo inicial del carburo de tungsteno puede ser más alto que de otros materiales en algunos diseños de sellos, pero su costo adicional se justifica en muchas aplicaciones en donde su funcionamiento es muy superior.

El carburo de tungsteno se usará rutinariamente en aplicaciones para alta presión donde su alto módulo de elasticidad ayuda a evitar distorsiones de la cara. El carburo de tungsteno también ofrece características de uso extraordinarias en presencia de líquidos con propiedades de lubricación muy pobre. Usualmente se puede reparar varias veces y funciona más tiempo entre reparaciones que muchos otros materiales.

Los tres grados de carburo utilizados en los sellos mecánicos son los siguientes:



GRADO	AGLUTINANTE	COMENTARIOS
62-6	Níquel	Grado estándar.
"M"		Amplio rango de aplicaciones. Adecuadas para productos del petróleo y la mayoría de los químicos
"A"		
62-1	Cobalto	Se usa en ambiente donde el aglomerante o níquel grado 62-6 sería atacado.
"M1"		Llamado carburo de tantanio por el aglutinante. Se usa en presencia de agentes oxidantes fuertes.
62-3	Titania	

- vi. **Carburo de silicio.** El carburo de silicio es un material cristalino de color negro azulado hecho por fusión de sílice y coque a una temperatura de 4,000° F (2,200° C). El polvo cristalino resultante, tiene una dureza de 2,500 en la escala Knoop, conserva su fortaleza a elevadas temperaturas, tiene un ritmo de expansión térmico bajo, una conductividad térmica alta y una resistencia a la corrosión excelente. Estas propiedades hacen de él, un material ideal para caras de sellos mecánicos, especialmente para aplicaciones en ambientes abrasivos o corrosivos tales como ácido nítrico, ácido hidroclicórico o hipoclorito de sodio. Los tres grados de carburo de silicio se clasifican en 1, 2, y el "V".
- vii. **Carburo de silicio 1.** El carburo de silicio 1 es un material sólido, homogéneo y aglutinado por reacción. La resistencia a la corrosión y a la abrasión, de los carburos de silicio varia sustancialmente según las variaciones del material en porcentaje de silicio libre, tamaño de grano, distribución de silicio libre y el



contenido de carbón libre. Para obtener el máximo de resistencia a la corrosión y a la abrasión, existe un material con 8-12% de silicio libre y grano fino. El bajo coeficiente de fricción, su alta dureza y su alto módulo de elasticidad hacen del carburo de silicio 1 el material ideal para resistir deflexiones en aplicaciones con alta presión, alta temperatura y alta velocidad. Su dureza extrema lo hace el material primordial para aplicaciones con abrasión. El carburo de silicio 1 ofrece excelente resistencia a la corrosión, sin embargo, algunos químicos atacarán el silicio libre en su estructura. Tales químicos incluyen, el hidróxido de sodio y otros cáusticos, ácido hidrofluórico y ácido fosfórico que contiene cantidades pequeñas de ácido hidrofluórico.

- viii. **Carburo de silicio 2.** El carburo de silicio 2 es un material alfa-sinterizado sin silicio libre y su carbono libre que no ha reaccionado.

La estructura cristalina alfa se logra por aglomerado directo del carburo de silicio a 3,600° F (2,000° C). El carburo de silicio 2 tiene una excelente resistencia a la abrasión y es químicamente inerte en todos los ambientes corrosivos, pero no tiene las capacidades de presión-velocidad (P-V) de los otros carburos de silicio.

- ix. **Carburo de silicio V.** El carburo de silicio “V” se crea por la conversión química de un sustrato de carbón-grafito expuesto a vapor de monóxido de silicio a alta temperatura. Las superficies exteriores de este sustrato se convierten en una envoltura muy dura de carburo de silicio con espesor de 0.030 pulgadas. Que luego es impregnada para eliminar la porosidad.

- x. **Teflón cargado con fibra de vidrio.** Por su resistencia química, el teflón se usa ocasionalmente para las caras de un sello, las fibras de vidrio se usan para mejorar su estabilidad y su resistencia al “flujo en frío”. Sin embargo, el teflón relleno con fibra de vidrio tiene poca resistencia al desgaste y su uso se limita a especificaciones de baja presión y velocidad.



IV.3. MATERIALES DE FABRICACION PARA LOS EMPAQUES SECUNDARIOS.

Los empaques secundarios deben ser capaces de proporcionar un sellado entre las superficies. Dichas superficies deben tener un acabado superficial de: superior o igual a 32 rms (rugosidad mínima superficial).

Los elastómeros son los materiales más flexibles y elásticos disponibles para los sellos secundarios. Los anillos O'ring son fabricados de elastómeros.

Otros materiales que ofrecen una mayor resistencia a la temperatura y a los ambientes químicos que los elastómeros, deben usarse a veces a pesar de que pueden ser menos flexibles o más costosos tales como el teflón, teflón con fibra de vidrio, entre otros.

Se diseñan con configuraciones que tienden a compensar su flexibilidad limitada. Los empaques más comunes son:

- i. **Fluorocarbon (Vitón, Fluorel, Skydrol).** El vitón, también conocido como fluorocarbon o FKM es un copolimero de fluoruro de vinilideno y hexafluoropropileno. El vitón se usa en un amplio rango de aplicaciones, inclusive aquellos con aceites de petróleo, lubricantes de base diester, fluidos de silicio, hidrocarburos halogenados, agua vapor a baja temperatura, una variedad amplia de ácidos y muchos otros fluidos

El vitón tiene excelente tolerancia para uso en temperatura desde 0° F hasta 400° F (-18° C hasta 204° C).

Hay clases especiales de vitón disponibles, compuestos de materiales que cumplen con los requerimientos de FDA (Food and Drug Administration) y USDA (United States Department of Agriculture).

- ii. **Buna-N (Nitrile, NBR).** El buna N llamado nitrilo o NBR es un copolimero de butadieno y acrilonitril con excelente resistencia a los productos de petróleo y aceptado ampliamente para el uso de aplicaciones con agua. El buna N tiene baja resistencia al ozono, a la luz del sol y a la intemperie así que los anillos o'ring de buna para repuesto deben almacenarse en un área protegida



donde no estarán expuestos a la luz directa del sol o al ozono generado por equipo eléctrico.

En buna N puede usarse a temperaturas desde -40°F hasta 225°F (-40°C hasta 105 °C).

Una clase especial de buna N, compuesto de materiales que cumplen los requerimientos de FDA Y USDA (Agencias del gobierno americano para control de alimentos y drogas vendidas al público), está disponible para uso en contacto casual de alimentos.

No debe ser aplicado en acetonas, ácidos fuertes o hidrocarburos halogenados.

- iii. **Etileno Propileno (EPDM, Nordel, Cranelast).** También conocido como EPR, es un copolímero hecho de monómeros de etileno y propileno. El EDT o EPDM, que contiene un tercer monómero, es terpolímero etileno propileno.

Tanto el EPR como el EPT se usan ampliamente en la industria del sellado. El EPR tiene una resistencia excelente a la corrosión para ácidos diluidos y alcalinos, acetonas, alcoholes, agua, vapor y fluidos hidráulicos de fosfato de éster, pero no se recomienda su uso en aceites de petróleo o lubricantes con base de di-éster, se recomienda el EPT con resistencia adicional a la oxidación y a la radiación para servicio nuclear.

Los materiales EPR y EPT son aplicables para uso en temperaturas de -40°F hasta 350°F (-40 °C hasta 177°C).

- iv. **Neopreno (Chloroprene).** El neopreno es un homopolímero de cloropreno y cloro butadieno. Este fue uno de los primeros cauchos sintéticos que se pusieron a la disposición para la fabricación de sellos. Todavía se utiliza para el sello de refrigerantes tales como freón y amoníaco y algunos otros servicios livianos. El neopreno tiene una resistencia única a los lubricantes de petróleo.



El neopreno, lo mismo que el buna N, puede usarse a temperaturas de -40°F hasta 125°F (-40 °C hasta 107 °C).

- v. **Kalrez.** El Kalrez es un perfluor elastomérico, es un copolímero de tetrafluoroelileno y perfluormetilo vinilo éter. Tiene muchas de las propiedades elastoméricas del vitón y resistencia química y de calor del TFE, con ciertas ventajas de ambos. El kalrez tiene excelente resistencia a la corrosión para solventes, ácidos y bases orgánicas e inorgánicas, agentes oxidantes fuertes, compuestos halógenos metálicos, mercurio caliente, cloro, combustibles, y fluidos para transferencia de calor.

No se recomienda para el uso de aminas y solventes fluorinados sus temperaturas son de 0°F hasta 500°F, (-18°C hasta 260°C).

- vi. **Hypalón.** Proporciona una buena resistencia al ácido. El hypalón no es tan deseable como otros materiales elastoméricos, por lo que es usado, sólo cuando los demás materiales no soportan a un líquido en particular

- vii. **Silicon.** El silicón fue el primer elastómero para alta temperatura, su rango de temperatura es de -90°F hasta 450°F.

También resiste excelentemente el ataque del ozono. Desafortunadamente no resiste fluidos con altas temperaturas. El silicón no es recomendado para el sellado dinámico debido a su pobre resistencia tensil, a la abrasión y mantiene un alto coeficiente de fricción.

Es recomendado para el manejo de anilinas, pero no es recomendado para el manejo de los derivados del petróleo y acetonas.

- viii. **Grafoil.** Es un producto totalmente de grafito y no contiene ninguna de las resinas aglutinantes o de los materiales orgánicos que limitan el uso de otros materiales de sellado secundario. El grafoil es casi inerte químicamente y es altamente resistente a todas las formas de radiación nuclear. Es vulnerable solamente al ataque de los líquidos oxidantes tales como el ácido nítrico.



Este material debe manejarse muy cuidadosamente, debido a que se daña muy fácilmente. El grafoil tiene muy poca memoria de forma o efecto de resorte cuando se somete a compresión. Su rango de temperatura es desde -450°F hasta 750 °F. (-268°C hasta 400°C)

- ix. **Teflón.** Este tipo de empaque normalmente es maquinado de tochos de material POLITETRAFLUORETILENO (TFE) sólido, por ser inerte, el teflón se aplica con frecuencia como sellado secundario donde los elastómeros estarían expuestos al ataque químico. Sin embargo, el teflón no tiene la flexibilidad de los materiales elastoméricos, que son más confiables como materiales para sellos secundarios y deben usarse donde sea posible. Su rango de temperatura es de -73° C hasta 260° C.

IV.4. METALURGIA REQUERIDA PARA EL CUERPO DE LOS SELLOS MECÁNICOS.

La metalurgia para los sellos mecánicos debe seleccionarse por resistencia mecánica y por resistencia química.

- i. **Acero Inoxidable 304 y 316.** Los aceros inoxidables 304 y 316 son las aleaciones más usadas en la manufactura de los sellos mecánicos sin lugar a duda el material más popular. El acero inoxidable 316 ofrece, a un costo económico, un nivel de resistencia apropiada a la corrosión a una amplia variedad de productos. Aunque el acero inoxidable 304 es muy similar al acero inoxidable 316, es menos resistente al ataque químico.
- ii. **Acero Inoxidable 20.** La clase 20 de acero inoxidable se usa en ambientes que requieren mayor resistencia a la corrosión que la de los aceros inoxidables 304 y 316.
- iii. **Hastelloy.** El hastelloy es una aleación de níquel-molibdeno, notorio por su alta resistencia a la corrosión, se usa en ambientes extremadamente corrosivos.



- iv. **Acero Inoxidable AM-350.** Esta clase es un acero inoxidable endurecido que tiene una resistencia a la corrosión similar a la del acero inoxidable 304. Es apropiado para ambientes benignos. Debidamente tratado térmicamente, el AM-350, es un material excelente para cápsulas de fuelle metálico, porque es tres veces más fuerte que el acero inoxidable 304 o el 316.
- v. **Inconel.** Los inconeles 600 y 718, aleaciones de hierro, níquel y cromo, son excelentes para uso en ambientes corrosivos a alta temperaturas. Ambos tienen excelentes propiedades mecánicas a bajas temperaturas (criogénicas) y a altas temperaturas (pirogénicas). Se usan en aplicaciones demasiado corrosivas para el acero inoxidable tales como con productos de petróleo amargo que contienen sulfuro de hidrógeno.
- vi. **Monel.** El uso de Monel, un metal con base de níquel y cobre, se necesita a veces para resistir el ataque de líquidos severos tales como el ácido hidrofúrico. Como casi no contiene hierro, el Monel es más resistente a la corrosión que el acero inoxidable de clase 20.
- vii. **Acero Inoxidable 17-4 PH.** El acero inoxidable clase 17-4 PH se usa para sujetar insertos de carburo de tungsteno o silicio. Este material resiste ataque corrosivo mejor que cualquiera de los aceros inoxidables endurecidos estándar y es comparable a las clases de acero inoxidable 302 y 304 en la mayoría de los medios. Es aplicable cuando se manejan alimentos y soluciones esterilizantes, a la mayoría de los químicos orgánicos y tintas, a la variedad amplia de químicos inorgánicos. Tienen buena resistencia al ácido nítrico resistencia moderada al ácido sulfúrico y resistencia pobre al ácido hidroclicorico.
- viii. **Níquel.** El níquel es particularmente conveniente donde se requiere resistencia a medios cáusticos y otros álcalis. También es útil para proteger la pureza del producto en el manejo de alimentos y fibras sintéticas.



- ix. **Tantalio.** La resistencia a la corrosión del tantalio se parece a la del vidrio. Ambos son inertes a todos los ácidos con lo excepción del ácido hidrofúrico, a temperaturas normales, y ambos son atacados por álcalis calientes y fuertes.
- x. **Titanio.** El titanio tiene una excelente resistencia a la corrosión y tiene resistencia comprobada al ácido nítrico y al dióxido de cloro. En algunos ambientes ofrece una resistencia a la corrosión superior a la de cualquier otro material disponible comercialmente.

IV.5. EL PROCESO DEL LAPEADO EN LA MANUFACTURA DE LOS SELLOS MECANICOS.

