

NRF-050-PEMEX -2001



COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS
Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

Rev.: 0

29-ABRIL-2002

PÁGINA 1 DE 114

SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX
EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

BOMBAS CENTRÍFUGAS

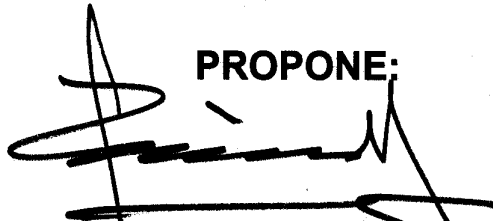
HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA:



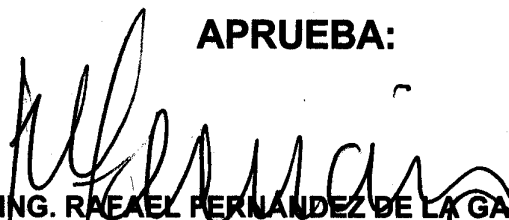
ING. MANUEL PACHECO PACHECO
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:



ING. LUIS RAMÍREZ CORTO
PRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

APRUEBA:



ING. RAFAEL FERNÁNDEZ DE LA GARZA
PRESIDENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y
ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

México, D.F., a 29 de abril de 2002

CAPÍTULO	CONTENIDO	PÁGINA
0.	INTRODUCCIÓN	5
1.	OBJETIVO	5
2.	ALCANCE	5
3.	CAMPO DE APLICACIÓN	6
4.	ACTUALIZACIÓN	6
5.	REFERENCIAS	7
6.	DEFINICIONES	7
7.	SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS	11
8.	DESARROLLO	12
8.1	Diseño básico.....	12
8.1.1	Generalidades.....	12
8.1.2	Carcasa de presión.....	15
8.1.3	Boquillas y conexiones.....	17
8.1.4	Fuerzas y momentos externos en boquillas.....	18
8.1.5	Elementos rotativos.....	19
8.1.6	Anillos de desgaste y claros.....	22
8.1.7	Sellos mecánicos.....	23
8.1.8	Dinámica.....	29
8.1.9	Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes.....	30
8.1.10	Lubricación.....	36
8.1.11	Materiales.....	38
8.1.12	Varios.....	41
8.2	Accesorios.....	42
8.2.1	Accionadores.....	42
8.2.2	Coples y guarda coples.....	44
8.2.3	Bases de montaje.....	45
8.2.4	Tubería.....	47
8.2.5	Instrumentación.....	50
8.3	Requisitos específicos por tipo de bomba.....	51
8.3.1	Bombas con impulsor en cantiliver de una etapa.....	51
8.3.2	Bombas con impulsor montado entre cojinetes.....	52
8.3.3	Bombas verticalmente suspendidas.....	57
8.3.4	Bombas verticalmente suspendidas de tazones tipo difusor y de voluta simple.....	59

8.3.5	Bombas verticalmente suspendidas de carcasa simple, flujo axial y descarga a través de columna	59
8.3.6	Bombas verticales de carcasa simple, tipo voluta en cantiliver, sumergidas.....	59
8.3.7	Bombas verticalmente suspendidas de doble carcasa tipo difusor o tipo voluta (bombas de lata).....	60
8.4	Inspección y pruebas.....	61
8.4.1	Generalidades.....	61
8.4.2	Inspección.....	61
8.4.3	Pruebas	62
8.4.4	Preparación para embarques	65
8.5	Garantías	66
8.5.1	Mecánica	66
8.5.2	De funcionamiento.....	67
8.6	Documentos del proveedor	67
8.6.1	Información requerida con la cotización	67
8.6.2	Información requerida después de la orden de compra	68
9.	RESPONSABILIDADES	70
10.	CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS	71
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	71
12.	ANEXOS.....	76
	Anexo A. Sellos mecánicos y arreglos de tubería.....	76
	Anexo B. Criterios para diseño de tubería	91
	Anexo C. Materiales y sus especificaciones para bombas centrífugas	93
	Anexo D. Guía de selección de materiales	102
	Anexo E. Grouting a base de cemento y epóxicos	104
	Anexo F. Hoja de datos	107
	Anexo G. Dimensiones estándar de bases.	113

0. INTRODUCCIÓN.

Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios en cumplimiento de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización, y con la facultad que le confiere la Ley de Adquisiciones, Arrendamientos y Servicios del Sector Público y la Ley de Obras Públicas y Servicios Relacionados con las Mismas, expide la presente Norma de Referencia para el diseño de bombas centrífugas.

En la elaboración de esta Norma participaron:

Petróleos Mexicanos.

Pemex - Exploración y Producción.

Pemex - Gas y Petroquímica Básica.

Pemex - Petroquímica.

Pemex - Refinación.

Instituto Mexicano del Petróleo.

1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos a cumplir para el diseño, selección de materiales, fabricación y pruebas de bombas centrífugas.

2. ALCANCE.

Esta norma establece los requerimientos mínimos para el diseño mecánico de bombas centrífugas y sus materiales, cuya clasificación general es: con impulsor en cantiliver, montado entre cojinetes y verticalmente suspendido (ver figura No. 1), para fluidos inflamables y peligrosos en todas las condiciones de operación; y para fluidos no inflamables y no peligrosos que se encuentran por arriba de las siguientes condiciones de operación:

Presión máxima de descarga: 1,900 kPa (275 lb/pulg²).

Presión máxima de succión: 500 kPa (75 lb/pulg²).

Temperatura máxima de bombeo: 150 °C (300°F).

Máxima velocidad rotativa: 3,600 RPM.

Carga total máxima: 120 m (400 pies).

En los casos de bombas pequeñas para servicios auxiliares y/o intermitentes, con condiciones de operación por debajo de las indicadas anteriormente, se deben seleccionar como lo indica el punto 8.1.1.9 y deben cumplir como mínimo con los requisitos establecidos en los puntos 8.1.1.1, 8.1.11, 8.1.5.11, 8.1.7, 8.1.9 y 8.2.4, correspondientes a vida útil, materiales, rigidez de la flecha, sello mecánico, cojinetes y tubería auxiliar.

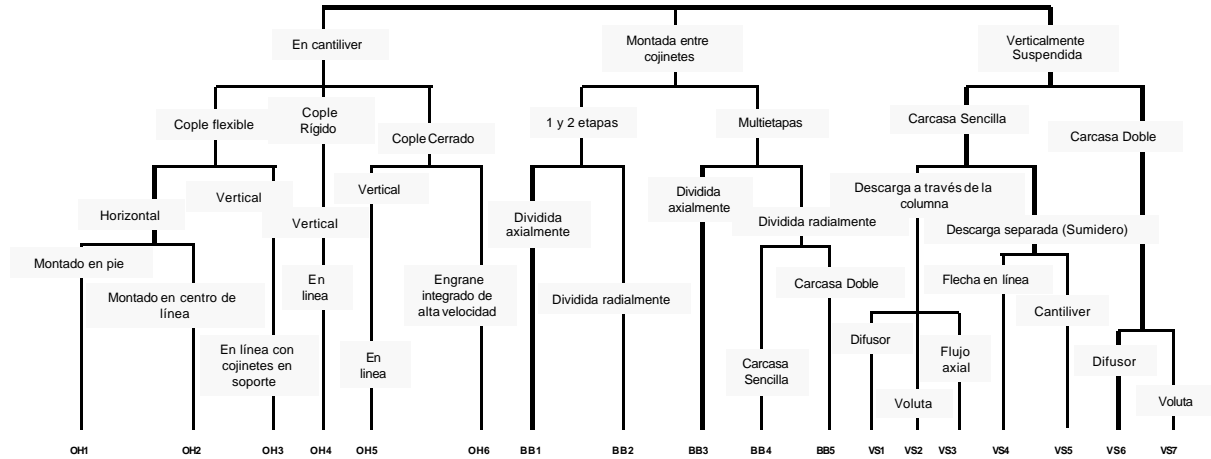


Figura No.1.- Clasificación de Bombas Centrífugas

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en la adquisición o contratación de bombas centrífugas, que lleven a cabo los centros de trabajo de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios, por lo que debe ser incluida en los procedimientos de contratación como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor.

4. ACTUALIZACIÓN.

Las sugerencias para la revisión de la presente norma, deben enviarse al Secretario Técnico del Subcomité Técnico de Normalización de Pemex - Exploración y Producción, quien debe realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas. Sin embargo esta norma se debe revisar y actualizar cada cinco años, o antes, si las sugerencias o recomendaciones lo ameritan.

Las propuestas y sugerencias, deben dirigirse por escrito a:

Pemex- Exploración y Producción.

Unidad de Normatividad Técnica.

Dirección: Bahía de Ballenas # 5, 9° piso.

Col. Verónica Anzures, D.F., C.P. 11300.

Teléfono directo: 55-45-20-35.

Conmutador 57-22-25-00, ext. 3-80-80.

Fax: 3-26-54.

Correo electrónico: mpacheco@pep.pemex.com

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 7 de 114</p>
--	----------------------------------	--

5. REFERENCIAS.

5.1 Normas Oficiales Mexicanas.

5.1.1 NOM-001-SEDE -1999 “Instalaciones eléctricas (utilización)”.

5.1.2 NOM-008-SCFI-1993 “Sistema general de unidades de medida”.

5.1.3 NOM-016-ENER-1997 “Eficiencia energética de motores de corriente alterna trifásicos, de inducción, tipo jaula de ardilla, de uso general en potencia nominal de 0,746 a 149,2 kW. Límites, método de prueba y marcado”.

5.2 Normas Mexicanas.

5.2.1 NMX-J-075/1-1994 “Aparatos eléctricos- Maquinas rotatorias- Parte 1: Motores de inducción de corriente alterna del tipo rotor en cortocircuito en potencias de 0.062 a 373 kW especificaciones”.

5.2.2 NMX-J-433-1987 “Productos eléctricos - Motores de inducción – Trifásicos de corriente alterna - Tipo jaula de ardilla, en potencias mayores de 373 kW (500 CP)”.

6. DEFINICIONES.

6.1 Bomba autoventeadada.

Es aquella cuyo diseño no permite que queden atrapadas bolsas de aire en el interior de los conductos de la carcasa durante el llenado de la bomba.

6.2 Bomba de barril.

Se refiere a bombas horizontales del tipo de doble carcasa.

6.3 Bomba vertical enlatada.

Se refiere a las bombas verticales del tipo de doble carcasa.

6.4 Buje de estrangulamiento.

Dispositivo que forma un claro casi hermético alrededor de la flecha o la camisa en el extremo externo del anillo del prensaestopas.

6.5 Buje de garganta.

Dispositivo que forma un claro casi hermético alrededor de la flecha o la camisa entre el sello y el impulsor.

6.6 Carcasa de presión.

Está compuesta de todas las partes estacionarias de la bomba, sujetas a presión, incluyendo todas las boquillas y otras partes adjuntas, excepto las partes estacionarias y rotatorias de los sellos mecánicos.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 8 de 114
--	---------------------------	---

6.7 Carcasa doble.

Se refiere al tipo de construcción en la cual la carcasa sujeta a presión, está separada de los elementos de bombeo que contiene en su interior.

6.8 Carcasa dividida axialmente.

Se refiere a carcasas con juntas paralelas a la línea de centro de la flecha de la bomba.

6.9 Carcasa dividida radialmente.

Se refiere a carcasas con juntas perpendiculares a la línea de centro de la flecha de la bomba.

6.10 Carga neta positiva de succión (NPSH).

Es la carga total de succión en metros (pies) absolutos de columna de líquido, determinada en la boquilla de succión con respecto a la línea de referencia, menos la presión de vapor del líquido en metros (pies) absolutos. La línea de referencia es la línea de centro en bombas horizontales; la línea de centro de la boquilla de succión en bombas verticales en línea ("in-line") y la parte superior de la cimentación para otras bombas verticales.

6.11 Carga neta positiva de succión disponible (NPSHA).

Es la carga neta positiva de succión determinada por PEMEX, para el sistema de bombeo con el líquido a flujo máximo y temperatura normal.

6.12 Carga neta positiva de succión requerida (NPSHR).

Es la carga neta positiva de succión determinada por el proveedor de la bomba a partir de pruebas de comportamiento, bombeando agua. Se expresa en metros (pies) absolutos de columna de líquido y es la mínima NPSH requerida al flujo nominal para prevenir desviaciones de comportamiento de la bomba debido a la cavitación.

6.13 Cojinetes hidrodinámicos.

Son cojinetes que usan el principio de lubricación hidrodinámica creado cuando sus superficies están orientadas de tal manera que su movimiento relativo genera la presión de aceite para soportar la carga, sin que exista contacto metal con metal.

6.14 Cojinetes hidrodinámicos de empuje axial.

Son cojinetes múltiples segmentados de zapatas pivoteadas o basculantes.

6.15 Cojinetes hidrodinámicos radiales.

Son cojinetes tipo mangas o de zapatas pivoteadas.

6.16 Fluido peligroso.

Es el fluido en estado líquido que presenta peligros adicionales a los relacionados con los puntos de vaporización y ebullición (inflamables). Estos peligros pueden ser, pero no se limita a: toxicidad, reactividad, inestabilidad o corrosividad.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 9 de 114</p>
--	----------------------------------	--

6.17 Fluido inflamable.

Es el fluido en estado líquido cuya temperatura de inflamación es menor a 38 °C (100° F), que tiene una presión de vapor menor o igual a 267 kPa (40 lb/pulg²), tal como la gasolina o algunos productos químicos (incluye las subclases A, B y C).

6.18 Flujo mínimo continuo estable.

Es el flujo mínimo con el cual la bomba puede operar sin exceder los límites de ruido y vibración establecidos por esta norma.

6.19 Flujo mínimo continuo térmico.

Es el flujo mínimo con el cual la bomba puede operar sin que sufra una distorsión por el incremento de temperatura del líquido bombeado.

6.20 Nominal.

Se refiere a la condición a la cual el proveedor certifica que el comportamiento de la bomba esta dentro de las tolerancias establecidas en esta norma.

6.21 Normal.

Se refiere a la condición a la cual el equipo debe operar regularmente.

6.22 Opcional.

Requerimiento no obligatorio que debe cumplirse a petición de PEMEX.

6.23 Potencia al freno nominal.

Es la potencia requerida por la bomba para operar a las condiciones nominales.

6.24 Presión máxima de descarga.

Es la suma de la presión máxima de succión que pudiera presentarse, más la máxima presión diferencial que la bomba sea capaz de desarrollar cuando opera con el impulsor suministrado a la velocidad nominal y máxima, gravedad específica y temperatura de bombeo.

6.25 Presión máxima de sellado.

Es la presión más alta esperada en los sellos de la flecha durante cualquier condición de operación especificada, incluyendo el arranque y paro del equipo.

6.26 Presión máxima de succión.

Es la máxima presión de succión a la que la bomba se ve sometida durante la operación.

6.27 Presión máxima permisible en la carcasa.

Es la presión más alta de descarga a la temperatura especificada de bombeo para la cual se ha diseñado la carcasa de la bomba. El diseño debe estar de acuerdo con las reglas establecidas en esta norma. Además debe ser igual o mayor que la presión máxima de descarga.

6.28 Presión nominal de descarga.

Es la presión de descarga de la bomba en el punto de garantía y en las condiciones nominales de flujo, velocidad, presión de succión y gravedad específica.

6.29 Presión nominal de succión.

Es la presión de succión a las condiciones de operación en el punto de garantía.

6.30 Proveedor.

Se refiere a la persona o compañía que suministra la bomba, puede ser el fabricante de la bomba, el agente de ventas del fabricante o el contratista de la obra.

6.31 Temperatura máxima permisible.

Es la temperatura máxima continua para la cual el proveedor ha diseñado el equipo (o a cualquier parte a la que este concepto aplique) manejando el líquido especificado a la presión especificada.

6.32 Velocidad específica.

Es un índice que relaciona el flujo, la carga total y la velocidad de rotación para bombas de geometría similar, calculado a partir del comportamiento de la bomba en el punto de mayor eficiencia y con el mayor diámetro del impulsor. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$n_q = \frac{N(Q)^{0.5}}{(H)^{0.75}}$$

donde:

n_q = velocidad específica.

N = velocidad de rotación (RPM).

Q = flujo total de la bomba (m^3/s)(GPM).

H = carga por etapa (m)(pies).

Nota: La velocidad específica calculada en m^3/s y metros, multiplicada por un factor de 51.6 es igual a la velocidad específica calculada en GPM y pies.

6.33 Velocidad específica de succión.

Es un índice que relaciona el flujo, la NPSHR y la velocidad de rotación para bombas de geometría similar, calculado a partir del comportamiento de la bomba, en el punto de mayor eficiencia y con el mayor diámetro del impulsor. Se expresa mediante la siguiente ecuación:

$$n_{qs} = \frac{N(Q)^{0.5}}{(NPSHR)^{0.75}}$$

donde:

n_{qs} = velocidad específica de succión.

N = velocidad de rotación (RPM).

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 11 de 114
--	---------------------------	--

Q = flujo por el ojo del impulsor (m^3/s) (GPM).

= flujo total por el impulsor de succión sencilla.

= mitad del flujo total por el impulsor de succión doble.

NPSHR = carga neta positiva a la succión requerida (m) (pies).

Nota: La velocidad específica calculada en m^3/s y metros, multiplicada por un factor de 51.6 es igual a la velocidad específica calculada en GPM y pies.

6.34 Velocidad nominal.

Es el número de revoluciones por minuto (RPM) que requiere la bomba para satisfacer las condiciones nominales de operación.

7. SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS

7.1 ABMA Asociación Americana de Fabricantes de Cojinetes (American Bearing Manufacturers Association).

7.2 AGMA Asociación Americana de Fabricantes de Engranés (American Gear Manufacturers Association).

7.3 AISI Instituto Americano de Hierro y Acero (American Iron and Steel Institute).

7.4 ANSI Instituto Nacional Americano de Estándares (American National Standards Institute).

7.5 API Instituto Americano del Petróleo (American Petroleum Institute).

7.6 ASME Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos (American Society of Mechanical Engineers).

7.7 ASTM Asociación Americana para Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials).

7.8 BWG Calibre del tubo según Patrón Birmingham (Birmingham wire gauge).

7.9 DEA Dietanol amina.

7.10 FFT Transformada de Fourier Rápida (Fast Fourier Transform).

7.11 FFKM Perfloruro elastómero.

7.12 GPM Galones por minuto.

7.13 H₂S Ácido sulfhídrico.

7.14 IEEE Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (Institute of Electrical and Electronics Engineers).

7.15 ISO Organización Internacional para Normalización (International Organization for Standardization).

7.16 LAB Libre a bordo.

7.17 MEA Mono etanol amina.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 12 de 114</p>
--	----------------------------------	---

7.18 MEK Metil etil cetona.

7.19 MSS Sociedad de Normalización de Fabricantes (Manufacturers Standardization Society).

7.20 NPSH Carga neta positiva a la succión (Net positive suction head).

7.21 NPSHA Carga neta positiva a la succión disponible (Net positive suction head available).

7.22 NPSHR Carga neta positiva a la succión requerida (Net positive suction head required).

7.23 NPS Diámetro nominal de tubo (Nominal pipe size).

7.24 NPT Rosca nominal de tubo.

7.25 NSS Velocidad específica de succión.

7.26 PEMEX Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

7.27 PEP Pemex Exploración y Producción.

7.28 PME Punto máxima eficiencia.

7.29 RMS Raíz cuadrática media.

7.30 RPM Revoluciones por minuto.

7.31 SAE Sociedad de Ingenieros Automotrices (Society of Automotive Engineers).

7.32 TEA Trietanol amina.

8. DESARROLLO.

8.1 Diseño Básico.

8.1.1 Generalidades.

8.1.1.1 Las bombas consideradas en esta norma (incluyendo el equipo auxiliar) deben diseñarse y construirse para una vida útil de 20 años (excepto partes susceptibles a cambiarse continuamente por mantenimiento) y por lo menos 3 años de operación ininterrumpida.

8.1.1.2 Las bombas accionadas por motores de velocidad constante, deben ser capaces de aumentar por lo menos en 5% su carga en condiciones nominales, instalándoles un nuevo impulsor de mayor tamaño o diferente diseño hidráulico.

8.1.1.3 No se aceptan bombas horizontales con impulsor montado en la misma flecha del accionador, con dos pasos en cantiliver o con un impulsor de doble succión en cantiliver.

8.1.1.4 Las unidades de bombeo pueden ser diseñadas con uno o varios pasos. Cuando la presión nominal de succión es mayor que cero o la presión diferencial es mayor que 345 kPa (50 lb/pulg²), la bomba debe diseñarse para minimizar la presión en la(s) caja(s) de estoperos, a menos que los requerimientos de balance

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 13 de 114</p>
--	----------------------------------	---

axial indiquen otra cosa. (Esto puede lograrse con anillos en la parte trasera del impulsor o con un buje de garganta de claro cerrado con una línea de balance a la succión).

8.1.1.5 El proveedor, debe especificar en la hoja de datos la carga neta positiva de succión requerida (NPSHR) cuando la bomba se opera con agua, a una temperatura no mayor de 65 °C (150°F), al flujo y velocidad nominales. No se debe aplicar ningún factor de reducción o corrección para hidrocarburos.

8.1.1.6 Las bombas deben diseñarse para operar continuamente a 105% de la velocidad nominal y operar brevemente, en condiciones de emergencia, hasta la velocidad de disparo del accionador.

8.1.1.7 Las bombas que manejan líquidos más viscosos que el agua, deben tener sus características corregidas de acuerdo con el estándar S-102 del Instituto de Hidráulica o su equivalente.

8.1.1.8 Se prefieren bombas cuyas curvas de comportamiento sean estables (con incremento continuo de carga hasta válvula cerrada) para todas las aplicaciones, pero esta condición es indispensable cuando se especifique operación en paralelo. En este caso, el incremento de carga a válvula cerrada para bombas de uno y dos pasos, debe ser preferentemente de 10% de la carga a flujo nominal. Este porcentaje puede reducirse en bombas multipasos (3 o más pasos) para evitar carga excesiva a válvula cerrada.

8.1.1.9 Las bombas deben tener una región de operación preferente en un rango de 70 al 120% del flujo de mayor eficiencia del impulsor suministrado. El flujo nominal debe estar en un rango del 85 al 105% del flujo de mayor eficiencia del impulsor. El punto de mayor eficiencia del impulsor suministrado se debe encontrar preferentemente entre los puntos nominal y normal de operación. Para bombas con flujos menores a 0.227 m³/min (60 GPM), el flujo nominal debe estar en un rango del 75 al 110% del flujo de mayor eficiencia del impulsor suministrado.

8.1.1.10 El nivel de ruido del equipo de bombeo debe ser máximo de 90 dB a un metro de distancia.

8.1.1.11 Las bombas de alta energía (carga mayor de 200 metros, 656 pies) por paso y mayores de 224 kW (300 HP por paso), requieren una consideración especial para evitar vibraciones por frecuencia de paso laminar y baja frecuencia a flujo reducido. Para estas bombas, la distancia radial entre el inicio de la voluta o vena del difusor y la periferia del impulsor no debe ser menor del 3% del radio máximo del impulsor (en el caso de difusor) y no menor al 6% del radio máximo del impulsor (en el caso de voluta).

8.1.1.12 Las bombas verticales con flecha roscada que puedan dañarse por rotación en sentido inverso, deben suministrarse con un trinquete de no retroceso para su protección.

8.1.1.13 Cuando se requiera enfriamiento, PEMEX debe especificar el tipo, presión y temperatura del fluido de enfriamiento disponible. El proveedor debe indicar el flujo requerido en la hoja de datos.

8.1.1.14 Cuando se suministren chaquetas de enfriamiento para cajas de estoperos, chumaceras, etc., deben diseñarse para una presión mínima de trabajo de 537 kPa (78 lb/pulg²) manométrica y una presión de prueba hidrostática de 827 kPa (120 lb/pulg²) manométrica, además de tener conexiones para limpieza de tal forma que toda la cavidad pueda limpiarse y drenarse.

8.1.1.15 Los sistemas de chaquetas de enfriamiento deben diseñarse para evitar la posibilidad de fugas del líquido bombeado hacia el líquido de enfriamiento. Los pasajes de enfriamiento no deben estar abiertos en las juntas de la carcasa.

8.1.1.16 Los sistemas típicos para tubería de agua de enfriamiento se muestran en las figuras A-4 y A-5 del anexo "A".

8.1.1.17 Los sistemas de agua de enfriamiento deben diseñarse para las condiciones especificadas en la tabla No. 1. Se debe suministrar venteo y drenado completos.

8.1.1.18 Los depósitos y compartimentos que encierran partes en movimiento lubricadas (tales como cojinetes, sellos de flechas, partes altamente pulidas, instrumentos y elementos de control), deben ser diseñadas para minimizar la contaminación por humedad, polvo y otros materiales extraños, durante los períodos de operación y esperas.

8.1.1.19 Todo el equipo debe ser diseñado para permitir un mantenimiento rápido y económico. Los componentes más grandes como carcasa y alojamiento o soporte de cojinetes deben diseñarse machihembrados o con pernos guía para asegurar un alineamiento exacto en el reensamble. La superficie de las caras en contacto debe estar totalmente maquinadas para asegurar su paralelismo.

8.1.1.20 PEMEX especificará la ubicación del equipo, si es interior (con o sin ventilación) o exterior (con o sin techo) y las condiciones de clima y ambientales en las que el equipo operará (incluyendo temperaturas máximas y mínimas, humedad excesiva o problemas de polvo). La unidad y sus accesorios deben ser suministrados para operar en las condiciones estipuladas. El proveedor debe indicar en su propuesta cualquier protección especial que deba suministrar PEMEX.

8.1.1.21 Bombas de alta energía.

8.1.1.21.1 Las bombas con valores de NSS ≥ 232.6 (12000), y desde 186.5 kW (250 HP) en adelante, se deben seleccionar, como se indica en el punto 8.1.1.9 y únicamente se pueden aceptar desviaciones hasta de un 25% respecto del PME, cuando el NPSHA exceda al NPSHR por 0.9 m (3 pies) o más.

8.1.1.21.2 Las bombas con el punto de operación normal localizado 50% a la izquierda del PME y con valores de NPSHR de 3 a 4.9 m (10 a 16 pies), no son aceptables aún cuando la NPSHA exceda al NPSHR en 0.9 m (3 pies) o más.

8.1.1.22 Las bombas de dos pasos con presiones diferenciales de 2068 kPa (300 lb/pulg²) y mayores, deben tener el rotor apoyado entre cojinetes.

Tabla No. 1.- Condiciones de diseño para sistemas de agua de enfriamiento.

DESCRIPCION	SISTEMA DE UNIDADES	
	INTERNACIONAL	INGLES
Velocidad en los tubos del cambiador.	1.5 - 2.5 m/s	(5 – 8 pies/s)
Presión de trabajo máxima permitida.	≥ 689 kPa	≥ 100 lb/pulg ² man.
Presión de prueba hidrostática.	≥ 1.5 Presión de trabajo máxima permisible	≥ 1.5 Presión de trabajo máxima permisible
Caída de presión máxima.	103 kPa	(15 lb/pulg ²)
Temperatura de entrada máxima.	32 °C	90°F
Temperatura de salida máxima.	49 °C	120°F
Incremento de temperatura máximo.	16.7 K	30°F
Incremento de temperatura mínimo.	11.1 K	20°F
Factor de incrustamiento en el lado de agua.	0.35 m ² °C/kW	0.002 hr ft ² °F/BTU
Corrosión permisible en el cuerpo.	3.0 mm	0.125 pulg

8.1.1.23 No se aceptan bombas con impulsores en cantiliver para presiones diferenciales de 2068 kPa (300 lb/pulg²) y mayores.

8.1.1.24 Se aceptan bombas de alta velocidad (con engrane integral) para flujos reducidos y altas cargas dinámicas totales.

8.1.1.25 Los tipos de bombas listadas en la tabla No. 2 tienen características especiales de diseño y solo se deben fabricar a petición expresa de PEMEX y cuando el proveedor demuestre su experiencia en la aplicación específica. La tabla No. 2 muestra las consideraciones principales de este tipo de bombas.

8.1.2 Carcasa de presión.

8.1.2.1 El espesor de la carcasa sujeta a presión, debe ser suficiente para resistir la presión máxima de descarga más los incrementos permisibles de carga y velocidad (ver 8.1.1.2 y 8.1.1.6), a la temperatura de bombeo y a la presión de prueba hidrostática a temperatura ambiente, con 3.2 mm (1/8 pulg) de excedente mínimo por corrosión.

En el caso de bombas de doble carcasa, horizontales de pasos múltiples (3 o más) y divididas axialmente, cuyas áreas están normalmente sujetas a la presión de succión, no necesitan ser diseñadas a la presión de descarga en dicha zona, PEMEX indicará la instalación de válvulas de alivio en el lado de succión de dichos equipos. También especificará si la lata de succión, en el caso de bombas verticales enlatadas, es suministrada para resistir la presión máxima de descarga (esto es posible sí dos o más bombas están conectadas a un sistema común de descarga).

El esfuerzo utilizado en el diseño para cualquier material suministrado, no debe exceder los valores indicados en la Sección II, del código ASME para calderas y recipientes a presión o su equivalente. Para materiales fundidos, se debe aplicar el factor especificado en la Sección VIII, División 1 del código ASME o su equivalente. Las carcasas sujetas a presión de acero forjado, rolado o de placa soldada o bien de tubo sin costura con cubierta soldada, debe cumplir con las reglas aplicables de la Sección VIII, División 1, del código ASME, o su equivalente.

Tabla No. 2 - Consideraciones especiales de diseño para tipo de bombas particulares.

TIPO DE BOMBA	CONSIDERACIONES PRINCIPALES
Cople cerrado (impulsor montado en la flecha del motor)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción del motor 2. Cojinete del motor y rango de temperaturas a altas temperaturas de bombeo. 3. Remoción del sello.
Vertical en línea con cople rígido	<ol style="list-style-type: none"> 1. Construcción del motor 2. Rigidez del rotor. 3. Guía de cojinetes lubricados. 4. Excentricidad de la flecha en el sello.
Horizontal en cantiliver montada en pie.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Presión nominal. 2. Carcasa soportada en centro de líneas.
En cantiliver de dos etapas.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rigidez del rotor.
En cantiliver de doble succión.	<ol style="list-style-type: none"> 1. Rigidez del rotor.
Sección del anillo de la carcasa (multietapas).	<ol style="list-style-type: none"> 1. Carcasa de presión. 2. Desmantelamiento.
Sello mecánico interconstruido (prensaestopas del sello no separable)	<ol style="list-style-type: none"> 1. Remoción del sello.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 16 de 114</p>
--	----------------------------------	--

8.1.2.2 A menos que otra cosa se especifique, la carcasa de presión y las bridas se deben diseñar como mínimo, de acuerdo a lo indicado a continuación:

- a) Para bombas con impulsor montado entre cojinetes divididas axialmente de una y dos etapas y bombas verticalmente suspendidas de carcasa simple, la clase debe ser 125 (ISO 7005-2 PNB20 (ANSI/ASME B16.1)) para hierro fundido; o clase 150 (ISO 7005-1 PNB20 (ANSI/ASME B16.5)) para acero al carbono, con el grado de material correspondiente al de la carcasa de presión.
- b) Para bombas con impulsor en cantiliver y montado entre cojinetes radialmente divididas, bombas horizontales multietapas y bombas verticalmente suspendidas de doble carcasa; la clase debe ser 300 (ISO 7005-1 PNB50 (ANSI/ASME B16.5)) con el grado de material correspondiente al de la carcasa de presión, o 4.1 MPa (600 lb/pulg²), la que sea menor.

8.1.2.3 Se requieren bombas con carcasas radialmente divididas si se especifica cualquiera de las siguientes condiciones de operación:

- a) Temperatura de bombeo de 204 °C (400°F) o mayor. (Debe considerarse un límite menor, cuando exista la probabilidad de un choque térmico).
- b) Cuando el líquido bombeado sea inflamable o tóxico, con una gravedad específica menor a 0.7, a la temperatura de bombeo especificado.
- c) Cuando un líquido inflamable o tóxico sea bombeado a una presión de descarga mayor de 10 MPa (1450 lb/pulg²) man.

Nota: Se pueden usar bombas axialmente divididas para las condiciones de los incisos a, b y c, solamente con la aprobación específica de PEMEX.

8.1.2.4 La carcasa interior de bombas de doble carcasa, debe ser diseñada para resistir la máxima presión diferencial ó 345 kPa (50 lb/pulg²) man, la que resulte mayor.

8.1.2.5 Se deben suministrar tornillos de nivelación y pernos guías para facilitar el desensamble y reensamble. Cuando se usen tornillos de nivelación como medio de separación de caras en contacto, una de ellas debe ser realizada o rebajada para evitar fugas en la junta o un ajuste inadecuado en el ensamble. Para bombas divididas axialmente se deben suministrar orejas o pernos de ojo para izaje de la carcasa superior solamente. El proveedor debe especificar los métodos de izaje del equipo ensamblado.

8.1.2.6 Las cajas de estoperos deben ser adecuadas para el uso de sellos mecánicos, de acuerdo a lo indicado en el punto 8.1.7.

8.1.2.7 Las carcasas con corte radial (incluyendo los empaques de la brida del sello mecánico), deben tener ajuste metal con metal con empaques confinados de compresión controlada.

8.1.2.8 Las bombas horizontales con carcasa de corte radial deben estar diseñadas para permitir remover los impulsores, flecha, cojinetes, etc., sin desensamblar las tuberías de succión y descarga.

8.1.2.9 Las bombas horizontales con temperatura de operación de 177 °C (350°F) o mayores, deben ser del tipo soportada en línea de centro.

8.1.2.10 Tornillería.

8.1.2.10.1 Los detalles de las cuerdas y "machueleado" deben estar conforme a la especificación ISO-262 (ANSI/ASME B.1.1).

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 17 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.1.2.10.2 Los agujeros roscados en las partes a presión deben evitarse al máximo. Además del metal para tolerancia por corrosión, se debe adicionar metal suficiente alrededor y por abajo del fondo de las perforaciones y agujeros roscados en las secciones a presión de las carcasas, para prevenir fugas.

8.1.2.10.3 La tornillería interior para las bombas cubiertas por esta norma, debe ser de un material resistente al ataque corrosivo del líquido bombeado, de acuerdo a lo indicado en la tabla C-1 del anexo "C".

8.1.2.10.4 Las conexiones con bridas, deben suministrarse con los espárragos o pernos roscados instalados. Los agujeros ciegos para espárragos o pernos roscados deben barrenarse únicamente lo suficiente para permitir una profundidad de contacto de la rosca de 1.5 veces su diámetro. Se deben eliminar las primeras 3 cuerdas de cada extremo del espárrago o perno roscado.

8.1.2.10.5 Se prefieren birlos, a los tornillos tipo cachucha ("cap").

8.1.2.10.6 Se debe dejar espacio suficiente en las zonas de tornillería, para permitir el uso de llaves de estrías o de caja. El proveedor debe suministrar cualquier herramienta especial o dispositivo que se requiera.

8.1.3 Boquillas y conexiones.

8.1.3.1 Todas las bombas verticales en línea y horizontales de uno y dos pasos, deben tener sus bridas de succión diseñadas para la misma presión que las bridas de descarga. Las boquillas estándar con rosca interna, pueden usarse para tubería de 38 mm (1.5 pulg) de diámetro nominal y menores. Las boquillas con bridas deben usarse para tubería de 51 mm (2 pulg) de diámetro nominal y mayores, así como para todos los servicios con líquidos inflamables y tóxicos. Para líquidos no inflamables y no peligrosos, las conexiones auxiliares de la carcasa pueden ser roscadas.