Sin el proceso del lapeado la manufactura de los sellos mecánicos no tendría sentido, debido a que es, el trabajo que le da la planicidad a las caras de contacto del sello mecánico, las cuales, son el alma de este.

IV.5.1. DEFINICION DE LAPEADO.

El lapeado se define como un proceso de remoción por medio de un abrasivo libre, aplicado entre la superficie de trabajo y de la maquina.

La lapeadora es una máquina constituida por varios componentes los cuales son: un motor, un reductor y un plato metálico perfectamente rectificado el cual servirá de soporte para las piezas a lapear y el abrasivo de desbaste.

Sobre el plato lapeador se utiliza también, un aceite llamado vehiculo lapeador o pasta lapeadora, el vehiculo o aceite cumple varias funciones, entre ellas se encuentra la de ser un lubricante que reduce el calor generado debido a la fricción, pero lo más importante es la de servir de transporte del grano abrasivo. Además provoca oposición a la fuerza centrifuga, evitando que el abrasivo salga expulsado del plato. Alrededor del plato se montan unos anillos contenedores, llamados, anillos acondicionadores, los anillos están soportados por unos brazos que impiden su expulsión por la fuerza centrifuga del plato lapeador, estos anillos giran



debido a la transmisión del movimiento generado a partir del plato. Las caras de los sellos mecánicos se colocan en el interior de los anillos, las cuales a su vez girarán por la misma razón mencionada, asegurando con esto, que el lapeado sea uniforme.

IV.5.2. OBJETIVO DEL LAPEADO.

El objetivo del lapeado es producir una planicidad en las caras de contacto de los sellos mecánicos y para lo cual es necesario mantener la planicidad del plato al tiempo de efectuar la remoción del material. Los anillos acondicionadores, normalmente tres o cuatro cumplen esta función de dos formas.

Aseguran el lapeado de las piezas manteniendo estas en constante movimiento provocando así la remoción. La otra es que los anillos provocan un movimiento de las piezas, del exterior al interior del plato, evitando que sufra ondulamiento ayudando a mantener la planicidad.



CAPÍTULO V. SELECCIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS.

V.1. PROPIEDADES DE LOS LÍQUIDOS.

Se deben considerar, diferentes condiciones para la selección de los sellos mecánicos. Existen algunas propiedades de los líquidos que afectan significativamente para la selección del sello mecánico, así como la bomba, entre las que se encuentran:

V.1.1. DEFINICION DE FLUIDO.

Es todo cuerpo que es capaz de tomar la forma del recipiente que lo contiene, debido a su poca cohesión intermolecular, los fluidos tienen la propiedad de acción de contacto, es decir, que transmiten la presión en todos los sentidos y perpendicularmente a las paredes del recipiente. Por principio de acción y reacción, las paredes del recipiente ejercen presiones iguales sobre el fluido.

Los fluidos se clasifican en líquidos y gases.

Los líquidos, a una presión y temperatura determinadas ocupan un volumen determinado. Introduciendo el líquido en un recipiente adopta la forma del mismo. Si sobre el líquido reina una presión uniforme, por ejemplo la atmosférica, el líquido adopta una superficie libre plana, como la superficie de un lago o la de un cubo de agua.

Los gases a una presión y temperatura determinada, tiene también un volumen determinado, pero puestos en libertad se expansionan hasta ocupar el volumen completo del recipiente que lo contiene.



V.1.2. DENSIDAD.

Es la relación entre la masa de un cuerpo sólido o líquido y la masa de agua a la temperatura de 4°C que ocupa el mismo volumen y se define como la masa por unidad de volumen.

$$\rho = m/v$$

Donde: **m** es la masa en kg
v es el volumen en m³

La densidad del agua destilada a una temperatura de 4 °C es máxima e igual aproximadamente a:

$$\rho = 1.0 \text{ kg/ dm}^3.$$

V.1.3. DENSIDAD RELATIVA.

La densidad relativa o gravedad específica, afecta a la carga requerida para dar una diferencial de presión estipulada, el flujo másico para un flujo volumétrico dado, y la potencia requerida por la bomba.

V.1.4. VISCOSIDAD.

La viscosidad es una propiedad de los fluidos que puede influir de manera decisiva en la selección del tipo de bomba; afecta la eficiencia y características carga-capacidad del equipo, requiriendo de mayor potencia.

Si el líquido es altamente viscoso, dificulta el arranque de la bomba, siendo necesario recurrir al calentamiento del fluido de la carcasa.

V.1.5. PESO ESPECÍFICO.

El peso específico de un fluido no es una propiedad intrínseca del mismo, si no que depende del efecto de la gravitación, la cual varía de un lugar a otro. Por lo tanto el peso específico cambia si el volumen se mantiene constante y la gravitación cambia.



V.1.6. PRESIÓN.

Es la fuerza ejercida perpendicularmente a una superficie por un fluido, por el peso o el empuje de un sólido. En los líquidos la presión es también perpendicular e igual en todos los sentidos a las paredes del recipiente.

$$P = \frac{F}{A} \quad \frac{\text{gr}}{\text{cm}^2} \quad \frac{\text{N}}{\text{m}^2}$$

Donde:

P: es la presión (kg/m^3).

F: es la fuerza (m).

A: es el área

En la práctica se expresa con frecuencia la presión en altura equivalente de columna de un líquido determinado; en metros columna de agua o en milímetros columna de mercurio.

La presión no es una longitud, si no una fuerza por una superficie. Como excepción puede seguirse utilizando como unidad de presión el mm. de columna de mercurio, que recibe el nombre de Torr (en atención a Torricelli), nombre que debe sustituirse por el de mm.c.m.

1 milímetro de Hg= 1 Torr.

$$P = \rho gh$$

Donde:

ρ : es la densidad en (kg/m^3).

h: es la altura en (m).

g: es la aceleración de la gravedad en (m/s^2).

V.1.6.1 PRESIÓN ATMOSFÉRICA.

Es la fuerza ejercida sobre un área por el peso de la atmósfera.

Sobre la superficie libre de un líquido reina la presión del aire o gas que sobre ella existe. Esta presión puede adquirir un valor cualquiera en un recipiente cerrado, pero si el recipiente está abierto, sobre la superficie libre del líquido reina la presión atmosférica, debido al peso de la columna del aire que gravita sobre el fluido.



La presión atmosférica varía con la temperatura y la altitud, la presión media normal a cero grados y al nivel del mar es de 760 TORR = 1.01396 bar, y se llama atmósfera normal

Comúnmente es usada la atmósfera técnica que es igual a 1 bar, por lo tanto tenemos tres presiones atmosféricas.

PRESIÓN ATMOSFÉRICA NORMAL 1.01396 BAR

PRESIÓN ATMOSFÉRICA TÉCNICA 1 BAR

PRESIÓN ATMOSFÉRICA LOCAL Y TEMPORAL: depende del lugar y tiempo determinado.

V.1.6.2 PRESIÓN DE VACÍO.

Es usada para expresar presiones menores que la atmosférica. Es frecuentemente usada en pulgadas de mercurio, la presión atmosférica al nivel del mar es de 29.92 pulgadas de mercurio.

V.1.6.3 PRESIÓN DE VAPOR.

La presión de vapor en un líquido, es la presión a la cual el líquido presentara un fogonazo, hervirá a una temperatura dada. Cada líquido tiene su propia presión de vapor única. A 212° F (100° C) el agua tiene una presión de vapor de 14.7 psia (1 bar absoluto). Si un producto debe manejarse a su punto de ebullición o cerca de el, su punto de presión de vapor debe considerarse en la relación a la presión y a una temperatura en la cámara del sello. Si el calor generado por el sello causa que el líquido sellante hierva a la presión de la cámara del sello, la película del líquido entre las caras del sello se evaporará. Por ejemplo, los hidrocarburos livianos, el gas de petróleo licuado (LPG) requiere una presión en la cámara del sello por lo menos de 25 a 50 psi (1.5 a 2 bar) mayor que la presión de vapor del producto a la temperatura de la cámara del sello para mantener una película del líquido entre las caras del sello.

Una proporción apropiada de presión y temperatura en la cámara del sello puede obtenerse aumentando la presión o bajando la temperatura en la cámara del sello.



Una línea de derivación para recirculación y un aditamento de recirculación para la garganta, se utilizan para mantener la presión requerida en la cámara del sello.

La presión de vapor de un producto es también importante en consideraciones de seguridad. Ciertos dispositivos especiales, tales como ventilación, drenaje, cojinetes o un prensaestopas auxiliar en la brida pueden ser recomendables.

V.1.6.4. LA PRESIÓN EN LA CAJA DE ESTOPEROS.

La presión en la caja de estoperos es la presión que debe estar en el sello mecánico, varía ampliamente con el diseño del equipo. La caja de empaquetadura o caja estopérica en la mayoría de las bombas centrífugas de succión, en el extremo, está sometida a la presión de la succión de la bomba, más un pequeño porcentaje de la presión diferencial entre la succión y la descarga. La caja estopérica en una bomba vertical está a menudo sometida a la presión de descarga total de la bomba. Muchas bombas, de múltiples etapas tienen una caja de estoperos, sometida a la presión de la bomba y otra caja de estoperos, sometida a la presión de una etapa intermedia a la presión de descarga.

Entonces es necesario saber más de las presiones de succión y de descarga de la bomba para determinar la presión que afecta al sello mecánico.

La mejor fuente de información sobre la presión en la caja de estoperos es el fabricante del equipo original.

La mayoría de los fabricantes de bombas han probado su equipo para determinar las presiones en la caja de la empaquetadura y pueden suministrar esta información rápidamente para cualquier tipo de condiciones de operación. En el caso de equipo instalado en campo, la forma más fácil de determinar la presión en la caja de estoperos es instalar un manómetro en un orificio roscado en la caja de estoperos.



V.1.7. CORROSIVIDAD:

El grado de corrosividad del producto determinará la metalurgia del sello y la selección del material para las caras del sello y los sellos secundarios en cualquier aplicación específica. Sin embargo las características del desgaste de los materiales de construcción deben también considerarse. Algunos materiales tienen excelente resistencia a la corrosión pero tienen características de alto desgaste mientras que otros materiales tienen excelentes características al desgaste pero poca resistencia a la corrosión.

V.1.8. TEMPERATURA:

La temperatura de operación es la condición que más variaciones ofrece para la selección de la bomba y el sello mecánico, debido a que afecta significativamente las propiedades de los fluidos como, la corrosividad, la densidad y la viscosidad, además de modificar el comportamiento y las características de los materiales. Por mencionar se presentan los siguientes ejemplos:

- En el caso del coque y la melaza, cuando la temperatura de operación es inferior a los 200° F, se vuelven muy viscosos.
- La presión de vapor se incrementa conforme aumenta la temperatura.
- Los hidrocarburos líquidos en su mayoría se vuelven altamente volátiles si operan a bajas temperaturas
- La velocidad de corrosión en los aceros aumenta, al operar con altas temperaturas
- La expansión térmica de las partes de la bomba tienden a distorsionar los claros internos y el alineamiento de la flecha, dañando directamente al sello mecánico y rodamientos.
- Algunos materiales pierden resistencia a la corrosión a temperaturas extremas.



Además deben considerarse los siguientes factores para la selección y recomendación de un sistema de sellado adecuado:

1. ¿Suministrará el producto lubricación adecuada a las caras del sello a la temperatura de operación?
2. ¿Qué tan corrosivo será el producto a la temperatura de operación?
3. ¿Se vaporizara o se solidificara el producto con el cambio pequeño de temperatura?
4. ¿Cuáles son los límites de temperatura de las materiales de construcción del sello mecánico?

El API-610 recomienda que para temperaturas de operación, superiores a 350° F la bomba horizontal debe ir montada a línea de centros; si es mayor a los 400° F, la carcasa debe ser de corte radial, y si está por encima de los 600° F, se requiere de un diseño especial del sello mecánico.

V.1.9. LÍQUIDO TÓXICO.

Al ser tóxico el líquido bombeado, puede causar graves daños de salud a los operarios, por lo que es indispensable evitar fugas del producto, para lo cual, el empleo de sellos múltiples es la solución.

De igual manera, las condiciones de operación influyen sobre la selección del sello mecánico, entre las más significativas están:

V.1.10. LA ABRASIVIDAD.

Los productos que tienen sólidos abrasivos y los que tienden a solidificarse o precipitarse se encuentran en muchas de las principales industrias de proceso. El sello de estos productos, presenta el desafío más serio a la aplicación con éxito de un sello mecánico y requiere de una comprensión clara de las características físicas de los fluidos abrasivos y su efecto en el funcionamiento del sello mecánico.

Un sello mecánico de cara de extremo aplicado a un producto abrasivo, está supeditado a cinco tipos de fallas comunes.



1. Desgaste excesivo de las caras del sello.
2. Atascamiento del sello mecánico.
3. Atascamiento del lado opuesto a la atmósfera.
4. Erosión.
5. Desgaste del mecanismo de tracción.

Hay cuatro tipos de productos abrasivos con diferente constitución física.

1. Lechadas abrasivas no fibrosas.
2. Lechadas fibrosas.
3. Sólidos disueltos.
4. Fluidos termo-sensitivos.

Las lechadas abrasivas no fibrosas que incluyen fango de perforación, tierras diatomáceas, carbón, arcilla y dióxido de titanio son algunos de los productos abrasivos más comunes que se encuentran en la industria. A pesar de que cada una de esas lechadas son diferentes, todas ellas presentan problemas de sellado similares. A menos que se expliquen los diseños y los sistemas auxiliares adecuados, los sólidos se acumularán en el lado del producto o el lado del sello expuesto a la atmósfera y esto causa un desgaste acelerado en ambos, la cara del sello y el mecanismo de tracción.

Los sellos mecánicos de fuelle metálico operan bien en fluidos que tienen hasta 10% de sólidos por peso si la lechada abrasiva está en el diámetro exterior del fuelle.

Una descarga de derivación debe usarse para evitar que la lechada se acumule en la caja estoperica, pero esta descarga no debe colocarse directamente sobre el fuelle por que, debido a la alta velocidad, el impacto directo de los abrasivos podría erosionar las hojuelas del fuelle.

En aplicaciones en donde la concentración de la lechada sobrepase el 10% de sólidos, inyectar un fluido de barrido (quench), que remueva los sólidos, para después ser drenados puede usarse como solución.



Un aditamento de restricción en la garganta del estopero puede usarse para limitar la dilución del producto. Si la dilución del producto no es tolerable, un arreglo de sello doble es necesario para suministrar un ambiente artificial que aisle el sello mecánico de la lechada abrasiva.

La presión del fluido sellante que se encontrará en la cámara del sello mecánico debe mantenerse siempre de 15 a 25 psi (1 a 2 bar) sobre la presión del producto bombeado. El sello mecánico recomendado deberá ser suministrado con las caras que estén en contacto con el producto duras, y así evitar la erosión que pueda causarles el fluido a sellar.

Los sólidos en muchas de las lechadas con fibras, tales como fluidos del proceso de papel y de la tintorería de textiles tiene una gran variedad de condiciones de operación, por ejemplo, la acción centrífuga que resulta de la rotación del eje y del sello no siempre lanza las fibras, lo que podría ocasionar que el sello mecánico quedara atorado.

Los fluidos que contienen sólidos diluidos, tales como salmuera, solución de galvanización, cáusticos y soluciones de azúcar, son todos potencialmente abrasivos, por que los sólidos de esos fluidos pueden precipitarse o el líquido cristalizarse durante el proceso, especialmente si la temperatura del fluido se baja o parte del fluido se evapora. Las aplicaciones con estos productos presentan problemas potenciales con el desgaste por abrasión en las caras del sello y atascamiento del mismo. Usualmente, la solución más simple y mejor para evitar el atascamiento en el lado atmosférico es el uso de un sello sencillo con un templado externo. Un arreglo con un sello mecánico tandem o doble también puede usarse.

Los fluidos térmicamente sensitivos, tales como el licor negro, asfalto, sulfuro, brea y otros fluidos que se solidifican a ciertas temperaturas, pueden volverse abrasivos si se permite que la temperatura se baje más allá del punto de fusión del producto.

V.1.11. NPSH.

El NPSH (Net Positive Suction Head), que en español significa, Carga Neta Positiva de Succión (CNPS), es la energía total del líquido a la succión de la bomba menos la presión de vapor, transformadas en carga.



Existen dos acepciones del NPSH: el disponible y el requerido.

El NPSHA (disponible), es una característica propia del sistema y se define como la cantidad de carga necesaria a la succión de la bomba, para evitar CAVITACION.

El NPSHA, (disponible). Debe ser siempre mayor que el NPSHR (requerido) de la bomba, para evitar cavitación, y es aconsejable que al menos sea de 2 pies de diferencia.

El NPSHR (requerido) es la carga positiva en pies, que es necesaria para superar las caídas de presión, de la succión de la bomba a los álabes del impulsor y mantener la energía del líquido arriba de su presión de vapor. Varía con el diseño, tamaño y velocidad de la bomba, así como con las condiciones de operación.

V.1.12. CAVITACION.

La cavitación es la formación de burbujas de vapor en el flujo, que se colapsan al pasar de una zona de baja presión a una zona de máxima presión dada en el diámetro máximo del impulsor y se presenta cuando la energía en la línea de succión es menor que la presión de vapor del líquido.

Un líquido aumenta considerablemente de volumen al vaporizar y los efectos de cavitación son tremendamente destructivos, detectándose ruidos anormales, vibración, etc. Si se opera bajo condiciones de cavitación durante mucho tiempo, pueden producirse los siguientes daños:

- Destrucción de los álabes del impulsor.
- Fallas en los baleros.
- Ruptura de la flecha y otras fallas por fatiga de la bomba, y
- Daños muy serios a los sellos mecánicos.



Aparentemente no existe relación entre la cavitación y la falla del sello, pero no es así. Entre uno de los efectos que se presentan al cavitarse una bomba es la excesiva vibración, de la que se originan oscilaciones y desalineamiento de la flecha. Se conoce de antemano, que el accesorio más delicado de la bomba es el sello mecánico, el cual tolera desalineamientos muy limitados, por lo que al exceder éstos límites, el sello se daña y las consecuencias aparecen en forma de desgaste rápido de los pernos y ranuras de los mismos, resortes rotos, desgaste de la flecha en donde están los sellos secundarios y roturas de las caras de carbón, piezas fundamentales del sellado.

También la cavitación puede afectar, cuando la lubricación de las caras del sello, proviene de la descarga de la bomba y la presión de vapor que tiene el líquido es igual o mayor que la presión de la cámara del sello.

De lo anterior se deduce que para bombear un fluido de manera efectiva sin dañar el equipo de bombeo, debe mantenerse en forma líquida.

V.2. PLANES DE LUBRICACIÓN API.

Debido que el funcionamiento de cualquier sello mecánico, tiene base, en el principio de tener dos superficies pulidas en contacto, una girando sobre la otra; existe entre ellas una generación de calor por fricción, que es necesario eliminar. Para lograrlo, es indispensable circular líquido entre las caras, el cual posteriormente recorra todo el sello, hasta desembocar en el fluido principal del equipo. A éste arreglo se le conoce con el nombre de lubricación, circulación o flush.

El líquido de lubricación debe estar limpio, con una temperatura menor a los 82°C (180°F), en las caras tener una presión de 2 Kg/cm² (28 psig) mayor que la presión de la cámara del sello, y tener propiedades lubricantes.

Para que funcione satisfactoriamente el sello mecánico, la lubricación debe estar a una temperatura, presión y flujo controlados; para conseguirlo, existen arreglos de tuberías combinados con accesorios, llamados **Planes de Lubricación**, los cuales son identificados por un número. Cada uno de estos planes es solicitado, dependiendo las características del líquido y condiciones de operación.



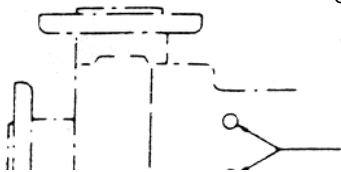
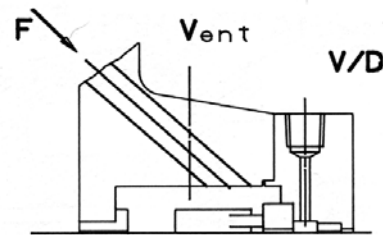
A continuación se muestran los esquemas y la explicación de algunos de los planes de lubricación:

LÍQUIDO DE BOMBEO LIMPIO
FORMA ESQUEMATICA API INSTALACION TÍPICA



Plan 1

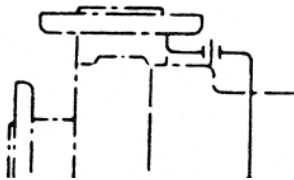
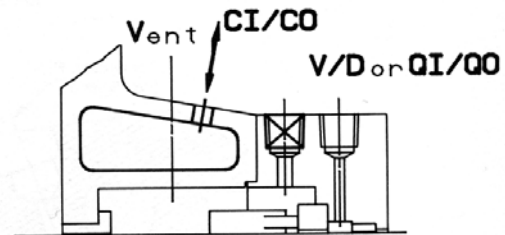
Recirculación integrada (interna), desde la descarga de la bomba al sello.



Plan 2

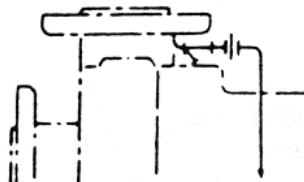
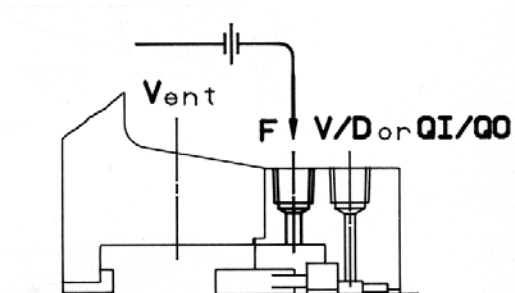
Terminal de la cámara del sello sin circulación de fluido lubricante: chaqueta con agua de enfriamiento y buje de restricción son requeridos cuando se especificue.

Conexiones tapadas para posibles conexiones futuras



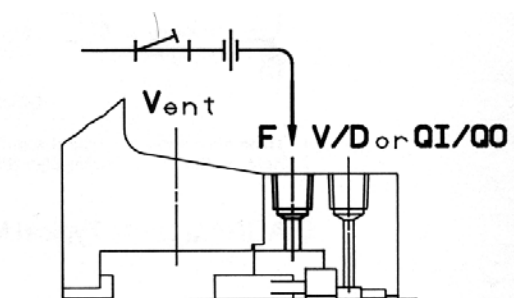
Plan 11

Recirculación desde la descarga de la bomba hacia el sello, pasando por un orificio.



Plan 12

Recirculación desde la descarga de la bomba hacia el sello, pasando por un colador y un orificio.





V.2.1. PLAN 11.

El plan 11 especifica la recirculación del fluido desde la caja de la bomba, hasta el sello a través de un orificio.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO:

El fluido de lubricación es obtenido desde una toma de la descarga de la bomba, donde existe una alta presión. Ya que la presión diferencial de la descarga y la cámara del sello son constantes, un orificio de diámetro apropiado, puede suministrar el flujo adecuado al sello para la remoción de calor.

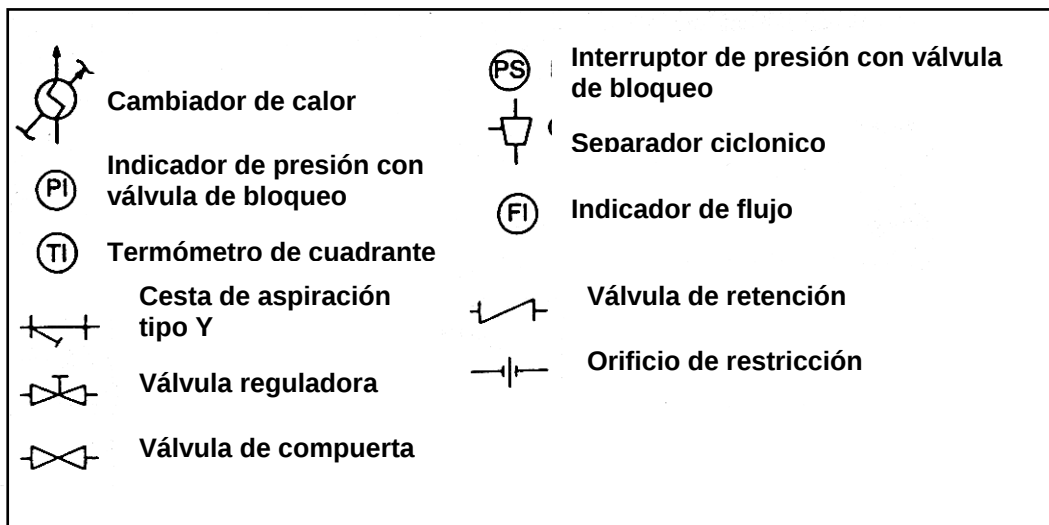
Este es un método sencillo económicamente efectivo, para el enfriamiento de un sello mecánico.

SÍMBOLOS PARA LAS CONEXIONES DE LAS TUBERIAS.

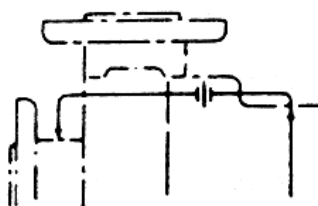
SÍMBOLO	CONEXIÓN
B	Fluido de barrido
C	Fluido de enfriamiento
D	Desagüe
F	Enjuague
H	Fluido caliente
Q	Satisfacer
V	Desahogo
Las siguientes letras deben ser usadas en combinación con las anteriores	
I	Entrada
O	Salida



LEYENDAS PARA EL PLAN API.

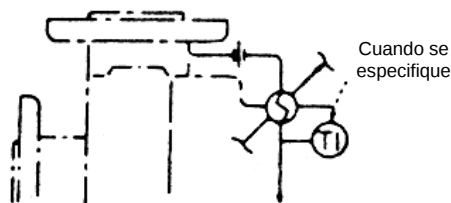
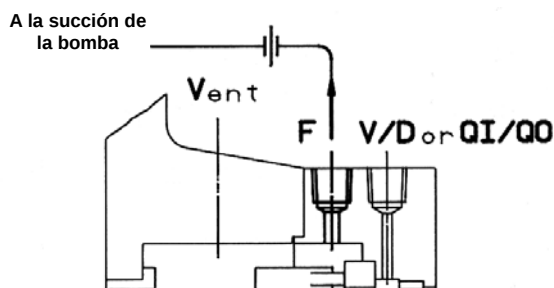


LÍQUIDO DE BOMBEO LIMPIO FORMA ESQUEMATICA API INSTALACION TÍPICA



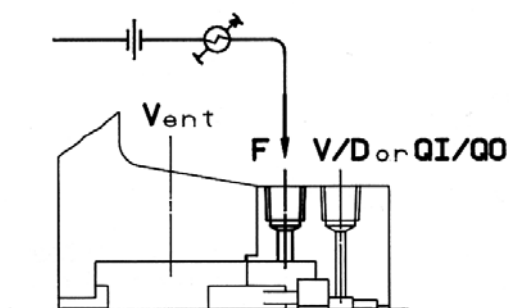
Plan 13

Recirculación desde la cámara del sello pasando por un orificio y devuelto a la succión de la bomba.



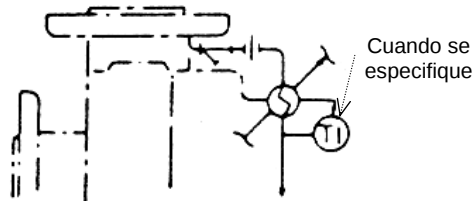
Plan 21

Recirculación desde la descarga de la bomba hacia el sello, pasando por un orificio y un cambiador de calor.