8.1.3.2 Todas las bombas deben suministrarse con conexión para venteo a menos que la bomba sea auto-venteadada por el arreglo de las boquillas (ver punto 6.1). Las conexiones roscadas en la carcasa que no estén conectadas a la tubería, deben tener un tapón sólido de acuerdo con el estándar ASME B16.11. Para carcasas de hierro fundido se deben usar tapones de acero al carbono y para carcasas de otro tipo de metal, los tapones deben ser del mismo metal que el de la carcasa o de algún otro con mayor resistencia a la corrosión. Los tapones deben tener un zanco de 38.1 mm (1 1/2 pulg) de longitud mínima.

8.1.3.3 No deben suministrarse salidas roscadas en las volutas de succión o descarga ni en otras áreas de alta velocidad, a menos que éstas sean esenciales para la operación de la bomba. Si se requieren conexiones de drenaje, venteo o para manómetros, éstas deben ser autorizadas por PEMEX.

8.1.3.4 Las conexiones diferentes a las boquillas de succión y descarga, deben ser cuando menos de 13 mm (1/2 pulg) NPS para bombas con boquilla de descarga de 51 mm (2 pulg) o menor y cuando menos de 19 mm (3/4 pulg) NPS para bombas con boquilla de descarga de 76 mm (3 pulg) y mayores, excepto las conexiones para la tubería de lavado del sello y del anillo de lubricación ("lantern ring"), que pueden ser de 13 mm (1/2 pulg) NPS, sin importar el tamaño de la bomba.

8.1.3.5 Las roscas para tubería deben ser cónicas de acuerdo con la especificación ISO 228-1 (ASME B.1.20.1). Los agujeros y protuberancias roscadas para tubería deben ser conforme a la especificación ISO 7005-1 (ASME B-16.5).

8.1.3.6 Bridas de succión y descarga y sus careados.

8.1.3.6.1 No se permiten conexiones de los siguientes diámetros nominales: 32, 64, 89, 127, 178 y 229 mm (1 1/4, 2 1/2, 3 1/2, 5, 7 y 9 pulg).

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 18 de 114
---	---------------------------	---

8.1.3.6.2 Las bridas deben ser conforme a la especificación ISO 7005-1 (ASME B-16.5), según apliquen, excepto lo especificado en los tres párrafos siguientes:

- a) Las bridas de hierro fundido deben ser de cara plana y con dimensiones mínimas de acuerdo a la especificación ISO 7005-2 (ASME B16.1).
- b) Las bridas de cara plana con espesor similar a las de cara realzada, son aceptables en carcasas de fundiciones diferentes al hierro fundido.
- c) Son aceptables las bridas con mayor espesor o diámetro exterior que lo requerido por ISO (ASME).

8.1.3.6.3 Las bridas deben maquinarse, por la parte anterior completamente o alrededor de los agujeros y diseñarse para pernos roscados.

8.1.3.7 Las conexiones auxiliares de la carcasa para fluidos inflamables y tóxicos, deben ser integralmente bridadas, con soldaduras a tope o con soldadura insertada. Las conexiones en campo deben terminar en brida.

8.1.3.8 Las conexiones bridadas a la carcasa deben ser de material compatible con la misma.

8.1.3.9 Los nipples soldados a la carcasa no deben ser mayores a 152 mm (6 pulg), ni menores a 76.2 mm (3 pulg) de longitud; y ser al menos de cédula 160 sin costura para diámetros iguales o menores a 25.4 mm (1 pulg) o de cédula 80 sin costura para diámetros iguales o mayores a 38 mm (1 1/2 pulg).

8.1.3.10 Las conexiones soldadas a la carcasa deben cumplir los requerimientos de materiales de la carcasa, incluyendo los valores de impacto, en lugar de los de la tubería.

8.1.4 Fuerzas y momentos externos en boquillas.

8.1.4.1 Estos requerimientos aplican a bombas con boquillas de succión de 406 mm (16 pulg) y menores, con carcasas construidas de acero o acero aleado. Se consideran dos efectos en las boquillas: esfuerzos y deformaciones desarrollados en la carcasa (ver 8.1.4.2) y desplazamiento de la flecha (ver 8.1.4.3). Las fuerzas y momentos dados en la tabla No. 3 (ver fig. 2) son consideradas como cargas mínimas y deben ser ajustadas de acuerdo con la experiencia y datos de pruebas del proveedor. El proveedor debe proponer cargas semejantes en boquillas para carcasas construidas de otro material.

8.1.4.2 Las bombas horizontales y verticales en línea deben ser capaces de soportar el doble de fuerzas y momentos indicados en la tabla No. 3, aplicadas simultáneamente a la bomba a través de cada boquilla, además de la presión interna, sin causar rozamiento interno o efectos adversos de operación de la bomba o el sello mecánico.

8.1.4.3 La bomba, la base y el pedestal que soporta el ensamble deben ser adecuados para limitar el desplazamiento de la flecha medido en el cople en la bomba instalada, a un máximo de 127 micras (0.005 pulg) en cualquier dirección, cuando está sujeta a las fuerzas y momentos de la tabla No. 3. Estos valores de fuerza y momentos son aplicados simultáneamente a la bomba a través de cada boquilla. (Este desplazamiento de la flecha es una medida de la rigidez del conjunto únicamente para diseño y no es un valor permitido para la operación de la bomba. Se recomienda realinear a la temperatura normal de operación). La bomba no siempre debe estar sujeta simultáneamente a todas las fuerzas y momentos de la tabla No. 3. Cuando las cargas en una o más direcciones son significativamente menores que las de la tabla No. 3, PEMEX puede requerir y el proveedor debe notificar, los incrementos de cargas, en las otras direcciones, que satisfacen el criterio anterior.

8.1.4.4 Los puntos anteriores y las fuerzas y momentos indicados en la tabla No. 3 son criterios para el diseño de la bomba. Para determinar las cargas permitidas de tuberías en una instalación específica, refiérase al anexo "B".

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 19 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.1.4.5 El proveedor debe proponer un criterio aplicable en bridas de bombas mayores a 406 mm (16 pulg) de diámetro, o con materiales diferentes al acero o aleaciones de acero.

8.1.4.6 El proveedor debe suministrar la base y el pedestal para trabajo pesado, a manera de simplificar el arreglo de tubería, permitiéndose mayores cargas por tubería. Estas bases deben ser adecuadas para limitar el desplazamiento de la flecha (medido en el cople, sobre la bomba instalada) a un máximo de 127 micras (0.005 pulg) en cualquier dirección, cuando dicha bomba se sujeta al doble de las fuerzas y momentos descritos en 8.1.4.3.

8.1.4.7 El proveedor debe suministrar los cálculos y/o datos de prueba disponibles, para el desplazamiento de flecha en el cople, cuando PEMEX lo requiera, con las fuerzas y momentos aplicadas de acuerdo a 8.1.4.3 y 8.1.4.6.

8.1.4.8 Los esfuerzos y momentos permisibles para bombas verticales deben ser los valores indicados en la tabla No. 3, para ambas boquillas.

8.1.5 Elementos rotativos.

8.1.5.1 Los impulsores, excepto los anillos de desgaste, deben ser de fundición, de una sola pieza y del tipo cerrados, excepto si PEMEX autoriza otro tipo de fabricación.

8.1.5.2 Los impulsores deben asegurarse a la flecha de la bomba y sujetarlos contra movimiento circunferencial por medio de cuñas, no se aceptan pernos. Pueden usarse bujes cónicos para fijación de impulsores en flechas de bombas verticales, sólo con la aprobación específica de PEMEX. Los impulsores en cantiliver deben asegurarse axialmente a la flecha por medio de tornillos o tuercas tipo cachucha (cap) para no dejar expuesta la rosca. Cualquier dispositivo de fijación debe atornillarse en sentido del flujo creado por el impulsor durante su rotación normal y por medio de un mecanismo de bloqueo positivo (por ejemplo: prisioneros resistentes a la corrosión o roldanas con cejas). Los tornillos deben tener filetes y la espiga de diámetro reducido redondeados, para reducir la concentración de esfuerzos.

8.1.5.3 Los impulsores deben ser preferiblemente de mamelón sólido. Si los impulsores son hechos con moldes de fundiciones de núcleo extraído de corazones, esta construcción es aceptable si el hueco resultante se llena completamente con un metal adecuado que tenga un punto de fusión mínimo de 260 °C (500°F) para carcasas de bombas de hierro fundido y no menor que 538 °C (1000°F) para carcasas de bombas de acero fundido.

8.1.5.4 Cuando exista la posibilidad de cambios súbitos de flujo o presión, que pueda invertir la dirección del empuje hidráulico, los impulsores para bombas de etapas múltiples deben asegurarse individualmente contra movimientos axiales en ambas direcciones a lo largo de la flecha, cuando así lo especifique PEMEX.

8.1.5.5 Las flechas deben ser de diámetro suficiente para transmitir el máximo par de torsión requerido bajo cualquier condición de operación. Considerando el 105% de la velocidad para accionadores de velocidad variable y para soportar continuamente todos los esfuerzos que resulten de los pesos soportados, del empuje axial y arranques, incluyendo el arranque de motores a tensión plena.

8.1.5.6 Cuando se requieran mangas en las flechas, éstas deben ser aseguradas o amordazadas a ella misma, de un material resistente al desgaste, la corrosión y la erosión, con un espesor mínimo de 2.5 mm (0.1 pulg), además de rectificarse y pulirse en su superficie externa o terminadas para la aplicación específica de sellado.

8.1.5.7 Para flechas que requieran que los empaques de las mangas pasen sobre roscas, el diámetro exterior de las roscas debe ser por lo menos 1.59 mm (1/16 pulg) menor que el diámetro interior del empaque y el diámetro de transición debe tener un chaflán entre 15° y 20° para evitar daños al empaque.

Tabla No. 3. - Cargas en boquillas.

FUERZA Y MOMENTO	DIAMETRO NOMINAL DE BOQUILLAS BRIDADAS mm (pulg)								
	51 (2)	76 (3)	102 (4)	152 (6)	203 (8)	254 (10)	305 (12)	356 (14)	406 (16)
Boquillas superiores									
FX	160 (710)	240 (1070)	320 (1420)	560 (2490)	850 (3780)	1200 (5340)	1500 (6670)	1600 (7120)	1900 (8450)
FY	130 (580)	200 (890)	260 (1160)	460 (2050)	700 (3110)	1000 (4450)	1200 (5340)	1300 (5780)	1500 (6670)
FZ	200 (890)	300 (1330)	400 (1780)	700 (3110)	1100 (4890)	1500 (6670)	1800 (8000)	2000 (8900)	2300 (10230)
FR	290 (1280)	430 (1930)	570 (2560)	1010 (4480)	1560 (6920)	2200 (3336)	2600 (4092)	2900 (4448)	3300 (5338)
Boquillas laterales									
FX	160 (710)	240 (1070)	320 (1420)	560 (2490)	850 (3780)	1200 (5340)	1500 (6670)	1600 (7120)	1900 (8450)
FY	200 (890)	300 (1330)	400 (1780)	700 (3110)	1100 (4890)	1500 (6670)	1800 (8000)	2000 (8900)	2300 (10230)
FZ	130 (580)	200 (890)	260 (1160)	460 (2050)	700 (3110)	1000 (4450)	1200 (5340)	1300 (5780)	1500 (6670)
FR	290 (1280)	430 (1930)	570 (2560)	1010 (4480)	1560 (6920)	2200 (3336)	2600 (4092)	2900 (4448)	3300 (5338)
Boquillas en el extremo									
FX	200 (890)	300 (1330)	400 (1780)	700 (3110)	1100 (4890)	1500 (6670)	1800 (8000)	2000 (8900)	2300 (10230)
FY	160 (710)	240 (1070)	320 (1420)	560 (2490)	850 (3780)	1200 (5340)	1500 (6670)	1600 (7120)	1900 (8450)
FZ	130 (580)	200 (890)	260 (1160)	460 (2050)	700 (3110)	1000 (4450)	1200 (5340)	1300 (5780)	1500 (6670)
FR	290 (1280)	430 (1930)	570 (2560)	1010 (4480)	1560 (6920)	2200 (3336)	2600 (4092)	2900 (4448)	3300 (5338)
Todas las boquillas									
MX	340 (460)	700 (950)	980 (1330)	1700 (2300)	2600 (3530)	3700 (5020)	4500 (6100)	4700 (6370)	5400 (7320)
MY	170 (230)	350 (470)	500 (680)	870 (1180)	1300 (1760)	1800 (2440)	2200 (2980)	2300 (3120)	2700 (3660)
MZ	260 (350)	530 (720)	740 (1000)	1300 (1760)	1900 (2580)	2800 (3800)	3400 (4610)	3500 (4750)	4000 (5420)
MR	460 (620)	950 (1280)	1330 (1800)	2310 (3130)	3500 (4710)	5000 (6750)	6100 (8210)	6300 (8540)	7200 (9820)

Notas:

F = Fuerza en lbs (N); M = Momento en lbspie (N-m); R = Resultante.
Para orientación de boquillas ver la figura No.2.

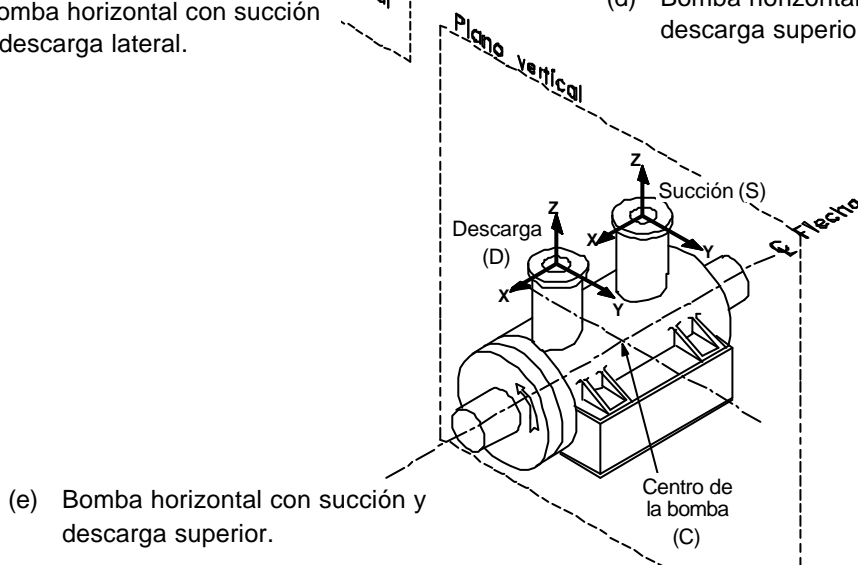
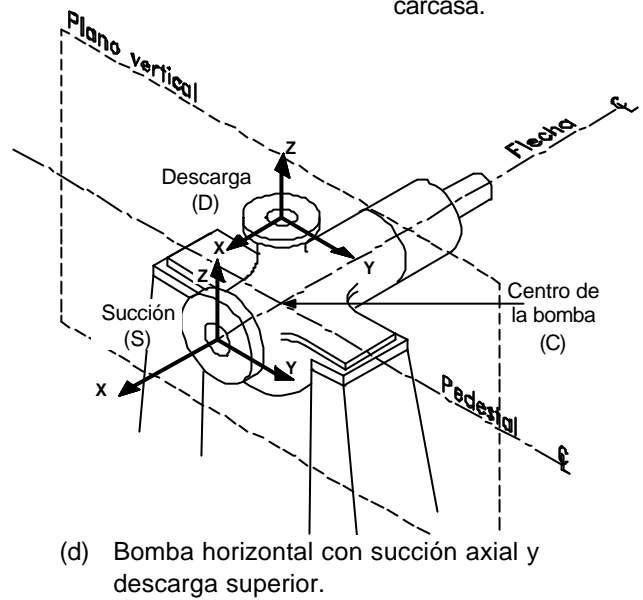
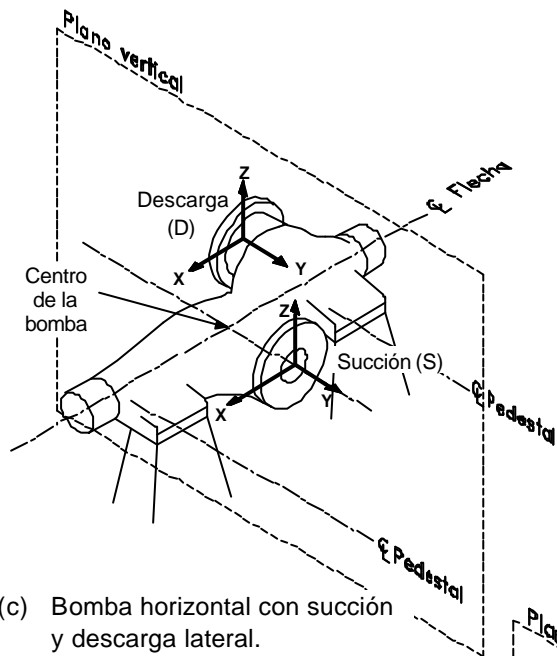
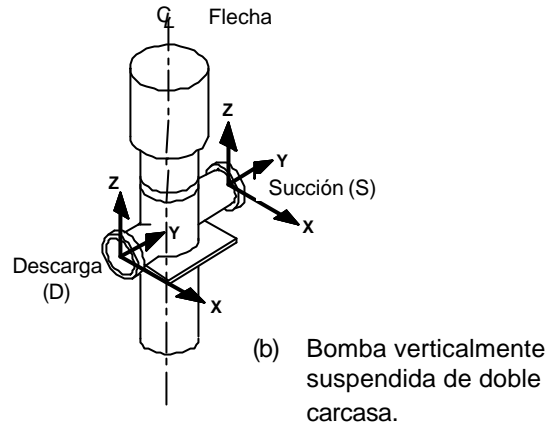
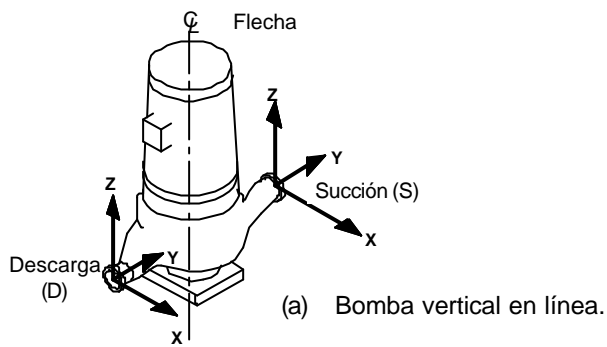


Figura No. 2.- Sistema de coordenadas para fuerzas y momentos de la tabla No. 3.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 22 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.1.5.8 Las mangas deben sellarse en el extremo del lado del proceso y el ensamble manga-flecha (o tuerca) debe extenderse más allá de la cara exterior del prensa estopas o de la brida del sello. De esta manera no pueden confundirse las fugas entre la flecha y la manga, con las fugas a través de la caja de estoperos o de las caras del sello mecánico. Con la aprobación de PEMEX, las mangas pueden ser omitidas para bombas “en línea” y para bombas horizontales pequeñas que utilicen sello mecánico, en cuyo caso se debe establecer que la flecha esté construida de un material cuya resistencia al desgaste y corrosión, así como su acabado, iguale a aquel de la manga. Si no se suministran mangas, las flechas o mamelones deben tener “centros” para permitir su reacabado.

8.1.5.9 Las flechas de bombas, excepto las verticalmente suspendidas, deben ser maquinadas y terminadas adecuadamente en toda su longitud de forma que la excentricidad total indicada (“run out”) no exceda de 25 micras (0.001 pulg). En el ensamble de manga-flecha, la excentricidad total indicada (“run out”) no debe ser mayor de 51 micras (0.002 pulg), para diámetros nominales menores a 51 mm (2 pulg); para diámetros nominales entre 51 y 101 mm (2 y 4 pulg), de 80 micras (0.003 pulg) y de 100 micras (0.004 pulg) para diámetros mayores de 101 mm (4 pulg).

8.1.5.10 El diámetro de aquellas secciones de la flecha o mangas de la flecha en contacto con los sellos mecánicos en la zona de sellado secundario, deben ser múltiplos de 3.18 mm (1/8 pulg).

8.1.5.11 Para tener un empaclado o funcionamiento satisfactorio del sello, evitar fracturas de flecha y prevenir desgaste interno o amarres, la rigidez de la flecha en bombas horizontales de uno y dos pasos y verticales “en línea”, debe limitar la flexión total de la flecha, bajo las más severas condiciones dinámicas a lo largo de toda la curva carga-flujo, (con el impulsor de diámetro máximo a la velocidad y fluido especificado) a un máximo de 51 micras (0.002 pulg) en la cara de la caja del estopero o a la altura de la caja rotatoria del sello, y menos que la mitad del claro mínimo diametral en todos los bujes y anillos de desgaste. En bombas verticales en línea, los cálculos de rigidez de toda la flecha, deben incluir el acoplamiento y el motor. La rigidez requerida de la flecha puede obtenerse por una combinación del diámetro, de la longitud libre de la flecha y el diseño de la carcasa (incluyendo el uso de volutas duales o difusores). El apoyo adicional debido al empaque convencional, no debe considerarse cuando se determine la flexión de la flecha.

8.1.5.12 Se debe suministrar para bombas horizontales y para todas las secciones de interpasos, bujes removibles para la carcasa y mangas de flecha o su equivalente.

8.1.5.13 Para flechas verticales se deben suministrar bujes de tazones reemplazables en todos los interpasos y todos los puntos regulares de apoyo.

8.1.5.14 La flecha de bombas verticales en la sección de impulsores debe ser de una pieza, a menos que PEMEX apruebe otra cosa, debido a la longitud total de la flecha, y a restricciones de transporte, mantenimiento y almacenaje.

8.1.5.15 Para bombas horizontales de pasos múltiples (más de tres pasos), la rigidez de la flecha debe ser el doble de la especificada en el punto 8.1.5.11.

8.1.6 Anillos de desgaste y claros.

8.1.6.1 Se deben suministrar las carcasas y los impulsores de las bombas con anillos de desgaste reemplazables. Si el balance del empuje axial lo requiere, deben suministrarse anillos de desgaste frontales y posteriores. No deben usarse paletas de bombeo para establecer el balance axial.

8.1.6.2 Las superficies “compañeras” de desgaste de materiales endurecibles, deben tener una diferencia de dureza de por lo menos 50 Brinell, a menos que ambas superficies de desgaste, estacionaria y giratoria, tengan una dureza mínima de 400 Brinell.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 23 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.1.6.3 Los anillos de desgaste removibles deben fijarse en su posición por medio de ajuste a presión y con prisioneros roscados, seguros (axial o radialmente). Otros métodos de fijación deben aprobarse por PEMEX.

8.1.6.4 Claros entre elementos en rotación.

8.1.6.4.1 Para determinar el espacio entre los anillos de desgaste y entre otros elementos en rotación, deben considerarse la temperatura de bombeo, las condiciones de succión, las características del fluido bombeado, las características de dilatación y fricción entre los materiales de los anillos y de los elementos en rotación y de la eficiencia hidráulica. Los claros deben ser suficientes para asegurar la confiabilidad de operación y la no adherencia bajo las condiciones de operación.

8.1.6.4.2 Para hierro fundido, bronce, acero endurecido con 11 a 13% de cromo y materiales similares con baja tendencia a "pegarse", se deben usar los claros mínimos establecidos en la tabla No. 4. Para materiales con alta tendencia a "pegarse" y/o para temperaturas de operación por arriba de 260 °C (500°F), se debe adicionar 0.127 mm (0.005 pulg) al claro diametral indicado.

8.1.6.4.3 Los bujes interetapas de bombas multipasos pueden tener los claros estándar del proveedor, indicándolos en la cotización y previa aprobación de PEMEX.

8.1.6.4.4 Para bombas verticales, los claros entre elementos en rotación especificados en el punto 8.1.6.4.2 no aplican para los claros de cojinetes o bujes de interetapas, si se usan materiales de baja tendencia a "pegarse". Los claros usados deben indicarse en la cotización.

8.1.7 Sellos mecánicos.

8.1.7.1 Sellos mecánicos para flechas.

8.1.7.1.1 A menos que otra cosa se indique, se deben suministrar sellos mecánicos de acuerdo al estándar API 682 o su equivalente. Los párrafos 8.1.7.1.2 al 8.1.7.1.23 se deben aplicar en caso de que los sellos no cumplan con el estándar API 682 o su equivalente. Para servicios no peligrosos y no inflamables y cuando se indique, se deben suministrar empaquetaduras de acuerdo al punto 8.1.7.2.

8.1.7.1.2 El diseño del sello mecánico debe ser tipo cartucho; que incluya la camisa, collarín, sellos primarios y secundarios como unidad. Estos sellos deben ser removibles sin desmontar el accionador. No se permiten mangas o camisas tipo gancho ("hook").

8.1.7.1.3 Los sellos mecánicos deben seleccionarse de acuerdo al estándar API 682. Los sellos especiales deben ser especificados por PEMEX en la hoja de datos o pueden ser recomendadas por el proveedor si el servicio lo requiere.

8.1.7.1.4 Esta norma no cubre el diseño de las partes componentes de los sellos mecánicos; sin embargo, dichas partes deben ser de diseño y materiales adecuados para las condiciones especificadas de servicio. También deben soportar la presión máxima de descarga, como se definió en el párrafo 6.24, excepto en servicios de alta presión de descarga donde este requerimiento no es práctico. Para tales aplicaciones, el proveedor debe indicar en su cotización el valor máximo de presión de sellado y el máximo rango de presión del sello durante cualquier condición de operación incluyendo el arranque y paro. Para determinar el valor máximo de presión de sellado, se debe considerar la presión máxima de succión, presión de inyección, los cambios en los claros internos, etc.

8.1.7.1.5 El sello mecánico dual no presurizado debe ser balanceado (dos elementos flexibles y dos caras giratorias en serie), estar diseñado para resistir la presión del fluido barrera. Estos sellos deben tener un balance interno para resistir diferenciales de presión que pueda abrirlos.

8.1.7.1.6 Los materiales para sellos deben suministrarse de acuerdo con el anexo "C". Las caras de los sellos y empaques se deben codificar de acuerdo a las tablas G-4, C-5 y C-6.

8.1.7.1.7 La camisa del sello mecánico debe cumplir las siguientes condiciones:

- a) Ser de material resistente a la corrosión, erosión y al desgaste.
- b) Estar sellada por un extremo.
- c) Extenderse más allá de la cara exterior del collarín de sello.
- d) Estar construida de una pieza.
- e) Tener un claro diametral G7/h6 con la flecha, que permita el fácil ensamble y desensamble.

Nota: G7/h6 es equivalente a 25-75 μ m (0.001-0.003 pulg), pero varía en función del diámetro.

Tabla No. 4.- Claros mínimos entre elementos en rotación.

DIAMETRO DEL ELEMENTO EN EL LUGAR DEL CLARO		CLARO DIAMETRAL MINIMO	
mm	pulg	mm	pulg
<50.0	< 2.000	0.25	0.010
50.0 a 64.99	2.000 a 2.499	0.28	0.011
65.0 a 79.99	2.500 a 2.999	0.30	0.012
80.0 a 89.99	3.000 a 3.499	0.33	0.013
90.0 a 99.99	3.500 a 3.999	0.35	0.014
100.0 a 114.99	4.000 a 4.499	0.38	0.015
115.0 a 124.99	4.500 a 4.999	0.40	0.016
125.0 a 149.99	5.000 a 5.999	0.43	0.017
150.0 a 174.99	6.000 a 6.999	0.45	0.018
175.0 a 199.99	7.000 a 7.999	0.48	0.019
200.0 a 224.99	8.000 a 8.999	0.50	0.020
225.0 a 249.99	9.000 a 9.999	0.53	0.021
250.0 a 274.99	10.000 a 10.999	0.55	0.022
275.0 a 299.99	11.000 a 11.999	0.58	0.023
300.0 a 324.99	12.000 a 12.999	0.60	0.024
325.0 a 349.99	13.000 a 13.999	0.63	0.025
350.0 a 374.99	14.000 a 14.999	0.65	0.026
375.0 a 399.99	15.000 a 15.999	0.68	0.027
400.0 a 424.99	16.000 a 16.999	0.70	0.028
425.0 a 449.99	17.000 a 17.999	0.73	0.029
450.0 a 474.99	18.000 a 18.999	0.75	0.030
475.0 a 499.99	19.000 a 19.999	0.78	0.031
500.0 a 524.99	20.000 a 20.999	0.80	0.032
525.0 a 549.99	21.000 a 21.999	0.83	0.033
550.0 a 574.99	22.000 a 22.999	0.85	0.034
575.0 a 599.99	23.000 a 23.999	0.88	0.035
600.0 a 624.99	24.000 a 24.999	0.90	0.036
625.0 a 649.99	25.000 a 25.999	0.95	0.037

Nota: Para diámetros mayores a 649.99 mm (25.999 pulg) el claro diametral mínimo debe ser 0.95 mm (0.037 pulg) más 1 μ m por cada milímetro adicional de diámetro (0.001 pulg por cada pulgada adicional).

8.1.7.1.8 Las partes componentes de la brida del sello deben resistir cuando menos la presión máxima de diseño de la cámara del sello a la temperatura de bombeo y debe tener la suficiente rigidez para evitar la distorsión que dañe la operación del sello, incluyendo aquella que pueda ocurrir durante el apriete de los birlos para la colocación del empaque. Las bridas de los sellos deben suministrarse con agujeros para birlos en lugar de ranuras, excepto en cajas axialmente divididas. Se deben proveer facilidades para el centrado de la brida del sello con la entrada de la caja de estoperos, con el diámetro interior o algún otro medio. No se acepta el alineamiento por tornillos de los componentes del sello mecánico, ni de la brida del sello. La brida debe tener una ceja de cuando menos 3.2 mm (1/8 pulg) de espesor, para evitar que la cara estacionaria del sello mecánico sea expulsada como resultado de la presión en la cámara del sello. La tornillería de la brida de succión debe considerar la temperatura específica de bombeo y la presión de diseño de la cámara y debe estar de acuerdo con la Sección VIII, División 1, del código ASME o su equivalente, excepto que no se deben usar menos de cuatro pernos. El diámetro nominal de los pernos debe ser por lo menos de 12.7 mm (1/2 pulg).

8.1.7.1.9 La cámara del sello debe tener las dimensiones indicadas en la tabla No. 5 y en la figura No. 3. Con esas dimensiones, el claro radial entre los miembros rotatorios del sello mecánico y el borde de la cámara de sellos debe ser de 3 mm (0.118 pulg).

8.1.7.1.10 La caja de estoperos o cámara del sello debe diseñarse para soportar la máxima carga aplicada por los birlos.

8.1.7.1.11 Las conexiones en la brida del sello deben ser identificadas con letras de golpe de acuerdo a la tabla No. 6. Cuando se especifique lavado a brida (Quench) con vapor, la conexión de entrada debe localizarse en la parte superior de la brida y la conexión de drenado debe localizarse en la parte inferior de la brida para prevenir la formación de bolsas de agua.

8.1.7.1.12 La cámara del sello debe tener un venteo (interno o externo) que permita un venteo completo de la cámara, previo al arranque.

8.1.7.1.13 Los sellos mecánicos contruidos internamente ("Built-in") no son aceptables.

8.1.7.1.14 El proveedor debe suministrar toda la tubería y accesorios, para el sello mecánico que le sea especificado por PEMEX. La tubería para el sello mecánico debe estar de acuerdo con los planes ilustrados en las figuras del anexo "A", el plan se indicará en la hoja de datos. El sistema de tubería del sello, incluyendo tubería, conexiones, válvulas, coladores, orificios y separadores, deben estar de acuerdo con el punto 8.2.4.4. El proveedor del sello y el proveedor de la bomba deben establecer conjuntamente la cantidad de líquido a circular en la cámara del sello y debe indicarse a PEMEX las condiciones requeridas en la cámara para asegurar una película estable en las cámaras de sello y una operación apropiada del sello. La presión en las caras del sello debe mantenerse por arriba de la presión atmosférica. En servicio de vacío, el diseño del sello debe ser adecuado para sellar contra la presión atmosférica cuando la bomba no esté operando. Para bombas que manejen líquidos en condiciones cercanas a su presión de vapor (gases en estado líquido), la presión en la cámara del sello mecánico, para sellos sencillos y para sellos internos duales no presurizados, debe estar al menos 345 kPa (50 lb/pulg²) o 10% por arriba de la presión de vapor del fluido a la temperatura del fluido en la cámara de sello.

8.1.7.1.15 Se debe suministrar chaquetas de enfriamiento o calentamiento en la cámara de sello de la bomba, cuando se especifique, en cuyo caso deben ponerse mutuamente de acuerdo PEMEX, el proveedor de la bomba y el proveedor del sello. Como guía, las chaquetas se requieren normalmente para las condiciones y servicios especificados a continuación.

- a) Para líquidos con temperatura superior a 149 °C (300°F), a menos que se use sello de fuelle metálico.
- b) Productos con alto punto de fusión (calentamiento).

- c) Bombas para alimentación a calderas.
- d) Sellos con conexiones canceladas (sin inyección ni lavado).
- e) Líquidos con bajo punto de vaporización.
- f) Fluidos a temperaturas superiores a 316 °C (600°F).

8.1.7.1.16 Se debe suministrar un buje de estrangulamiento antichispa, colocado a presión en la brida del sello y recargado contra un hombro exterior, en sellos sencillos y duales presurizados, cuando el espacio axial lo permita, para minimizar las fugas en una falla total del sello y para permitir el control de una fuga menor. El claro diametral en el diámetro anterior del buje, no debe ser mayor de 0.635 mm (0.025 pulg). Bujes de estrangulamiento de tipo flotante son permitidos con claros más cerrados.

8.1.7.1.17 Se debe suministrar bujes de garganta a solicitud de PEMEX.

8.1.7.1.18 Se debe suministrar un deflector en bombas verticales que no estén equipadas con empaque auxiliar o cubierta que prevenga que materiales extraños entren al espacio entre la manga y la flecha.

8.1.7.1.19 Los sellos mecánicos y las bridas no se deben usar durante la prueba hidrostática, pero si se deben usar durante las pruebas mecánicas y de comportamiento. Los sellos mecánicos y las bridas deben instalarse en la bomba antes del embarque y deben estar limpios, lubricados y listos para su operación inicial. En las bombas que requieren ajuste final en el campo, el proveedor debe fijar a la bomba una placa metálica indicando este requerimiento.

8.1.7.1.20 La brida del sello y/o la cara de unión de la caja de estoperos debe incorporar un empaque confinado para evitar fugas. El empaque debe ser del tipo de compresión controlada para el ajuste metal con metal. Sin embargo, cuando el espacio y/o limitaciones de diseño hacen impráctico este requerimiento, se debe proponer una alternativa de diseño para aprobación PEMEX.

8.1.7.1.21 A temperatura de bombeo, fluidos con presiones de vapor de 69 kPa (10 lb/pulg²) absoluta o mayores y/o presiones de sellado mayores de 517 kPa (75 lb/pulg²) manométrica se deben de suministrar sellos mecánicos balanceados.

8.1.7.1.22 Para temperaturas de bombeo de 316 °C (600°F) y mayores, el proveedor debe proporcionar un sello mecánico de diseño especial para alta temperatura.