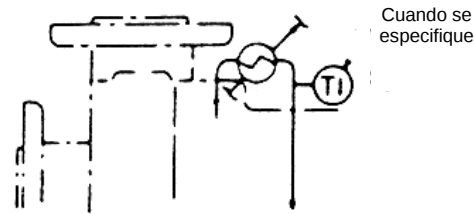
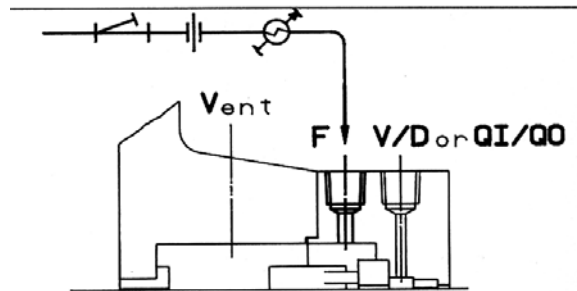


LÍQUIDO DE BOMBEO LIMPIO FORMA ESQUEMATICA **API** INSTALACION TÍPICA



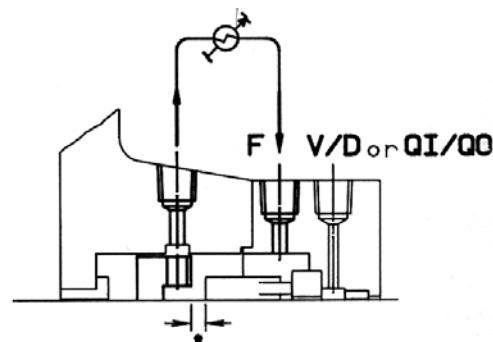
Plan 22

Recirculación desde la descarga de la bomba hacia el sello, pasando por un colador, un orificio y un cambiador de calor.



Plan 23

Recirculación desde el sello por medio de un anillo de bombeo, pasando por un cambiador de calor y devuelto al sello.



V.2.2. PLAN 12.

La recirculación del flujo de lubricación proviene desde la caja de la bomba, a través de un colador y un orificio hasta el sello.

No se recomienda este método, debido a la posibilidad de obstrucción del colador.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El fluido de lubricación es obtenido desde una tomo de la descarga de la bomba, donde existe una alta presión. Ya que la presión diferencial de la descarga y la cámara del sello son constantes, se puede instalar un colador y un orificio de tamaño apropiado (no menor a 1/8") en la línea, con el fin de poner el fluido necesario para alcanzar el enfriamiento adecuado.



V.2.3. PLAN 21.

La recirculación del fluido de lubricación proviene desde la caja de la bomba, a través de un orificio y de un intercambiador de calor hacia el sello mecánico.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

Este plan auxiliar se recomienda para aplicaciones de los procesos con alta temperatura.

El fluido de lubricación caliente se obtiene desde una toma en la descarga de la bomba, donde existe una presión, ya que la presión diferencial entre la descarga y la cámara del sello mecánico es constante, se puede establecer un gasto apropiado con el diseño correcto del orificio.

V.2.4. PLAN 22.

La recirculación del fluido de lubricación proviene desde la descarga de la bomba, a través de un colador, de un orificio y de un intercambiador de calor hacia el sello mecánico. No se recomienda este diseño debido a la posibilidad de obstrucción del colador.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El líquido tomado de la descarga de la bomba, entra por la toma de alimentación y gira dentro del barreno cónico a una velocidad que depende de la presión diferencial. Las partículas en el líquido permanecen junto a la pared cónica y se dirigen al fondo del separador. Luego son dirigidos junto con una pequeña cantidad de líquido, hacia un punto de menor presión dentro del sistema. No se pierde nada de líquido.

El líquido limpio asciende a través de la salida en la parte superior del separador, y es conducido hacia la caja del sello para lubricar sus caras.

Este sistema remueve las partículas y prolonga la vida útil del sello. Ya que no hay partes móviles, no se requiere de mantenimiento.



V.2.5. PLAN 32.

El fluido lubricante proveniente de una fuente externa, de líquido limpio es inyectado hacia el sello mecánico.

PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El fluido lubricante es inyectado desde una fuente externa a través de una válvula, una válvula de retención (chek) y un colador.

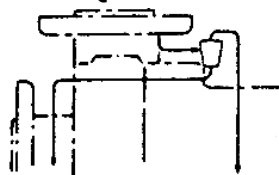
También se suministra un indicador de presión y una válvula de bloqueo y alivio (Block and Bleed).

Un buje de garganta restringe el flujo de entrada de fluido lubricante, hacia el proceso y permite regular la presión dentro de la cámara del sello mecánico.

NOTA: La confiabilidad de este sistema depende de las características de operación de la fuente externa del fluido limpio.

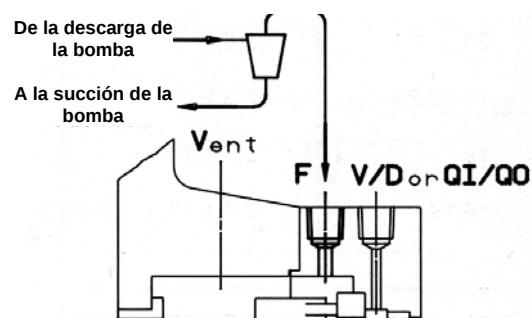
SELECCIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS

LÍQUIDO DE BOMBEO ESPECIAL O SUCIO FORMA ESQUEMATICA API INSTALACION TÍPICA



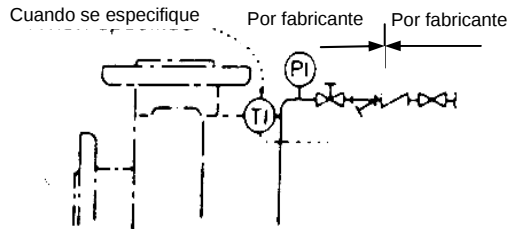
Plan 31

Recirculación desde la descarga de la bomba pasando por un separador ciclónico para entregar el fluido limpio al sello y el fluido con sólidos devuelto a la succión de la bomba.





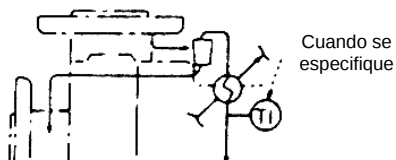
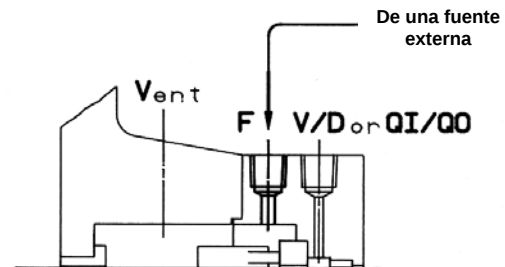
LÍQUIDO DE BOMBEO ESPECIAL O SUCIO FORMA ESQUEMATICA API



Plan 32

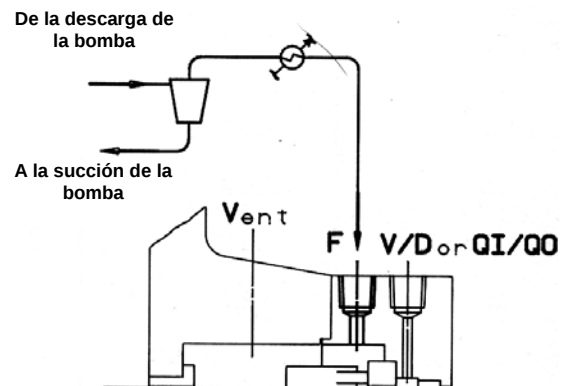
Inyección de fluido limpio al sello desde una fuente externa

INSTALACION TÍPICA

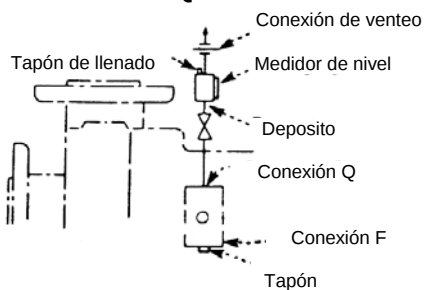


Plan 41

Recirculación desde la descarga de la bomba que pasa por un separador ciclónico, en donde el fluido limpio circula en un cambiador de calor y se entrega al sello y el fluido con sólidos es devuelto a la succión de la bomba.



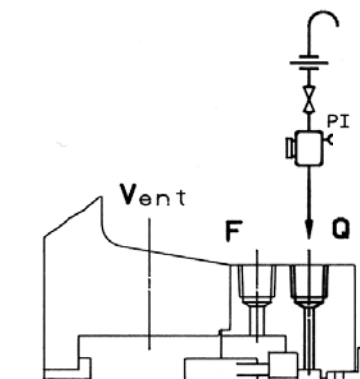
PLANES AUXILIARES DE LUBRICACIÓN FORMA ESQUEMATICA API



Plan 51

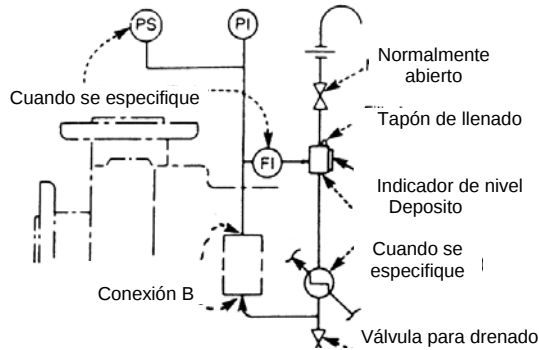
Inyección de fluido limpio al sello desde una fuente externa

INSTALACION TÍPICA



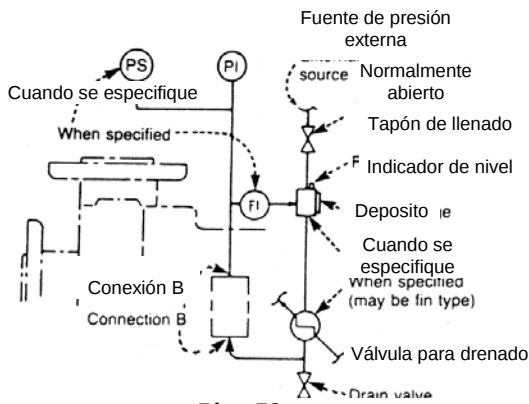
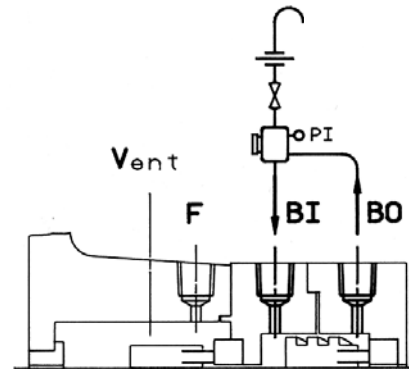


PLANES AUXILIARES DE LUBRICACIÓN FORMA ESQUEMATICA API



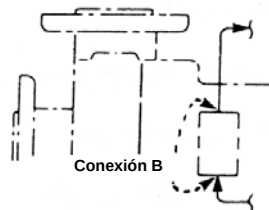
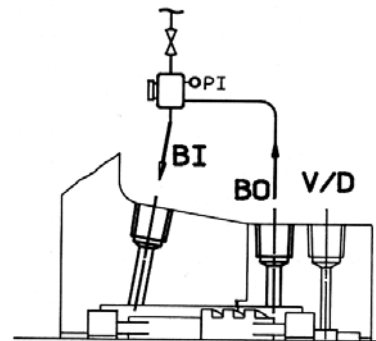
Plan 52

Deposito con fluido externo no presurizado con recirculación forzada, típicamente usada en sellos Tandem



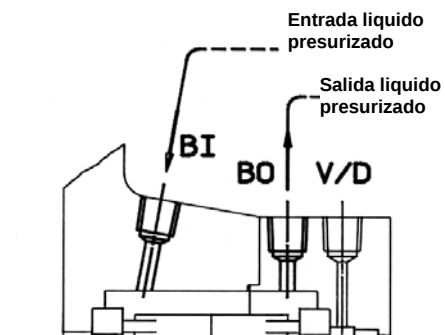
Plan 53

Deposito con fluido externo presurizado sin circulación forzada, típicamente usada en sellos Dobles.



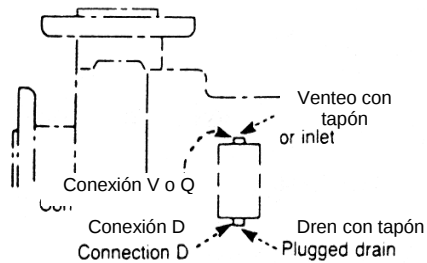
Plan 54

Circulación de fluido limpio desde un sistema externo. Típicamente usado en sellos Dobles



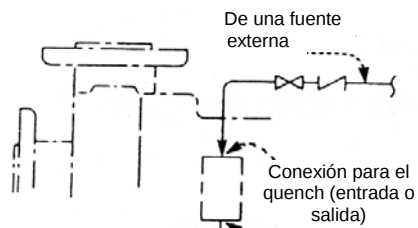
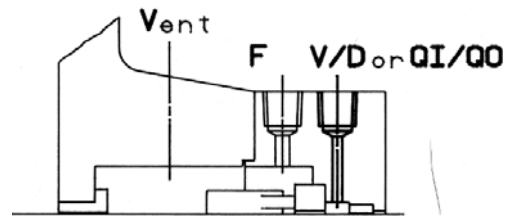


PLANES AUXILIARES DE LUBRICACIÓN FORMA ESQUEMATICA **API** INSTALACION TÍPICA



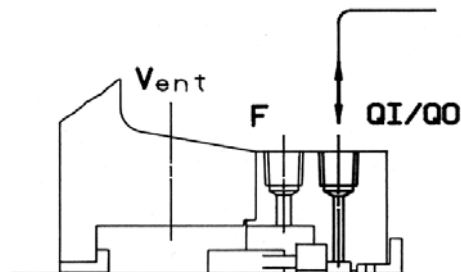
Plan 61

Conexiones tapadas para uso del comprador. Aplica cuando el comprador suministra fluido (vapor, agua, etc.) a un dispositivo de sellado auxiliar



Plan 62

Fluido externo para el quench. Típicamente usado con buje de restricción o dispositivo de sellado auxiliar.



V.2.6. PLAN 41.

La recirculación del fluido de lubricación va desde la descarga de la bomba a través de una separación ciclónica, suministrando fluido limpio a través de un intercambiador de calor hasta el sello mecánico.

El fluido con sólidos es regresado a la succión de la bomba.



PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

El líquido tomado de la descarga de la bomba entra por la toma de alimentación y gira dentro del barreno cónico a una velocidad que depende de la presión diferencial. Las partículas en el líquido permanecen junto a la pared cónica y se dirigen hacia el fondo de la separación.

El líquido limpio es conducido hasta el intercambiador de calor, enfriado por agua o por aire, para posteriormente ser enviado a la caja estopérica lubricando las caras del sello mecánico y disipando el calor.

Por lo general se utiliza un intercambiador de calor de alta capacidad para disminuir constantemente la temperatura del fluido de lubricación caliente.

V.2.7. PLAN 51.

Generalmente sirve para sellos sencillos, consta de un fluido externo contenido en la brida del sello mecánico y es necesario cuando los líquidos presentan congelación en tuberías.

V.2.8. PLAN 52.

Este plan es una especificación para un sistema de recipiente de fluido externo, no presurizado con recirculación forzada (anillo de bombeo). Comúnmente se utiliza para arreglos de sellos en tandem.

El equipo se suministra con un recipiente externo, con serpentín de enfriamiento integrado.

SELECCIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS

V.2.9. PLAN 53.

Es una especificación para un sistema con recipiente de fluido externo a presión, con recirculación forzada (anillo de bombeo). Comúnmente se utiliza para los arreglos de sellos dobles en los cuales la presión del fluido secundario debe ser mayor que la presión de la caja de estoperos.



V.2.10. PLAN 62.

El plan 62 comúnmente es requerido, cuando se tiene un sello simple y el líquido bombeado cristaliza a condiciones atmosféricas, como ocurre con la sosa cáustica. Al tener un sello múltiple, el quench ya no es necesario, debido a que este emplea un líquido barrera, el cual impide que el producto tenga contacto con la atmósfera.

V.3. CAMBIADOR DE CALOR.

Es un accesorio diseñado para controlar la temperatura del líquido lubricante de inyección al sello. El cambiador de calor está compuesto de un serpentín de doble espira, encerrado en una carcasa por la que circula agua, la cual enfría al líquido lubricante que fluye por el serpentín. Figura 5.1.

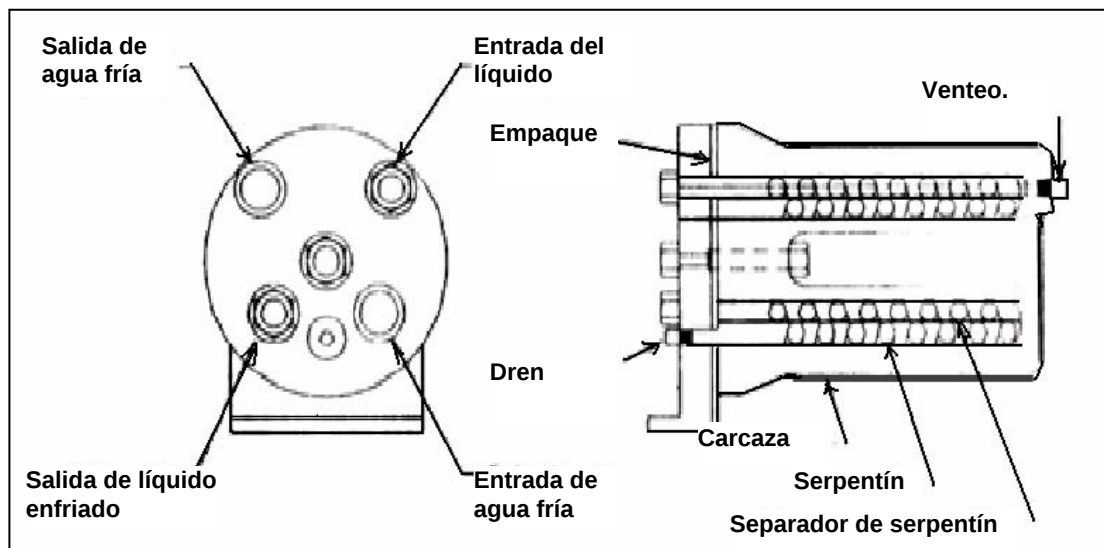


Figura 5.1. Cambiador de calor.

V.4. SEPARADOR CICLÓNICO.

Es un aditamento empleado para separar sólidos del fluido que va a ser inyectado al sello, mediante fuerzas centrifugas y un diferencial de presión, los sólidos son enviados por un drene a un punto de baja presión y por la parte inferior del ciclón es entregado fluido limpio. Figura 5.2.

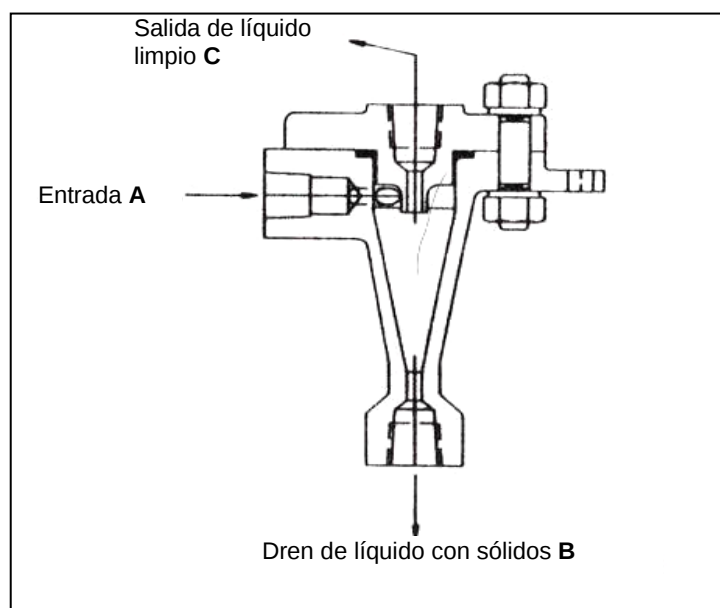


Figura 5.2. Separador ciclónico.

El separador ciclónico puede remover arena, incrustaciones en tubos, y otras partículas abrasivas. Se manejan dos tamaños estándar de separadores ciclónicos.

Para determinar las condiciones a las cuales debe operar, hay que considerar lo siguiente: el gasto requerido de inyección al sello debe ser el gasto de salida del líquido limpio (C). por lo que el gasto de entrada del separador ciclónico (A), debe ser mayor a éste, debido a que parte del líquido es drenado con los sólidos, además de perder presión al pasar por el accesorio.

V.5. CLASIFICACIÓN DE LOS SELLOS MECÁNICOS DE ACUERDO A LA NORMA API-610, 7ª ED.

Varios comentarios hacen referencia al a norma API-610, pero que significa y que aplicación tiene. El estándar API-610 (American Petroleum Institute, sección 610), es una especificación que cubre con los requerimientos mínimos de diseño, manufactura, selección, y compra de bombas centrífugas, para servicios de refinería petrolera.



Todos los estándar API-610, son escritos y revisados, mediante un comité integrado por usuarios, contratistas y fabricantes de equipos originales, de tal forma, que el resultado final es un consenso de todas las ideas, aportaciones y requerimientos de cada participante.

Generalmente, cada cinco años es elaborada una nueva revisión al API-610. en este momento esta vigente la séptima edición, publicada en febrero de 1989 y a partir de unos meses se emitió la octava edición, la cual, en México, todavía no está en practica, además, no tarda en publicarse.

Por ser el sello mecánico un accesorio integral de la bomba, el API-610 dedica la sección 2.7 para especificarlo. Cabe aclarar que esté estándar no cubre el diseño de las partes componentes del sello, pero si delimita las características generales y los materiales adecuados para cumplir con un servicio específico, a través de un código de cinco letras.

V.5.1. CODIGO DE CLASIFICACIÓN.

ESTE CODIGO CONSISTE DE CINCO LETRAS

La Primer Letra	Balance Hidráulico
	B= Balanceado
	U= No Balanceado
La Segunda Letra	Configuración del Sello
	S= Sello Sencillo
	D= Sello Doble
	T= Sello Tandem
La Tercera Letra	Tipo de Reten del Lado Atmosférico del Sello *
	P= Plano o Tipo Simple
	T= Con Buje de Restricción en el Interior y Requiere de Conexiones Para Venteo y Drene
	A= Requiere un Dispositivo Auxiliar de Sellado

**La Cuarta Letra**

Especifica el Material del Sello Secundario Tales Como Juntas, Empaques O'ring.

E, F, G, H, I, R, X O Z. (ver tabla H4 y H6)

La Quinta Letra

Material Para las Caras del Sello

L, M, N o X ver tabla H5

*El retén plano es solicitado para sellos secos. La brida con buje de restricción es provista para sellos simples y dobles, ya que permite el control de fugas menores y minimiza la fuga si llegan a fallar. El buje de restricción puede también solicitarse para sellos Tandem. El dispositivo de sello auxiliar es una restricción adicional, que evita la fuga si llega a presentar falla el sello.

TABLA H4. MATERIAL DEL SELLO SECUNDARIO

CUARTA LETRA								
Parte	E	F	G	H	I	R	X	Z
Sello secundario del asiento	Fluoroelas tomero	Fluoroelas tomero	PTFE	Nitrilo	FFKM Elastómero	Grafito laminado	Como se especifique	Espiral devanado
Sello secundario de la cara rotatoria	PTFE	Fluoroelas tomero	PTFE	nitrilo	FFKM Elastómero	Grafito laminado	Como se especifique	Grafito laminado

Al seleccionar el material del sello secundario más conveniente para el servicio, deben revisarse sus límites de temperatura, indicados den la tabla H6, ya que en algunos casos, erróneamente se cree haber seleccionado el material más adecuado para el producto, pero resulñta que está operando fuera del rango límite de temperatura, por lo que el material elegido no es el apropiado, siendo necesario especificar otro.

**TABLA H5. MATERIAL DE LAS CARAS DEL SELLO PRIMARIO**

PARTE	QUINTA LETRA			
	L	N	M	X
Cara Estacionaria	Carbón	Carbón	Carbón	Como se Especifique
Cara Rotatoria	Carburo de Tungsteno-I (al Cobalto)	Carburo de Tungsteno-II (al Níquel)	Carburo de silicio	Como se Especifique

Observe de la tabla H5, que la cara estacionaria es de material blando, para desgaste y la cara rotatoria de un material duro, pero no es una regla, es decir, puede ser viceversa, siempre y cuando permanezca una diferencia de dureza entre caras. Si hay que especificar de los materiales, tener la precaución de no elegir carburo de tungsteno I contra carburo de tungsteno II, debido a que son de dureza similar. Otra recomendación es no usar carburo de tungsteno I (al cobalto), debido a que puede producir cáncer.

TABLA H6 LÍMITES DE TEMPERATURA EN LOS SELLOS SECUNDARIOS

Material del empaque	Temperatura			
	Mínima		Máxima	
	°F	°C	°F	°C
PTFE	-100	-73	+400	-202
Nitrilo (Buna-N)	-40	-40	+250	+121
Neopreno	0	-18	+200	+93
Fluoroelastomero (Viton)	0	-18	+400	+202
Fuelle Metálico	**	**	**	**
Elastómero FFKM (kalrez)	+10	-12	+500	+260
Grafito Laminado	-400	-240	+750	+398
Relleno-Vidreado TFE	-350	-212	+450	+232
Asbesto	-400	-240	+1300	+704
Mica/Grafito	-400	-240	+1300	+704

** Consultar fabricante



Aún que aparentemente el Elastómero FFKM conocido comúnmente como Kalrez, es ampliamente recomendado para líquidos muy corrosivos que operan a altas temperaturas, lo anterior no debe tomarse como cierto, debido a que existen muchas clases de Kalrez y no todas cubren ambas cualidades, por lo que se sugiere usar otras opciones, que garanticen un buen servicio, antes de recurrir al uso de este material.

V.6. IDENTIFICACION DE LOS SELLOS MECÁNICOS DE ACUERDO A LA MARCA JOHN CRANE.

John Crane es una de las marcas más importante de sellos mecánicos, este agrupa dentro de cinco familias, los tipos de sellos que fabrica. Tres son identificados por el tipo de material usado en el miembro del material usado en el sello secundario: Elastómeros PTFE y fuelle metálico. Una cuarta familia pertenece a los sellos de gas para operación en seco, y la quinta familia que cubre las aplicaciones especiales.

De las familias de elastómeros y PTFE, existe una subcategoría adicional, la cual, refleja el diseño del sello en dos tipos: de empuje y no empuje.

Para tipos de empuje, el sello secundario es un “O” ring o una cuña, que avanzan a lo largo de la flecha o camisa, para compensar el desgaste de la cara.

En contraste con el sello de no empuje que utiliza fuelle o diafragma. La sección final del fuelle, es fuertemente ajustada a la flecha formando una junta estática. El desgaste es compensado por medio del fuelle metálico, el cual no tiene contacto con el diámetro de la flecha.

La sección de sellos de empuje y no empuje, tiene fundamento en las condiciones ambientales, tanto mecánicas como térmicas, y el servicio específico.

Los modelos siguientes corresponden a sellos desbalanceados, los cuales tienen características y aplicaciones similares a los sellos balanceados, excepto en las presiones que soportan, siendo inferiores a estos, de un 50 hasta inclusive un 75%. Para identificar un sello balanceado de un desbalanceado, el modelo debe tener incluido una letra B, ejemplo:



Sello desbalanceado (8-1), presión máxima de 350 psi.
Sello balanceado (8B1), presión máxima de 1200 psi.

V.6.1. SELLOS DE ELASTÓMERO.

- a) **Sellos de no empuje:** a éste grupo pertenecen los sellos de fuelle elastomérico tipo **1** y **2**, para servicio general. Otras series de sellos de fuelle elastomérico, incluye el tipo **1100** y **1502**, con montaje en cartucho, y el tipo **21** para propósitos de sellado general.
- b) **Sellos de empuje:** con elastómeros O'ring, incluye el amplio rango de la serie **8** y **88**.

V.6.2. SELLOS DE PTFE.