8.1.7.1.23 Para líquidos inflamables y/o tóxicos, el sello mecánico sencillo debe tener bujes de restricción, sello de labio ("lip seal") o un dispositivo auxiliar del lado atmosférico y en la brida del sello. Las conexiones para venteo y drenado deben ser adecuadas para usarse como conexiones para enfriamiento y lavado.

8.1.7.2 Cajas de estoperos para empaque convencional.

8.1.7.2.1 Los empaques se deben especificar para servicios no inflamables y no peligrosos.

8.1.7.2.2 Las cajas de estoperos en cualquier bomba, deben suministrarse con anillo o jaula de enfriamiento para introducir un líquido de enfriamiento directamente al empaque. Se deben de proveer conexiones de entrada y salida para dichas jaulas de enfriamiento.

8.1.7.2.3 Se debe de proveer un espacio amplio para reemplazar los empaques y la jaula de enfriamiento, sin remover o desmantelar cualquier otra parte que no sea el prensa estopas.

8.1.7.2.4 Deben suministrarse chaquetas de enfriamiento en cajas de estoperos de bombas con empaques cuando se especifique cualquiera de las siguientes condiciones: la temperatura del líquido esté por arriba de 149 °C (300°F) o la presión de vapor sea mayor de 69 kPa (10 lb/pulg²) absoluta.

8.1.7.2.5 El empaque de la bomba, si es suministrado por el proveedor de la bomba, debe ser empacado por separado para instalarlo en campo.

8.1.7.2.6 Cuando la caja de estoperos de una bomba vertical está sujeta a la presión de descarga y se use una línea de balanceo, ésta debe ser por medio de una tubería interna en lugar de externa.

8.1.7.2.7 Se debe suministrar un drenaje en las bombas verticales para que el líquido no se acumule en la pieza que soporta el accionador.

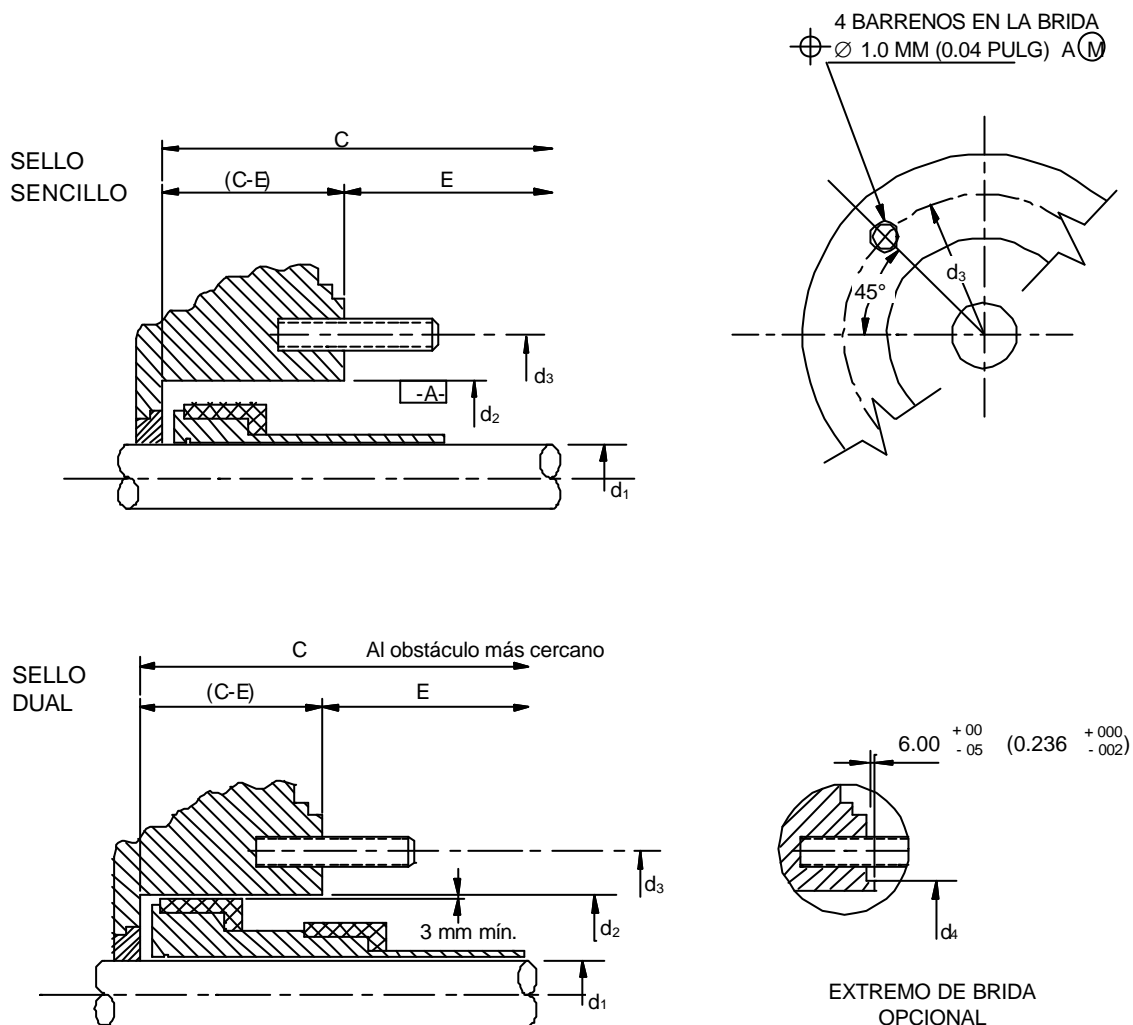


Figura No. 3.- Dimensiones estándar para cámaras y mangas de sellos mecánicos.

Tabla No. 5. Dimensiones estándar para cámaras, bridas y mangas de sellos mecánicos tipo cartucho.

Tamaño cámara de sellos	(Nota 1) Diámetro máximo de la flecha (d ₁) mm (pulg)	(Nota 2) Diámetro del hueco de la cámara de sellos (d ₂) mm (pulg)	Diámetro a centro de líneas de los barrenos (d ₃) mm (pulg)	(Nota 2) Diámetro externo de la brida (d ₄) mm (pulg)	(Nota 3) Longitud total mínima (C) mm (pulg)	(Nota 3) Longitud del claro mínima (E) mm (pulg)	Tamaño x espesor
1	20 (0.787)	70 (2.756)	105 (4.13)	85(3.346)	150(5.90)	100 (3.94)	M12 x 1.75
2	30 (1.181)	80 (3.150)	115 (4.53)	95(3.740)	155 (6.10)	100 (3.94)	M12 x 1.75
3	40 (1.575)	90 (3.543)	125 (4.92)	105(4.134)	160 (6.30)	100 (3.94)	M12 x 1.75
4	50 (1.968)	100 (3.937)	140 (5.51)	115(4.528)	165 (6.50)	110 (4.33)	M16 x 2.0
5	60 (2.362)	120 (4.724)	160 (6.30)	135(5.315)	170 (6.69)	110 (4.33)	M16 x 2.0
6	70 (2.756)	130 (5.118)	170 (6.69)	145(5.709)	175 (6.89)	110 (4.33)	M16 x 2.0
7	80 (3.150)	140 (5.512)	180 (7.09)	155(6.102)	180 (7.09)	110 (4.33)	M16 x 2.0
8	90 (3.543)	160 (6.299)	205 (8.07)	175(6.890)	185 (7.28)	120 (4.72)	M20 x 2.5
9	100 (3.937)	170 (6.693)	215 (8.46)	185(7.283)	190 (7.48)	120 (4.72)	M20 x 2.5
10	110 (4.331)	180 (7.087)	225 (8.86)	195(7.677)	195 (7.68)	120 (4.72)	M20 x 2.5

- Notas:
1. Tolerancias para grado G7/h6. Referencia ISO 286 ASME (B4.1).
 2. Tolerancia grado H7/h6; para bombas divididas axialmente se debe dar una tolerancia adicional para el empaque de $\pm 75 \mu\text{m}$ (0.003 pulg).
 3. Para cumplir con los criterios de deflexión de la flecha, las dimensiones (C) y (E) para 1 y 2 cajas de estoperos pueden tener valores inferiores a los mostrados.

Tabla No. 6. Símbolos para conexiones de bomba y brida.

Símbolo	Conexiones
F	Inyección de fluido para lubricación y enfriamiento
L	Fuga
B	Inyección de fluido para barrera
X	Inyección de fluido externo
Q	Lavado
C	Enfriamiento
H	Calentamiento
G	Lubricación
E	Fluido de balance
P	Fluido bombeado
Sufijo	
I	Entrada
O	Salida
S	Llenado
D	Drenado
V	Venteo

8.1.8 Dinámica.

8.1.8.1 Análisis torsional.

8.1.8.1.1 A menos que PEMEX especifique otra cosa, el análisis torsional lo debe realizar el proveedor cuando se tenga alguno de los siguientes accionadores:

- a) Motor eléctrico o turbina de 1500 kW (2000 HP) y mayores.
- b) Motor de combustión interna de 250 kW (335 HP) y mayores.
- c) Motores sincronos de 500 kW (670 HP) y mayores.
- d) Motor eléctrico de frecuencia variable de 1000 kW (1350 HP) y mayores.

El análisis debe considerar todo el conjunto, a menos que se tenga un mecanismo de acoplamiento dinámico débil.

8.1.8.1.2 Las frecuencias torsionales naturales no amortiguadas del conjunto, deben estar al menos entre $\pm 10\%$ de la frecuencia de excitación en el rango de velocidades de operación especificados.

8.1.8.1.3 El proveedor debe realizar un reporte detallado del análisis que incluya los siguientes conceptos:

- a) Descripción del método usado para calcular las frecuencias naturales.
- b) Diagrama de masa elástica.
- c) Momento másico y rigidez torsional de cada elemento del conjunto.
- d) Diagrama de Campbell.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 30 de 114</p>
--	----------------------------------	---

e) Diagrama con los esfuerzos pico para cada frecuencia resonante.

8.1.8.2 Vibración.

8.1.8.2.1 Durante la prueba de comportamiento se debe medir las vibraciones sin filtrar y realizar el espectro de transformadas de Fourier (FFT) para cada punto de prueba, excepto a flujo cero. Las mediciones se deben realizar como se indica a continuación:

- a) En los alojamientos de cojinetes o localizaciones equivalentes, para todas las bombas en las posiciones mostradas en las figuras No. 4 y 5.
- b) En la flecha de las bombas con cojinetes hidrodinámicos o guía de cojinetes suministrados con probetas de proximidad, en una posición adyacente al cojinete. No se aceptan mediciones realizadas con barra de flecha.

8.1.8.2.2 El espectro FFT debe incluir un rango de frecuencia entre 5 Hz y 2Z veces la velocidad, (donde Z es el número de venas del impulsor. En bombas multietapas con diferentes impulsores, Z será el número más alto de venas en cualquier etapa).

8.1.8.2.3 Las mediciones de vibración durante la prueba no deben exceder los valores mostrados en las tablas No. 7 y 8.

8.1.8.2.4 A cualquier velocidad mayor que la velocidad máxima continua, incluyendo la velocidad de disparo del accionador, la vibración no debe exceder 150 % del valor máximo registrado a la velocidad máxima continua.

8.1.8.2.5 La medición de la vibración del alojamiento o soporte de cojinetes se debe apegar a lo establecido en el apéndice S del estándar API 610 o su equivalente.

8.1.8.3 Balanceo.

8.1.8.3.1 Los impulsores, tambores de balance y componentes rotatorios similares deben balancearse dinámicamente al grado G1.0 de la especificación ISO 1940 (4W/N) o 7 gr-mm (0.01 oz-pulg), la que sea mayor.

8.1.8.3.2 Los componentes se pueden balancear dinámicamente en un plano cuando la relación D/B (ver figura No. 6) sea igual o mayor a 6.

8.1.9 Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes.

8.1.9.1 Cojinetes.

8.1.9.1.1 A menos que otra cosa se especifique, el tipo y arreglo de los cojinetes se deben seleccionar de acuerdo con la tabla No. 9.

8.1.9.1.2 Los cojinetes radiales deben ser de diseño normalizado (bolas, rodillos, mangas o zapatas pivoteadas) a menos que PEMEX especifique otra cosa. Los cojinetes de empuje axial deben ser del tipo antifricción o hidrodinámico, según se requiera.

8.1.9.1.3 Los cojinetes antifricción deben colocarse en la flecha usando hombreras, collares u otro dispositivo de localización positiva, y fijarse en la caja de baleros de acuerdo con ISO 286 (ANSI/ABMA estándar 7). Sin embargo, el aseguramiento de los cojinetes axiales a la flecha debe ser con tuerca y roldana tipo lengüeta.

8.1.9.1.4 Los cojinetes de empuje axial de bolas deben tener una hilera de bolas a 40° (0.7 radianes) del tipo dual, de contacto angular (series 7000), e instalados espalda con espalda.

8.1.9.1.5 Los elementos rotatorios de los cojinetes antifricción, excepto los de contacto angular, deben tener un claro de juego interno de acuerdo al ISO 5753, grupo 3 (ANSI/ABMA símbolo 3, como se define en el estándar 20 del ANSI/ABMA). Los cojinetes de una o dos pistas deben ser del tipo Conrad sin ranura de llenado.

8.1.9.1.6 Los cojinetes hidrodinámicos radiales deben ser: bipartidos para facilidad de ensamble, del tipo manga o zapatas con agujero de precisión, con metales reemplazables de acero recubiertos con babbitt para conchas o zapatas. Los cojinetes deben ser equipados con un perno que evite que giren y los aseguren firmemente en la dirección axial. El diseño del cojinete debe evitar la inestabilidad hidrodinámica y proveer suficiente amortiguamiento para limitar la vibración del rotor a las amplitudes máximas especificadas durante la operación con carga o sin carga a las velocidades de operación especificadas, incluyendo operación en cualquier frecuencia crítica. Los metales, zapatas o conchas deben estar en alojamientos o soportes axialmente divididos y ser reemplazables. Para reemplazar estos elementos se deben requerir remover la media carcasa superior de bombas con corte axial o la tapa de bombas de corte radial. El diseño del cojinete no debe requerir quitar el mamelón del cople para permitir la sustitución de los metales, bujes o zapatas del cojinete.

8.1.9.1.7 Los cojinetes de empuje axial deben ser adecuados para operar continuamente bajo todas las condiciones especificadas, incluyendo condiciones tales como presión diferencial máxima. Todas las cargas deben determinarse con los claros internos de diseño y también con el doble de su magnitud. Además del empuje axial del rotor y cualquier reacción de engranes internos debido a las máximas condiciones extremas permitidas, la fuerza axial transmitida a través del acoplamiento flexible debe ser considerada como una parte del trabajo de cualquier cojinete de empuje axial. Los cojinetes de empuje axial deben tener capacidad para soportar la carga completa para el caso en que la dirección normal de rotación de la bomba se invierta.

8.1.9.1.8 Para coples del tipo de engranes, la fuerza externa debe calcularse con la siguiente fórmula:

$$F = \frac{0.25 (9550)}{Nr D} Pr$$

Donde:

- F = Fuerza externa (kN).
- Nr = Velocidad nominal (RPM).
- D = Diámetro de la flecha en el cople (mm).
- Pr = Potencia nominal en kW.

8.1.9.1.9 Los cojinetes hidrodinámicos de empuje axial deben ser del tipo de segmentos múltiples con baño de Babbitt, diseñados para una capacidad de empuje igual en ambas direcciones y para una lubricación continua presurizada en cada lado. Ambos lados deben ser del tipo de zapatas con autonivelación, asegurando que cada segmento soporte una parte igual de la carga axial con la menor variación del espesor del segmento. El disco de empuje debe ser reemplazable cuando PEMEX así lo especifique y debe asegurarse firmemente a la flecha para evitar que gire. Cuando se suministren discos integrales de empuje, deben proveerse con espesor adicional mínimo de 3.2 mm (1/8 pulg), para rectificarlos cuando se lleguen a dañar. El acabado de las superficies de ambas caras del disco no debe exceder 0.4 micras (1.6×10^{-5} pulg) RMS, y la excentricidad axial ("Run Out") total de cada cara no debe exceder 12.7 micras (0.0005 pulg).

8.1.9.1.10 Para presiones de succión de 1034 kPa (150 lb/pulg²) manométricas y mayores, el proveedor debe suministrar cojinetes de empuje para el máximo empuje desarrollado a través de todo el rango de operación de la bomba.

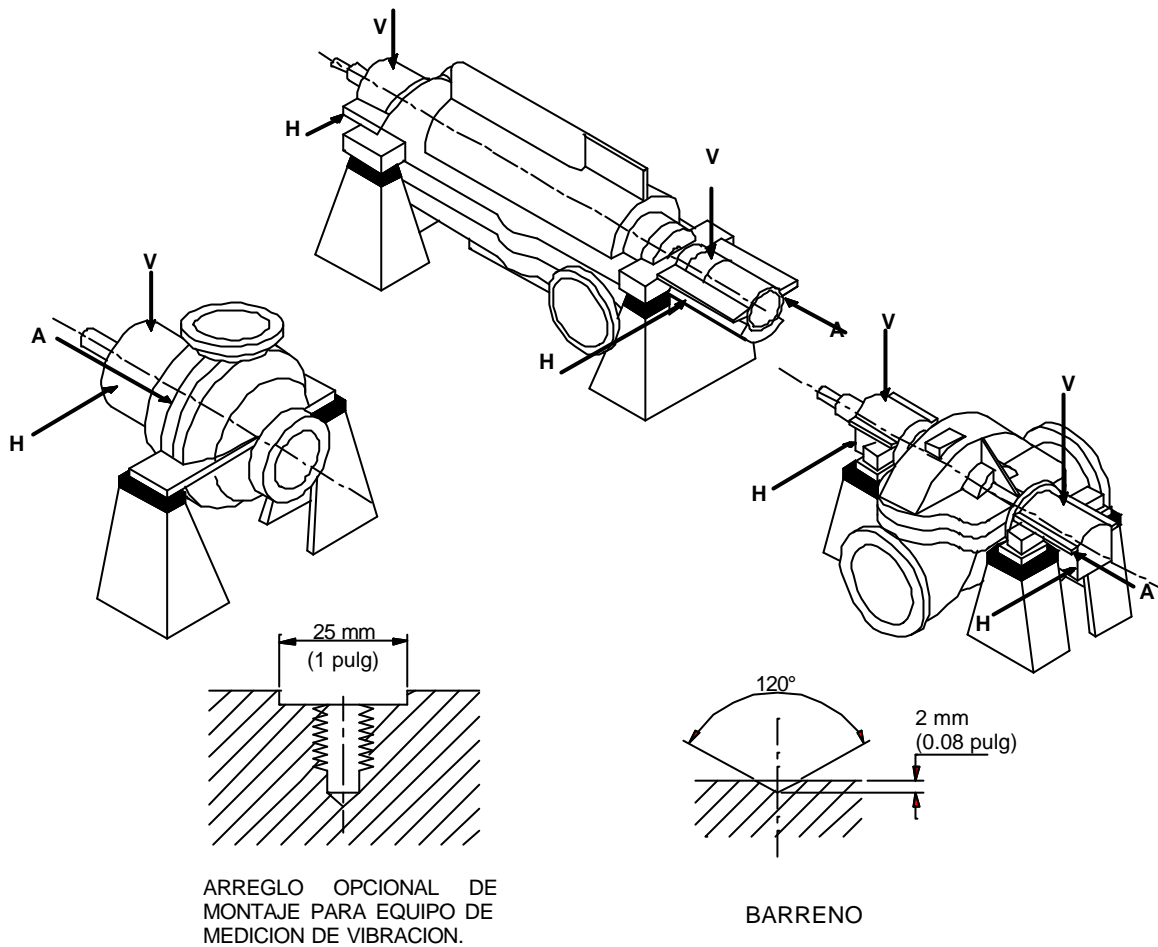


Figura No. 4.- Localizaciones para lectura de vibración en bombas horizontales.

Tabla No. 7.- Límites de vibración para bombas con impulsor en cantiliver y entre cojinetes.

Tipo de cojinete	Localización del punto de medición	
	Alojamiento o soporte de cojinetes (ver figura No. 4)	Flecha de la bomba (adyacente al cojinete)
	Todos	Hidrodinámico
Vibración a cualquier flujo de la región preferida de operación. Del conjunto.	$V_u < 3.0 \text{ mm/s RMS}$ (0.12 pulg/s RMS)	$A_u \leq \left[\frac{5.2 \times 10^6}{N} \right]^{0.5} \text{ mm pico a pico}$ $\left[(8000 / N)^{0.5} \text{ mils pico a pico} \right]$ No exceder: $A_u < 50 \text{ } \mu\text{m pico a pico}$ (2 mils pico a pico)
Frecuencias discretas.	$V_f < 2.0 \text{ mm/s RMS}$ (0.08 pulg/s RMS)	Para $A_f \geq N$: 75% de A_u Para $A_f < N$: 33% de A_u
Incremento permisible de vibración a flujos fuera de la región preferida de operación pero dentro de la región permisible.	30 %	30 %

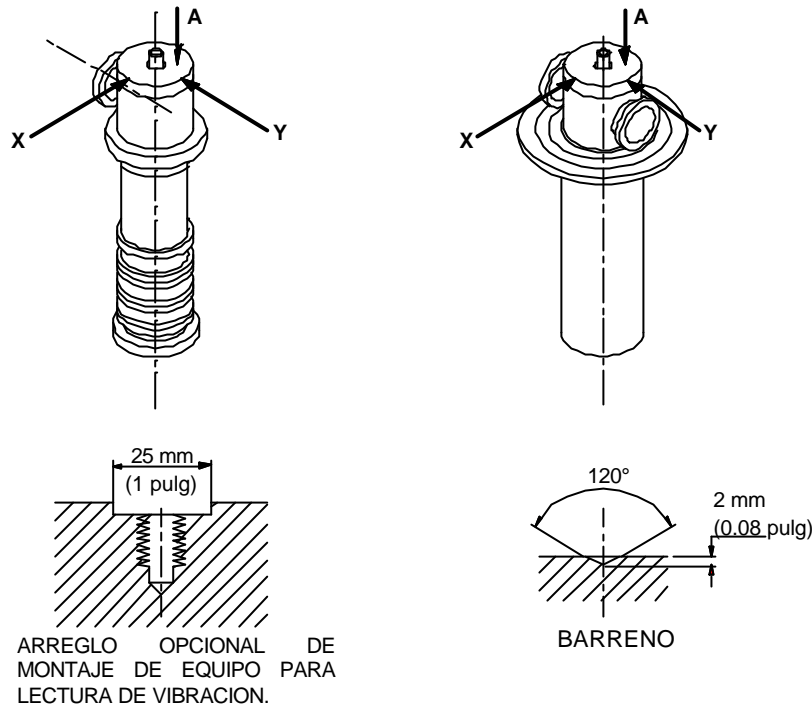


Figura No. 5.- Localizaciones para lectura de vibración en bombas verticales.

Tabla No. 8.- Límites de vibración para bombas verticalmente suspendidas.

Tipo de cojinete	Localización del punto de medición	
	Alojamiento o soporte de cojinetes de empuje en la bomba o en la brida del motor (ver figura No. 5)	Flecha de la bomba (adyacente al cojinete)
	Todos	Cojinete hidrodinámico guía adyacente a una región accesible de la flecha
Vibración a cualquier flujo de la región preferida de operación. Del conjunto.	$V_u < 5.0 \text{ mm/s RMS}$ (0.2 pulg/s RMS)	$A_u \leq \left[\frac{6.5 \times 10^6}{N} \right]^{0.5} \text{ mm pico a pico}$ $\left[(10,000 / N)^{0.5} \text{ mils pico a pico} \right]$ No exceder: $A_u < 100 \text{ } \mu\text{m pico a pico}$ (4 mils pico a pico)
Frecuencias discretas.	$V_f < 3.4 \text{ mm/s RMS}$ (0.13 pulg/s RMS)	$A_f \geq N : 75\% \text{ de } A_u$
Incremento permisible de vibración a flujos fuera de la región preferida de operación pero dentro de la región permisible.	30 %	30 %

Notas:

- V_u = Velocidad no filtrada.
- V_f = Velocidad filtrada.
- A_u = Desplazamiento no filtrado (FFT).
- A_f = Desplazamiento filtrado (FFT).
- N = Velocidad (rpm).

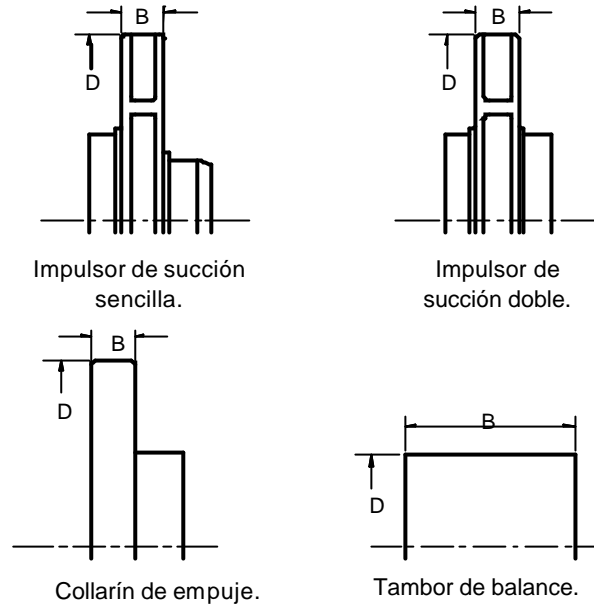


Figura No. 6.- Dimensiones de componentes rotatorios.

Tabla No. 9. Selección de cojinetes.

Condición	Tipo y arreglo de cojinete
Velocidad y vida útil de cojinetes radial y de empuje dentro de los límites para cojinetes antifricción y Energía de la bomba inferior al límite.	Elemento rodante para radial y empuje
Velocidad o vida útil de cojinete radial fuera de los límites para cojinetes antifricción y Velocidad y vida útil de cojinete de empuje dentro de los límites para cojinetes antifricción y Energía de la bomba inferior al límite.	Hidrodinámico para radial y elemento rodante para empuje o Hidrodinámico para radial y empuje
Velocidad o vida útil de cojinetes radial y de empuje fuera de los límites para cojinetes antifricción. o Energía de la bomba superior al límite	Hidrodinámico para radial y empuje
Nota: Limitándose a lo siguiente: a) Velocidad de cojinete antifricción Factor, Nd_m no debe exceder 500,000 Donde: d_m = diámetro promedio del cojinete. N = velocidad rpm + $(d + D) / 2$, mm. b) Vida útil del cojinete antifricción : Clasificación Básica L_{10h} o ISO 281 (ANSI/ABMA estándar 9) de al menos 25,000 horas de operación continua a condiciones nominales, y al menos 16,000 hrs. a carga máxima radial y axial y velocidad nominal. c) Energía: Se requieren cojinetes hidrodinámicos radial y empuje cuando el producto de la potencia nominal de la bomba en kW(HP) y la velocidad nominal en RPM, sea 4×10^6 (5.4×10^6) o mayor.	

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 35 de 114</p>
--	----------------------------------	--

8.1.9.2. Alojamiento o soporte de cojinetes.

8.1.9.2.1 Los alojamientos o soportes de cojinetes para lubricación por aceite no presurizado, deben tener conexiones mínimas de 12.7 mm (1/2 pulg) NPS con tapón para llenado y drenado, además de un indicador de nivel constante (mínimo de 120 cm³) con ajuste mecánico, seguro, recipiente transparente (que no se opaque o deteriore con la luz del sol o el calor inducido) y una protección de jaula de alambre. Se debe localizar y marcar claramente para condiciones de operación y espera, una indicación permanente del nivel adecuado de aceite en la parte exterior del alojamiento o soporte de cojinetes con una marca metálica, inscrita en la fundición u otros medios perdurables.

8.1.9.2.2 Los alojamientos o soportes para cojinetes hidrodinámicos, diseñados para lubricación forzada deben tener un arreglo que minimice la formación de espuma. El sistema de drenado debe ser adecuado para mantener el nivel de aceite y espuma por abajo de los sellos extremos de la flecha. El incremento de temperatura del aceite a través del cojinete y el alojamiento o soporte de cojinetes no debe exceder de 27.8 °C (50°F) bajo las condiciones de operación más adversas especificadas, cuando la temperatura de entrada del aceite es de 40 °C (104°F). Cuando la temperatura de entrada del aceite exceda 50 °C (122°F) se deben dar consideraciones especiales al diseño del cojinete, flujo de aceite y el incremento de temperatura permitido. Las salidas de aceite de los cojinetes de empuje axial deben ser tangenciales en el anillo de control o en el cartucho del cojinete si no se usan anillos de control de aceite.

8.1.9.2.3 Los alojamientos o soportes de cojinetes deben equiparse con sellos reemplazables tipo laberinto y deflectores en donde la flecha pasa a través del alojamiento o soporte; los sellos del tipo de labio no se deben usar. Los sellos y deflectores deben ser hechos de material antichispas. El diseño del deflector de laberinto debe retener efectivamente el aceite en el alojamiento o soporte e impedir la entrada de material extraño.

8.1.9.2.4 Los alojamientos o soportes con cojinetes internos deben tener una brida semicircular de montaje, así como soportes de acero entre la carcasa de la bomba y el alojamiento o soporte de cojinetes, cuando se manejen líquidos inflamables o tóxicos.

8.1.9.2.5 Los alojamientos o soportes para cojinetes lubricados por anillos de aceite deben suministrarse con agujeros y tapones que permitan la inspección visual de los anillos de aceite mientras la bomba está en operación.

8.1.9.2.6 El proveedor debe suministrar a indicación de PEMEX, calentadores de aceite cuando se requiera por temperatura de operación, ambiental o cuando lo especifique.

8.1.9.2.7 Los alojamientos o soportes de cojinetes deben estar, de preferencia, dispuestos de tal forma que se puedan reemplazar los cojinetes sin remover el accionador o montaje de la bomba.

8.1.9.2.8 Se debe suministrar el suficiente enfriamiento para mantener la temperatura del aceite y de los cojinetes, a las siguientes condiciones (considerando una temperatura ambiente de 43 °C (110°F)) :

- a) Para sistemas presurizados, la temperatura máxima de salida de aceite es de 71 °C (160 °F) y la del cojinete de 93 °C (200 °F). Durante las pruebas de taller, el incremento de la temperatura del aceite en los cojinetes no debe exceder de 28 °C (50 °F).
- b) Para anillo de lubricación o sistemas de salpicado, la temperatura del aceite en el depósito debe ser menor a 82 °C (180 °F). Durante las pruebas de taller, el incremento de la temperatura del aceite en los cojinetes, no debe exceder de 39 °C (70 °F).

Cuando sea requerido el uso de agua de enfriamiento, las chaquetas de enfriamiento deben tener solamente conexiones extremas entre las partes superior e inferior de las chaquetas del alojamiento, no deben empacarse sus juntas para evitar contaminación de agua-aceite. Los tubos del enfriador, incluyendo los accesorios cuando

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 36 de 114</p>
--	----------------------------------	---

se usen, deben ser metales no ferrosos y tener juntas de presión. Los tubos deben ser cuando menos 1.07 mm (0.042 pulg) (calibre BWG 19) de espesor y un diámetro de 12.7 mm (1/2 pulg) mínimo, cuando los sensores de temperatura para cojinetes sean suministrados.

8.1.9.2.9 Cuando se especifique lubricación por neblina, aplican los cinco párrafos siguientes:

- a) Se debe suministrar una conexión de entrada para el aceite de 6.4 mm (1/4 pulg) de diámetro nominal mínimo en la mitad superior del alojamiento o soporte de cojinetes. Las conexiones de neblina o purga deben localizarse de tal forma que el flujo de neblina de aceite atravesase los cojinetes antifricción. Si son cojinetes tipo manga, las conexiones para neblina condensada deben localizarse sobre los cojinetes para que el aceite condensado gotee dentro del cojinete.
- b) Se debe suministrar una conexión de venteo de 6.4 mm (1/4 pulg) de diámetro nominal mínimo en la caja de baleros o en la tapa para cada uno de los espacios entre los cojinetes y los sellos de aceite de la flecha. Los alojamientos o soportes que sólo tienen cojinetes de manga, deben tener el venteo localizado cerca del extremo del alojamiento o soporte.
- c) No se deben usar cojinetes sellados o blindados.
- d) Cuando se especifique solamente lubricación por neblina de aceite, no se debe de proveer anillos de aceite o salpicadores, lubricador de nivel constante y no se requiere la marca que indica el nivel de aceite. Sin embargo, cuando se especifique lubricación por neblina de aceite con purga, se debe suministrar una marca indicando el nivel de aceite y un lubricador de nivel constante conectado de tal forma que mantenga la presión interna del alojamiento o soporte de cojinetes.

8.1.9.3 Bujes guías y cojinetes para bombas verticales.

Los cojinetes de empuje axial integrados al accionador se describen en el punto 8.2.1.6. Cuando el cojinete de empuje axial está integrado a la bomba, aplican los párrafos de los puntos 8.1.9.1 y 8.1.9.2, relativos a cojinetes de empuje axial y alojamiento o soporte de cojinetes.

8.1.10 Lubricación.

8.1.10.1 Los cojinetes y alojamientos o soportes de cojinetes deben ser adecuados para lubricación con aceite derivado del petróleo, a menos que PEMEX especifique otra cosa. El sistema de lubricación debe asegurar que tenga un nivel constante por medio de arreglos internos.

8.1.10.2 Se debe suministrar un sistema de lubricación forzada cuando así lo especifique PEMEX o cuando sea requerido por el diseño de la bomba para determinadas condiciones de operación.

8.1.10.3 Cuando PEMEX especifique un sistema externo de lubricación forzada, los componentes con los cuales debe suministrarse son los siguientes: bomba principal de aceite accionada por la flecha principal, bomba auxiliar accionada por motor con control dual automático/manual, sistema de suministro y retorno, filtro duplex para 100% del flujo de 40 micrones (0.0016 pulg) o más fino, enfriador, mirilla y termómetro en cada drenaje de las chumaceras, manómetro, válvula reguladora de presión, válvulas de retención y un depósito con indicador de nivel de aceite y respiradero. Los interruptores de presión deben ser suministrados con el sistema para:

- a) Arranque de la bomba auxiliar por baja presión de aceite y que pare manualmente.
- b) Paro de la bomba auxiliar cuando exista presión normal de la bomba principal de aceite.
- c) Alarma audible al arrancar la bomba auxiliar.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 37 de 114</p>
--	----------------------------------	---

- d) Permitir el arranque del accionador de la bomba principal a una presión del aceite adecuada.
- e) Disparo del accionador de la bomba principal a falla en la presión de aceite.
- f) Alarma audible en el paro del accionador de la bomba principal.
- g) Para todos los incisos anteriores, el ajuste de la alarma precede al ajuste del paro.

8.1.10.3.1 Todos los componentes que contengan aceite a presión deben ser de acero inoxidable a menos que PEMEX apruebe otra cosa.

8.1.10.3.2 Se debe suministrar un calentador externo de vapor para el depósito de aceite o un calentador eléctrico de inmersión con termostato de control, cuando PEMEX lo especifique, para calentar todo el volumen de aceite antes del arranque en un clima frío. El calentador debe tener capacidad suficiente para calentar el aceite en el depósito desde una temperatura ambiente mínima específica del lugar, hasta la temperatura requerida por el proveedor para el arranque, en cuatro horas máximo. Si se usa un calentador eléctrico de inmersión, este debe tener una densidad máxima de 2.3 watt/cm² (15 watt/pulg²).

8.1.10.3.3 El depósito de aceite debe suministrarse con las características especificadas en los siguientes seis párrafos:

- a) La capacidad debe proveer un tiempo de retención de tres minutos, para evitar rellenados frecuentes y proveer suficiente volumen cuando el sistema es drenado.
- b) Provisiones para eliminar el aire y para minimizar la flotación de material extraño en la succión de la bomba.
- c) Las conexiones de llenado, indicadores de nivel y respiraderos deben ser adecuados para usarse a la intemperie.
- d) El fondo inclinado y conexiones para un drenaje completo.
- e) Registros para limpieza tan grandes como sea práctico.
- f) Protección del interior contra corrosión y herrumbre de acuerdo al procedimiento estándar del proveedor, sujeto a la aprobación de PEMEX, cuando no se especifique acero inoxidable.

8.1.10.4 Se debe especificar, cuando aplique, el estándar ISO 10438 (API 614), para el sistema de lubricación forzada.

8.1.10.5 Los salpicadores o anillos de aceite deben tener una sumergencia de 3.2 a 6.4 mm (1/8 a 1/4 pulg) por arriba del borde inferior de un salpicador o por arriba del borde inferior del agujero de un anillo de aceite. Los salpicadores de aceite deben tener mamelones de montaje para mantener la concentricidad y asegurarse firmemente a la flecha.

8.1.10.6 El proveedor debe indicar en el manual de operación la cantidad y las especificaciones del aceite lubricante requerido.

8.1.10.7 Los requisitos para la tubería de aceite lubricante deben estar de acuerdo al punto 8.2.4.3.

8.1.10.8 Componentes tales como conexiones de tubería y válvulas que conduzcan aceite, deben ser de acero y estar de acuerdo con el estándar ISO 10438 (API 614).

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 38 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.1.10.9 Cuando la bomba y el accionador requieran de lubricación forzada, se debe proporcionar un sistema común.

8.1.11 Materiales.

8.1.11.1 Generalidades.

8.1.11.1.1 Los materiales de la bomba deben estar de acuerdo con los listados en el anexo "C", excepto los que sean mejores o alternativas recomendadas por el proveedor para un servicio dado, los cuales deben listarse en la hoja de datos (ver anexo "F"). Para aplicaciones especiales (como ácido fluorhídrico), el diseño y la selección de los materiales de la bomba, se debe realizar en conjunto por el responsable del diseño del proceso, el proveedor de la bomba y PEMEX. Los materiales del sello están considerados en el punto 8.1.7.1.6. PEMEX debe especificar en la hoja de datos, la clase requerida de los materiales de la bomba y el código del sello mecánico de acuerdo al anexo "C", según aplique para el servicio. El anexo "D" muestra una guía de las clases de materiales que pueden ser adecuados para varios servicios. Las partes de la bomba designadas como materiales ASTM en la tabla G1, del anexo "C", deben cumplir los requisitos del estándar ASTM o su equivalente, listada para ese material en la tabla G2. Las partes de la bomba no designadas como materiales ASTM o su equivalente en la tabla C-1, deben ser hechos de materiales con la composición similar y no necesita cumplir los demás requisitos del estándar ASTM o su equivalente.

8.1.11.1.2 Los materiales deben identificarse en la cotización con los números correspondientes de ASTM, AISI, ASME, SAE o ISO, incluyendo el grado del material (ver el anexo "C"). Cuando no exista tal designación, el proveedor debe incluir en la especificación del material, las propiedades físicas, la composición química y los requisitos de prueba. El proveedor debe especificar tales pruebas y las inspecciones necesarias para asegurar que los materiales son satisfactorios para el servicio. Las pruebas deben indicarse en la cotización. PEMEX debe determinar si especifica pruebas adicionales e inspecciones, especialmente para servicios críticos.

8.1.11.1.3 La especificación del material para bombas debe estar de acuerdo con los tres numerales siguientes:

- a) Las partes de la carcasa de presión de bombas de doble carcasa deben ser de acero al carbono o acero aleado.
- b) Las partes de la carcasa de presión de bombas que manejen líquidos inflamables o tóxicos deben ser de acero al carbono o acero aleado.
- c) Se pueden suministrar carcasas en hierro fundido para servicios auxiliares localizadas fuera del área de proceso.
- d) Para bombas que manejen fluidos inflamables o tóxicos, las partes que la constituyen deben ser como mínimo de acero al carbono o acero aleado.

8.1.11.1.4 Aquellas partes de la bomba de acero inoxidable que estarán expuestas a condiciones que favorezcan la corrosión intergranular, y sean fabricados, recubiertos o reparados por soldadura, deben fabricarse de aceros inoxidables de bajo carbono o estabilizados.

8.1.11.1.5 Los materiales, factores de fundición y la calidad de cualquier soldadura debe ser igual a la requerida por la Sección VIII, División 1, del código ASME o su equivalente.

8.1.11.1.6 Cuando se especifique, el proveedor debe suministrar datos químicos y mecánicos de las partes de la bomba, a partir de la colada del material suministrado.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 39 de 114</p>
--	----------------------------------	--

8.1.11.1.7 PEMEX debe especificar la presencia de agentes corrosivos en el fluido de proceso y en el ambiente, incluyendo componentes que puedan causar agrietamiento por corrosión.

8.1.11.1.8 Las partes menores no identificadas (tuercas, resortes, empaques, arandela, cuñas, etc.) deben tener una resistencia a la corrosión igual que la especificada para partes en el mismo ambiente. Los empaques o material sellante entre la flecha y la manga de la flecha bajo la empaquetadura o el sello mecánico deben ser satisfactorios para las condiciones del servicio especificado.

8.1.11.1.9 Partes en contacto tales como birlos y tuercas de acero inoxidable 18-8 o materiales con tendencia similar a pegarse, deben lubricarse con un compuesto apropiado, que impida que se “peguen”.

8.1.11.1.10 Los materiales para la carcasa de presión, flechas, tambores de balance, impulsores y pernos, que tengan un esfuerzo de cedencia mayor de 620.5 MPa (90,000 lb/pulg²) o una dureza mayor que 22 Rockwell “C”, no deben usarse para componentes expuestos a un servicio de H₂S húmedo, aunque éste sea incipiente, apegándose a lo indicado en el estándar NACE MR 0175 o su equivalente. Los componentes fabricados por soldadura deben ser relevados de esfuerzos, para que la soldadura y las zonas afectadas por el calor de la misma, cumplan con el valor del esfuerzo de cedencia y dureza. PEMEX debe indicar la presencia de dichos agentes en el fluido a bombearse.

8.1.11.2 Fundiciones.

8.1.11.2.1 El proveedor debe indicar el grado del material en la hoja de datos.

8.1.11.2.2 Las fundiciones deben estar sanas y libres de rechupes, burbujas, escoria, poros y cualquier defecto similar. Las superficies de fundiciones deben limpiarse por chorro de arena, chorro de perdigones, por baño químico o cualquier otro método requerido por el estándar MSS-SP-55 o su equivalente. Todas las rebabas y restos de la fundición deben ser eliminadas por esmerilado u otro medio apropiado.

8.1.11.2.3 El uso de salientes o soportes en fundición deben ser mínimos. Los salientes o soportes deben estar limpios y sin corrosión (pueden ser recubiertos) y de una composición compatible con la fundición.

8.1.11.2.4 Las fundiciones en carcasas de presión no deben repararse por martillado, soldadura, horneado, taponeado o impregnación. Cuando una fundición se pueda reparar por soldadura, el procedimiento de soldadura debe estar de acuerdo con el código ASME Sección VIII, División. 1 y la Sección IX, o sus equivalentes. Las reparaciones por soldadura deben ser inspeccionadas con las mismas normas de calidad usadas para inspeccionar la fundición.

8.1.11.2.5 Las fundiciones ferrosas pueden repararse por taponamiento dentro de los límites indicados en la especificación ASTM o su equivalente, correspondiente. Los agujeros producidos deben examinarse cuidadosamente con líquidos penetrantes, para asegurarse que el material defectuoso ha sido removido. Todas las reparaciones no contempladas en la especificación ASTM o su equivalente, correspondiente, deben ser aprobada por PEMEX.

8.1.11.3 Soldadura.

8.1.11.3.1 Todas las soldaduras de tubería y partes de carcasas de presión deben efectuarse e inspeccionarse por soldadores y con procedimientos calificados de acuerdo con la Sección VIII, División 1 y la Sección IX del código ASME o su equivalente. Las reparaciones por soldadura están cubiertas en el numeral 8.1.11.2.4.

8.1.11.3.2 El proveedor es responsable de revisar todas las reparaciones y asegurar que han sido tratadas térmicamente y examinadas, de acuerdo con sus procedimientos de calidad. La reparación por soldadura se debe aprobar con el método con que se calificó originalmente.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 40 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.1.11.3.3 A menos que otra cosa se especifique, todas las soldaduras no cubiertas por la Sección VIII, División 1 y B31.3 del código ASME, se deben realizar de acuerdo al código ANSI/AWS D1.1.

8.1.11.3.4 Todas las soldaduras accesibles de la bomba se deben inspeccionar con partículas magnéticas o líquidos penetrantes después del cincelado y del tratamiento térmico; y en el caso de acero inoxidable austenítico después de la aplicación de la solución de destemple.

8.1.11.3.5 Las fundiciones deben tratarse térmicamente después de la aplicación de soldadura, de acuerdo con los requerimientos de la Sección VIII, División 1 del código ASME o su equivalente. Donde se deba mantener la estabilidad dimensional de algún componente de la fundición, el tratamiento térmico debe cuidar esta propiedad.

8.1.11.3.6 Las conexiones de tubería a la carcasa de presión deben instalarse como indican los tres párrafos siguientes:

- a) La instalación de las boquillas de succión y descarga se debe realizar con soldadura de penetración completa. No se aceptan las soldaduras de metales diferentes. La inspección para las boquillas soldadas y los biseles debe ser por partículas magnéticas o por líquidos penetrantes.
- b) La tubería auxiliar soldada a la carcasa de acero aleado, debe ser de material con iguales propiedades nominales que la carcasa o de acero inoxidable austenítico de bajo carbono. Todas las soldaduras deben ser tratadas térmicamente de acuerdo con el código ASME, Sección VIII, División 1, párrafo UW-40, o su equivalente. La tubería auxiliar soldada a la carcasa, debe ser bridada.
- c) Cuando lo indique PEMEX, se debe suministrar para su aprobación, antes de fabricarse, el diseño de las conexiones propuestas. Los dibujos deben mostrar el diseño de soldaduras, tamaño, materiales y pretratamiento y postratamiento térmicos.

8.1.11.4 Bajas temperaturas.

8.1.11.4.1 Para temperaturas de operación por debajo de $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-20°F) o cuando se especifique una temperatura ambiente baja, los aceros deben tener una resistencia al impacto, a la temperatura más baja especificada, para quedar bajo los requerimientos mínimos de energía de impacto Charpy "V" del código ASME, Sección VIII, División 1, párrafos UHA-51 y UG-84, o sus equivalentes. Para materiales y espesores no cubiertos por dicho código, se deben especificar los requerimientos en la hoja de datos.

8.1.11.4.2 Partes sujetas a presión de acero al carbono y de baja aleación, con temperaturas de diseño entre $-29\text{ }^{\circ}\text{C}$ (-20°F) y $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ (100°F), requieren pruebas de impacto de acuerdo a lo establecido en los siguientes puntos.

8.1.11.4.2.1 No se requiere prueba de impacto en partes con espesor predominante de 25 mm (1 pulg) o menor.

8.1.11.4.2.2 En partes cuyo espesor predominante es mayor de a 25 mm (1 pulg), la prueba de impacto debe definirse de acuerdo con el párrafo UCS-66 de la Sección VIII, División 1 del código ASME o su equivalente. La curva B debe usarse para materiales de acero al carbono y bajas aleaciones (incluyendo fundiciones) que no estén listadas específicamente en las curvas A, C o D. La temperatura mínima de diseño del metal que no requiere prueba de impacto se puede reducir de acuerdo a la figura UCS-66.1 del mismo documento. Si los materiales deben probarse por impacto, los requerimientos de energía del impacto para la prueba Charpy-V, se deben apegar al párrafo UG-84.

8.1.11.4.3 El espesor predominante usado en las pruebas de impacto debe ser mayor a lo siguiente:

- a) El espesor nominal de la mayor unión soldada.

b) El mayor espesor nominal de la sección sujeta a presión, exceptuando lo siguiente

- Secciones para soporte estructural.
- Secciones con sobreespesor para mitigar las deflexiones.
- Secciones estructurales para mejorar las características mecánicas.

c) Un cuarto del espesor nominal de la brida.

8.1.11.4.4 PEMEX se reserva el derecho de establecer la temperatura mínima de diseño usada para realizar pruebas de impacto.

8.1.11.5 Inspección de materiales.

8.1.11.5.1 Cuando se requiera o se especifique inspección de soldaduras o materiales por radiografía, ultrasonido, partículas magnéticas o líquidos penetrantes; la radiografía debe estar de acuerdo con la Sección VIII, párrafo UW-52; la inspección por ultrasonido debe ser de acuerdo con el apéndice XII; la inspección por partículas magnéticas debe ser de acuerdo con el apéndice VI y la inspección por líquidos penetrantes debe ser de acuerdo con el apéndice VIII, del código ASME o su equivalente.

8.1.11.5.2 Deben estar disponibles por 5 años para su revisión, los registros de todos los tratamientos térmicos y exámenes radiográficos (plenamente identificados), ya sean realizados en el curso normal de fabricación o como parte de un procedimiento de reparación; cuando así lo especifique PEMEX.

8.1.11.5.3 Cuando se requiera inspección por partículas magnéticas, de acuerdo con el ASTM E709 o su equivalente, la aceptación de defectos debe basarse en una comparación con las fotografías en el ASTM E125 o su equivalente. Para cada tipo de defecto, el grado de severidad no debe exceder los siguientes límites:

TIPO	GRADO
I	1
II	3
III	3
IV	1
V	1
VI	1

Independientemente de estos límites generales, es responsabilidad del proveedor revisar los límites de diseño de todas las fundiciones en el caso que se especifiquen requerimientos más estrictos. Cuando los defectos excedan los límites impuestos en la tabla anterior, deben limpiarse para obtener los estándares de calidad de referencia, determinada por una inspección adicional por partículas magnéticas antes de su reparación por soldadura.

8.1.11.5.4 Si las partes hechas de acero inoxidable 18 Cr – 8 Ni son expuestas al líquido bombeado y son fabricadas con soldadura o tienen superficies endurecidas por soldadura, se requiere acero de grados estabilizados o de muy bajo contenido de carbono.

8.1.12 **Varios.**

8.1.12.1 Las bombas deben suministrarse con todas las herramientas especiales necesarias para armar y desarmar la unidad.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 42 de 114</p>
--	----------------------------------	--

8.1.12.2 Se debe suministrar una placa de datos de acero inoxidable 18 Cr - 8 Ni o de aleaciones de cupro-niquel, fijada a la bomba por remaches de acero inoxidable en un lugar fácilmente accesible.

Esta placa debe tener estampada con letras de golpe o con un método similar, la siguiente información:

- a) No. de inventario de la bomba.
- b) Tamaño y modelo de la bomba.
- c) No. de serie de la bomba.
- d) Flujo en m³/hr (GPM).
- e) Carga en m (pies).
- f) Presión de prueba hidrostática de la carcasa en kPa (lb/pulg²).
- g) Velocidad en RPM.
- h) Diámetro del impulsor en mm (pulg).
- i) Presión máxima de trabajo en kPa (lb/pulg²).
- j) Números de identificación del proveedor de los cojinetes.
- k) Número de orden de compra.
- l) Fecha de fabricación.

8.1.12.3 El número de serie de la bomba debe estar estampado con claridad sobre la carcasa. El sentido de giro debe indicarse por medio de una flecha fija y metálica en un lugar visible.

8.1.12.4 Todos los instrumentos suministrados deben tener la escala en unidades del sistema métrico decimal.

8.2. Accesorios.

8.2.1 Accionadores.

8.2.1.1 El tipo de accionador será especificado por PEMEX en las hojas de datos. El accionador debe ser seleccionado de manera que cubra la demanda de potencia a las condiciones máximas de operación especificadas, incluyendo las pérdidas externas de la bomba en la caja de engranes y/o acoplamientos y cumplir con la especificación correspondiente que se indique en la requisición, bases técnicas y en la orden de compra. Todos los accionadores deben ser adecuados para operar satisfactoriamente con las características especificadas de energía eléctrica, presiones y temperaturas de entrada y salida de vapor o combustible.

8.2.1.2 Los motores eléctricos deben estar de acuerdo con las normas NMX-J-075/1-1994 y NMX-J-433-1987, la clasificación de áreas eléctricas de acuerdo con la norma NOM-001-SEDE-1999, y la norma NOM-016-ENER-1997 con respecto a la eficiencia eléctrica. Los motores eléctricos como accionadores para bombas deben tener un rango de potencia, incluyendo el factor de servicio (si tuviera), de por lo menos igual a los porcentajes de la potencia al freno a las condiciones nominales de operación de la bomba indicados en la tabla No. 10.

Sin embargo, la potencia al freno nominal, no debe exceder al dato de placa del motor. Cuando se considere que se está sobredimensionando innecesariamente el motor, se debe presentar una alternativa y someterla a aprobación de PEMEX.

8.2.1.3 PEMEX especificará el tipo de motor y sus características, incluyendo lo siguiente:

- a) Características eléctricas.
- b) Condiciones de arranque (incluyendo la caída de voltaje esperada).
- c) Tipo de carcasa.
- d) Nivel de ruido.
- e) Clasificación de área eléctrica.
- f) Factor de servicio requerido.
- g) Tipo de aislamiento.
- h) Pérdidas por transmisión.
- i) Requerimientos de detectores de temperatura y sensores de vibración.
- j) Criterios de niveles de vibración aceptable.
- k) Aplicación de la norma IEEE 841 (API 541) o su equivalente.

8.2.1.4 No deben usarse en ningún accionador cojinetes antifricción con ranura de llenado.

8.2.1.5 A menos que PEMEX apruebe otra cosa, los motores, turbinas, o cabezales de engranes para bombas verticales, incluyendo las en línea ("In-Line"), deben ser diseñados para soportar el empuje máximo (ascendente y descendente) que la bomba pueda generar durante su arranque, paro u operación a cualquier flujo. El empuje máximo debe ser determinado considerando los claros internos al doble de los originales.

8.2.1.6 Los cojinetes antifricción radiales y de empuje axial, deben seleccionarse para una vida mínima L_{10h} de 25,000 horas de acuerdo con el ISO 281 (ANSI/ABMA estándar 9), en operación continua a las condiciones nominales de bombeo, pero no menor de 16,000 horas cuando opere bajo cargas máximas axiales o radiales en algún punto entre el flujo mínimo continuo estable y el flujo nominal.

Tabla No. 10. - Porcentaje de potencia al freno de motores eléctricos.

POTENCIA DE PLACA DEL MOTOR		PORCENTAJE DE LA POTENCIA AL FRENO. (EN PUNTO NOMINAL)
kW	HP	
< 22.4	< 30	125
22.4 – 56	30 – 75	115
> 56	> 75	110

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 44 de 114
---	---------------------------	--

8.2.1.7 Los motores para bombas verticales, incluyendo las en línea (“In-Line”) deben tener el cojinete de empuje axial en la parte superior.

8.2.1.8 Los motores para bombas verticales deben tener flechas sólidas.

8.2.1.9 Las turbinas de vapor deben cumplir con la especificación PEP P.2.0335.02, a menos que se indique la PEMEX 2.614.31, en las hojas de datos, además de lo estipulado en el ISO 10436 (API STD 611).

8.2.1.10 Las turbinas de vapor seleccionadas deben ser capaces de proporcionar la potencia al freno requerida por la bomba a las condiciones nominales de operación, basada en la eficiencia garantizada de la bomba. La potencia nominal de la turbina de vapor debe basarse en las condiciones de vapor mínimas de entrada y máximas de salida especificadas. El diseño de la turbina debe prever un 10% de incremento en su potencia máxima.

8.2.1.11 Cuando se especifiquen turbinas de gas, deben cumplir con el estándar API 616 o su equivalente.

8.2.2 Coples y guarda coples.

8.2.2.1 Para todas las bombas horizontales y para las bombas verticales con rodamientos de empuje axial integrado a la bomba, se deben suministrar coples flexibles y guarda coples entre los accionadores y las bombas. Para bombas verticales aplica el punto 8.2.2.10.

8.2.2.2 Para los coples entre el accionador y la bomba la marca, modelo, materiales, capacidad y arreglo de montaje debe ser propuesto por el proveedor para aprobación de PEMEX. Se debe suministrar un espaciador en el cople de 127 mm (5 pulg) de longitud mínima nominal. La longitud de espaciador debe permitir desmontar el cople, cojinetes, sello mecánico o dispositivo de sellado, sin remover el accionador ni la tubería de succión y descarga.

8.2.2.3 Cuando el accionador sea suministrado aparte, el proveedor de la bomba debe proporcionar al proveedor del cople, información sobre dimensiones de la flecha y cuñeros y movimientos axiales del extremo de la flecha debido a efectos térmicos.

8.2.2.4 Los coples deben fijarse adecuadamente con cuñas y el ajuste cilíndrico debe ser suficientemente ligero para que permita un desmontaje fácil y rápido del mamelón en el campo sin necesidad de calentamiento. Cualquier otro método de montaje debe ser aprobado por PEMEX. Los mamelones de los coples deben tener agujeros roscados de 9.5 mm (3/8 pulg) de diámetro mínimo para no utilizar extractor al ser desmontados.

8.2.2.5 Los coples y juntas cople-flecha deben estar diseñados como mínimo para la máxima potencia del accionador incluyendo el factor de servicio. Se debe aplicar un factor de servicio mínimo de 1.5 para coples de elementos flexibles.

8.2.2.6 Los diámetros de las flechas de la bomba y el accionador y los que sirvan como referencia para el alineamiento de los coples, deben ser concéntricos dentro de 12.7 micras (0.0005 pulg) de tolerancia total indicada por cada 25.4 mm (1 pulg) de diámetro de flecha, siempre y cuando esté dentro de una tolerancia de 25.4 micras (0.001 pulg) y 76 micras (0.003 pulg). Las caras o superficies de referencia para la instalación de los acoplamientos y las de referencia de acoplamiento, deben ser perpendiculares a las superficies cilíndricas dentro de los mismos límites. Todas las demás caras y diámetros deben estar a escuadra y concéntricas respectivamente, al eje de rotación dentro de una tolerancia de 127 micras (0.005 pulg).

8.2.2.7 Cuando PEMEX lo solicite, los coples bomba –accionador deben ser dinámicamente balanceados de acuerdo con ISO 1940-1 (AGMA 9000-C90). La clase de balanceo debe ser propuesta por el proveedor y aprobada por PEMEX.

8.2.2.8 Los coples deben fabricarse para cumplir con los requerimientos de ANSI/AGMA 9000 clase 9 o su equivalente. Los coples y su montaje deben cumplir con el estándar API 671 o su equivalente, cuando operen a una velocidad mayor de 3,800 RPM.

8.2.2.9 Se deben suministrar coples con extremo flotante limitado para motores horizontales con manga para evitar rozamiento del rotor en su punto de apoyo. La flotación máxima del cople se indica en la tabla No. 11.

8.2.2.10 Para motores de flecha sólida usados en bombas verticales, los coples deben ser de acero y del tipo rígido ajustable.

8.2.2.11 Cuando se use un accionador de flecha sólida para bombas verticales con sellos mecánicos, el cople debe llevar espaciador. La longitud del espaciador debe ser suficiente para permitir reemplazar el ensamble del sello, incluyendo la manga, sin quitar el accionador. La mitad del cople de la bomba debe diseñarse de tal forma que pueda removerse sin aplicar calor.

8.2.2.12 Cuando el proveedor de la bomba no monte el accionador, debe entregar el medio cople del accionador totalmente maquinado al proveedor del accionador, junto con las instrucciones necesarias para su montaje en la flecha del accionador.

8.2.2.13 Deben suministrarse guarda coples removibles, de acuerdo con los requerimientos para guarda coples indicados en la hoja de datos.

8.2.3 Bases de montaje.

8.2.3.1 Bases para bombas horizontales.

8.2.3.1.1 Se debe suministrar bases con canal de drenaje periférico o tipo charola, con un borde que sirva de rasero y conexiones para drenaje de 51 mm (2 pulg) de diámetro NPS, con rosca para tubería localizada en la parte más baja del borde para que se efectúe un drenado completo. La superficie de la base debe tener una pendiente mínima de 1:120 hacia las conexiones para drenaje. Las bases para equipo accionado por turbina deben tener una longitud suficiente para coleccionar las fugas del ensamble del gobernador.

8.2.3.1.2 La base debe abarcar la bomba y al accionador.

8.2.3.1.3 Todos los pedestales/soportes de apoyo deben ser planos, completamente maquinados y paralelos para recibir el equipo. Las superficies maquinadas deben estar en un mismo plano dentro de una tolerancia de 150 µm (0.002 pulg por pie) de distancia entre pedestales/soportes. Todos los apoyos del accionador sobre la base, deben ser maquinados para permitir la instalación de laines (3.2 mm (1/8 pulg) espesor mínimo) bajo los apoyos del accionador. Cuando el proveedor de la bomba suministre el accionador, debe anexar un juego de laines de acero inoxidable con un espesor mínimo de 3.2 mm (1/8 pulg). Todas las laines deben tener el agujero corrido hacia el lado mayor para instalarse sin remover el accionador.

Tabla No. 11.- Flotación máxima del cople.

Flotación mínima del rotor del motor		Flotación máxima del cople	
mm	(pulg)	mm	(pulg)
6	(0.250)	2	(0.090)
13	(0.500)	5	(0.190)

Nota: Los coples con fuerzas de centrado axial son normalmente satisfactorios sin estas precauciones.

 PEMEX COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 46 de 114
---	---------------------------	---

8.2.3.1.4 La base y los soportes de la bomba, deben ser de pailería. La unidad de bombeo debe estar montada de manera que satisfaga los requerimientos del inciso 8.1.4 para fuerzas y momentos externos y minimice el desalineamiento causado por otras fuerzas mecánicas como: expansión térmica diferencial y por empujes hidráulicos en tuberías. La parte inferior de la base donde descansan los soportes de la bomba y del accionador, deben ir soldadas con objeto de reforzar los miembros opuestos y tener miembros adecuados que se aseguren al “grouting” con el fin de resistir movimientos ascendentes de la base.

8.2.3.1.5 Todas las placas de asiento del conjunto motor-bomba deben estar provistas de cuando menos un agujero para el relleno de “grouting”, con área de 125 cm² (19 pulg²) y dimensiones no menores de 76.2 mm (3 pulg), por cada cavidad que quede entre la placa de asiento y la cimentación. Estos agujeros deben estar localizados de tal forma que permitan el llenado total de las cavidades mencionadas anteriormente, sin crear bolsas de aire. Por cada agujero de llenado debe haber cuando menos un barreno de venteo de 12.7 mm (1/2 pulg) de diámetro mínimo. Para placas de asiento con pendientes que van del centro de la placa hacia los extremos de la misma, los agujeros deben estar en la parte alta adyacente al centro de la placa. Donde la práctica lo permita, los agujeros deben ser accesibles para el llenado con “grouting” cuando la bomba y el accionador ya estén montados. Los agujeros de llenado en las bases tipo charola deben tener un labio rasero de 12.7 mm (1/2 pulg) de altura y si están localizados en un área donde los líquidos puedan escurrir a los agujeros, se deben proteger éstos con charolas de lámina calibre 16 como mínimo. Como una guía para la preparación del “grouting” ver el anexo “E”.

8.2.3.1.6 Cuando el tamaño de la bomba y el accionador lo permita, la base debe tener las dimensiones estandarizadas como se indica en el anexo “G” y ser diseñadas para relleno con mortero.

8.2.3.1.7 Cuando PEMEX lo solicite, la bomba, la placa de asiento y el pedestal soporte, deben formar una estructura rígida para ser montados sin necesidad de agregar “grouting” y satisfacer los requerimientos del punto 8.1.4.3.

8.2.3.1.8 Se deben suministrar bases para trabajo pesado del tipo de llenado con “grouting” de acuerdo al punto 8.1.4.6.

8.2.3.1.9 Cuando lo especifique PEMEX en las hojas de datos, los pedestales para bombas soportadas en línea de centro que manejen fluidos calientes, deben diseñarse con un enfriamiento suplementario para mantener el alineamiento.

8.2.3.1.10 Para accionadores de 150 kW (200 HP) y mayores, se deben suministrar tornillos posicionadores para alineamiento en el accionador (o por cada elemento del tren de accionamiento) para facilitar el ajuste horizontal, longitudinal y transversal. Los soportes de estos tornillos deben localizarse sobre la base y no interferir con el montaje y el desmontaje del accionador.

8.2.3.1.11 Se deben suministrar tornillos niveladores verticales en el perímetro exterior de la base, los cuales deben ser suficientes para soportar el peso de la base, la bomba y el accionador, sin excesiva deflexión y en ningún caso ser menos de seis.

8.2.3.1.12 La altura de la línea de centro de la flecha de la bomba respecto de la base debe ser mínima. Debe preverse un claro adecuado entre la conexión de drenado de la carcasa y la base para la instalación de una tubería de drenado del mismo diámetro que la conexión sin usar codos. Se debe prever un claro mínimo vertical de 51 mm (2 pulg) en la parte más baja del centro de cada extremo del accionador para insertar un gato hidráulico.

8.2.3.1.13 Cuando la hoja de datos indique que se debe usar “grouting” epóxico, el proveedor debe cubrir toda la superficie de la base en contacto con el mortero y un primario epóxico con catalizador aplicado al metal previamente desengrasado.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 47 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.2.3.1.14 Para bombas iguales, las dimensiones de las bases suministradas deben ser iguales, ya sea que el accionador sea motor o turbina y debe indicarse en la hoja de datos y en el dibujo anexo a la cotización el número de la base que se suministra.

8.2.3.1.15 La base debe tener orejas de izaje en al menos cuatro puntos. La colocación de las orejas de izaje no debe permitir la distorsión u otro daño en los equipos durante el izaje.

8.2.3.2 Bases para bombas verticales.

8.2.3.2.1 Las bombas verticales de doble carcasa deben tener una placa de montaje de acero sujeta directamente en la parte exterior de la cubeta o barril. Las anclas no deben usarse para fijar la brida sujeta a presión. Una brida de montaje separada es deseable pero no indispensable.

8.2.3.2.2 Las bombas verticales de carcasa sencilla deben tener el arreglo de montaje estándar del proveedor.

8.2.3.2.3 Se debe suministrar un mínimo de cuatro tornillos posicionadores para alineamiento del accionador o para cada elemento del tren de accionamiento para facilitar los ajustes horizontales.

8.2.4 Tubería.

8.2.4.1 Generalidades.

8.2.4.1.1 El proveedor debe suministrar completamente ensamblados e instalados los sistemas de tubería de agua de enfriamiento, vapor, aceite lubricante y auxiliar de proceso, incluyendo todos los accesorios tales como medidores y válvulas para bombas horizontales y cuando sea práctico, en bombas verticales.

8.2.4.1.2 El diseño de los sistemas de tubería debe satisfacer las condiciones de los siguientes cinco párrafos.

- a) Soporte adecuado para evitar daños por vibración durante la operación y el mantenimiento, utilizando prácticas comunes.
- b) Flexibilidad adecuada y accesibilidad para operación, mantenimiento y limpieza.
- c) El arreglo de instalación ordenado y adaptado al contorno del equipo sin obstruir el acceso a ninguna conexión o abertura.
- d) Permitir la remoción de la tubería para mantenimiento, a menos que la tubería este soldada.
- e) El arreglo de la tubería debe permitir el drenado y venteo sin necesidad de desensamblar.

8.2.4.1.3 El diseño, materiales, uniones, pruebas e inspección deben estar de acuerdo con el código ASME B 31.3 o su equivalente.

8.2.4.1.4 El proveedor debe suministrar toda la tubería que se considere necesaria para la buena operación de la bomba, así como todos los accesorios y conexiones de acuerdo con los planes especificados cubiertos en las figuras de A-2 a la A-3 del anexo "A" y los dibujos indicados en la hoja de datos.

8.2.4.1.5 Las roscas para tubería deben ser cónicas de acuerdo con la especificación ISO 228-1 (ASME B1.20.1). Las bridas deben ser de acuerdo con las especificaciones ISO 7005-1 (ASME B16.5) y 7005-2 (ASME B16.1). No se aceptan las bridas deslizables.

8.2.4.1.6 En las conexiones soldadas, las roscas deben estar libres de lubricante o cualquier compuesto. La soldadura debe consistir por lo menos de dos cordones, la garganta máxima de la soldadura terminada es 9.5 mm (3/8 pulg) y debe cubrir toda la rosca. No se acepta socavamiento.

8.2.4.1.7 Las juntas deben ser de 1.6 mm (1/16 pulg) de espesor de fibra sintética comprimida, grafitadas en ambos lados para un rango de presión de 1034 y 2068 kPa (150 y 300 lb/pulg²) y para temperaturas desde -29 °C (-20°F) hasta 399 °C (750°F). Como alternativa se puede usar empaques de acero inoxidable tipo 316 con relleno de fibra sintética libre de asbesto.

8.2.4.1.8 No se deben usar conexiones, tubería, válvulas y accesorios con los siguientes diámetros nominales: 31.8 mm (1 1/4 pulg), 63.5 mm (2 1/2 pulg), 88.9 mm (3 1/2 pulg), 127 mm (5 pulg), 177.8 mm (7 pulg) y 228.6 mm (9 pulg).

8.2.4.1.9 Para manejar líquidos no inflamables o no tóxicos, incluyendo aceite lubricante, las juntas de tubos y conexiones pueden estar de acuerdo a los estándares del proveedor.

8.2.4.1.10 La tubería de los sistemas auxiliares deben cumplir lo indicado en la tabla No. 12.

8.2.4.1.11 En el arreglo de la tubería debe minimizarse el uso de conexiones bridadas y roscadas.

8.2.4.2 Agua de enfriamiento.

8.2.4.2.1 El arreglo de la tubería para agua de enfriamiento debe estar conforme a las figuras A-4 y A-5 del anexo "A".

8.2.4.2.2 La tubería de agua de enfriamiento debe diseñarse de acuerdo al punto 8.1.1.17.

8.2.4.2.3 La tubería para agua de enfriamiento debe ser mínimo de 12.7 mm (1/2 pulg) de diámetro nominal.

8.2.4.2.4 Se debe suministrar indicadores de flujo en cada línea de retorno del agua de enfriamiento.

8.2.4.2.5 Se deben proveer drenes en todos los puntos bajos para permitir el drenado de la tubería y chaquetas. La tubería debe estar diseñada para eliminar las bolsas de aire en las chaquetas de enfriamiento.

8.2.4.3 Tubería de aceite lubricante.

8.2.4.3.1 Los drenes para aceite lubricante deben dimensionarse de manera que manejen no más de la mitad de su flujo y ubicados para asegurar un buen drenado (aún en el supuesto que exista espuma). Los vertederos horizontales deben tener una inclinación continua mínima de 1:50 hacia el depósito de aceite.

8.2.4.3.2 Se deben suministrar indicadores de flujo en cada línea de retorno.

8.2.4.3.3 La tubería de acero al carbono para aceite lubricante se debe limpiar con un baño químico. La tubería de acero inoxidable debe limpiarse con un solvente adecuado. No debe usarse tubería galvanizada. El proveedor debe limpiar la tubería antes de ensamblar a la bomba.