- a) **Sellos de no empuje:** diseñados para servicios muy severos. Son de fuelle único de PTFE identificados con la serie **10** y **20**.
- b) **Sellos de empuje:** también aplicables a servicios severos, identificados con la serie **9**. Emplea una cuña de PTFE para el sellado secundario.

V.6.3. SELLOS DE FUELLE METÁLICO.

- a) **Sellos de no empuje:** Son contruidos de fuelle metálico flexible para prevenir colgarse debido a depósitos de sólidos en la flecha. Su número de serie correspondiente es el **15**.
- b) **Sellos de empuje:** Esta serie incluye el diseño óptimo de sellos de fuelle con corte en cuña. Formado asimétricamente para presiones moderadas en servicios generales. Su número de serie es el **515**.



V.6.4. SELLOS SECOS DE GAS.

Los sellos de gas de operación en seco identificados con la serie **28**, aplican en todo tipo de compresores, turbinas y equipos similares. La característica de ellos, es que sus caras de sellado, no tienen contacto durante la operación dinámica, eliminando la necesidad de utilizar sistemas de lubricación costosos. La cara de desgaste tradicional del sello es eliminada.

V.6.5. SELLOS ESPECIALES.

A esta familia pertenecen los sellos de la serie **37FS** con sellos completamente partidos, los tipo **800**, de bombeo a contracorriente y los **32** de operación en seco.

A continuación se mencionan algunos sellos, sus especificaciones y aplicaciones de la marca Jonh Crane

SERIE 1 Y 2

Aplica para todo tipo de equipos rotatorios, bombas, servicios marinos, mezcladores, agitadores y compresores. Son confiados para requerimientos de espacios limitados en profundidad de brida. Se autoalinean compensando el juego excesivo del extremo de la flecha y el claro. El resorte que ajusta al fuelle elastomérico, no sufre de atascamientos, realzando su confiabilidad. Reparable en campo.

Presión: Hasta 1200 psi.

Velocidad: Hasta 5,000 fpm.

Temperaturas: -40° F a 400° F.



SERIE 21

Maneja todos los fluidos sin sufrir daño en su empaque de hule. Aplica en bombas tipo turbina, agitadores, reductores de velocidad y equipo rotatorio similar. Compuesto de un fuelle elastomérico y resorte unico, con partes metálicas de acero inoxidable 18-8.

Presión: Hasta 150 psi.

Velocidad: Hasta 2,500 fpm. Dependiendo de la configuración y tamaño de la flecha.

Temperaturas: -40° F a 400° F.

SERIE 8

Estos robustos sellos mecánicos están disponibles en una variedad de elastómeros para manejar prácticamente cualquier fluido industrial, tales como: químicos, hidrocarburos ligeros y gases corrosivos con alta presión y alta temperatura. Los componentes están unidos por un aro formando un solo conjunto. Diseño con anillo "O" ring y propulsión mecánica, es decir, reduce el deslizamiento sobre el eje, eliminando el desgaste prematuro. Diseño compacto con preciso lapeado de caras y puede ser reparable en campo. Disponible en montaje tipo cartucho.

Presiones:

8-1, y 8-1T hasta 350psi

8B1 hasta 1,200 psi

8B1T hasta 5,000 psi

Velocidad: hasta 5,000 fpm.

Temperaturas: -40° F a 500° F dependiendo del material usado.

SERIE 88

Para uso en donde las limitaciones de espacio en el estopero, es un problema. Recomendados para una gran variedad de procesos químicos, pulpa, papel, servicios marinos, tratamientos de aguas residuales, generación de potencia y otras industrias. De montaje en cartucho. Utilizable en cámaras de sellos convencionales sin tener que remover o modificar la camisa de la flecha. Fácil de instalar, reemplazar y reparar.



Presión: Hasta 400 psi.
Velocidad: Hasta 7,500 fpm.
Temperaturas: Hasta 500° F.

SERIE 10 Y 20

Para servicios extremadamente corrosivos y severos, incluyendo variaciones de concentraciones de ácidos, sales y compuestos orgánicos. Inerte químicamente, hecho en PTFE o materiales altamente resistentes a la corrosión en las zonas de contacto con el fluido.

Presión: Hasta 150 psi.
Velocidad: 1,000 a 2,600 fpm dependiendo del subtipo de sello.
Temperaturas: -50° F a 250° F, dependiendo del material usado.

SERIE 9

Aplica en industrias químicas, petroquímicas, farmacéuticas, refinerías, criogénicas y generadores de electricidad. Excelente en servicios a presiones elevadas y con líquidos altamente corrosivos, sulfúricos, nítricos, fosforitos o clorhídricos. El sellado secundario es a través de una cuña de PTFE o grafito flexible. Que crea un sellado positivo, para aplicaciones químicas a altas temperaturas. Diseño compacto de propulsión mecánica y caras lapeadas en gran precisión. Dimensionalmente intercambiable con sellos de la serie 8. Puede ser reparable en campo y esta disponible en tipo cartucho.

Presiones:
 9 y 9T hasta 350psi
 9 y 9BT hasta 1,200 psi
Velocidad: hasta 5,000 fpm.
Temperaturas: -350° F a 750° F dependiendo del material usado.



SERIE 515

Tiene aplicaciones en productos químicos, petroquímicos, alimenticios, pulpa de papel, manejo de pastas viscosas y la industria farmacéutica. El perfil liso abierto del fuelle formado, hace de éste ideal para pastas viscosas y mezclas fibrosas. El fuelle metálico asimétrico distribuye mayor elasticidad que un fuelle metálico limado. El material del fuelle es una aleación de níquel-cromo.

Presión: Hasta 290 psi.
Velocidad: 4,000 fpm.
Temperaturas: -40° F a 395° F.

SERIE 15

Para procesos químicos, petroquímicos, tuberías, plataformas, servicios marinos, industria farmacéutica, plantas criogénicas y enfriadores. Disponible en ensamble tipo cartucho.

Presión: Hasta 500 psi dependiendo del subtipo de sello.
Velocidad: 10,000 fpm.
Temperaturas: -100° F a 800° F.

SERIE 28

Su aplicación es en procesos y en tuberías de compresores centrífugos tuberías de vapor y gas, sopladores y ventiladores industriales, plataformas, refinerías y generadores de potencia. El sistema de sellado no requiere de lubricación, debido a que durante la operación dinámica, las caras no hacen contacto, eliminando así, la pérdida de potencia originada por el sello y la contaminación del gas de proceso.

Presión: Hasta 2,000 psi.
Velocidad: 8,000 fpm.
Temperaturas: -150° F a 400° F.



V.7. INSTRUCCIONES BÁSICAS PARA LA CORRECTA INSTALACIÓN DE UN SELLO MECÁNICO.

En cada caso, será necesario poseer el dibujo de instalación del sello mecánico en específico, el cual aclarara suficientemente la manera de proceder. Además es necesario poner especial atención en lo siguiente:

1. La camisa o flecha donde se instalará el sello mecánico no debe estar expuesta a vibraciones, ni tener juego longitudinal perceptible.
2. La zona de la flecha o camisa que se halle en contacto con el empaque primario, debe tener un acabado superficial de 32 micropulgadas y no debe existir ninguna imperfección.
3. Para el montaje de los empaques primarios y secundarios deberá existir un chaflán mínimo de 1 mm ($1/32''$) de radio por 30° , que facilite su montaje sin deteriorarse.
4. En la caja de estoperos deben evitarse aristas vivas, las cuales dificultan el montaje del sello mecánico.
5. Cuando el arrastre positivo se hace por medio de resorte único, es necesario checar el sentido de los mismos.
6. Para el montaje de los empaques primarios y secundarios, deberá aplicarse una pequeña cantidad de aceite lubricante que facilite su deslizamiento hasta la zona de trabajo.
7. La altura de trabajo del sello mecánico, aparece marcada en el dibujo de instalación
8. Durante la operación del montaje o reposición de piezas, deberá extremarse la limpieza en la zona de trabajo.

También deberán verificarse el cumplimiento de los siguientes puntos en el equipo donde va a instalarse:

1. Verificar la perpendicularidad entra la cámara del sello y la flecha, montando un indicador de carátula y haciendo girar el eje. La excentricidad de la flecha no debe exceder de 0.001 pulgadas de diámetro medido.



2. Examinar la concentricidad del diámetro interior de la cámara del sello mecánico. La excentricidad total indicada, no debe ser mayor de 0.005 pulgadas.
3. Checar el estado de los rodamientos, utilizando el indicador de carátula, se levanta manualmente la flecha sin girarla; la tolerancia máxima no debe ser mayor de 0.002 pulgadas.
4. movimiento axial de la flecha, el cual no debe exceder 0.005 pulgadas.

V.8. FALLAS COMUNES EN LOS SELLOS MECÁNICOS.

El objetivo del análisis de fallas, es aprender de ellas. El análisis se hace a través del estudio de las partes dañadas o gastadas, la revisión del estado del equipo y de las condiciones de operación, para mejorar la función del sello.

V.8.1. ATAQUE QUÍMICO.

Es detectado, cuando las piezas aparecen opacas, desmoronadas o llenas de perforaciones. Esta falla es causada por una mala selección de materiales en el manejo del fluido. En el caso de sellos dobles, debe revisarse el sistema de presión y la calidad del fluido barrera.

V.8.2. DESGASTE POR CORROSIÓN.

La seña es una fuga por el claro donde se encuentra el sellado secundario del eje o camisa. El área afectada aparece picada o brillante, comparada con el acabado general del eje o camisa. Originalmente, el movimiento constante del empaque (oscilación), sobre la camisa o eje, roza y limpia el cubrimiento pasivo en unas aplicaciones que normalmente protegen la camisa, pero las vibraciones constantes del empaque sobre esta superficie, remueven el recubrimiento protector y permite la continuación de la corrosión.



V.8.3. ATAQUE QUÍMICO A LOS O'RINGS.

Esta clase de ataque es detectable, si los O'rings están hinchados o deformados, impidiendo el movimiento axial de la cara sellante rotativa. También los deja con apariencia de estar desgastados con ampollas.

V.8.4. LIXIVIACIÓN.

Normalmente causa un incremento pequeño de fuga y un desgaste fuerte a las caras de carbón, cerámica y carburo de tungsteno al cobalto. Las caras afectadas aparecen opacas. La lixiviación es causada por un ataque químico que acaba con la ligadura que sostiene el material base. Ejemplo de las soluciones son la sosa cáustica y el ácido fluorhídrico.

V.8.5. DISTORSIÓN DE LAS CARAS.

Causa una fuga excesiva y es evidente con el desgaste no uniforme observado directamente en las caras. Las causas pueden deberse a un ensamble o instalación impropia del sello, un enfriamiento inadecuado que induzca fuerzas térmicas y distorsión en caras, un mal lapeado de las caras o un soporte impropio de la brida.

V.8.6. DEFLEXIÓN DE LAS CARAS.

También produce un desgaste irregular de caras, en éste caso de 360°, es decir, cóncavo o convexo. Una distorsión convexa resulta en una fuga excesiva, mientras una distorsión cóncava, provoca un torque mayor o una elevación de temperatura.

La causa de deflexión en caras incluye: soporte impropio de las caras estacionarias, hinchazón de sellos secundarios, deflexión excesiva de sellos, operando fuera de sus límites de presión o un balance inadecuado de fuerzas en las caras.



V.8.7. EXTROSIÓN.

Ocurre especialmente en los empaques y ocasiona que éstos se corten y desmoronen, o como si un cubrimiento fuera pelado. Es causa por excesiva presión, temperatura o ataque químico.

V.8.8. EROSIÓN.

Deja la cara desgastada en un área localizada y es causada por un lavado con proporción excesiva o por que el líquido lubricante contiene partículas abrasivas.

V.8.9. GRIETAS POR CALOR.

Es identificado por la presencia de grietas radiales finas o grandes, que parecen emanar del centro del arillo de metal o cerámica. Estas grietas actúan como una serie de filos en contra del carbón, grafito u otros materiales del sello, con lo cual se desgastan con rapidez. La causa primaria de éstas fracturas térmicas es la operación del sello fuera de sus capacidades de presión-velocidad, falta de lubricación, vaporización en las caras, o por choques térmicos en el proceso.

V.8.10.VAPORIZACION.

Las pequeñas explosiones “bocanadas” y expulsión de vapores en las caras del sello se conocen como vaporización que producen fugas excesivas y daños. Al estar operando las caras en éstas condiciones, frecuentemente se quiebran en su diámetro exterior y en toda su área presenta picaduras. La vaporización ocurre cuando la temperatura generada en las caras, no es removida eficientemente, por lo que el líquido entre ellas hierve, convirtiéndose en vapor. La vaporización también es el resultado de operar el sello con líquidos cerca de su punto de ebullición, una presión excesiva para un diseño dado, o un enfriamiento y lubricación inadecuados.



V.8.11. AMPOLLAS.

Las ampollas son secciones circulares pequeñas que sobresalen en las caras del sello de carbón. A veces se puede observar mejor si se utiliza un plano óptico o se pulen ligeramente las caras del sello. Las ampollas separan las caras del sello durante el funcionamiento del sello y permiten fugas severas; suelen ocurrir en tres etapas:

1. Aparecen pequeñas secciones realzadas o salientes en las caras del sello.
2. Aparecen grietas en las secciones realzada, con una configuración de estrella.
3. Surgirán las ampollas y dejarán huecos en las caras del sello.

Las ampollas surgen generalmente en sellos que operan con líquidos de alta viscosidad o equipos que sufren paros y arranques frecuentes.



CAPITULO VI. EJEMPLOS DE APLICACIONES.

VI.1. APLICACIÓN PARA ACIDOS ALTAMENTE CORROSIVOS.