8.2.4.3.4 La tubería debe suministrarse de acuerdo con el estándar ISO 10438 (API 614), cuando así lo indiquen las hojas de datos.

8.2.4.4 Tubería auxiliar de proceso.

8.2.4.4.1 Se considera como tubería auxiliar de proceso los venteos, drenes, líneas de balance, líneas de barrido del producto y líneas para inyección de fluido externo en las cajas de estoperos.

Tabla No. 12. Requerimientos mínimos de materiales para tubería.

Sistema.	Fluido auxiliar al proceso.		Vapor.		Agua de enfriamiento.		Aceite lubricante.	
	No inflamable / no peligroso.	Inflamable / peligroso	≤ 520 KPa (75 psig)	> 520 KPa (75 psig)	Estándar	Opcional	≤ 1 NPS	≥ 1 ½ NPS
Tubería.	Sin costura ^(a)	Sin costura ^(a)	Sin costura ^(a)	Sin costura ^(a)	—	ASTM A53 tipo F o su equivalente, cédula 40 galvanizado	—	ASTM A312 tipo 316L o su equivalente, acero inoxidable ^(b)
Tubing.	ASTM A269 o su equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316 ^(c) .	ASTM A269 o su equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316 ^(c) .	ASTM A269 o su equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316 ^(c) .	ASTM A269 o su equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316 ^(c) .	ASTM A269 o su equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316 ^(c) .	—	ASTM A269 o su equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316 ^(c) .	—
Válvulas.	Clase 800.	Clase 800.	Clase 800.	Clase 800.	Bronce clase 200.	—	Acero al carbono, clase 800.	Acero al carbono, clase 800 bridado.
Válvula de compuerta y globo.	Bonete y prensa estopa roscada.	Bonete y prensa estopa roscada.	Bonete y prensa estopa roscada.	Bonete y prensa estopa roscada.	—	—	Bonete y prensa estopa roscada.	Bonete y prensa estopa roscada.
Accesorios y uniones.	Forja clase 3000	Forja clase 3000	Forja clase 3000	Forja clase 3000	ASTM A338 y A197 clase 150 o su equivalente, hierro maleable galvanizado. ASTM A153 o su equivalente	—	Acero inoxidable tipo 316L	Acero inoxidable tipo 316L
Accesorios de tubing.	Estándar del proveedor.	Estándar del proveedor.	Estándar del proveedor.	Estándar del proveedor.	Estándar del proveedor.	—	Estándar del proveedor.	—
Juntas ≤ 25 mm (1 pulg) NPS	Roscado.	Inserto soldable.	Roscado.	Inserto soldable	Roscado.	—	Roscado.	—
Juntas > 38 mm (1.5 pulg) NPS	—	—	—	—	Especificar por PEMEX	—	—	Soldado ^(a)
Empaques.	—	Espiral de acero inoxidable. tipo 316	—	Espiral de acero inoxidable. tipo 316	—	—	—	Espiral de acero inoxidable. tipo 316
Tornillería.	—	ASTM A193 grado B7 y ASTM A194 grado 2H, o su equivalente.	—	ASTM A193 grado B7 y ASTM A194 grado 2H, o su equivalente.	—	—	—	ASTM A193 grado B7 y ASTM A194 grado 2H, o su equivalente.

Notas:

La tubería de acero al carbono debe estar conforme al ASTM A106 grado B, ASTM A524; o API esp. 5L grado A o B, o sus equivalentes. Los accesorios, válvulas y bridas de acero al carbono deben estar conforme al ASTM A105 y A181, o sus equivalentes. La tubería de acero inox. debe estar conforme al ASTM A312, tipo 316L o su equivalente.

- Cédula 80 para diámetros de 13 mm (1/2 pulg) a 38 mm (1 1/2 pulg NPT). Cédula 40 para diámetros de 51 mm (2 pulg) y mayores.
- Cédula 40 para diámetro de 38 mm (1 1/2 pulg). Cédula 10 para diámetros de 51 mm (2 pulg) y mayores.
- Los tamaños aceptables de tubing son: 12.7 mm diám. x 1.66 mm esp. (1/2 pulg x 0.065 pulg), 19 mm diám. x 2.6 mm esp. (3/4 pulg x 0.095 pulg) y 25 mm diám. x 2.9 mm esp. (1 pulg x 0.0109 pulg).
- Se permiten bridas deslizables de acero al carbono.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 50 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.2.4.4.2 El arreglo de la tubería auxiliar de proceso se debe realizar conforme a las figuras A-2 y A-3 del anexo "A".

8.2.4.4.3 La tubería auxiliar de proceso debe ser mínimo de 12.7 mm (1/2 pulg) de diámetro nominal. Si hay problemas de espacio se puede instalar tubería de 6.3 mm (1/4 pulg).

8.2.4.4.4 Los componentes de la tubería expuestos al líquido de proceso, deben tener un rango de presión y temperatura por lo menos igual a la máxima presión de descarga y temperatura de la carcasa de la bomba.

8.2.4.4.5 Todos los componentes de la tubería en contacto con el fluido de proceso deben tener la misma resistencia a la corrosión/erosión que la carcasa. Cuando no sea el caso, todos los componentes deben ser de acero inoxidable.

8.2.4.4.6 Cuando se indique en las hojas de datos la presencia de cloruros en el fluido manejado por arriba de 10 ppm, se debe someter a la aprobación de PEMEX el uso de aceros inoxidables.

8.2.4.4.7 Todos los componentes de la tubería suministrada por el proveedor de acuerdo a la figura A-2 del anexo "A", se consideran expuestos al fluido del proceso.

8.2.4.4.8 Los componentes de la tubería para: el buje de garganta y sellos duales, incluyendo el depósito externo y sus indicadores de vidrio con protecciones para los planes 52 y 53 y los componentes de la tubería para el plan 54, deben diseñarse para una presión mínima de 4481 kPa (650 lb/pulg²) manométrica a temperatura ambiente. El material debe ser acero inoxidable.

8.2.4.4.9 Cuando se suministren orificios de restricción, estos no deben ser menores de 3.2 mm (1/8 pulg) de diámetro. Cuando se utilicen orificios ajustables, se debe asegurar un flujo continuo.

8.2.4.4.10 Cuando se suministren cambiadores de calor, sus componentes deben ser adecuados para el líquido de proceso y/o la calidad del agua de enfriamiento a los que sean expuestos y del tamaño necesario para manejar el flujo.

8.2.4.4.11 Las conexiones, válvulas y componentes bridados de acero inoxidable y otras aleaciones, deben construirse de materiales que tengan igual o mejor resistencia a la corrosión que el material de la conexión de la tubería de proceso.

8.2.4.4.12 Para tuberías que contengan fluidos inflamables o tóxicos, además de los requerimientos especificados en los once puntos anteriores, aplican los tres párrafos siguientes.

- a) Las conexiones de tubería deben ser de inserto soldado ("socket welded"). En las hojas de datos se indicará cuando se requieran bridas en lugar de uniones con inserto soldado. Se permite tubería roscada para conexión al sello mecánico y su brida.
- b) Las válvulas deben tener bonetes y prensa estopas con tornillos .
- c) Los manómetros deben tener válvulas de bloqueo y los termómetros y termocoples deben tener termopozos.

8.2.5 Instrumentación.

8.2.5.1 Detectores de vibración, posición y temperatura.

8.2.5.1.1 En bombas con cojinetes hidrodinámicos se deben montar dos detectores de vibración radial en cada alojamiento o soporte, dos detectores de posición axial en el cojinete de empuje de cada máquina y un

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 51 de 114</p>
--	----------------------------------	---

tacómetro por cada máquina. El proveedor debe suministrar dichos detectores. Los detectores, su montaje y calibración se deben realizar de acuerdo con el estándar API 670 o su equivalente.

8.2.5.1.2 Cuando se suministren cojinetes hidrodinámicos radiales y de empuje, se debe colocar detectores de temperatura en los metales. Cuando se suministre cojinetes hidrodinámicos radiales y de empuje, lubricados a presión, los detectores de temperatura se deben proporcionar, instalar y probar de acuerdo al estándar API 670 o su equivalente.

8.2.5.1.3 Cuando PEMEX lo indique, los monitores y cables conectados a los detectores de vibración, posición y temperatura, se deben suministrar o instalar de acuerdo al estándar API 670 o su equivalente.

8.3 Requisitos específicos por tipo de bomba.

8.3.1 Bombas con impulsor en cantiliver de una etapa.

8.3.1.1 Bombas horizontales.

8.3.1.1.1 Debe diseñarse de forma que su primera velocidad lateral crítica seca sea al menos un 20% superior de su máxima velocidad de operación continua.

8.3.1.2 Bombas verticales en línea.

8.3.1.2.1 La bomba y su accionador deben unirse con coples flexibles.

8.3.1.2.2 La parte inferior de la carcasa debe ser plana para tener un soporte estable cuando descansa sobre el piso. La relación entre la altura del centro de gravedad de la bomba y el ancho de la base no debe ser mayor de 3:1.

8.3.1.2.3 Cuando el tamaño lo permita, las bombas se deben diseñar para estar soportadas únicamente por las tuberías de succión y descarga.

8.3.1.2.4 PEMEX indicará cuando se requiera que la bomba sea anclada a la cimentación.

8.3.1.2.5 La bomba y la cámara de sello deben ventearse continuamente desde un punto alto de la cámara. PEMEX indicará si es aceptable sistemas de venteo manuales.

8.3.1.2.6 Las bombas deben suministrarse con dispositivos de izaje.

8.3.1.2.7 La rigidez de la flecha de las bombas deben cumplir con lo establecido en el punto 8.1.5.11.

8.3.1.2.8 La bomba debe diseñarse de manera que su primera velocidad lateral crítica seca sea al menos un 20% mayor de su velocidad de operación continua.

8.3.1.2.9 Las lecturas de vibración se deben tomar sobre el alojamiento o soporte de cojinetes de acuerdo a lo establecido en el punto 8.1.8.2.

8.3.1.2.10 PEMEX indicará si es aceptable la lubricación del alojamiento o soporte de cojinetes con grasa. La temperatura estable en el alojamiento o soporte de cojinetes no debe exceder de 54 °C (130°F), cuando opera a una temperatura ambiente de 43 °C (110°F).

8.3.1.2.11 A menos que se indique otra cosa, la tubería auxiliar de los planes 52 y 53 no se deben montar sobre la bomba.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 52 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.3.1.3 Bombas con engrane integral (alta velocidad).

8.3.1.3.1 El acoplamiento entre el accionador y la caja de engranes debe realizarse por medio de cople flexible.

8.3.1.3.2 Los impulsores fabricados requieren la aprobación de PEMEX.

8.3.1.3.3 Cuando PEMEX lo especifique, el proveedor debe realizar el análisis de velocidad lateral crítica para cada equipo. El análisis se debe realizar de acuerdo al punto 8.3.2.3.1.

8.3.1.3.4 Son aceptables los cojinetes hidrodinámicos radiales de una sola pieza.

8.3.1.3.5 A menos que se indique otra cosa, la tubería auxiliar de los planes 52 y 53 no se deben montar sobre la bomba.

8.3.2 Bombas con impulsor montado entre cojinetes.

8.3.2.1 Carcasa de presión.

8.3.2.1.1 Las carcasas divididas axialmente pueden tener empaques o una junta metal a metal.

8.3.2.1.2 Las bombas con temperatura de operación menor a 149 °C (300°F) pueden montarse sobre pie.

8.3.2.1.3 Las bombas con carcasa dividida axialmente deben tener orejas de izaje o pernos de argolla para levantar la parte superior de la carcasa.

8.3.2.2 Rotor.

8.3.2.2.1 Los impulsores de bombas multietapas deben localizarse individualmente a lo largo de la flecha y asegurarse contra movimiento axial en la dirección normal del empuje hidráulico. Cuando PEMEX lo indique, los impulsores deben asegurarse contra movimiento axial opuesto a la dirección normal del empuje hidráulico.

8.3.2.2.2 La excentricidad de la flecha y de los rotores, medida con la flecha o el rotor soportado sobre bloques "V" o en banco de rodillos adyacentes a sus cojinetes, deben tener los límites indicados en la tabla No. 13.

8.3.2.2.3 Los claros estándar del fabricante para bujes interetapas y los tambores de balance deben tener la aprobación de PEMEX.

Tabla No. 13.- Requerimientos de excentricidad de flecha y rotor.

Factor de flexibilidad ⁽¹⁾ L^4 / D^2 ⁽²⁾ [mm ² (pulg ²)]	$> 1.9 \times 10^9$ (3×10^6)		$\leq 1.9 \times 10^9$ (3×10^6)	
Excentricidad permisible de la flecha TIR [μ m (pulg)]	40 (0.0015)		25 (0.001)	
Componente de fijación en la flecha.	Claro	Interferencia	Claro	Interferencia
Excentricidad radial permisible del rotor TIR ⁽³⁾ [μ m (pulg)]	90 (0.0035)	60 (0.0025)	75 (0.003)	50 (0.002)

Notas:

- 1.- El factor de flexibilidad de la flecha L^4/D^2 esta directamente relacionada a la deflexión estática de una flecha soportada en forma sencilla y es por esto que es buen indicador de la excentricidad conseguida en la fabricación.
- 2.- L = Espacio del cojinete; D = diámetro de la flecha (mayor) en el impulsor.
- 3.- Excentricidad de los mamelones, tambores de balance y camisa.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 53 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.3.2.3 Dinámica.

8.3.2.3.1 Análisis lateral.

8.3.2.3.1.1 A menos que PEMEX especifique otra cosa, es necesario un análisis lateral del rotor de la bomba cuando no haya otra bomba idéntica (mismo tamaño, diseño hidráulico, número de etapas, RPM, claros, tipo de sello de flecha, tipo de cojinetes, peso de acoplamiento, acoplamiento en cantiliver, y bombeo del mismo líquido) o similar (tomando algunos de los factores para bombas idénticas), y cuando el rotor no este clásicamente rigidizado.

8.3.2.3.1.2 Cuando se requiera el análisis lateral, éste se debe efectuar de acuerdo a lo establecido en el apéndice I del estándar API 610 o su equivalente.

8.3.2.3.2 Balanceo del rotor.

8.3.2.3.2.1 Los rotores de las categorías listadas a continuación se deben balancear dinámicamente en dos planos a baja velocidad de acuerdo a la tabla No. 14.

- a) Bombas multietapas (tres o más etapas).
- b) Bombas de una o dos etapas cuya velocidad máxima continua sea mayor a 3800 RPM.

La secuencia de ensamble del rotor y la corrección del balanceo deben estar de acuerdo a la especificación ISO 11342. Para el balanceo, el rotor no debe incluir la mitad del acoplamiento o el elemento rotativo del sello mecánico.

Notas:

- 1.- *La tabla No. 14 muestra el grado de balanceo ISO G2.5 para todas las interferencias ajustadas de rotores a velocidades de 3800 RPM. Lo anterior se basa en dos factores: a 3800 RPM el límite superior del balanceo grado G2.5 produce un desbalanceo debido al 10% del peso del rotor, que no tiene efecto sobre la forma del rotor. En rotores con flexibilidades mayores (ver tabla No. 13) no es práctico conseguir y mantener la rigidez del rotor para un balanceo de grado G1.0.*
- 2.- *La excentricidad de la masa asociada con el grado de balanceo G1.0, es muy pequeña (0.001 pulg max. a 3800 RPM) por lo que la calidad del balanceo no puede verificarse si el rotor es alterado de su posición en la mesa de balanceo o desensamblado y reensamblado.*

8.3.2.3.2.2 Para el balanceo de los rotores, cualquier ausencia de cuñas se debe rellenar con medias cuñas.

8.3.2.3.2.3 Una vez que el rotor ensamblado sea balanceado, se debe realizar una verificación del desbalanceo residual, de acuerdo al apéndice J del estándar API 610 o su equivalente. El peso de las masas usadas durante el balanceo final del rotor ensamblado, deben registrarse en la hoja de trabajo del balanceo residual.

8.3.2.4 Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes.

8.3.2.4.1 Cuando se requieran cojinetes hidrodinámicos radiales se debe cumplir los siguientes dos puntos.

8.3.2.4.1.1 Los cojinetes deben ser divididos para fácil ensamble, redondeados a precisión y del tipo zapata; con forros y zapatas reemplazables con babbit. Los cojinetes deben tener pasadores antirotación asegurados en la dirección axial.

8.3.2.4.1.2 Los forros, zapatas o conchas deben estar en alojamientos y divididos axialmente, se deben reemplazar sin desmantelar cualquier parte de la carcasa o remover los mamelones de acoplamiento.

Tabla No. 14.- Requerimientos de balanceo del rotor.

Componente de ajuste en la flecha	Claro	Interferencia	
Velocidad máxima continua (RPM)	a 3800 ^(a)	a 3800	> 3800
Factor de flexibilidad L^4/D^2 [mm ² (pulg ²)]	Sin límite	Sin límite	$\leq 1.9 \times 10^9$ (3×10^6) ^(c)
Grado de balanceo del rotor	(b)	G2.5 (8 W/N) ^d	G1.0 (4 W/N) ^(d)

Notas:

- a) 1.05 (3600) para la sobre velocidad de las turbinas.
- b) La corrección del balanceo durante el ensamble no es factible, debido a que el ajuste de los claros no mantiene el balanceo correcto.
- c) Se requiere atención especial en rotores de alta flexibilidad a velocidades mayores a 3800 RPM.
- d) Aproximadamente el punto medio del grado de calidad establecido en ISO.

8.3.2.4.2 Los cojinetes hidrodinámicos de empuje deben cumplir los siguientes seis puntos.

8.3.2.4.2.1 Los cojinetes de empuje deben ser tipo segmentación múltiple con babbit, diseñados para una capacidad de empuje igual en ambas direcciones y con arreglo para lubricación continua a presión por cada lado. Ambos lados deben ser tipo cojín oscilante, con características autonivelantes que aseguren que cada cojín tenga la misma carga de empuje con la menor variación del espesor del cojín.

8.3.2.4.2.2 El collarín de empuje debe fijarse a la flecha para prevenir su desgaste.

8.3.2.4.2.3 Las caras del collarín de empuje deben tener un acabado no mayor de 0.4 μm (16 μpulg) Ra. Después de su montaje la excentricidad axial total en ambas caras no debe exceder de 13 μm (0.0005 pulg).

8.3.2.4.2.4 Las cargas del cojinete de empuje se deben determinar de acuerdo con lo indicado en el punto 8.1.9.1.7. Los cojinetes se deben seleccionar para que a la máxima carga continua se tenga una película de aceite de 13 μm (0.0005 pulg) de espesor mínimo o una temperatura máxima del babbit de 88 °C (190°F) lo que ocurra primero. Cuando se especifique, el tamaño del cojinete de empuje será revisado y aprobado por PEMEX.

8.3.2.4.2.5 El arreglo de los cojinetes de empuje debe permitir el posicionamiento axial de cada rotor con respecto a la carcasa y el ajuste de los claros y precargas del cojinete.

8.3.2.4.2.6 Los cojinetes hidrodinámicos deben diseñarse para prevenir ser instalados al revés o cambiados.

8.3.2.4.3 El alojamiento o soporte para cojinetes hidrodinámicos lubricados a presión debe tener un arreglo interno que minimice la formación de espuma. El sistema de drenado debe ser el adecuado para mantener el nivel de aceite y espuma por abajo del sello de la flecha. El aumento de temperatura en el alojamiento o soporte y en los cojinetes no debe exceder de 28 °C (50°F), bajo las condiciones más adversas de operación. La temperatura de salida del aceite no debe ser mayor de 71 °C (160°F). Cuando la temperatura de entrada del aceite sea mayor de 49 °C (120°F), se deben tomar consideraciones especiales en el diseño del cojinete, flujo

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 55 de 114</p>
--	----------------------------------	--

de aceite y elevación de temperatura permisible. Las conexiones para aceite en el alojamiento o soporte de cojinetes deben apegarse a lo indicado en el punto 8.2.4.1.

8.3.2.4.4 Los alojamientos o soportes de cojinetes divididas axialmente deben tener juntas metal a metal y ser posicionadas con pijas cilíndricas.

8.3.2.5 Lubricación.

8.3.2.5.1 Cuando lo especifique PEMEX o por recomendación del proveedor, previa aprobación de PEMEX, se suministre un sistema de lubricación a presión, éste debe distribuir el aceite a la presión adecuada hacia los cojinetes de la bomba, al accionador y cualquier otro dispositivo, incluyendo los engranes y los acoplamientos lubricados continuamente.

8.3.2.5.2 Como mínimo, el sistema externo de lubricación a presión debe incluir lo siguiente (ver figura A-6 del anexo "A").

- a) Bomba principal accionada por la flecha de la bomba con filtro de succión.
- b) Un enfriador de aceite, tipo tubo y coraza, con tubo de aleación de bronce marino. No se aceptan enfriadores internos. Para prevenir la contaminación de aceite, este debe estar a mayor presión que el agua de enfriamiento. Cuando PEMEX lo especifique, se puede suministrar enfriador con aire.
- c) El tanque de almacenamiento de aceite debe ser de acero inoxidable con las siguientes características:
 - Capacidad para evitar rellenos continuos y proveer un tiempo de retención mínimo de 3 min para asentar la humedad y material extraño.
 - Previsiones para eliminar el aire y minimizar la flotación de material extraño hacia la succión de la bomba.
 - Conexiones de llenado, indicadores de nivel tipo reflex y respiraderos adecuados para uso externo.
 - Pendiente en el fondo y conexiones para un drenado completo.
 - Conexiones para limpieza tan grandes como sea posible.
 - Una línea de retorno por abajo del nivel de aceite para evitar la aereación y la electricidad estática.
- d) Un sistema de suministro y retorno.
- e) Filtro dúplex para el flujo total con elementos reemplazables y grado de filtración nominal de 25 µm o mayor. El material del cartucho debe ser resistente a la corrosión. No se aceptan cartuchos de malla metálica. El filtro debe tener línea de derivación ("by-pass").
- f) Una bomba auxiliar accionada con motor eléctrico, con filtro a la succión y sistema de control automático/manual para arrancar automáticamente por baja presión de aceite y paro manual únicamente.
- g) Indicador de flujo en cada línea de drenado de cojinete.
- h) Indicador de temperatura (con termopozo) en el recipiente de almacenamiento, después del enfriador y en cada línea de drenado de cojinetes.

- i) Alarma por baja presión de aceite e interruptores de paro.
- j) Indicador de presión (con válvula) para cada nivel de presión y un indicador de presión diferencial en el filtro.

8.3.2.5.3 Cuando PEMEX lo solicite, se debe suministrar un calentador removible de vapor o de resistencia eléctrica (de acero inoxidable austenítico), para calentar el aceite antes del arranque en climas fríos. El dispositivo de calentamiento debe tener la capacidad de calentar el aceite de la temperatura ambiental mínima a la temperatura requerida por el proveedor, en un lapso no mayor de 12 hrs. En el caso de calentador eléctrico, la densidad de potencia no debe exceder de $2.33 \text{ watts} \cdot \text{cm}^2$ ($15 \text{ watts} \cdot \text{pulg}^2$).

8.3.2.5.4 La bomba principal y auxiliar deben ser de carcasa de fundición de acero, a menos que se ubiquen inmersos en aceite. Todos los demás componentes que manejen aceite a presión deben ser de acero.

8.3.2.5.5 Cuando PEMEX lo especifique, el sistema de lubricación a presión debe cumplir con la especificación ISO 10438 (API 614).

8.3.2.5.6 Cuando PEMEX lo solicite, los coples y su montaje se deben realizar de acuerdo al estándar API 671 o su equivalente.

8.3.2.6 Pruebas.

8.3.2.6.1 Para cojinetes lubricados a presión, la filtración del aceite debe ser de 25 μm mínimo, en el banco de pruebas, los componentes corriente abajo del filtro deben cumplir los siguientes requerimientos:

- a) Después de 1 hr. de circulación de aceite a un rango de temperaturas de 66 a 71 °C (150 a 160°F), se examina una malla de 100 mesh (0.1 mm/0.004 pulg), instalada en la conexión de entrada de aceite de los alojamientos o soportes de cojinetes, la cual debe cumplir lo siguiente:
 - Distribución aleatoria de partículas en la malla.
 - No debe haber partículas mayores a 250 μm (0.01 pulg).
 - El número total de partículas debe ser menor a los indicados en la tabla No. 15.

8.3.2.6.2, Durante la prueba en taller de las bombas con cojinetes lubricados a presión, se deben medir y registrar el flujo de aceite en cada alojamiento o soporte de cojinetes.

8.3.2.6.3 Durante las pruebas en taller se debe usar todas las probetas de vibración, transductores y osciladores – desmoduladores suministrados.

Tabla No. 15.- Número máximo de partículas.

Diámetro nominal del tubo mm (pulg)	Cantidad de partículas
≤ 25.4 (1)	5
38 (1.5)	10
51 (2)	20
76 (3)	40

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 57 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.3.2.6.4 Cuando PEMEX lo indique, los cojinetes hidrodinámicos se deben desensamblar e inspeccionar por su representante, después de ejecutarse la prueba de comportamiento. Posteriormente se deben reensamblar.

8.3.3 Bombas verticalmente suspendidas.

8.3.3.1 Carcasa de presión.

8.3.3.1.1 No se requieren tornillos de nivelación y espigas de alineamiento en la carcasa para el ensamble de tazones rebajados.

8.3.3.1.2 En el diseño de los tazones y pernos de la columna, se debe tomar en cuenta las sobrepresiones generadas durante el paro y arranque de la bomba.

8.3.3.1.3 A menos que se especifique otra cosa, se debe colocar conexiones de venteo en la succión del barril y en la cámara de sello.

8.3.3.2 Rotores.

8.3.3.2.1 A menos que se especifique otra cosa, los impulsores deben ser totalmente cerrados y construidos en fundición de una sola pieza. Los impulsores fabricados deben aprobarse por PEMEX.

8.3.3.2.2 Las flechas de bombas de diámetros menores a 100 mm (4 pulg), deben maquinarse o rectificarse en toda su longitud. Las desviaciones totales no deben exceder 4 μm por 100 mm (0.005 pulg por pie) de longitud. La desviación total no debe exceder 80 μm (0.003 pulg) en toda la longitud.

8.3.3.2.3 La flecha debe ser de una sola pieza, a menos que PEMEX apruebe otra cosa por restricciones de fabricación o embarque.

8.3.3.3 Dinámica.

Los rotores de la bomba deben diseñarse de forma que su primera velocidad crítica seca este por arriba de los porcentajes indicados con respecto a su máxima velocidad continua permisible:

- a) 20% para rotores diseñados para operar húmedos.
- b) 30% para rotores diseñados para operar en seco.

8.3.3.4 Bujes guía y cojinetes.

8.3.3.4.1 Los bujes guía deben ser adecuados para resistir la corrosión y la abrasión del fluido a las condiciones de operación. El espaciamiento máximo entre los bujes guía de la flecha deben ser el indicado en la figura No. 7.

8.3.3.4.2 Los cojinetes de empuje integrados al accionador deben cumplir con los requerimientos del punto 8.2.1. El alojamiento o soporte y cojinetes de empuje integrados a la bomba deben cumplir con los requerimientos de los puntos 8.1.9.1 y 8.1.9.2. Para permitir el ajuste axial del rotor y su lubricación con aceite, los cojinetes de empuje deben montarse con una interferencia.

8.3.3.4.3 A menos que se especifique otra cosa, excepto las bombas verticales con carcasa sumergible y la flecha de columna en cantiliver, la primera etapa del impulsor debe colocarse entre cojinetes.

8.3.3.5 Lubricación.

Los cojinetes internos en bombas verticales deben lubricarse con el líquido bombeado. Si el líquido bombeado no es el adecuado, el proveedor debe proponer para aceptación de PEMEX métodos alternativos.

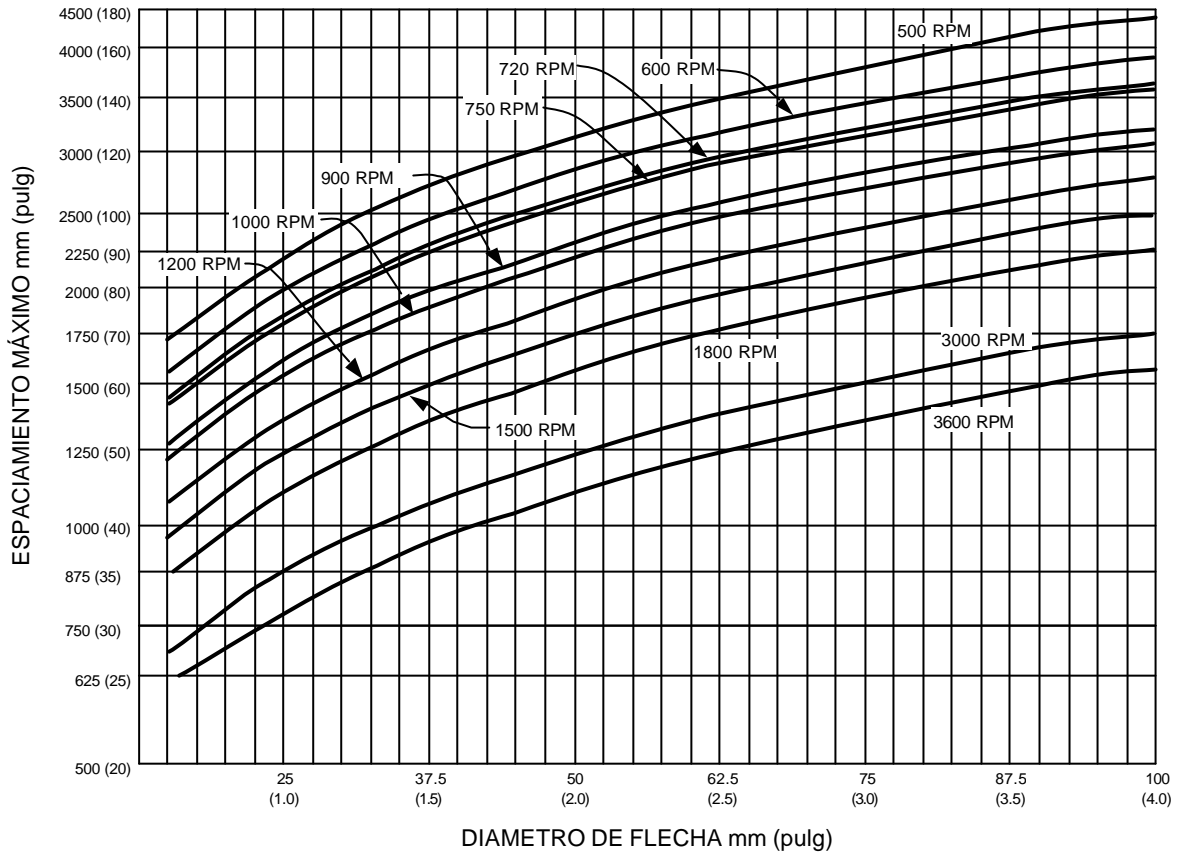


Figura No. 7.- Espaciamiento máximo entre bujes guía de flecha.

8.3.3.6 Accesorios.

8.3.3.6.1 Accionadores.

8.3.3.6.1.1 El armazón de motores verticales debe relevarse de esfuerzos después de la aplicación de soldadura.

8.3.3.6.1.2 Las bombas y motores que puedan dañarse por rotación inversa, deben tener trinquete de no retroceso o algún otro dispositivo aprobado por PEMEX.

8.3.3.6.2 Coples y guardacoples.

Las caras del cople deben ser perpendiculares a su eje, con una desviación de 1 μm por 10 mm (0.0001 pulg) del diámetro de la cara ó 13 μm (0.0005 pulg) totales, la que resulte mayor.

8.3.3.6.3 Placas de montaje.

8.3.3.6.3.1 Las placas de montaje de bombas de doble carcasa deben estar separadas de la brida principal del cuerpo y localizados lo más abajo posible para usar tornillos pasados en la brida del cuerpo.

8.3.3.6.3.2 Las bombas verticales de carcasa sencilla deben tener el montaje estándar del proveedor.

8.3.3.6.3.3 La superficie de montaje bomba-rotor debe tener pernos rebajados.

8.3.3.6.3.4 Se debe suministrar al menos cuatro tornillos de alineamiento por cada componente del tren que pese más de 410 kg (900 lb), para facilitar su ajuste horizontal.

8.3.3.7 Inspección, pruebas y preparación para embarque.

8.3.3.7.1 Las bombas se deben probar totalmente ensambladas. No se permite probar únicamente los tazones e impulsores. En los casos donde la prueba de la unidad ensamblada sea impráctica, el proveedor debe enviar para aprobación de PEMEX, el procedimiento de prueba alternativo.

8.3.4 Bombas verticalmente suspendidas de tazones tipo difusor y de voluta simple.

8.3.4.1 Los componentes que constituyen la carcasa de presión son: la carcasa (tazones), la columna y el cabezal de descarga.

8.3.4.2 La lubricación de la flecha en la columna puede realizarse con el fluido bombeado (autolubricada), cuando éste no sea adecuado, el proveedor debe someter a la autorización de PEMEX la utilización de lubricación por aceite.

8.3.4.3 La superficie de montaje del cabezal de descarga debe adecuarse para empacarse (grouting) o montarse sobre una placa base.

8.3.4.4 Se requieren restricciones de empuje en bombas con juntas de expansión en la boquilla de descarga.

8.3.4.5 Cuando PEMEX lo solicite, las flechas en la columna deben suministrarse con mangas endurecidas debajo de las chumaceras.

8.3.4.6 Para bombas autolubricadas con columnas de diámetro interno de 305 mm (12 pulg) y mayores, las secciones de la columna deben suministrarse con cojinetes con soporte tipo araña.

8.3.4.7 A menos que PEMEX indique otra cosa, los tazones deben ser bridados y rebajados para su ajuste metal a metal.

8.3.5 Bombas verticalmente suspendidas de carcasa simple, flujo axial y descarga a través de la columna.

8.3.5.1 Los componentes que constituyen la carcasa de presión son: la carcasa (tazón), la columna y el cabezal de descarga.

8.3.5.2 Para columnas de diámetro interno de 305 mm (12 pulg) y mayores, las secciones de la columna deben suministrarse con cojinetes con soporte tipo araña.

8.3.5.3 Los tazones deben ser rebajados para su ajuste metal a metal.

8.3.6 Bombas verticales de carcasa simple, tipo voluta en cantiliver, sumergidas.

8.3.6.1 Los cojinetes de soporte deben suministrarse para soportar la flecha y el impulsor.

8.3.6.2 Los cojinetes de empuje deben diseñarse para lubricarse con grasa o niebla de aceite. Los cojinetes o pernos de empuje pueden lubricarse con agua, grasa o autolubricarse.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 60 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.3.6.3. Bombas verticales de carcasa y voluta simple sumergidas con carcasa en cantiliver.

8.3.6.3.1 El rotor debe estar en cantiliver desde los cojinetes. La parte sumergida del cojinete y/o el buje no deben usarse como guía de la flecha.

8.3.6.3.2 La rigidez de la flecha debe limitar su deflexión total sin el uso de bujes, de manera que el impulsor no haga contacto con la carcasa, aún bajo las condiciones dinámicas más severas a lo largo de la curva carga-capacidad con el impulsor de mayor diámetro y la velocidad máxima.

8.3.6.3.3 A menos que PEMEX indique otra cosa, los cojinetes de la bomba deben lubricarse con grasa. La temperatura estable del alojamiento o soporte de cojinetes no debe exceder de 82 °C (180° F), cuando la bomba opera a una temperatura ambiente de 43 °C (110° F).