VI.1.1. ACIDO SULFÚRICO.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	MATERIALES RECOMENDADOS	SELLO MECÁNICO RECOMENDADO
-Temperatura: 0-38°C -Concentración: 0-25%	-Metalurgia: SS-316 -Empaque secundario: Vitón -Cara rotativa: Carbón grado químico. -Cara estacionaria: Cerámica alta pureza.	Sello mecánico básico de resorte único o resortes múltiples, con un sistema de lubricación PLAN 11 del API 682.
-Temperatura: 25-66°C -Concentración: 25-80%	-Metalurgia: Carpenter 20 -Empaque secundario: Vitón -Cara rotativa: Carbón grado químico. -Cara estacionaria: Cerámica alta pureza	Sello mecánico en Tandem tipo cartucho, con sistemas de lubricación PLAN 11 en primer sello Y PLAN 52 del API 682 en segundo sello

VI.1.2. HODROXIDO DE SÓDIO.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	MATERIALES RECOMENDADOS	SELLO MECÁNICO RECOMENDADO
-Temperatura: 0-85°C -Concentración: 0-50%	-Metalurgia: SS-316 -Empaque secundario: Neopreno -Cara rotativa: Carbón servicios generales. -Cara estacionaria: Ni-resist.	Sello mecánico censillo de resorte único o resortes múltiples, equipado con brida Flush y quench.



VI.I.3. ÁCIDO NÍTRICO.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	MATERIALES RECOMENDADOS	SELLO MECÁNICO RECOMENDADO
-Temperatura: 27°C -Concentración: 0-70%	-Metalurgia: SS-316. -Empaque secundario: Vitón. -Cara rotativa: Carbón grado químico. -Cara estacionaria: Cerámica alta pureza.	Sello mecánico censillo resortes múltiples, equipado con brida Flush y sistema de lubricación PLAN 11 del API 682.
-Temperatura: 27°C -Concentración: 70-100%	-Metalurgia: Carpenter 20. -Empaque secundario: Teflón. -Cara rotativa: Teflón con FVI. -Cara estacionaria: Cerámica de alta pureza.	Sello mecánico en Tandem tipo Cartucho, con sistema de lubricación PLAN 52 del API.

VI.I.4. ÁCIDO CLORHÍDRICO.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	MATERIALES RECOMENDADOS	SELLO MECÁNICO RECOMENDADO
-Temperatura: 0-30°C -Concentración: 0-10%	-Metalurgia: Monel. -Empaque secundario: Neopreno. -Cara rotativa: Carbón. -Cara estacionaria: Cerámica alta pureza.	Sello mecánico en Tandem tipo Cartucho, con sistema de lubricación PLAN 52 del API.
-Temperatura: 0-40°C -Concentración: 0-38%	-Metalurgia: Hastelloy C. -Empaque secundario: Vitón. -Cara rotativa: Carbón grado químico. -Cara estacionaria: Cerámica de alta pureza.	Sello mecánico en Tandem tipo Cartucho, con sistema de lubricación PLAN 52 del API.



VI.I.5. APLICACIONES EN HIDROCARBUROS.

PROPANO.

El propano es clasificado como un hidrocarburo que falsea de acuerdo a la norma API 682.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	MATERIALES RECOMENDADOS	SELLO MECÁNICO RECOMENDADO
-Temperatura: 38°C -Presión: 20 bar.	-Metalurgia: SS316. -Empaque secundario: Vitón. -Cara rotativa: Carbón grado blister. -Cara estacionaria: Carburo de silicio.	Sello mecánico censillo balanceado tipo Cartucho, con sistema de lubricación PLAN 11 del API.

VI.I.6. APLICACIONES EN ALTAS TEMPERATURAS.

ACEITE TÉRMICO.

CONDICIONES DE OPERACIÓN	MATERIALES RECOMENDADOS	SELLO MECÁNICO RECOMENDADO
-Temperatura: 300°C -Presión: 10 Pas.	-Metalurgia: AM 350 SS en el fuelle, y 17-4 PH/SS316 en adaptadores. -Empaque secundario: Grafoild. -Cara rotativa: Carbón. -Cara estacionaria: Carburo de silicio o carburo de tungsteno.	Sello mecánico de fuelle metálico auto balanceado con sistema de lubricación y lavado con vapor, en brida con flush y quench y PLAN 11 del API 682.

VI.I.7. APLICACIONES ESPECIALES.

SELLO MECÁNICO RECOMENDADO: sello doble tipo cartucho, con un sistema de lubricación PLAN 54 del API 682. Los materiales dependerán del fluido a manejar.



CONCLUSIONES.

Conocimos el funcionamiento y operación de los sellos mecánicos.

También encontramos que los sellos mecánicos brindan muchas ventajas sobre las empaquetaduras, por ejemplo en el ahorro, evita la fuga de líquidos costos, reduciendo inmediatamente la inversión de cualquier tipo de sello o, con el simple hecho de evitar paros frecuentes sin programar, ahorrando también pérdidas de producción y tiempos muertos por mantenimiento.

Conocimos los planes de enfriamiento y lubricación, los cuales ayudan al sello mecánico en el trabajo que realizan, creando un ambiente óptimo para el sello mecánico. Y de seguridad para el medio ambiente y las personas que están en contacto directo ya que evita que vapores venenosos y sustancias tóxicas vayan hacia la atmósfera o que incluso pueden causar la muerte, o bien la fuga de un producto inflamable, por ejemplo, en una planta de refinación, ocasionando un incendio a grandes magnitudes.

Para la selección de un sello mecánico se deben tomar en cuenta todos los factores que pueden afectarle, como son: características del fluido, tipo de servicio, condiciones de operación y las características del equipo en donde se instalará el sello mecánico.

También sabemos ahora que con encontrar la guía de una fuga u origen que ocasionó que un sello mecánico fallara, son datos importantes de los cuales se puede aprender, y así, seleccionar el sello mecánico correcto para cierta aplicación.

Con este trabajo de tesis se obtuvo también, un material de apoyo para los estudiantes de la carrera de ingeniería mecánica eléctrica, ya que muchos de ellos al graduarse, se estarán en contacto con los sistemas de sellado.



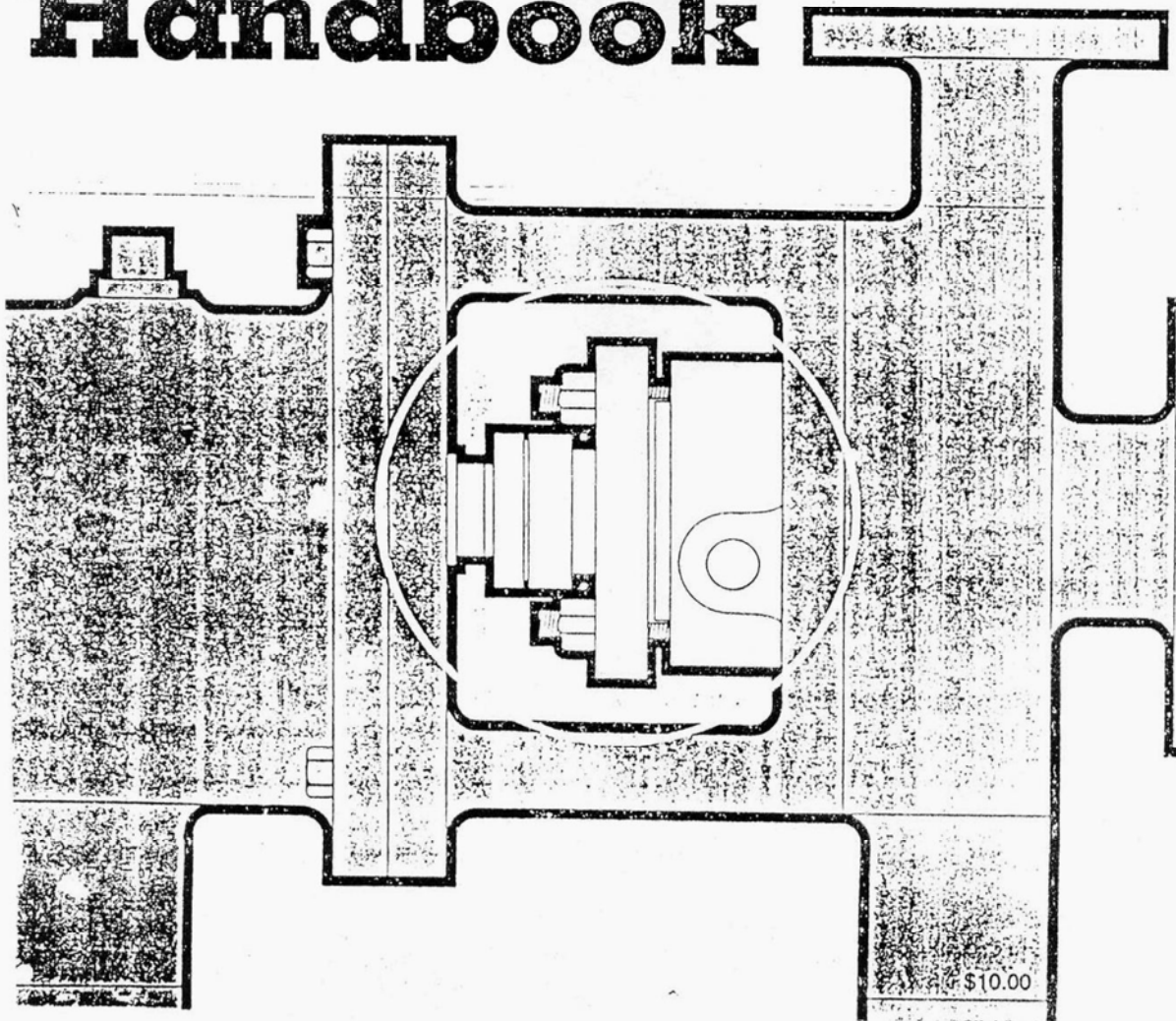
ANEXOS.

GUIA DE SELECCIÓN DE MATERIALES PARA SELLOS MECANICOS



FLUID SEALING ASSOCIATION

Mechanical Seal Handbook



\$10.00



Mechanical Seal Selection Guide*

TEMPERATURES	SEAL TYPE			
	INSIDE		OUTSIDE	
	UNBALANCED	BALANCED	UNBALANCED	BALANCED
To 250°F To 120°C	●	●	●	●
250°F–400°F 120°C–205°C	●	●		●
Over 400°F Over 205°C		●		

PRESSURES	SEAL TYPE			
	INSIDE		OUTSIDE	
	UNBALANCED	BALANCED	UNBALANCED	BALANCED
To 50 psi 3,5 kg/cm ²	●	●	●	●
50–300 psi 3,5–21,1 kg/cm ²		●		●
Over 300 psi Over 21,1 kg/cm ²		●		

SPEEDS	SEAL TYPE			
	INSIDE		OUTSIDE	
	UNBALANCED	BALANCED	UNBALANCED	BALANCED
To 1500 fpm To 7.6 m/s	●	●	●	●
1500–3000 fpm 7.6–15.2 m/s	●	●		●
Over 3000 fpm Over 15.2 m/s		●		

*Consult factory for specific application.

fpm = Feet per minute

m/s = Meters per second

psi = Pounds per square inch

kg/cm² = Kilogram per centimeter squared



FLUID SEALING ASSOCIATION

Mechanical Seal Material Selection Guide

METAL PARTS		STATIONARY OR ROTARY RING (Face)	
Sym.	Material	Sym.	Material
1	Steel, Parkerized (STEEL)	A	Carbon*† (CARB)
2	Bronze (BRONZE)	B	Glass filled Teflon* (GFT)
3	416 Stainless (416SS)	C	Ceramic* (CER)
4	Titanium (TITAN)	D	Solid Silicon Carbide* (SIL CARB)
5	316 Stainless (316SS)	E	Bronze (BRONZE)
6	Alloy 20 (#20)	F	Tungsten Carbide-Cobalt (TC-C)
7	Monel (MONEL)	G	Ni-Resist* (NI-RES)
8	Hastelloy†† B (HAST B)	H	316 Stainless/Stellite (316SS/STEL)
9	Hastelloy C (HAST C)	J	316 Stainless/Sapphire (316SS/SAP)
SECONDARY SEALS		K	Cast Stoddy (STOODY)
Sym.	Material	L	Alloy 20/Stellite (#20/STEL)
1	Nitrile (NITR)	M	Colmonoy (COLM)
2	Neoprene (NEOP)	N	Tungsten Carbide-Nick.* (TC-N)
3	Flexible Graphite (GRAPH)	O	Titanium Carbide (TITAN CARB)
4	Viton** (VITON)	P	Cast Iron (C.I.)
5	Ethylene Propylene (E.P.)	R	431 or 440 Stainless (431/440SS)
6	Viton/Asbestos (VIT/ASB)	S	316 Stainless/Chrome Oxide (316SS/CHR)
7	Teflon** (TFE)	T	316 Stainless/Tungsten Carbide* (316SS/TC)
8	Glass Filled Teflon (GFT)		
9	Kalrez** (KAL)/ChemRaz (CZ)***		

*Designates standard face material

†Consult Manufacturer - various grades available

**Registered trademark E.I. DuPont

††Registered trademark of Cabot Stellite Division

***Registered trademark Greene, Tweed & Co.

MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE

[illegible]

☒ **Acceptable**

C Use with caution
Corrosion > 0210 IPY,
detrimental to part.

N Not recommended

☐ Unknown

*Designates standard face material

†Consult Manufacturer - various grades available

*Registered trademark E. I. DuPont

Registered trademark of Cabot Stellite Division

***Registered trademark Greene, Tweed & Co.

CAUTION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.

MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE

[illegible]

A Acceptable

C Use with caution
Corrosion >.0210 IPY.
detrimental to part.

☐ Not recommended

Unknown

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
*Registered trademark E. I. DuPont
*Registered trademark of Cabot Spine Division
**Registered trademark Green, Tread & Co.

CAUTION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.

[illegible]

Unknown

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
**Registered trademark E. I. DuPont
#Registered trademark of Cabot's String Division
***Registered trademark Greene, Tweed & Co

CAUTION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.

[illegible]

Corrosion > .0210 IPY.
dehimental to part.

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
**Registered trademark E. I. DuPont
#Registered trademark of Cabot Stellite Division
***Registered trademark Greene, Tweed & Co.

NOTATION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND EACH EXPRESSLY DISCLAIMS ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.



MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE

PRODUCT			CONDITIONS		METAL PARTS										STATIONARY OR ROTARY RING (FACE)										SECONDARY SEALS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
			°C	%	STEEL	BRONZE	316SS	TITAN	400	MONEL	HAUST BR	HAUST C	CARB-T	G/T*	C/L*	SIL	CARB*	BRONZE	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS	316SS

☐ Acceptable
 ☐ Use with caution
 ☒ Not recommended
 ☐ Unknown
 Corrosion > 0.210 IPY.
 detrimental to part.