8.3.6.4 Para bombas sumergidas en sistemas abiertos, los componentes sujetos a presión son: la carcasa o voluta, la cubierta de succión y la línea de descarga. Para sistemas cerrados presurizados o tanques al vacío, los componentes sujetos a presión son: la caja de empaques o sello exterior y la placa de soporte de la bomba.

8.3.6.5 Para servicios con temperatura de operación mayor a 121 °C (250° F), la bomba debe diseñarse para absorber las expansiones térmicas entre la columna y la tubería de descarga, así como entre la carcasa y la placa de soporte de la bomba.

8.3.6.6 Se deben instalar orejas de izaje en la placa soporte para levantar la bomba con su accionador.

8.3.6.7 La boquilla de descarga debe ser bridada. La boquilla de descarga y la placa de soporte deben diseñarse para resistir el doble de las fuerzas y momentos indicados en la tabla No. 3.

8.3.6.8 Para líquidos peligrosos e inflamables, la junta de la placa soporte debe ser hermética al vapor.

8.3.6.9 La excentricidad total en la flecha no debe ser mayor a 50 µm (0.002 pulg), medida directamente en la flecha sobre la caja de empaques o del sello mecánico.

8.3.6.10 Cuando PEMEX requiera un sello mecánico, éste debe colocarse sobre la placa soporte para sellar los vapores provenientes del tanque. Los sellos mecánicos normalmente sellan vapor, sin embargo se pueden diseñar para operar inmersos en líquido cuando el tanque se desborde.

8.3.6.11 A menos que PEMEX especifique otra cosa, los álabes de descarga se deben usar para reducir el retorno de fugas a la bomba. La reducción en el empuje axial provocada por los álabes, no se debe tomar en cuenta para el dimensionamiento de los cojinetes de empuje axial.

8.3.6.12 No se requiere espaciadores en el cople para este tipo de bombas. A menos que PEMEX indique otra cosa, los mamelones de acoplamiento deben suministrarse con pernos de deslizamiento en la flecha. Los mamelones de acoplamiento y los seguros se deben fijar a la flecha con pernos.

8.3.7 Bombas verticalmente suspendidas de doble carcasa tipo difusor o tipo voluta (bombas de lata).

8.3.7.1 Los componentes que constituyen la carcasa de presión en las bombas de doble carcasa con difusor son: el cabezal de descarga y la lata de succión.

8.3.7.2 Los componentes que constituyen la carcasa de presión en las bombas de doble carcasa con voluta son: la carcasa exterior (con la boquilla de descarga), la placa del cabezal de descarga y el tubo de succión.

8.3.7.3 Se debe asegurar el venteo completo de la carcasa exterior por medio de una conexión en la parte más alta.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 61 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.3.7.4 Se deben realizar los arreglos pertinentes para asegurar el venteo completo de la cámara de sellos y de su tubería.

8.3.7.5 Cuando PEMEX lo especifique, la lata de succión debe suministrarse con tubería de drenado superficial.

8.3.7.6 Para todos los tamaños de columna se deben colocar cojinetes con soporte tipo araña en las secciones de la columna.

8.4. Inspección y pruebas.

8.4.1 Generalidades.

8.4.1.1 El proveedor debe proporcionar a PEMEX por adelantado, el programa de inspecciones y pruebas de taller incluidos en la orden de compra u otros documentos. El representante de PEMEX debe tener acceso a todas las plantas del proveedor o subcontratistas donde se realicen trabajos o pruebas del equipo. Es responsabilidad del proveedor notificar a los subcontratistas las inspecciones y pruebas requeridas.

8.4.1.2 La aceptación de las pruebas realizadas en el banco de prueba del proveedor, no constituyen una renuncia a los requerimientos de satisfacer las pruebas de campo bajo las condiciones de operación especificadas, así como tampoco la inspección releva al proveedor de su responsabilidad en cualquier forma que ésta sea.

8.4.2 Inspección.

8.4.2.1 Para la bomba y todos sus accesorios se requiere inspección de taller. El proveedor debe proporcionar al inspector de PEMEX todos los certificados de materiales y datos de pruebas requeridas para verificar el cumplimiento de los requerimientos de esta norma y del contrato.

8.4.2.2 El proveedor debe conservar por lo menos durante 5 años, toda la información derivada de las inspecciones. La información mínima a conservarse es:

- a) Certificados de materiales, tal y como se reporta en la prueba de fabrica.
- b) Especificaciones de los materiales comprados.
- c) Datos de las pruebas para verificar que el material suministrado cumple con las especificaciones.
- d) Registros de pruebas e inspecciones.
- e) Registro de claros para mantenimiento, durante el ensamble final.

8.4.2.3 Para la inspección de taller no se deben pintar las partes a presión de la bomba hasta que la inspección sea concluida.

8.4.2.4 Para la inspección de taller, debe requerirse una junta entre PEMEX y el proveedor para coordinar los programas de fabricación, de pruebas y las visitas del inspector.

8.4.2.5 PEMEX indicará el tipo de inspección requerida para cada componente de la bomba, que puede ser líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografiado y ultrasonido.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 62 de 114</p>
--	----------------------------------	--

8.4.2.6 Inspección radiográfica.

El radiografiado se debe realizar conforme al estándar ASTM E94 o su equivalente. Los criterios de aceptación de soldadura son los establecidos en la Sección VIII, División 1, UW-51 y UW-52 (boletín) del código ASME o su equivalente. Los criterios de aceptación de fundiciones son los establecidos en la Sección VIII, División 1, apéndice 7 del código ASME o su equivalente.

8.4.2.7 Inspección ultrasónica.

La inspección ultrasónica se debe realizar de acuerdo con la Sección V, artículos 5 y 23 del código ASME o su equivalente. Los criterios de aceptación de soldadura son los establecidos en la Sección VIII, División 1, apéndice 12 del código ASME o su equivalente. Los criterios de aceptación de fundiciones son los establecidos en la Sección VIII, División 1, apéndice 7 del código ASME o su equivalente.

8.4.2.8 Inspección con partículas magnéticas.

La inspección con partículas magnéticas se debe realizar de acuerdo con el estándar ASTM E709 o su equivalente, para los métodos seco y húmedo. Los criterios de aceptación de soldadura son los establecidos en la Sección VIII, División 1, apéndice 6 y la Sección V, artículo 25 del código ASME o su equivalente. Los criterios de aceptación para defectos en fundiciones se deben basar en una comparación con las fotografías del estándar ASTM E125. Para cada tipo de defecto, el grado de severidad no debe exceder los límites indicados en la tabla No. 16.

8.4.2.9 Inspección con líquidos penetrantes.

La inspección con líquidos penetrantes se debe realizar de acuerdo con la Sección V, artículo 6 del código ASME o su equivalente. Los criterios de aceptación de soldadura son los establecidos en la Sección VIII, División 1, apéndice 8 del código ASME o su equivalente. Los criterios de aceptación de fundiciones son los establecidos en la Sección VIII, División 1, apéndice 7 del código ASME o su equivalente.

8.4.3 Pruebas.

8.4.3.1 Generalidades.

8.4.3.1.1 PEMEX debe especificar el alcance de su participación en las pruebas, de acuerdo a los párrafos siguientes:

- a) Prueba atestiguada significa que el programa de fabricación, inspección y pruebas deben contemplar que se lleven a cabo con la presencia del inspector de PEMEX. Para la prueba de comportamiento se requiere que el proveedor envíe resultados preliminares antes de realizar la prueba.
- b) Prueba observada significa que el proveedor debe notificar a PEMEX la fecha en que se realiza la inspección o prueba, por lo menos con 10 días hábiles de anticipación. Si el inspector de PEMEX no está presente en dicha fecha la prueba puede realizarse.

8.4.3.1.2 Las bombas verticales se deben probar completamente ensambladas. No se aceptan pruebas de tazonos e impulsores únicamente. En los casos en que la prueba de ensamble no sea práctica debido a su longitud, el proveedor debe incluir en su oferta, alternativas de procedimientos de pruebas.

Tabla No.16.- Severidad máxima de defectos en fundiciones.

Tipo	Defecto	Nivel de severidad máxima
I	Discontinuidad lineal (pliegues en frío)	1
II	Rechupe	2
III	Inclusiones	2
IV	Enfriamiento interno y dilatación térmica	1
V	Porosidad	1
VI	Soldaduras	1

8.4.3.1.3 En las hojas de datos se debe indicar el tipo de prueba (s) que debe(n) realizarse a las bombas según indican los párrafos siguientes:

- a) Prueba hidrostática de acuerdo a 8.4.3.2 atestiguada u observada.
- b) Prueba de comportamiento de acuerdo a 8.4.3.3 atestiguada u observada.
- c) Prueba de NPSH de acuerdo a 8.4.3.4 observada.
- d) Desmantelamiento, inspección y reensamble del extremo líquido después de la corrida mecánica, si no necesita satisfacer los requisitos del numeral 8.4.3.3.9.
- e) Otras pruebas no listadas o definidas en esta norma y otras formas de inspección descritas en la requisición y orden de compra.
- f) Inspección en taller de acuerdo al inciso 8.4.2.

8.4.3.2 Prueba hidrostática.

8.4.3.2.1 Todos los componentes de la carcasa de presión deben probarse hidrostáticamente con agua a temperatura de 16 °C (60°F) mínimo, de acuerdo a los siguientes cuatro párrafos:

- a) Las bombas (de cualquier material) deben probarse a un mínimo de 1.5 veces la presión máxima permisible en la carcasa.
- b) Las bombas de doble carcasa, horizontales multipasos y otras de diseño especial aprobado por PEMEX, pueden probarse por segmentos a 1.5 veces la presión máxima de trabajo de la sección.
- c) El equipo auxiliar expuesto al fluido de proceso, si es fabricado por soldadura, debe probarse por lo menos a 1.5 veces la máxima presión de operación (mínimo 1034 kPa (150 lb/pulg²)).
- d) Si las partes a probar operan a una temperatura donde el esfuerzo del material esté por debajo de su esfuerzo a la temperatura de prueba, entonces la presión de prueba debe multiplicarse por el factor obtenido de dividir el esfuerzo a la temperatura de prueba entre el esfuerzo a la temperatura de operación.

8.4.3.2.2 Los pasajes y chaquetas de enfriamiento para cojinetes, cajas de estoperos, enfriadores de aceite, etc., deben probarse a 1034 kPa (150 lb/pulg²) manométricos.

8.4.3.2.3 Las pruebas deben mantenerse el tiempo suficiente que permita examinar completamente todas las partes sujetas a presión. Se considera satisfactoria la prueba hidrostática cuando no se observen escapes o fugas en la carcasa o sus juntas durante un mínimo de 30 minutos. Las fundiciones grandes y pesadas pueden requerir un período mayor de observación, acordado por PEMEX y el proveedor. Pequeñas fugas a través de los cierres internos requeridos para pruebas de carcasas segmentadas así como la operación de la bomba de pruebas para mantener la presión, son aceptables.

8.4.3.3 Prueba de comportamiento.

8.4.3.3.1 La prueba de comportamiento debe realizarse de acuerdo con los estándares del Instituto de Hidráulica o sus equivalentes. A menos que PEMEX especifique otra cosa, la prueba se debe realizar con agua a una temperatura menor a 66 °C (150° F).

8.4.3.3.2 El proveedor debe operar la bomba en su banco de prueba el tiempo suficiente para que obtenga por lo menos en cinco puntos los datos completos de prueba, incluyendo carga, flujo, potencia y vibración (en cuatro puntos). Estos puntos deben ser: a flujo cero (en este punto no es necesario los datos de vibración y NPSH), a flujo mínimo continuo estable, a la mitad del flujo mínimo y nominal, a flujo nominal y a 120% del PME.

8.4.3.3.3 El proveedor debe mantener una bitácora completa y detallada de todas las pruebas finales y suministrar las copias requeridas, incluyendo datos y curvas de pruebas certificadas. El proveedor debe efectuar todas las revisiones y corridas mecánicas antes de la inspección por PEMEX.

8.4.3.3.4 La velocidad de prueba debe estar dentro del 3% de la velocidad nominal incluida en la oferta y en los dibujos certificados. Los resultados de la prueba deben convertirse a los correspondientes a la velocidad nominal.

8.4.3.3.5 Las bombas deben probarse con todos sus sellos instalados. A las bombas con sellos duales, se les debe suministrar un fluido limpio compatible con el medio de prueba, entre los dos sellos. Se debe usar sellos sustitutos cuando exista el riesgo de daño al original, o el fluido de prueba no sea compatible con dicho sello.

8.4.3.3.6 Cuando las bombas sean operadas a la velocidad y flujo nominales, deben estar dentro de las tolerancias dadas en la tabla No. 17.

Tabla No. 17.- Tolerancia de características garantizadas.

Condición	En punto de garantía (%)	A flujo cero (%)
Carga diferencial nominal m (pies) 0-150 (0 – 500)	-2 +5	+10 -10 ^(a)
Carga diferencial nominal m (pies) 151 – 300 (501 – 1000)	-2 +3	+8 -8 ^(a)
Carga diferencial nominal m (pies) Más de 360 m (más de 1000 pies)	-2 +2	+5 -5 ^(a)
Potencia nominal	+4 ^(b)	
NPSH nominal	+0	

Nota: La eficiencia no es un valor nominal.

- a) Las tolerancias negativas se permiten solo cuando la curva carga-flujo, todavía muestra características de pendiente ascendente.
- b) Bajo cualquier combinación de las tolerancias indicadas anteriormente (tolerancias acumulativas no son aceptables).

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 65 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.4.3.3.7 Durante las pruebas de taller, las bombas no deben operar con calentamiento de cojinetes que sobrepase lo indicado en el punto 8.1.9.2.8, u otras manifestaciones desfavorables tales como ruidos causados por cavitación, etc.

8.4.3.3.8 Durante la prueba de comportamiento se debe medir la vibración a diversos flujos y registrar sus lecturas en la bitácora. Los valores no deben exceder los indicados en el punto 8.1.8.2.

8.4.3.3.9 Si es necesario dismantelar la bomba después de la prueba con el propósito de maquinarse los impulsores para satisfacer las tolerancias de la carga diferencial, no se requiere repetir la prueba a menos que la reducción del diámetro exceda el 5% del diámetro original. El diámetro del impulsor probado y el diámetro final del impulsor, deben anotarse en la hoja de la curva de prueba certificada, mostrando las características de operación de la prueba y las características calculadas del impulsor con el diámetro recortado.

8.4.3.3.10 Si es necesario dismantelar la bomba para alguna otra corrección, tal como mejorar la eficiencia, la NPSH o la operación mecánica, la prueba inicial no se acepta y se debe efectuar otra prueba después de las correcciones.

8.4.3.3.11 Si más de una bomba es suministrada para el mismo servicio, se requiere que cada una de ellas sea probada por separado.

8.4.3.4 Prueba de NPSH.

8.4.3.4.1 Esta prueba se realizará cuando se solicite y los datos para la prueba de NPSHR deben tomarse en los siguientes cuatro puntos: flujo mínimo continuo estable, punto medio entre flujo mínimo y flujo nominal, flujo nominal y 120% del PME. La prueba de NPSH debe ser de acuerdo con el código de pruebas de los estándares del Instituto de Hidráulica.

8.4.3.4.2 La prueba de NPSH en base a estrangulamiento de la válvula de succión no es aceptable, para bombas operando con valores reducidos de NPSH.

8.4.3.4.3 Una caída del 3% en la carga (primer paso en bombas multipasos) indica la discontinuidad del funcionamiento de la bomba.

8.4.3.5 Prueba de conjunto (unidad completa).

Cuando sea especificado, la bomba, accionador y todos los sistemas auxiliares que constituyen el sistema de bombeo, deben probarse juntos. Cuando PEMEX lo especifique, se deben realizar las mediciones del análisis torsional, de acuerdo al punto 8.1.8.1.

8.4.3.5.1 Cuando el accionador de la bomba pueda sufrir sobrecarga, no debe usarse para la prueba de conjunto.

8.4.3.6 Prueba de nivel de ruido.

Cuando PEMEX lo especifique, se debe realizar la prueba de nivel de ruido, utilizando como guía lo establecido en el punto 9.4 del estándar para bombas ANSI/HI 9.1-9.5 Edición 2000, o su equivalente.

8.4.4 Preparación para embarques.

8.4.4.1 El equipo debe prepararse para no sufrir daños con el tipo de embarque especificado. La preparación debe considerar un almacenamiento de 6 meses a la intemperie. Si el almacenaje requiere un periodo mayor, PEMEX solicitará al proveedor, recomendaciones que se deben seguir para conservar en buen estado el equipo.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 66 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.4.4.2 La preparación para embarque debe efectuarse después de que todas las pruebas se han cumplido y el equipo ha sido inspeccionado y aprobado por PEMEX. La preparación debe incluir al menos las condiciones especificadas en los siguientes ocho numerales (8.4.4.2.1 al 8.4.4.2.8).

8.4.4.2.1 Todas las superficies exteriores sujetas a corrosión atmosférica, con excepción de superficies maquinadas, deben estar pintadas según las especificaciones PEP P.2.0351.01 y P.3.0351.01.

8.4.4.2.2 Todas las superficies maquinadas exteriores deben cubrirse con un compuesto adecuado que evite su oxidación.

8.4.4.2.3 La empaquetadura usada en las pruebas debe quitarse de la caja de estoperos y empacarse por separado para su instalación en campo.

8.4.4.2.4 Las bombas con tres o más pasos deben desensamblarse después de la prueba en fábrica y de su inspección y recubrir todas sus partes internas con un compuesto adecuado que evite su oxidación. Las bombas de uno o dos pasos no requieren desensamblarse después de las pruebas, incluyendo la caja de estoperos, siempre y cuando sean drenadas y secadas completamente y todas las partes internas recubiertas con un compuesto adecuado que evite su oxidación. Todas las bombas deben embarcarse completamente ensambladas, excepto cuando su tamaño y configuración lo haga impráctico; en tales casos se debe enviar un ingeniero de servicio para que supervise el ensamble en campo sin costo extra para PEMEX.

8.4.4.2.5 Todas las áreas internas de acero del alojamiento o soporte de cojinetes y el equipo auxiliar de los sistemas de aceite que sean de acero al carbono, como son: depósitos, conductos y tubería, deben recubrirse con un aceite soluble adecuado que evite su oxidación.

8.4.4.2.6 Todas las conexiones bridadas deben taparse con una placa de metal de 4.8 mm (3/16 pulg) de espesor mínimo, con empaques de hule y por lo menos cuatro tornillos del diámetro de los agujeros de las bridas.

8.4.4.2.7 Todas las conexiones roscadas abiertas deben taparse con tapones hembra de acero o tapones macho sólidos de un material equiparable al de la carcasa. En ningún caso deben usarse tapones no metálicos (tales como plásticos).

8.4.4.2.8 Cada unidad debe prepararse adecuadamente para embarque, propiamente soportada y fijada, con su equipo auxiliar y tubería asegurados para evitar daños durante el embarque de acuerdo con la especificación PEP P.3.301.01.

8.4.4.3 Las flechas y acoplamientos descubiertos deben envolverse con tela encerada o papel impermeable, las juntas o costuras deben sellarse con cinta adhesiva.

8.4.4.4 Debe empacarse y embarcarse con la bomba, una copia de los instructivos de instalación.

8.4.4.5 Cada bomba debe identificarse con una placa de metal que indique el número de clave. Todo el material embarcado por separado debe marcarse adecuadamente con una placa de metal, indicando el número de clave del equipo del cual forma parte.

8.5. Garantías.

8.5.1 Mecánica.

8.5.1.1 El proveedor debe garantizar la bomba incluyendo su equipo auxiliar por un período de 12 meses después de su arranque o 18 meses después de la entrega de la bomba, lo que ocurra primero, contra material defectuoso, mano de obra defectuosa, diseño inapropiado y fallas bajo condiciones normales de operación.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 67 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.5.1.2 En caso de fallas por defectos en materiales y mano de obra durante el período de garantía, el proveedor debe reparar, modificar y/o reemplazar, las partes defectuosas en el sitio, hasta cumplir con lo requerido en esta norma, especificaciones, códigos, hojas de datos y dibujos.

8.5.1.3 Todos los gastos originados de mano de obra involucrados en la reparación, así como los gastos de transporte deben ser por cuenta del proveedor.

8.5.1.4 La opción de reparar o reemplazar alguna parte defectuosa del equipo o todo el equipo, es decisión de PEMEX.

8.5.2 De funcionamiento.

El proveedor debe garantizar todo el equipo y accesorios para funcionamiento satisfactorio en todas las condiciones de operación especificadas en la hoja de datos.

8.6. Documentos del proveedor.

8.6.1 Información requerida con la cotización.

La cotización del proveedor debe incluir la información listada en los trece puntos siguientes:

8.6.1.1 Hoja de datos de PEMEX con la información en ella solicitada (ver anexo "F").

8.6.1.2 Curvas características, incluyendo carga diferencial, NPSHR con agua, eficiencia y potencia al freno, todas expresadas como funciones del flujo. Estas curvas deben abarcar por lo menos el 120% del flujo en el punto de máxima eficiencia. Además debe incluir las curvas de carga para los diámetros máximo y mínimo del impulsor. Estas curvas deben indicar la corrección de viscosidad, cuando aplique. La curva debe indicar el área de entrada del primer impulsor y el número de identificación del impulsor.

8.6.1.3 Cuando se especifique un accionador de velocidad variable, la curva de comportamiento debe enviarse como se solicita en el punto 8.6.1.2, incluyendo las curvas de carga para las velocidades máxima y mínima de operación.

8.6.1.4 Dibujos dimensionales preliminares, diagramas esquemáticos con lista de materiales y No. de base según anexo "G".

8.6.1.5 Dibujos típicos de cortes transversales con indicación de especificaciones ASTM o sus equivalentes, de cada parte y literatura que describa con detalle el equipo cotizado.

8.6.1.6 Incluir el párrafo siguiente "Esta cotización cumple estrictamente con todos los lineamientos y especificaciones de PEMEX (NRF-050, bases técnicas, especificaciones particulares, entre otros). El proveedor debe incluir lista detallada de desviaciones, en el caso de haberla. Las desviaciones pueden incluir diseños alternativos o sistemas equivalentes garantizados para el trabajo especificado.

8.6.1.7 Entregar completamente lleno el cuestionario técnico (cuando lo solicite PEMEX).

8.6.1.8 La aceptación explícita de las garantías indicadas en el párrafo 8.5.

8.6.1.9 Indicar el mejor tiempo de entrega del equipo.

8.6.1.10 Incluir una lista de partes de repuesto recomendadas, para el arranque y 2 años de operación normal.

8.6.1.11 Proporcionar lista de herramientas especiales incluidas en la cotización y su descripción.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 68 de 114</p>
--	----------------------------------	---

8.6.1.12 Las pruebas y procedimientos para materiales requeridos en el numeral 8.1.11.1.2.

8.6.1.13 El valor de velocidad específica de succión NSS en el punto de máxima eficiencia.

8.6.2 Información requerida después de la orden de compra.

8.6.2.1 Dentro de las cuatro semanas siguientes después de recibir la orden de compra, el proveedor debe entregar a PEMEX dibujos dimensionales seccionales y diagramas esquemáticos certificados de las unidades completamente ensambladas para su aprobación. La información que deben contener cada dibujo es la siguiente:

8.6.2.1.1 Identificación.

- a) Cliente.
- b) Pedido.
- c) Partida (de acuerdo al pedido).
- d) No. de requisición.
- e) Planta.
- f) Ubicación.
- g) Contrato-requisición (de la firma de ingeniería que lleve el proyecto, cuando éste sea el caso).
- h) Modelo y tamaño.

8.6.2.1.2 Para bomba, cople, accionador y de conjunto, en elevación y planta:

- a) Dimensiones generales.
- b) Dimensiones de espacios requeridos para mantenimiento.
- c) Localización de pernos para anclaje y nivelación.
- d) Diámetros y clase para bridas de conexiones de bombas y turbinas.
- e) Tubería auxiliar y conexiones (arreglo API o su equivalente).
- f) Materiales y clase.
- g) Código del sello.
- h) Número de base.
- i) Sentido de rotación.
- j) Localización del centro de gravedad.
- k) Fuerzas de excitación y amplitudes permisibles en base.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 69 de 114</p>
--	----------------------------------	---

- l) Fuerzas y momentos máximos permisibles en boquillas (esta información puede ser enviada por separado pero al mismo tiempo que el arreglo general).
- m) Sistema de lubricación.
- n) Marca del accionador.
 - Modelo y tipo.
 - Armazón.
 - Potencia y velocidad.
 - Volts/Fases/Ciclos/Segundos.
 - Consumo de vapor y tipo de gobernador.
- o) Localización y dimensiones de caja de conexiones.
- p) Peso de bomba, base y accionador.

8.6.2.2 La revisión de los dibujos del proveedor se debe efectuar dentro de las dos semanas siguientes, después de recibidos por PEMEX. Esta revisión no constituye una licencia para desviarse de los requerimientos de la orden de compra, a menos que se acepten específicamente por escrito. Después de revisados y aprobados los dibujos, el proveedor debe suministrar las copias certificadas en la cantidad especificada. Todos los dibujos deben ser perfectamente legibles.

8.6.2.3 La información listada en los cuatro párrafos siguientes debe suministrarse durante la inspección y pruebas, para aprobación por el inspector:

- a) Datos de pruebas y curvas certificadas, incluyendo carga, potencia al freno calculada a la gravedad específica del líquido a manejar y eficiencia contra flujo. Se debe incluir la curva de NPSH para agua, trazada con los datos de prueba reales, de un impulsor vaciado en el mismo molde o del impulsor suministrado cuando se requiera prueba de NPSH. La hoja de curvas debe incluir los diámetros máximos y mínimos del impulsor suministrado, el área del ojo del impulsor del primer paso, el número de identificación del impulsor y el número de serie de la bomba. Cuando aplique se deben indicar las correcciones por viscosidad.
- b) Un dibujo que muestre la instalación del sello mecánico y las dimensiones de ajuste, en el caso que no se haya suministrado según punto 8.6.2.4, párrafo a.
- c) Datos certificados de prueba hidrostática.
- d) Información certificada de las pruebas de amplitud de vibración de la flecha.

8.6.2.4 Se debe entregar después del embarque del equipo los manuales de operación y mantenimiento en idioma español, anexando la información requerida en los puntos 8.6.2.2 y 8.6.2.3, además de lo indicado a continuación

- a) Instructivo de operación y mantenimiento para la bomba, el sello mecánico y el accionador.
- b) Dibujos de cortes transversales con las partes numeradas y una lista de partes del equipo suministrado. Por separado se debe incluir un dibujo del sello mecánico y del accionador.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 70 de 114
--	---------------------------	--

- c) Lista de materiales, para las bombas y el sello mecánico, incluyendo número de partes, nombre de las partes, la cantidad de partes requerida, la metalurgia (número AISI o su equivalente) de la parte, y un número de dibujo o de fundición que identifique cada parte para fines de intercambiabilidad. La lista de materiales no necesita incluir tuercas, tornillos, tubería, etc.
- d) Hoja de datos del equipo certificado (ver anexo F).
- e) Un dibujo y lista de materiales mostrando la tubería auxiliar suministrada por el proveedor. (Esta información puede incluirse en el dibujo de arreglo general).

9. RESPONSABILIDADES.

9.1 Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

Vigilar la aplicación de los requisitos y recomendaciones de esta norma, en las actividades de diseño mecánico y materiales de bombas centrífugas.

9.2 Subcomité Técnico de Normalización.

Promover el conocimiento de esta norma entre las áreas usuarias de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios, firmas de ingeniería, proveedores y contratistas, involucradas en el o los procesos técnicos y administrativos generados por la necesidad de adquirir bombas centrífugas.

9.3 Área usuaria de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

La verificación del cumplimiento de esta norma, será realizada por el supervisor de PEMEX, a través del procedimientos de revisión aplicados a los proveedores y/o contratistas.

Debe verificar que el proveedor y/o contratista cuenten con personal técnico especializado con experiencia en el manejo e interpretación de esta norma, lo que se garantizará a través de un documento de acreditación.

Verificar el cumplimiento del contrato de servicios establecido, acordado y firmado por el proveedor y/o contratista incluyendo los anexos técnicos respectivos, los cuales deben cumplir estrictamente los lineamientos marcados por esta norma.

9.4 Firmas de Ingeniería, Proveedores y/o Contratistas.

Cumplir como mínimo con los requerimientos especificados en esta norma, para el diseño mecánico y especificaciones de materiales de bombas centrífugas.

Se debe considerar dentro del organigrama del personal a un especialista designado para ejecutar los trabajos materia de un determinado contrato para ejecución de obra pública y dentro del cual se contemple la aplicación de esta norma, a un responsable o gerente técnico con experiencia previa en trabajos similares. Las firmas de ingeniería, proveedores y/o contratistas se comprometan a mantener durante el desarrollo de los trabajos y hasta su entrega final a un responsable o gerente técnico con las características arriba mencionadas, con la finalidad de garantizar la correcta ejecución de los trabajos en estricto apego a los lineamientos marcados por la norma y a las necesidades de PEMEX.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 71 de 114</p>
--	----------------------------------	---

10. CONCORDANCIA CON OTRAS NORMAS.

Esta norma no tiene concordancia con ninguna norma nacional o internacional.

11. BIBLIOGRAFÍA.

Las ediciones vigentes en el momento de la colocación de la orden de compra, de los siguientes estándares, códigos y especificaciones, forman parte de esta norma.

11.1 ABMA

- 11.1.1 Estándar 7. Ver ISO 286 – 1/2.
- 11.1.2 Estándar 9. Ver ISO 281 e ISO 76.
- 11.1.3 Estándar 20. Ver ISO 15, ISO 492, e ISO 5753.

11.2 AGMA.

- 11.2.1 9000 Coples flexibles.- Clasificación para no balanceados (Flexible couplings- potential unbalance classification).
- 11.2.2 9000-C90. Ver ISO 1940-1 e ISO 8821.

11.3 API

- 11.3.1 SPEC 5L Tubería (Line pipe).
- 11.3.2 STD 541 Ver IEEE-841.
- 11.3.3 STD 610 Bombas centrífugas para la industria del petróleo, química y gas (Centrifugal pumps for petroleum, heavy duty chemical and gas industry service).
- 11.3.4 STD 611 Ver ISO 10436.
- 11.3.5 STD 614 Ver ISO 10438.
- 11.3.6 STD 616 Turbinas de gas para la industria del petróleo, química y gas (Gas turbines for the petroleum, chemical and gas industry).
- 11.3.7 STD 670 Sistemas para monitoreo de vibración, posición axial y temperatura de cojinetes (Vibration, axial-position and bearing temperature monitoring systems).
- 11.3.8 STD 671 Coples para aplicaciones especiales en la industria del petróleo, química y gas (Special-purpose couplings for petroleum, chemical and gas industry).
- 11.3.9 STD 682 Sistemas de sellado de flechas para bombas centrífugas y rotatorias (Shaft sealing systems for centrifugal and rotary pumps).

11.4 ASME.

- 11.4.1 Código para calderas y recipientes a presión (Boiler and pressure vessel code).

SECCION II Materiales (Materials).

SECCION V Pruebas no destructivas (Nondestructive examinations).

SECCION VIII Recipientes a presión (Pressure vessels).

SECCION IX Calificaciones de soldadura eléctrica y autógena (Welding and brazing qualifications).

11.4.2 B1.1 Ver ISO 262.

11.4.3 B1.20.1 Ver ISO 228-1.

11.4.4 B16.1 Ver ISO 7005-2.

11.4.5 B16.5 Ver ISO 7005-1.

11.4.6 B16.11 Accesorios de acero forjado, inserto soldado y roscados (Forged steel fittings, socket-welding and threaded).

11.4.7 B31.3 Tubería de proceso (Process piping).

11.5 ASTM.

11.5.1 Barra.

Níquel B164.

Acero A695/A576/A434.

Acero Inoxidable A479/A276/A564.

11.5.2 Bridas.

Hierro A338.

11.5.3 Forja.

Níquel B564/B637.

Acero al carbono A266/A105/A181/A182.

Acero inoxidable A473.

11.5.4 Fundición.

Hierro A197/A278/A48/A743/A744.

Níquel A890/A494.

Acero A216/A217/A487.

Acero austenítico A351/A436/A439.

Babbit B23.

11.5.5 Inspección.

Partículas magnéticas E125/E709.

Radiografía E94.

11.5.6 Placas.

Níquel B575/B127/B670.

Acero al carbono A516.

Acero inoxidable A240.

11.5.7 Pruebas.

Cemento C109.

Polimeros C579/C882/C884/C1181/D638

11.5.8 Tornillería.

Acero inoxidable A193.

11.5.9 Tubing.

Acero austenítico A269.

11.5.10 Tubería.

Galvanizada A53/A153.

Austenítica A312.

Acero al carbono A106/A524.

Acero inoxidable A790.

11.5.11 Tuercas.

Acero A194.

11.5.12 Nomenclatura.

Hules D1418.

11.6 AWS

11.6.1 D1.1 Código de soldadura para acero estructural (Structural welding code- steel)

11.7 ANSI/HI.- Instituto Nacional Americano de Estándares / Instituto de Hidráulica (American National Standards Institute / Hydraulic Institute).

11.7.1 1.1-1.5 Estándar para nomenclatura, definiciones, aplicación y operación de bombas centrífugas (American National Standard for Centrifugal Pump for Nomenclature, Definitions, Application and Operation).

11.7.2 1.6 Estándar de pruebas para bombas centrífugas (American National Standard for Centrifugal Pump Tests).

11.7.3 2.2-2.5 Estándar para nomenclatura, definiciones, aplicación y operación de bombas verticales (American National Standard for Vertical Pump for Nomenclature, Definitions, Application and Operation).

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 74 de 114</p>
--	----------------------------------	---

- 11.7.4** 2.6 Estándar de pruebas para bombas verticales (American National Standard for Vertical Pump Tests).
- 11.7.5** 9.6 Estándar de margen de NPSH para bombas centrífugas y verticales (American National Standard for Centrifugal and Vertical Pumps for NPSH Margin).
- 11.7.6** 9.1-9.5 Edición 2000.- Lineamientos generales para tipos, definiciones, aplicación, medición del sonido y descontaminación (American National Standard for pumps - General Guidelines for Types, Definitions, Application, Measurement and Decontamination).
- 11.8 IEEE.**
- 11.8.1** 841 Estándar para motores de inducción totalmente cerrados enfriados con aire (TEFC) tipo jaula de ardilla de 500 HP y mayores para la industria (Standard for the petroleum and chemical industry severe duty totally enclosed fan-cooled (TEFC) squirrel cage induction-up to and including 500 HP).
- 11.9 ISO.**
- 11.9.1** ISO 15 (ANSI/ABMA Std. 20) Cojinetes antifricción.- Cojinete radial (Rolling bearings.- Radial bearings).
- 11.9.2** ISO 76 (ANSI/ABMA Std. 9) Cojinetes antifricción.- Carga estática (Rolling bearings.- Static load ratings.)
- 11.9.3** ISO 228-1 (ANSI/ASME B1.20.1) Tubería roscada. (Pipe threads where pressure-tight joints).
- 11.9.3** ISO 262 (ANSI/ASME B1.1) Rosca para tornillería de propósito general. (General purpose metric screw threads-selected sizes for screws, bolts and nuts).
- 11.9.4** ISO 281 (ANSI/ABMA Std. 9) Cojinetes antifricción.- Carga dinámica y vida útil (Rolling bearings.- Dynamic load ratings and rating life).
- 11.9.5** ISO 286-1 (ANSI/ABMA Std. 7) Sistema ISO de límites. Parte 1: Bases de tolerancias y desviaciones. (ISO system of limits and fits.- Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits).
- 11.9.6** ISO 286-2 (ANSI/ABMA Std. 7) Sistema ISO de límites. Parte 2: Tablas de tolerancias estándar y límites de desviaciones para agujeros y flechas (ISO system of limits and fits.- Part 2 Tables of standard tolerance grades and limit deviations for holes and shafts).
- 11.9.7** ISO 492 (ANSI/ABMA Std. 20) Cojinete antifricción.- Cojinete radial.- Tolerancias (Rolling bearings.- Radial bearings.- Tolerance).
- 11.9.8** ISO 1940-1 (ANSI/AGMA 9000) Vibración mecánica.- Balanceo (Mechanical vibration.- Balance quality).
- 11.9.9** ISO 3740 Acústica - Determinación del nivel de ruido- Métodos de precisión para fuentes de banda ancha en cuartos de reverberación (Acoustic- Determination of sound power levels of noise sources- Precision methods for broad band sources in reverberation rooms).
- 11.9.10** ISO 3744 Acústica - Determinación del nivel de ruido- Métodos ingenieriles para condiciones en campo libre con planos reflejantes (Acoustic- Determination of sound power levels of noise sources- Engineering methods for free field conditions over a reflecting plane).
- 11.9.11** ISO 3746 Acústica - Determinación del nivel de ruido- Método de inspección (Acoustic- Determination of sound power levels of noise sources - Survey method).
- 11.9.12** ISO 5753 (ANSI/ABMA Std. 20) Cojinetes antifricción.- Claros radiales internos (Rolling bearings.- Radial internal clearance)

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 75 de 114</p>
--	----------------------------------	---

11.9.13 ISO 7005-1 (ANSI/ASME B16.5) Bridas metálicas.- Parte 1.- Bridas de acero (Metallic flanges.- Part 1: Steel flanges).

11.9.14 ISO 7005-2 (ANSI/ASME B16.1) Bridas metálicas.- Parte 2.- Bridas de hierro forjado (Metallic flanges.- Part 2: Cast iron flanges).

11.9.15 ISO 8821 (ANSI/AGMA 9000) Vibración mecánica.- Balanceo.- Flechas y seguros. (Mechanical vibration.- Balancing.- Shaft and fitment key convention).

11.9.16 ISO 9905 Especificación técnica para bombas centrífugas Clase I (Technical specification for centrifugal pumps Class I).

11.9.17 ISO 10436 (API Std. 611) Turbinas de vapor de propósito general para refinerías (Petroleum and natural industries general purpose steam turbines for refinery service).

11.9.18 ISO 10438 (API Std. 614) Sistemas de aceite y auxiliares para lubricación, sellado de flechas y control para servicio en la industria del petróleo, química y gas (Lubrication, shaft-sealing and control oil systems and auxiliaries for petroleum, chemical and gas industry service).

11.9.19 ISO 11342 Métodos y criterios para el balanceo mecánico de rotores flexibles (Mechanical vibration- Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors).

11.10 MSS.

11.10.1 SP55. Métodos visuales para evaluación de irregularidades en superficies (Quality standard for steel casting for valves, flanges and fittings and other piping components-visual method for evaluation of surface irregularities).

11.11 NACE.

11.11.1 MR 0175 Materiales metálicos resistentes a SSC para equipo usado en campos petroleros (Standard material requirements: sulfide stress cracking resistant metallic materials for oilfield equipment corrosion engineers reference handbook).

11.12 Documentos técnicos de Petróleos Mexicanos.

11.12.1 2.614.31 Turbinas de vapor para servicio especial.

11.12.2 3.135.09 Concretos y morteros especiales para cimentaciones.

11.13 Especificaciones de PEP.

11.13.1 P.2.0335.02 Turbinas de vapor para servicio general.

11.13.2 P.2.0351.01 Sistemas de protección anticorrosiva a base de recubrimientos.

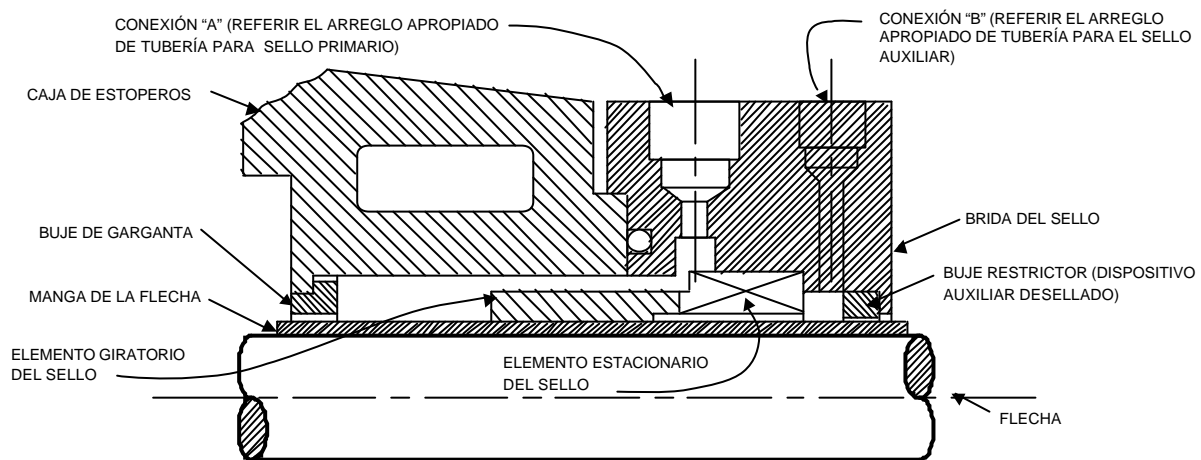
11.13.3 P.3.301.01 Embalaje y marcado para embarque de equipos y materiales.

11.13.4 P.3.0351.01 Aplicación e inspección de recubrimientos para protección anticorrosiva.

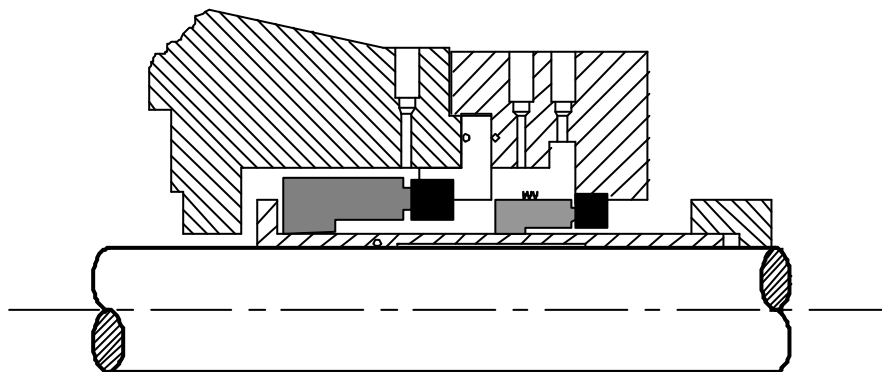
12. ANEXOS.

Anexo A

SELLOS MECÁNICOS Y ARREGLOS DE TUBERÍA.

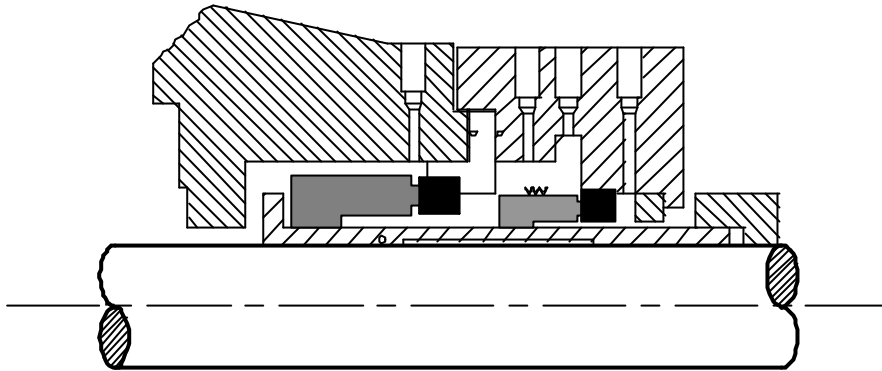


SELLO SENCILLO



SELLO DUAL NO PRESURIZADO

Figura A-1. Arreglos típicos de sellos mecánicos.

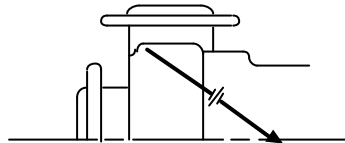


SELLO DUAL PRESURIZADO

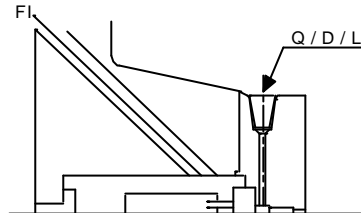
**Figura A-1. Arreglos típicos de sellos mecánicos.
(continuación)**

Plan 1 (Para líquidos limpios).

ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL



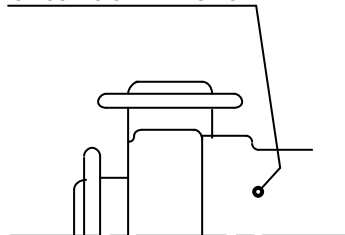
VERTICAL

No recomendable para bombas verticales

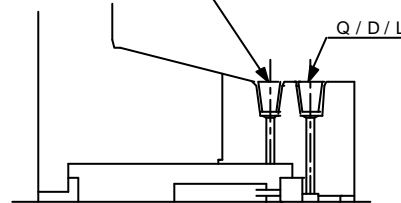
Recirculación interna desde la descarga de la bomba al sello. Recomendable solamente para fluidos limpios.

Plan 2 (Para líquidos limpios).

CONEXIÓN CON TAPÓN PARA FUTURA CIRCULACIÓN DE FLUIDO



FI / FO (TAPÓN)



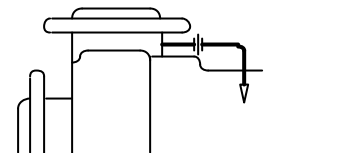
No recomendable para bombas verticales

Cámara de sello sin circulación de fluido.

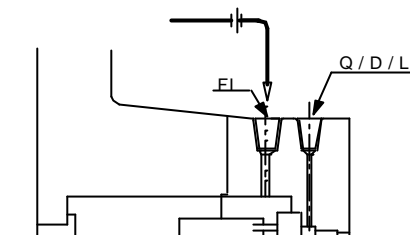
Figura A-2.- Tubería para sellos simples y sellos primarios de arreglo dual no presurizado.

Plan 11 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).

ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL

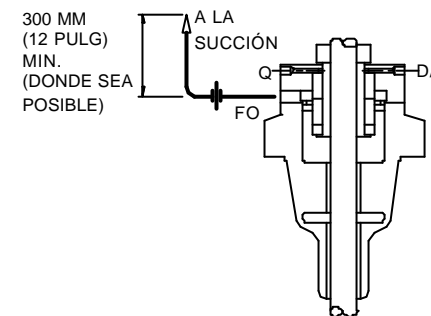
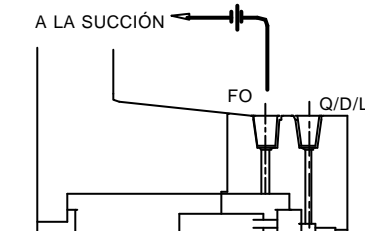
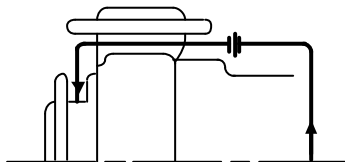


VERTICAL

No
recomendable
para bombas
verticales

Recirculación desde la descarga de la bomba a través de un orificio de control de flujo (si se requiere) al sello. El flujo entra a la cámara de sello adyacente por las caras del sello mecánico.

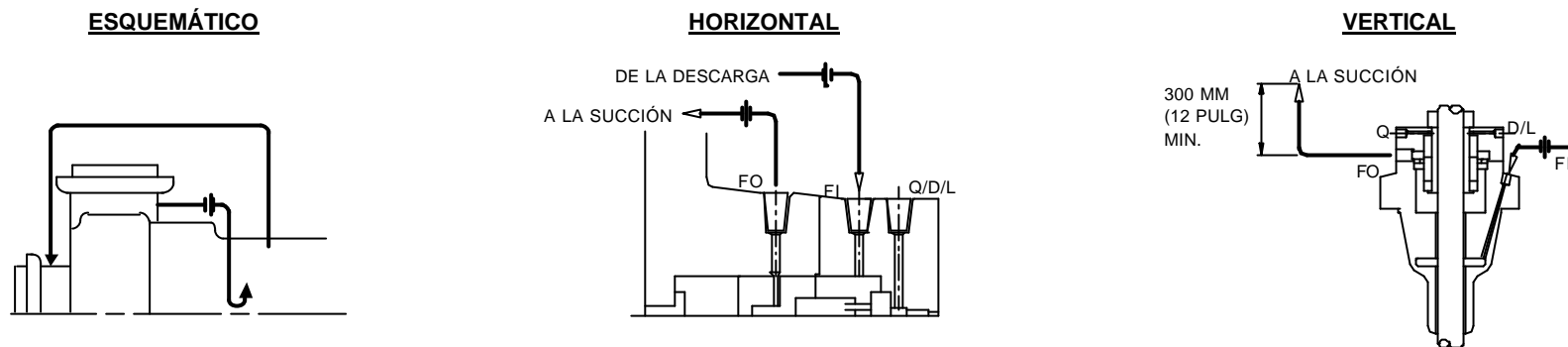
Plan 13 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).



Recirculación de la cámara de sello a través de un orificio de control de flujo (si se requiere) y se envía a la succión de la bomba.

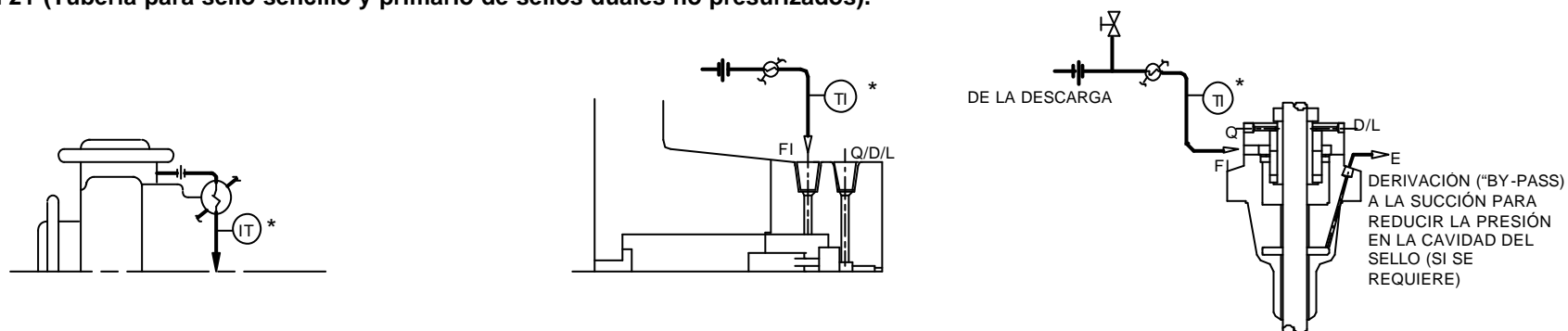
**Figura A-2.- Tubería para sellos simples y sellos primarios
 (continuación)**

Plan 14 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).



Recirculación desde la descarga de la bomba a través de un orificio de control de flujo (si se requiere) hacia el sello y regreso a la boquilla de succión. El orificio debe dimensionarse de acuerdo al buje de garganta y la línea de retorno. Similar al plan 11, pero la línea de retorno debe evacuar los vapores colectados en la cámara de sello. Recomendable para hidrocarburos ligeros.

Plan 21 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).

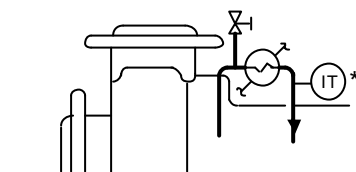


Recirculación desde la descarga de la bomba a través de un orificio de control de flujo (si se requiere) y un enfriador a la cámara de sello (* opcional).

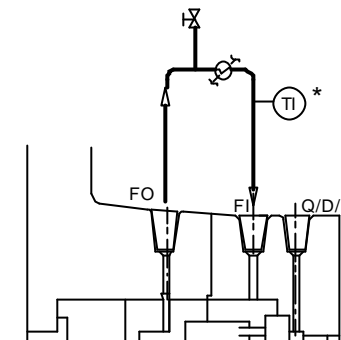
Figura A-2- Tubería para sellos primarios (continuación)

Plan 23 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).

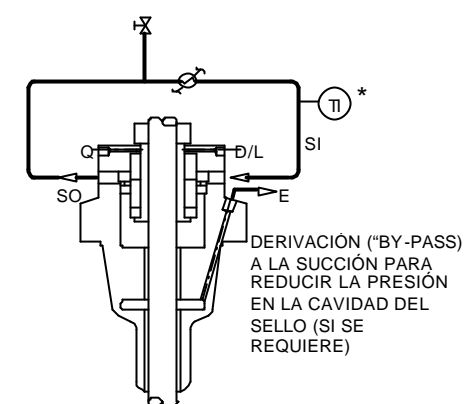
ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL

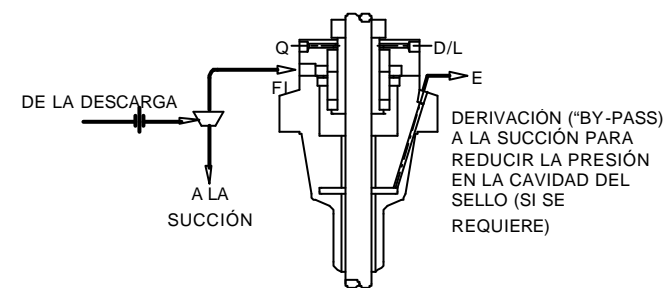
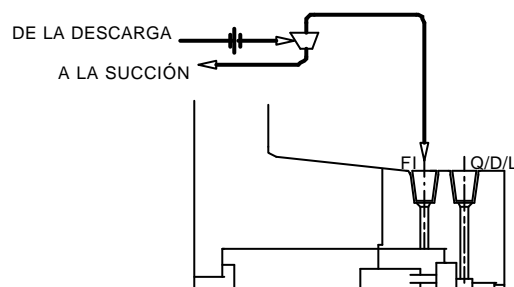
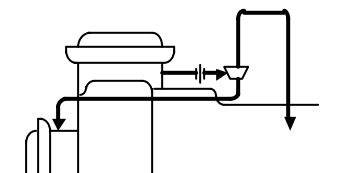


VERTICAL



La recirculación es desde un anillo de la bomba en la cámara de sello a un enfriador y se regresa a la cámara. Este plan se puede usar en aplicaciones calientes para minimizar los requerimientos del enfriador, cuando se recirculan pequeñas cantidades de fluido (* opcional).

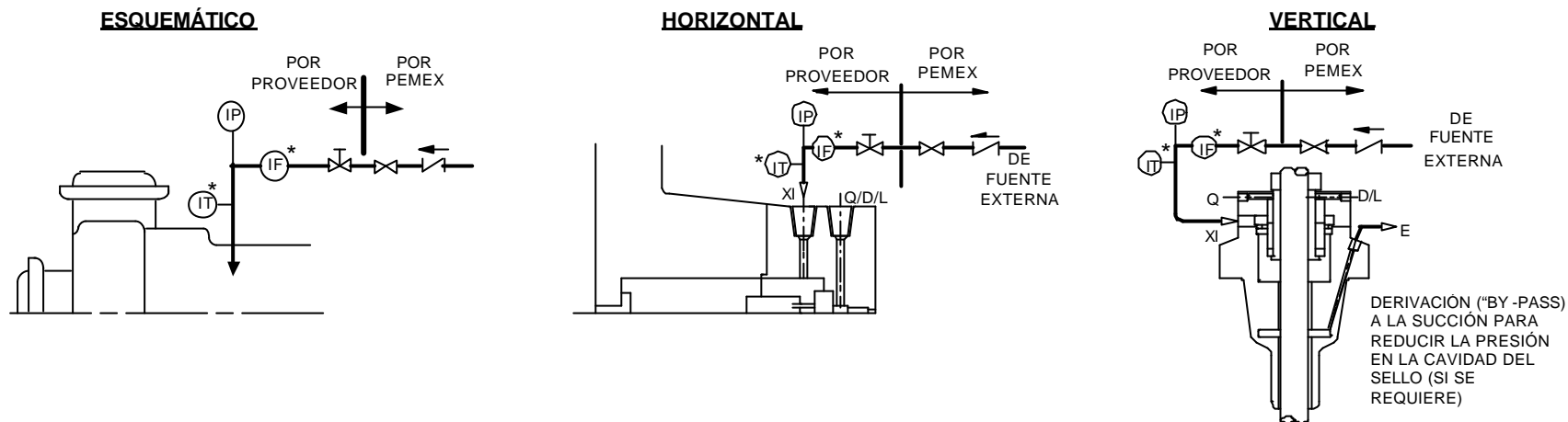
Plan 31 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).



Recirculación desde la descarga de la bomba a través de un orificio (si se requiere) a un separador ciclónico para enviar fluido limpio a la cámara de sello. Los sólidos son enviados a la succión de la bomba.

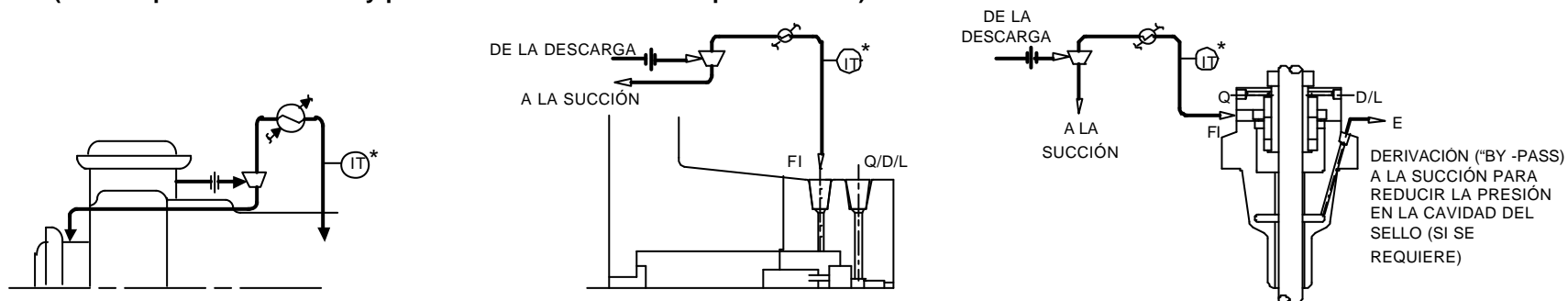
Figura A-2- Tubería para sellos primarios (continuación)

Plan 32 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).



El fluido es inyectado a la cámara de sello desde una fuente externa. Se debe evitar el uso de fluidos que vaporicen para no contaminar el fluido bombeado (* opcional).

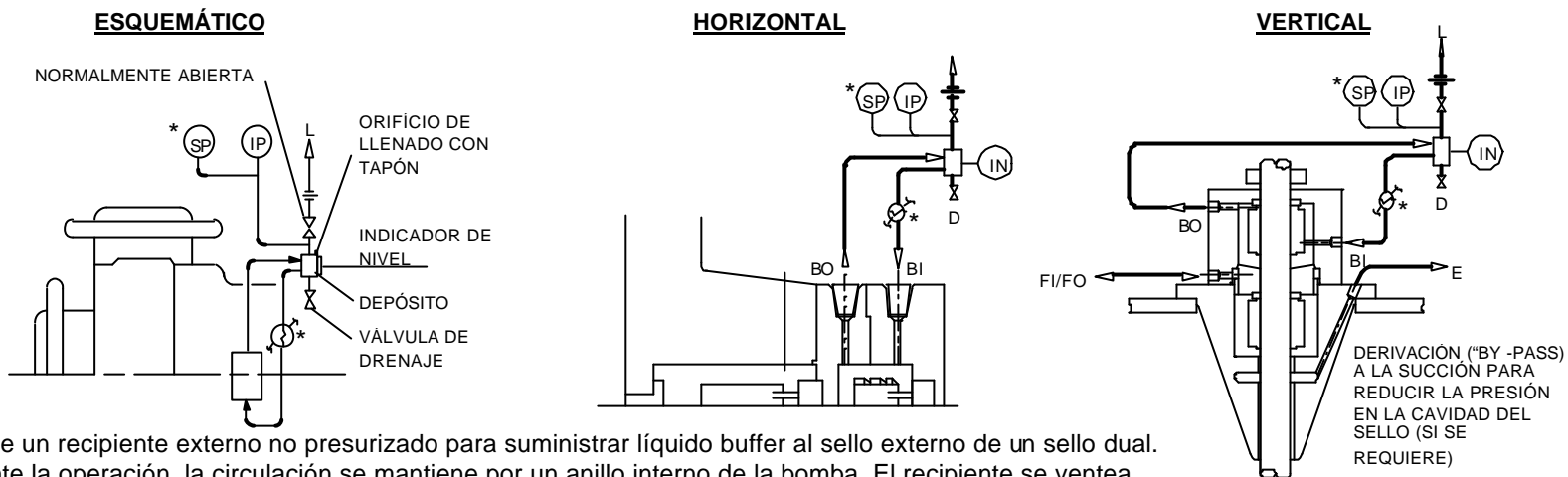
Plan 41 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).



Recirculación desde la descarga de la bomba a través de un orificio (si se requiere) a un separador ciclónico para enviar fluido limpio a la cámara de sello. Los sólidos se envían a la succión de la bomba (* opcional).

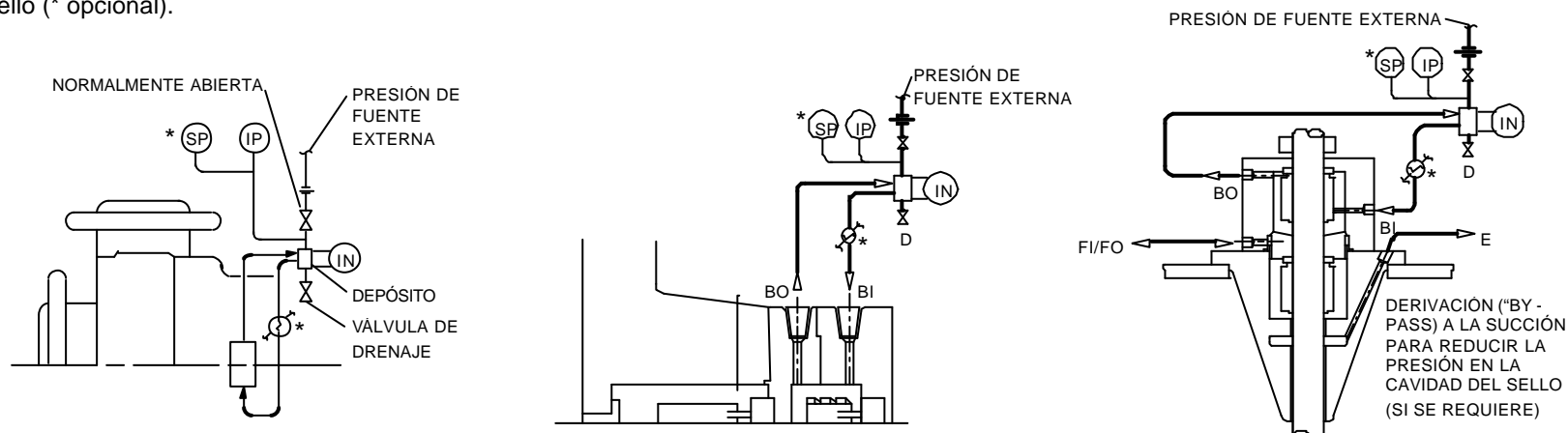
Figura A-2- Tubería para sellos primarios (continuación)

Plan 52



Uso de un recipiente externo no presurizado para suministrar líquido buffer al sello externo de un sello dual. Durante la operación, la circulación se mantiene por un anillo interno de la bomba. El recipiente se ventea continuamente a un sistema de recuperación de vapores y se mantiene a una presión inferior a la cámara del sello (* opcional).

Plan 53

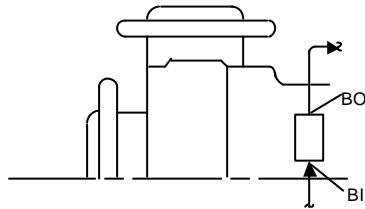


Uso de un recipiente externo de fluido de barrido a presión, para suministrar fluido limpio a la cámara de sello. La circulación es por un anillo interno de la bomba. La presión en el recipiente debe ser mayor que la del sello. Se usa comúnmente para un arreglo de 3 sellos duales presurizados (* opcional).

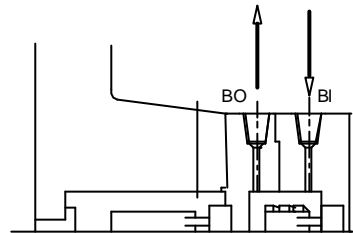
Figura A-3.- Tubería para buje restrictor, dispositivo auxiliar de sellado y sellos duales.

Plan 54

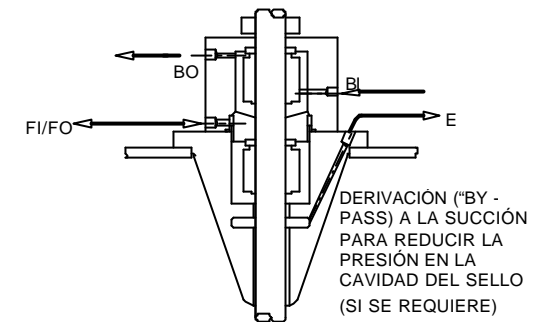
ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL



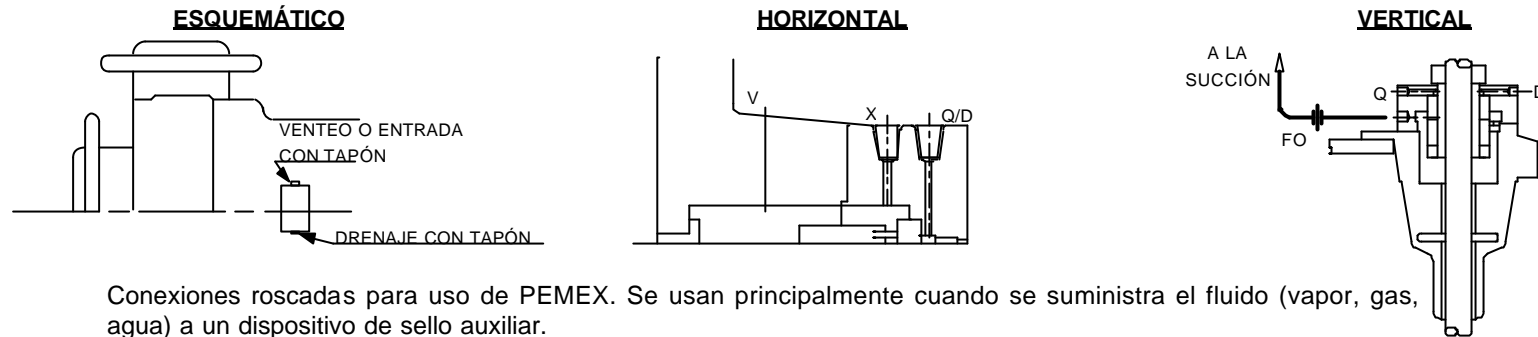
VERTICAL



Uso de un recipiente o sistema a presión externo para fluido de barrido, que suministre fluido limpio para la cámara del sello. La circulación es por un sistema presurizado externo. La presión en el recipiente es mayor que la del proceso a sellarse. Se usa comúnmente con un arreglo de 3 sellos duales a presión.

**Figura A-3.- Tubería para buje restrictor, dispositivo auxiliar de sellado y sellos duales
 (continuación)**

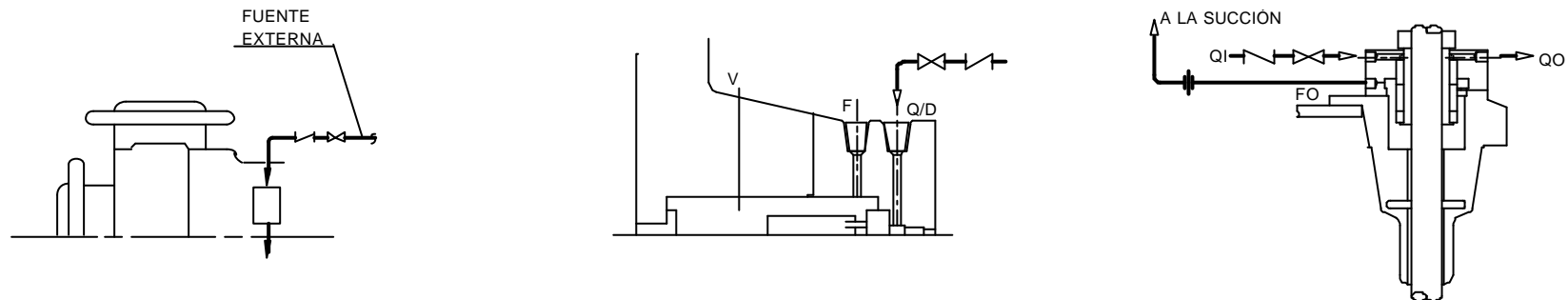
Plan 61



Conexiones roscadas para uso de PEMEX. Se usan principalmente cuando se suministra el fluido (vapor, gas, agua) a un dispositivo de sello auxiliar.

Nota: Para la configuración vertical referirse al plan 13. Sin embargo otros arreglos de sello pueden tener dispositivos de sello auxiliar que requiera lavado ("quench").

Plan 62

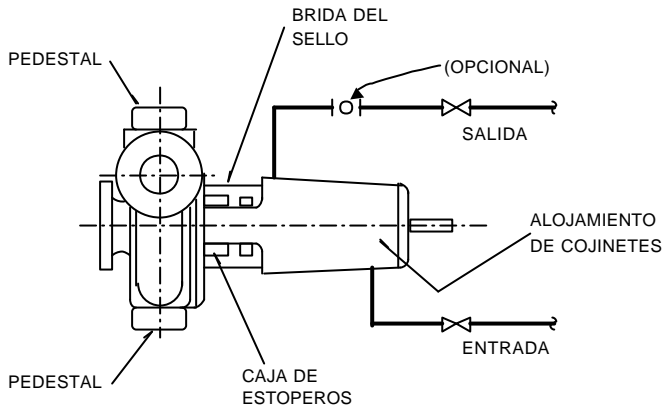


Se requiere fuente externa para lavado (quench) para prevenir sólidos en el lado atmosférico del sello.

Nota: Para la configuración vertical referirse al plan 13. Sin embargo otros arreglos de sello pueden tener dispositivos de sello auxiliares que requiera lavado ("quench").