*Designates standard face material
 †Consult Manufacturer - various grades available
 **Registered trademark E.I. DuPont
 ***Registered trademark of Cabot Stallie Division
 ****Registered trademark Greene, Tweed & Co.

CAUTION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.

[illegible]

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
**Registered trademark E. I. DuPont
***Registered trademark of Cabot Spallite Division
****Registered trademark Greene, Tweed & Co.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.



MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE

PRODUCT			CONDITIONS °C %		METAL PARTS										STATIONARY OR ROTARY RING (FACE)										SECONDARY SEALS																																																																																																						
					STEEL IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT	IRON BRONZE TITAN INCONEL MONEL HAUST HAUST C CARB GFT

A Acceptable **C** Use with caution **N** Not recommended **U** Unknown

Corrosion > 0.210 IPY.
detrimental to part.

*Designates standard face material.
†Consult Manufacturer - various grades available.
**Registered trademark E.I. DuPont.
***Registered trademark of Cabot Stellite Division.
****Registered trademark Greene, Tweed & Co.

CAUTION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.



MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE

MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE			METAL PARTS										STATIONARY OR ROTARY RING (FACE)										SECONDARY SEALS																
PRODUCT	CONDITIONS		STEEL	BRONZE	INSS	TITAN	316SS	410	MONEL	HAST BAY	NAST C	CARB-T	GFT*	CER*	SIL CARB*	BRONZE	TCC	NILES*	316SS/STEL	316SS/SAP	STOODY	420STEL	COLM	TCC N*	TITAN CARB	CI	431/40SS	316SS/CHR	316SS/STC*	NITR	NEOP	GRAPH	VITON**	EP	W/ASB	TFL	GFT	KAL***	
	°C	%																																					
NAPHTHA			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NAPHTHA, CRUDE			N	A	A	A	A	A	C			A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NAPHTHALÉNE												A	A	A	N										N	N													
NATURAL GAS LIQUID			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NEA-SFOOT OIL			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
NICKEL ACETATE												A	A	A	A																								
NICKEL CHLORIDE	Hot	<30	N	C		A	C	A	A	A		A	A	A	A					A	A	A	C	A	A														
NICKEL COBALT SULFATE, 5% H ₂ SO ₄	95							N	A			A	A	A	A								A	A	N														
NICKEL SALTS												A	A	A	A																								
NICKEL SULFATE			N	C		A	C	A	N	C		A	A	A	A					A	A	A	C	A	A														
NITOTINE SULFATE									A			A	A	A	A					A	A		A																
NITROCHLOROPHORM									A	A		7	A	A	A									A															
NITROBENZENE			A	A		A	A	A	A			A	A	A	A				A	A	A	A	A	A															
NITROBENZINE			A	A		A	A	A	A			A	A	A	A				A	A	A	A	A	A															
NITROETHANE												A	A	A	A																								
NITROMETHANE												A	A	A	A								A	A	A														
NITROPROPANE												A	A	A	A								A	A	A														
NITROGEN GAS			A	A	A	A	A	A	A	A		C	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OAKITE												A																											
OIL & AMMONIA			A				A	A	A	A		A	A	A	A				A	A	A	A	A	A	A														
OIL ANIMAL BONE			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL ANIMAL COD			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL ANIMAL LARD			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL ANIMAL MENHADEN			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL ANIMAL MEATSFOOT			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL ANIMAL SPERM			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL ANIMAL WHALE			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL BUNKER C			A	A	A	C	A	A	A	A		A	A	A	N	C	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL COAL TAR												A	A	A	A																								
OIL CREOSOTE, SWEET												A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A															
OIL CRUDE, SWEET	Colg		A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A															
OIL DIESEL #20			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	N	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL DIESEL #30			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL DIESEL #40			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL DIESEL #50			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL ESSENTIAL			C	C	C	A	A	A	A	A		A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL FUEL #1			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL FUEL #2			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL FUEL #3			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL FUEL #5A			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL FUEL #5B			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL FUEL #6			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL INSULATING			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL KEROSENE			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL LEAN			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	N	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OIL LINSEED (Raw)			C	C	C	A	A	A	A	A		A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
OIL LUBRICATING #8			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OIL FED. SPEC. #10			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OIL FED. SPEC. #20			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OIL FED. SPEC. #30			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OIL LUBRICATING DIESEL #9110			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OIL FED. SPEC. #9170			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	
OIL FED. SPEC. #9250			A	A	A	A	A	A	A	A		A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A		

MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE			METAL PARTS							STATIONARY OR ROTARY RING (FACE)																SECONDARY SEALS												
PRODUCT	CONDITIONS		STEEL	BRONZE	INCONEL	TITAN	316SS	MONEL	HAST C	CARB-1	CLER	SIL CARB	BRONZE	TEC	NIRUS	316SS/STL	316SS/SIP	STOODY	316SS/STL	COLM	TC-N	TITAN CARB	CI	431H/MS	316SS/CHR	316SS/STC	NIN	MCP	GGRAPH	VITON**	E.P.	WFLU	T/L	G/T	KAL-72**			
	"C"	"F"																																				
OIL FED. SPEC. SAE 90			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	P	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A	
OIL FED. SPEC. SAE 140			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A	
OIL FED. SPEC. SAE 250			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A	
OIL MINERAL LARD CUTTING, Fed Spec #1			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A	
OIL MINERAL LARD CUTTING, Fed Spec #2			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A	
OIL NAVY SPEC., NAVY II			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL QUENCHING			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL RICH			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL TURBINE LUBE			A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, CASTOR			C	A	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, CHINA WOOD			G	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, COCOANUT			G	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, CORN			G	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, COTTONSEED			G	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, INSEED (Raw)			G	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, OLIVE			C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, PALM			C	C	C	A	A	A	A	A	A	A	C	A	A	A	A	A	A	A	A	A	C	C	C	A	A	A	A	C	A	A	N	A	A	A	A	A
OIL VEGETABLE, PEANUT			C	C	C																																	

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
**Registered trademark E.I. DuPont
***Registered trademark of Cabot Sterling Division
***Registered trademark Greene, Tweed & Co.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.

[illegible]

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
**Registered trademark E.I. DuPont
***Registered trademark of Cabot Steelite Division
****Registered trademark Greene, Tweed & Co.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.

[illegible]

☐ Unknown

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
**Registered trademark E.I. DuPont
#Registered trademark of Cabot Stellite Division
***Registered trademark Greene, Tweed & Co.

CAUTION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.



MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE

MECHANICAL SEAL MATERIAL SELECTION GUIDE			METAL PARTS										STATIONARY OR ROTARY RING (FACE)										SECONDARY SEALS																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																								
PRODUCT	CONDITIONS		STEEL	BRONZE	416SS	TITAN	316SS	304	MONEL	HAST B	HAST C	CARB-I	GFT	CERT	316L/316	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	316SS/316L	

A Acceptable

C Use with caution

N Not recommended

U Unknown

Corrosion > 0.010 IPY.
detrimental to part.

*Designates standard face material
†Consult Manufacturer - various grades available
**Registered trademark E.I. DuPont
***Registered trademark of Cabot Steel Division
****Registered trademark Greene, Tweed & Co

CAUTION: The above charts are a guide to the selection of mechanical seal components. Prior to actual use, it is suggested that compatibility tests be run and that the seal manufacturer be contacted for their recommendation.

NEITHER THE ASSOCIATION NOR ANY OF ITS MEMBERS MAKES ANY WARRANTY CONCERNING THE INFORMATION OR ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK, AND BOTH EXPRESSLY DISCLAIM ANY LIABILITY FOR INCIDENTAL AND CONSEQUENTIAL DAMAGES ARISING OUT OF DAMAGE TO EQUIPMENT, INJURY TO PERSONS OR PRODUCTS, OR ANY OTHER HARMFUL CONSEQUENCES RESULTING FROM THE USE OF THE INFORMATION OR RELIANCE ON ANY STATEMENT SET FORTH IN THIS HANDBOOK.



ADDENDUM #1
PAGE 1 of 2

SUBSTANCES SEALED IN PULP AND PAPER MILLS -
WITH MECHANICAL SEALS

SUBSTANCE	SEAL DESIGN	ARRANGEMENT	AUXILIARY FEATURES	MATERIALS		REMARKS
				PRIMARY	SECONDARY	
ALUM	Pusher	Single	Quench	Carbon/Ceramic	Teflon	
BLACK LIQUOR	Non-Pusher	Single	By-Pass	T.C./T.C.	Elastomer	Double seals being replaced by singles
		Double	Circulator	Carbon/T.C.		
BOROL	Non-Pusher	Single	By-Pass	Carbon/T.C.	Elastomer	
BUNKER C	Non-Pusher	Single	By-Pass	Carbon/T.C.	Elastomer	
CALCIUM SULFITE	Non-Pusher	Single	By-Pass	Carbon/Ceramic	Elastomer	
CAUSTIC 50%	Pusher	Single	Quench	Carbon/T.C.	Teflon	Abrasive on atmospheric contact
		Double	Circulator			
CAUSTIC 40% (100°F. max.)	Non-Pusher	Single	Quench By-Pass	Carbon/T.C.	Elastomer	Abrasive on atmospheric contact
CHLORINE DIOXIDE	Non-Pusher	Single	Quench	Carbon/Ceramic	Teflon	Hastelloy metal parts
		Double	Circulator			
CLAY SLURRY 70%	Non-Pusher	Single	Quench	T.C./T.C.	Elastomer	1. Abrasive 2. Quench keeps faces clean
		Double	Circulator	Carbon/Ceramic		
GREEN LIQUOR	Non-Pusher	Single	By-Pass	Carbon/T.C.	Elastomer	Very caustic
	Pusher	Double	Circulator	Carbon/High Purity Ceramic	Teflon	
LATEX	Non-Pusher	Single	By-Pass	T.C./T.C.	Elastomer	Abrasive on atmospheric contact
		Double	Circulator	Carbon/Ceramic		
MAGNESIUM SULFATE	Pusher	Single	Quench	Carbon/Ceramic	Teflon	Abrasive on atmospheric contact
		Double	Circulator			
MgO SLURRY	Non-Pusher	Single		T.C./T.C.	Elastomer	Abrasive
	Pusher	Double	Circulator	Carbon/Ceramic	Teflon	
MgO SULFITE LIQUOR	Pusher	Double	Circulator	Carbon/Ceramic	Teflon	Carpenter 20 metal parts
PAPER STOCK 4%	Non-Pusher	Single	Injection	Carbon/T.C.	Elastomer	Fibrous Slurry
		Double	Circulator	Carbon/Ceramic		To prevent dilution



ADDENDUM #1
PAGE 2 of 2

SUBSTANCES SEALED IN PULP AND PAPER MILLS

WITH MECHANICAL SEALS

SUBSTANCE	SEAL DESIGN	ARRANGEMENT	AUXILIARY FEATURES	MATERIALS		REMARKS
				PRIMARY	SECONDARY	
RED LIQUOR	Pusher	Double	Circulator	Carbon/Ceramic	Teflon	
SODIUM CHLORATE	Pusher	Double	Quench Circulator	Carbon/Ceramic	Teflon	Very hazardous
SODIUM CHLORITE	Pusher	Double	Circulator	Carbon/Ceramic	Teflon	Hazardous
SODIUM HYPO- CHLORITE	Pusher	Single	Quench By-Pass	Carbon/High Purity Ceramic	Teflon	1. Hazardous 2. Hastelloy B metal parts
STARCH	Non-Pusher	Single	By-Pass Quench	T.C./T.C.	Elastomer	Abrasive on atmospheric contact
	Pusher	Double		Carbon/Ceramic	Teflon	
SULFURIC ACID (80% 150°F.)	Pusher	Single	Quench By-Pass	Carbon/Ceramic	Teflon	1. Hazardous 2. Carpenter 20 metal parts
TITANIUM DIOXIDE	Non-Pusher	Double	Circulator	Carbon/Ceramic	Elastomer	Abrasive
	Pusher				Teflon	
WATER	Non-Pusher	Single	By-Pass	Carbon/Ceramic or T.C.	Elastomer	
WHITE LIQUOR	Non-Pusher	Single	By-Pass	Carbon/T.C.	Elastomer	
WHITE WATER	Non-Pusher	Single	Injection	Carbon/Ceramic	Elastomer	To prevent dilution
		Double	Circulator			
ZINC ACETATE	Pusher	Single	By-Pass	Carbon/Ceramic	Elastomer	

NOTE: T.C. = TUNGSTEN CARBIDE



BIBLIOGRAFIA.

- “A Mechanical Seal Guide to API-610 Standard 7th Edition”, Editado por Jonh Crane International.
- “Curso de Selección y Aplicación de Sellos Mecánicos, 1999” Editado por Industrias Vago de México. Fabricante de la Marca Vazel.
- Dr. Frederick. M. Goleen “Termofluidos, Turbomáquinas y Maquinas Térmicas” Compañía Editorial Continental, S.A. DE C.V. México, D.F.
- Fox R. W., “Introducción a la Mecánica de Fluidos” (4/a. Ed.) McGraw-Hill latinoamericana, México, 1995.
- Igor J. Kassarik y Roy Carter. “BOMBAS CENTRIFUGAS: Selección, Operación y mantenimiento”, CECSA.
- “Mechanical Seal For Pumps. Compressors and Agitators. Seal Supply Systems and Components” Editado por Burgmann.
- Salvador Morales Cristóbal. “Catalogo EZ-2: Sellos Mecánicos: Reparación Refacciones, Diseño, Ingeniería, Accesorios”, Editado por Corporación Industrial EMISA, División Sellos Mecánicos.
- Serie CRANE, “BOMBAS: Selección, Uso y Mantenimiento”, McGraw-Hill.
- Viejo Zubicaray. “Bombas Centrifugas”, Limusa.
- Wark K. “Termodinámica”, McGraw-Hill, México, 1991.
- White F. M., “Mecánica de Fluidos”, McGraw-Hill, México, 1983.