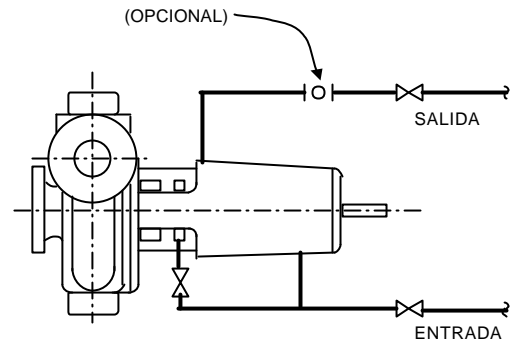
- Notas:**
- 1.- Estos planes representan los sistemas más usados, otros sistemas o variaciones pueden especificarse.
 - 2.- Cuando se suministre algún líquido externo al sello, PEMEX especificará las características del líquido y el proveedor debe especificar el flujo en m^3/hr (GPH) y la presión requerida, cuando apliquen.
 - 3.- Ver la figura A-4 para el significado de los símbolos.

Figura A-3.- Tubería para buje restrictor, dispositivo auxiliar de sellado y sellos duales.
(continuación)



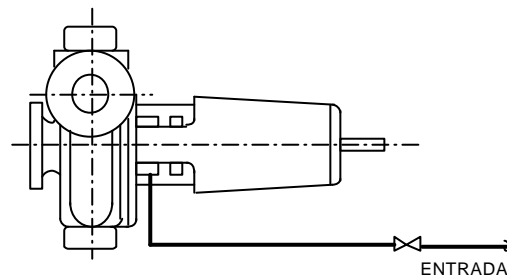
Plan A

Enfriamiento al alojamiento de cojinetes.



Plan B

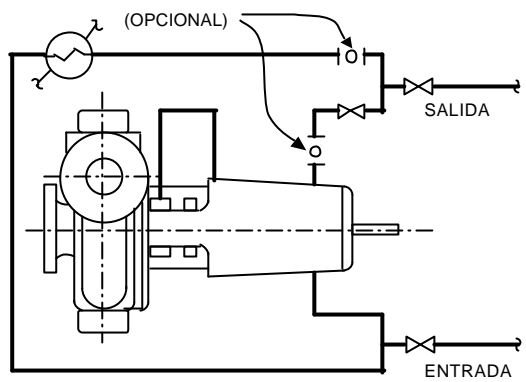
Enfriamiento al alojamiento de cojinetes con flujo en paralelo al collarín.



Plan D

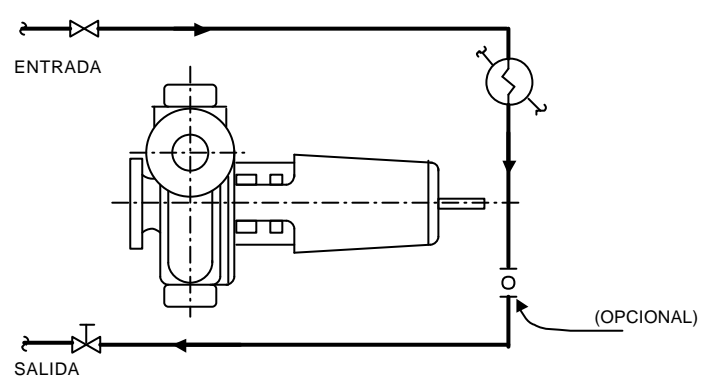
Enfriamiento al collarín.

Figura A-4.- Tubería de agua de enfriamiento para bombas con impulsor en cantiliver.



Plan K

Enfriamiento en paralelo al alojamiento de cojinetes con flujo a un enfriador.



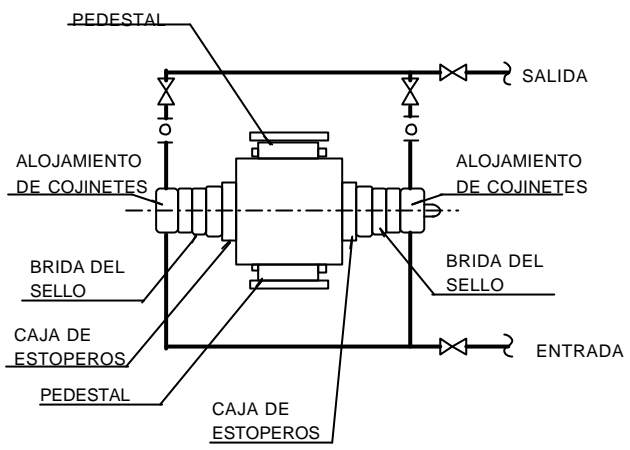
Plan M

Enfriamiento al sello de intercambiador.

SÍMBOLOS

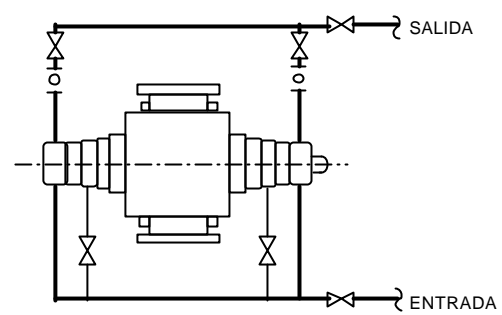
- X— VÁLVULA
- |O|— INDICADOR DE FLUJO

Figura A-4.- Tubería de agua de enfriamiento para bombas con impulsor en cantiliver (continuación)



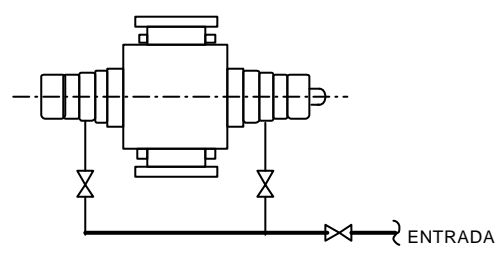
Plan A

Enfriamiento a los alojamientos de cojinetes.



Plan B

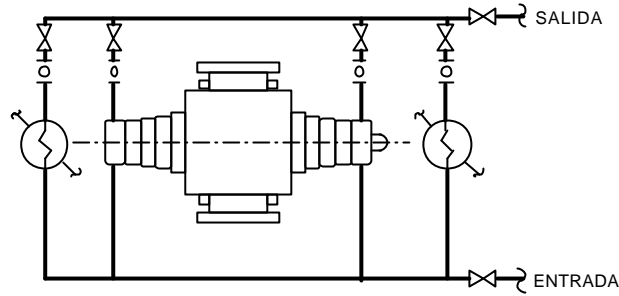
Enfriamiento a los alojamientos de cojinetes con flujo en paralelo al collarín.



Plan D

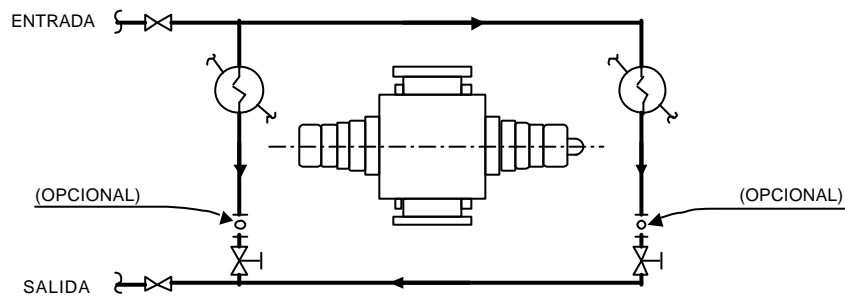
Enfriamiento al collarín.

Figura A-5.- Tubería de agua de enfriamiento para bombas con impulsor (es) entre cojinetes.



Plan K

Enfriamiento al alojamiento de cojinetes con flujo en paralelo a un enfriador.



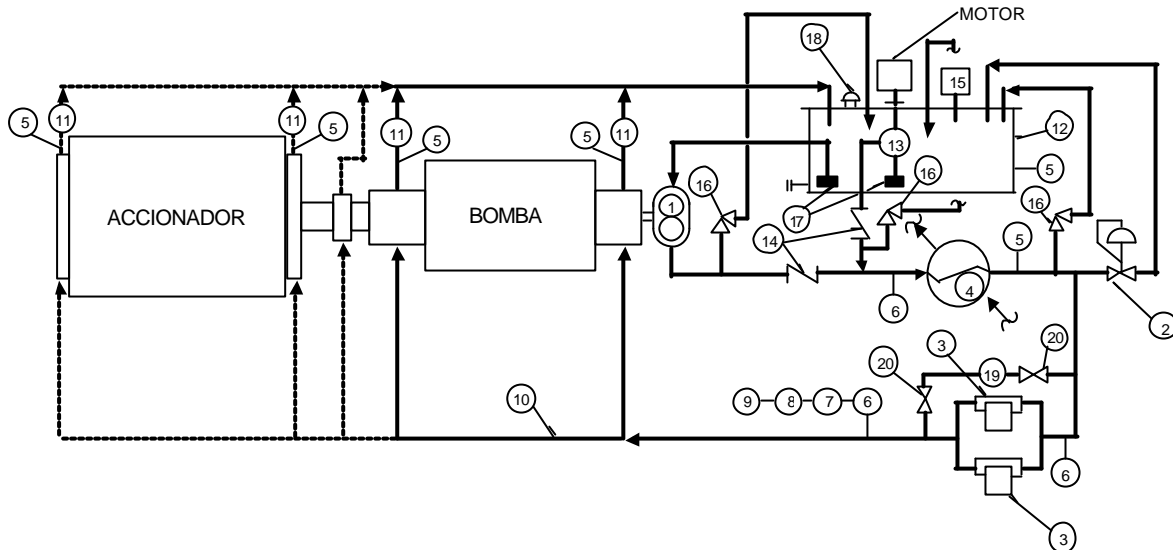
Plan M

Enfriamiento al sello de intercambiadores.

SÍMBOLOS

- |X|— VÁLVULA
- |○|— INDICADOR DE FLUJO

**Figura A-5.- Tubería de agua de enfriamiento para bombas con impulsor (es) entre cojinetes.
(continuación)**



- | | |
|---|--|
| 1.- Bomba de lubricación principal accionada por la flecha de la bomba. | 11.- Indicadores de flujo. |
| 2.- Válvula reguladora de presión. | 12.- Depósito de aceite. |
| 3.- Filtro de aceite (duplex). | 13.- Bomba auxiliar de lubricación. |
| 4.- Enfriador de aceite. | 14.- Válvula check. |
| 5.- Indicador de temperatura. | 15.- Indicador de nivel de aceite. |
| 6.- Indicador de presión. | 16.- Válvula de alivio. |
| 7.- Interruptor de arranque de bomba auxiliar por baja presión. | 17.- Filtro de succión. |
| 8.- Alarma por baja presión. | 18.- Respiradero y agujero para llenado. |
| 9.- Interruptor de paro de bombas. | 19.- Indicador de presión diferencial. |
| 10.- Tubería de alimentación y retorno. | 20.- Válvula de bloqueo. |

Nota: Este es un esquema típico y no constituye ningún diseño específico.
 Tampoco incluye detalles (por ejemplo venteos y drenes).

Figura A-6.- Sistema típico de lubricación forzada.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 91 de 114</p>
--	----------------------------------	---

Anexo B. Criterios para diseño de tubería.

B.1 Bombas horizontales.

B.1.1 Las configuraciones aceptables de tubería no deben causar un desajuste excesivo entre la bomba y el impulsor. Se deben aplicar las cargas indicadas en la tabla No. 3.

B.1.2 Las configuraciones de tubería que sobrepasen las cargas de la tabla No. 3, deben cumplir las siguientes condiciones para que sean aceptadas:

B.1.2.1 Las fuerzas y momentos individuales que actúan sobre la brida de la bomba deben estar dentro de un rango de 2 veces lo indicado en la tabla No. 3.

B.1.2.2 La fuerza y el momento resultante aplicado deben cumplir las siguientes condiciones:

$$(FRS_A/1.5 FRS_{T2}) + (MRS_A/1.5 MRS_{T2}) \leq 2.$$

$$(FRD_A/1.5 FRD_{T2}) + (MRD_A/1.5 MRD_{T2}) \leq 2.$$

B.1.2.3 Los componentes de la fuerza y el momento trasladados al centro de la bomba deben cumplir las siguientes condiciones:

$$FRC_A < 1.5 (FRS_{T2} + FRD_{T2})$$

$$MYC_A < 2.0 (MYS_{T2} + MYD_{T2})^{0.5}$$

$$MRC_A < 1.5 (MRS_{T2} + MRD_{T2})$$

donde:

$$FRC_A = [(FXC_A)^2 + (FYC_A)^2 + (FZC_A)^2]^{0.5}$$

$$FXC_A = FXS_A + FXD_A$$

$$FYC_A = FYS_A + FYD_A$$

$$FZC_A = FZS_A + FZD_A$$

$$MRC_A = [(MXC_A)^2 + (MYC_A)^2 + (MZC_A)^2]^{0.5}$$

$$MXC_A = MXS_A + MXD_A - [(FYS_A)(z_S) + (FYD_A)(z_D) - (FZS_A)(y_S) - (FZD_A)(y_D)] / 1000$$

$$MYC_A = MYS_A + MYD_A + [(FXS_A)(z_S) + (FXD_A)(z_D) - (FZS_A)(x_S) - (FZD_A)(x_D)] / 1000$$

$$MZC_A = MZS_A + MZD_A - [(FXS_A)(y_S) + (FXD_A)(y_D) - (FYS_A)(x_S) - (FYD_A)(x_D)] / 1000$$

B.2 Bombas verticales en línea.

B.2.1 Las bombas verticales en línea soportadas únicamente por la tubería, pueden estar sujetas a cargas mayores al doble de las indicadas en la tabla No. 3, siempre y cuando no causen un esfuerzo principal mayor a 41 MPa (5950 lb/pulg²) en las bridas.

B.2.2 Para propósitos de cálculo, las secciones de las boquillas se deben basar en tubería cédula 40. Las ecuaciones 2a, 2b y 2c se pueden usar para evaluar el esfuerzo principal, esfuerzo longitudinal y esfuerzo cortante en las boquillas, respectivamente.

$$P = (\sigma/2) + (s^2/4 + \tau^2)^{0.5} < 41 \quad (2a)$$

$$s = \left[1.27 FY / (D_o^2 - D_i^2) \right] + \left[1.02 \times 10^4 D_o (MX^2 + MZ^2)^{0.5} \right] / (D_o^4 - D_i^4) \quad (2b)$$

$$\tau = \left[1.27 (FX^2 + FZ^2)^{0.5} \right] / (D_o^2 - D_i^2) + \left[0.51 \times 10^4 D_o (MY) \right] / (D_o^4 - D_i^4) \quad (2c)$$

B.3 Nomenclatura.

C = Centro de la bomba. Para bombas con dos pedestales, el centro se encuentra en la intersección del centro de línea de la flecha y la línea de centros entre los dos pedestales. Para bombas con cuatro pedestales el centro se encuentra en la intersección del centro de línea de la flecha y la línea de centros de los cuatro pedestales.

D = Brida de descarga.

D_i = Diámetro interno del tubo (mm).

D_o = Diámetro externo del tubo (mm).

F = Fuerza (N).

FR = Fuerza resultante.

M = Momento (N-m).

MR = Momento resultante.

P = Esfuerzo principal. (MPa).

S = Brida succión.

x,y,z = Coordenadas de localización con respecto al centro de la bomba (mm).

X,Y,Z = Dirección de las cargas.

s = Esfuerzo longitudinal (MPa).

τ = Esfuerzo cortante (MPa).

Subíndice A = Carga aplicada.

Subíndice T2 = Cargas de la tabla No. 3.

Anexo C. Materiales y sus especificaciones para bombas centrífugas.

Tabla C-1. Materiales para partes de bombas centrífugas.

PARTE	MATERIAL ASTM	CLASE DE MATERIALES Y SUS ABREVIATURAS ^(a)			
		I - 1	I - 2	S - 1	S - 3
		FF FF	FF BR	AC FF	AC NI - RESIST
CARCASA.	SI	HIERRO FUNDIDO.	HIERRO FUNDIDO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.
PARTES INTERNAS (TAZONES, DIFUSORES, DIAFRAGMAS).	NO	HIERRO FUNDIDO.	BRONCE.	HIERRO FUNDIDO.	NI - RESIST.
IMPULSOR.	SI	HIERRO FUNDIDO.	BRONCE.	HIERRO FUNDIDO.	NI - RESIST.
ANILLOS DE DESGASTE DE CARCASA.	NO	HIERRO FUNDIDO.	BRONCE.	HIERRO FUNDIDO.	NI - RESIST.
ANILLOS DE DESGASTE DEL IMPULSOR.	NO	HIERRO FUNDIDO.	BRONCE.	HIERRO FUNDIDO.	NI - RESIST.
FLECHA (VER NOTA 3).	SI	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.
MANGA DE FLECHA PARA EMPAQUETADURA.	NO	12% CROMO ENDURECIDO.	BRONCE DURO.	12% CROMO ENDURECIDO.	12% CROMO ENDURECIDO O CARA ENDURECIDA
MANGA DE FLECHA PARA SELLO MECANICO.	NO	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.
BUJE GARGANTA.	NO	HIERRO FUNDIDO.	BRONCE.	HIERRO FUNDIDO.	NI - RESIST.
MANGAS DE INTERETAPAS.	NO	HIERRO FUNDIDO.	BRONCE.	HIERRO FUNDIDO.	NI - RESIST.
BUJES DE INTE RETAPAS.	NO	HIERRO FUNDIDO.	BRONCE.	HIERRO FUNDIDO.	NI - RESIST.
BRIDA DEL PRENSAESTOPA/SELLO.	SI	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).
BIRLOS DE CARCASA Y PRENSAESTOPA.	SI	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AISI 4140.	ACERO INOX. 4140.
JUNTA DE LA CARCASA.	NO	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).
CABEZAL DE DESCARGA/LATA DE SUCCIÓN.	SI	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.
BUJES DE FLECHA COLUMNA/TAZÓN.	NO	NITRILO (7).	BRONCE.	CARBONO RELLENO	NITRILO (7).
TORNILLERÍA	SI	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO

**Tabla C-1. Materiales para partes de bombas centrífugas.
(continuación)**

PARTE	CLASE DE MATERIALES Y SUS ABREVIATURAS ^(a)				
	S - 4 AC	S - 5 AC	S - 6 AC	S - 8 AC	S - 9 AC
	AC	AC 12% CR	12% CR	18-8 AI	MONEL
CARCASA.	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.
PARTES INTERNAS (TAZONES, DIFUSORES, DIAFRAGMAS).	HIERRO FUNDIDO.	ACERO AL CARBONO	12% CROMO	ACERO INOX. 316.	MONEL
IMPULSOR.	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	12% CROMO	ACERO INOX. 316.	MONEL
ANILLOS DE DESGASTE DE CARCASA.	HIERRO FUNDIDO.	12% CROMO ENDURECIDO.	12% CROMO ENDURECIDO.	ACERO INOX. 316 CARA ENDURECIDA (3).	MONEL
ANILLOS DE DESGASTE DEL IMPULSOR.	HIERRO FUNDIDO.	12% CROMO ENDURECIDO.	12% CROMO ENDURECIDO.	ACERO INOX. 316 CARA ENDURECIDA (3).	MONEL
FLECHA (VER NOTA 3).	ACERO AL CARBONO.	ACERO AISI 4140.	ACERO AISI 4140 (VER NOTA 4).	ACERO INOX. 316.	MONEL - K
MANGA DE FLECHA PARA EMPAQUETADURA.	12% CROMO ENDURECIDO O CARA ENDURECIDA.	12% CROMO ENDURECIDO O CARA ENDURECIDA.	12% CROMO ENDURECIDO O CARA ENDURECIDA.	ACERO INOX. 316 CARA ENDURECIDA (3).	MONEL - K ENDURECIDO
MANGA DE FLECHA PARA SELLO MECANICO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	MONEL - K ENDURECIDO
BUJE GARGANTA.	HIERRO FUNDIDO.	12% CROMO	12% CROMO	ACERO INOX. 316.	MONEL
MANGAS DE INTERETAPAS.	HIERRO FUNDIDO.	12% CROMO ENDURECIDO	12% CROMO ENDURECIDO	ACERO INOX. 316 CARA ENDURECIDA (3).	MONEL - K ENDURECIDO
BUJES DE INTERETAPAS.	HIERRO FUNDIDO.	12% CROMO ENDURECIDO	12% CROMO ENDURECIDO	ACERO INOX. 316 CARA ENDURECIDA (3).	MONEL - K ENDURECIDO
BRIDA DEL PRENSAESTOPA/ SELLO.	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).	MONEL
BIRLOS DE CARCASA Y PRENSAESTOPA.	ACERO INOX. AISI 4140.	ACERO INOX. AISI 4140.	ACERO INOX. AISI 4140.	ACERO INOX. AISI 4140.	MONEL - K ENDURECIDO (8).
JUNTA DE LA CARCASA.	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. (6).	ASBESTO CON ESPIRAL DE MONEL Y PTFE (6).
CABEZAL DE DESCARGA/LATA DE SUCCIÓN	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.	ACERO AL CARBONO.
BUJES DE FLECHA DE COLUMNA/TAZÓN.	NO	NITRILO (7).	BRONCE.	CARBONO RELLENO	NITRILO (7).
TORNILLERÍA	ACERO AL CARBONO	ACERO INOXIDABLE 316	ACERO INOXIDABLE 316	ACERO INOXIDABLE 316	MONEL-K

**Tabla C-1. Materiales para partes de bombas centrífugas.
(continuación)**

PARTE	CLASE DE MATERIALES Y SUS ABREVIATURAS ^(a)			
	C - 6	A - 7	A - 8	D - 1
	12% CR 12% CR	18-8 AI 18-8 AI (NOTA 1 y 2)	316 AI 316-AI (NOTAS 1 y 2)	DUPLEX DUPLEX
CARCASA.	12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8.	ACERO INOX. 316.	DUPLEX.
PARTES INTERNAS (TAZONES, DIFUSORES, DIAFRAGMAS)..	12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8.	ACERO INOX. 316.	DUPLEX.
IMPULSOR.	12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8.	ACERO INOX. 316.	DUPLEX.
ANILLOS DE DESGASTE DE CARCASA.	12% CROMO ENDURECIDO.	ACERO INOX. 18-8 CARA DURA (3).	ACERO INOX. 316 CARA DURA (3).	DUPLEX (3).
ANILLOS DE DESGASTE DEL IMPULSOR.	12% CROMO ENDURECIDO.	ACERO INOX. 18-8 CARA DURA (3).	ACERO INOX. 316 CARA DURA (3).	DUPLEX (3).
FLECHA (VER NOTA 3).	12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8.	ACERO INOX. 316.	DUPLEX.
MANGA DE FLECHA PARA EMPAQUETADURA.	12% CROMO ENDURECIDO O CARA ENDURECIDA.	ACERO INOX. 18-8 CARA DURA (3).	ACERO INOX. 316 CARA DURA (3).	DUPLEX (3).
MANGA DE FLECHA PARA SELLO MECANICO.	ACERO INOX. 18-8 ó 12% CROMO.	ACERO INOX. 18-8.	ACERO INOX. 316.	DUPLEX.
BUJE GARGANTA.	12% CROMO ENDURECIDO.	ACERO INOX. 18-8.	ACERO INOX. 316.	DUPLEX.
MANGAS DE INTERETAPAS.	12% CROMO ENDURECIDO.	ACERO INOX. 18-8 CARA DURA (3).	ACERO INOX. 316 CARA ENDURECIDA (3).	DUPLEX (3).
BUJES DE INTERETAPAS.	12% CROMO ENDURECIDO.	ACERO INOX. 18-8 CARA DURA (3).	ACERO INOX. 316 CARA ENDURECIDA (3).	DUPLEX (3).
BRIDA DEL PRENSAESTOPA/SELLO.	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).	ACERO INOX. 316 (5).	DUPLEX (5).
BIRLOS DE CARCASA Y PRENSAESTOPA.	ACERO INOX. AISI 4140.	ACERO INOX. AISI 4140.	ACERO INOX. AISI 4140.	DUPLEX (8).
JUNTA DE LA CARCASA.	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. 18-8.	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. 18-8.	ASBESTO CON ESPIRAL DE ACERO INOX. 316.	DUPLEX CON ESPIRAL DE ACERO INOX.
CABEZAL DE DESCARGA/LATA DE SUCCIÓN	ACERO INOX 18-8.	ACERO INOX. 18-8.	ACERO INOX. 316.	DUPLEX.
BUJES DE FLECHA COLUMNA/TAZÓN.	CARBONO RELLENO.	CARBONO RELLENO.	CARBONO RELLENO.	CARBONO RELLENO.
TORNILLERÍA	ACERO INOXIDABLE 316	ACERO INOXIDABLE 316	ACERO INOXIDABLE 316	DUPLEX

Nota:

a) La abreviatura arriba de la diagonal indica la clase del material de la carcasa, y la abreviatura debajo de la diagonal indica la clase del material de las partes internas

Tabla C-2. Especificaciones de materiales ASTM o sus equivalentes para bombas.

Clase de material.	Aplicación.	Especificación ASTM.	Clase de material.	Aplicación.	Especificación ASTM.	
Hierro fundido.	Fundición sujeta a presión.	A 278 clase 30.	Acero inoxidable austenítico.	Fundición sujeta a presión.	A 351 Gr. CF3. A 743 Gr. CF3.	
	Fundiciones para uso general.	A 48 clases 25/30.		Forja.	A 182 Gr. 304 L. A 182 Gr. 316 L.	
Acero al carbono.	Fundición sujeta a presión.	A 216 Gr. WCB.		Barra.	A 479 Tipo 304 L. A 479 Tipo 316 L. A 479 Tipo XM19 ^(c) .	
	Labrado/forja.	A 266 clase 2.		Placa.	A 240 Gr. 304 L / 316 L.	
	Barra a presión.	A 695 Gr. B40.		Tubería.	A 312 Tipo 304 L / 316 L.	
	Barra general.	A 576 Gr. 1045.		Accesorios de tubería.	A 182 Gr. F304 L / 316 L.	
	Tornillería.	A 193 Gr. B7.		Tornillería.	A 193 Gr. B8M.	
	Tuercas.	A 194 Gr. 2H.		Tuercas.	A 194 Gr. B8M.	
	Placa.	A 516 Gr. 65/70.		Acero inoxidable duplex.	Fundición sujeta a presión.	A 890 Gr. 3 A. A 351 Gr. CD4MCU.
	Tubería.	A 106 Gr. B.			Forja.	A 182 Gr. F51.
	Accesorios de tubería.	A 105.	Barra.		A 276 S31803.	
Acero AISI 4140.	Barra	A 434 clase BB.	Placa.		A 240 S31803.	
	Tornillería.	A 193 Gr. B7.	Tubería.		A 790 S31803.	
	Tuercas.	A 194 Gr. 2H.	Accesorios de tubería.		A 182 Gr. F51.	
Acero al 12% cromo.	Fundición sujeta a presión.	A 217 Gr. CA 15. A 487 Gr. CA 6NM.	Tornillería.	A 276 S31803.		
	Forja a presión.	A 182 Gr. F6A clase 1 A 182 Gr. F6 NM.	Tuercas.	A 276 S31803.		
	Forja general.	A 473 Tipo 410.				
	Barra a presión.	A 479 Tipo 410.				
	Barra general.	A 276 Tipo 410.				
	Barra y forja.	A 276 Tipo 420.				
	Partes húmedas ^(a) .	A 473 Tipo 416.				
	Tornillería ^(b) .	A 193 Gr. B6.				
	Tuercas ^(b) .	A 194 Gr. 6.				
	Placa.	A 240 Tipo 410.				

Notas:

- a) No adecuado para flechas.
- b) Especial, normalmente se usa AISI 4140.
- c) Nitronic 50 o su equivalente.

 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 97 de 114
--	---------------------------	--

Notas generales:

Notas de las tablas C-1 y C-2.

- 1).- *La abreviatura arriba de la línea diagonal indica el material de la carcasa, la abreviatura debajo de la línea diagonal indica el material de los interiores. Las abreviaturas son FF = Hierro Fundido; BR = Bronce; AC = Acero al Carbono; 12% Cr = 12% cromo; AI = Acero Inoxidable.*
- 2).- *Los aceros inoxidable austeníticos incluyen los tipos AISI estándar 302, 303, 304, 316, 321 y 347. PEMEX indicará si requiere algún tipo específico.*
- 3).- *Para bombas verticalmente suspendidas donde la flecha este expuesta al líquido y girando en un buje, esta será de 12% cromo, excepto en las clases S-9, A-7, A-8 y D-1. Si el servicio lo permite, las bombas en cantilver pueden utilizar AISI 4140.*
- 4).- *A menos que otra cosa se especifique, el proveedor debe determinar la necesidad de tener materiales con cara endurecida.*
- 5).- *Para la clase S-6 la flecha debe ser de 12% cromo si la temperatura es mayor a 177°C (350°F).*
- 6).- *El prensaestopa debe construirse con buje antichispa.*
- 7).- *Si la bomba es axialmente divididas, se acepta la utilización de empaques adecuados para el servicio.*
- 8).- *Los materiales alternativos pueden sustituirse por materiales de servicio especial si la temperatura es mayor a 43 °C (110°F).*
- 9).- *El acero AISI 4140 puede usarse para carcasas no húmedas.*

Tabla C-3. Materiales misceláneos.

MATERIAL	DESCRIPCIÓN
Aleación 20	ASTM A 744 grado CN7M (fundición) o su equivalente.
Babbitt.	ASTM B23 grados 1-9, como requiera el proveedor de acuerdo a las condiciones de servicio.
Bronce.	UNS C87200 (bronce-silicio), C 90700 ó C 92200 (estaño-bronce), C 95200 (bronce-aluminio) ó C 95800 (níquel- aluminio- bronce), o sus equivalentes.
Carbono.	Carbono mecánicamente adecuado, de acuerdo a la recomendación del proveedor para las condiciones de servicio.
Carbono relleno.	Carbono con relleno (normalmente metal) para aumentar sus propiedades mecánicas.
Fluoroelastómero (FKM).	ASTM D1418 o su equivalente.
Grafito flexible.	Grafoil de Union Carbide o su equivalente.
Cara endurecida.	Estelita (o su equivalente), Colmonoy (o su equivalente), carburo de tungsteno tipo 3 ó capa soldada de 0.8 mm de espesor. Carburo de tungsteno tipo 1 (con aglutinante de cobalto). Carburo de tungsteno tipo 2 (con aglutinante de níquel). Carburo de tungsteno tipo 3 (con capa de aspersion de 0.8 mm).
Aleación Ni-Mo-Cr con bajo carbono.	Hastelloy C276 (o su equivalente). ASTM B 564 (forja) o su equivalente. ASTM B 574 (barra) o su equivalente. ASTM B 575 (placa) o su equivalente. ASTM A 494 grado CW-2M (fundición soldable) o su equivalente.
Aleación níquel-cobre.	Monel aleación 400 (o su equivalente). ASTM B 564 (forja) o su equivalente. ASTM B 164 clase A (barra) o su equivalente. ASTM B 127 (placa) o su equivalente. ASTM A 494 grado M30C (fundición soldable) o su equivalente.
Ni-resist.	ASTM A 436 tipo 1, 2, ó 3 (hierro fundido austenítico) o su equivalente. ASTM A 439 tipo D2 (hierro dúctil austenítico) o su equivalente.
Nitrilo.	Buna-N (o su equivalente).
Perfloruro elastómero (FFKM).	ASTM D 1418 FFKM o su equivalente.
Politetrafluoro etileno (PTFE).	Teflón o similar.
PTFE relleno de vidrio.	PTFE con 25% de vidrio.
Aleación de níquel endurecida por precipitación.	Inconel aleación 718 (o su equivalente). ASTM B 637 (forja) o su equivalente. ASTM B 670 (placa) o su equivalente
Acero inoxidable endurecido por precipitación.	ASTM A 564 grado 630/631 (forja) o su equivalente.
Hoja de empaque.	Material de fibras largas con hule sintético como aglutinante o espirales de acero inoxidable.
Carburo de silicio	RBSiC o SSSiC.

Código de clasificación para sellos mecánicos.

Los materiales del sello mecánico y sus características constructivas pueden ser codificadas de acuerdo al siguiente sistema de clasificación de cinco letras:

- Primera letra: B (Balanceado) o U (No balanceado).
- Segunda letra: S (Sencillo), D (Dual presurizado) o T (Dual no presurizado).
- Tercera letra: Tipo de brida (P= Plana, T= Con buje de restricción, A= Con dispositivo auxiliar de sellado).
- Cuarta letra: Materiales de los empaques. (ver tabla C-4).
- Quinta letra: Materiales de las caras. (ver tabla C-5).

Por ejemplo, un sello con código BSTEL debe ser un sello sencillo balanceado con un buje restrictor en la brida y tiene un empaque estacionario de Viton, un anillo de sellado de teflón o Kel-F como empaque de la manga y las caras carbón contra carburo de tungsteno -1. Los materiales no listados, deben codificarse con X y definirse en la hoja de datos (anexo "A").

Tabla C-4. Cuarta letra del código de clasificación del sello mecánico.

CUARTA LETRA	PARTE	EMPAQUE DE LA CARA ESTACIONARIA	EMPAQUE DE LA CARA GIRATORIA A LA MANGA
E		Fluoroelastómero (FKM).	Teflón (PTFE).
F		Fluoroelastómero (FKM).	Fluoroelastómero (FKM).
G		Teflón (PTFE).	Teflón (PTFE).
H		Nitrilo.	Nitrilo.
I		FFKM.	Elastómero FFKM.
R		Grafito laminado.	Grafito laminado.
X		Como se especifique.	Como se especifique.
Z		Devanado en espiral.	Grafito laminado.

Tabla C-5. Quinta letra del código de clasificación del sello mecánico.

QUINTA LETRA \ PARTE	CARA ESTACIONARIA	CARA GIRATORIA
L	Carbono.	Carburo de tungsteno 1.
M	Carbono.	Carburo de tungsteno 2.
N	Carbono.	Carburo de silicio.
O	Carburo de tungsteno 2.	Carburo de silicio.
P	Carburo de silicio.	Carburo de silicio
X	Como se especifique.	Como se especifique

Notas:

- 1.- *Los resortes para sellos múltiples deben ser de Hastelloy C. Los resortes para sellos sencillos deben ser de acero inoxidable 316. Otras partes metálicas deben ser de acero inoxidable 316 u otro material resistente a la corrosión adecuado para el servicio, excepto cuando se use fuelle metálico, donde el material debe ser el recomendado por el proveedor del sello para el servicio. El fuelle metálico debe tener un rango de corrosión menor que 51 micras (0.002 pulg) por año.*
- 2.- *A menos que otra cosa se especifique, el empaque de la brida debe ser "O-ring" de fluoroelastómero para temperaturas inferiores a 149 °C (300°F). Para temperaturas superiores o cuando se especifique, se debe usar grafito con espirales de acero inoxidable austenítico. El empaque debe resistir (sin enfriamiento) la temperatura del líquido bombeado.*
- 3.- *La cara del sello de metal debe ser sólida y no sobrepuesta por aspersion.*
- 4.- *Cuando la temperatura de bombeo excede 177 °C (350°F), se puede usar, de acuerdo con el proveedor del sello, un líquido frío para las caras del sello o la cámara del sello de extremo muerto con chaqueta de enfriamiento.*
- 5.- *Los límites de temperatura para empaques de sellos mecánicos son los especificados en la tabla C-6.*

Tabla C-6. Límites de temperatura para empaques de sellos mecánicos y fuelles metálicos.

MATERIAL DEL EMPAQUE	TEMPERATURA AMBIENTE O DE BOMBEO °C (°F)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
TEFLON (PTFE)	-38 (-100)	205 (400)
NITRILO	-4 (-40)	121 (250)
NEOPRENO	-18 (0)	93 (200)
FLUOROELASTOMERO (FKM)	-18 (0)	205 (400)
FUELLE METÁLICO ^(a)		
FFKM	-12 (10)	260 (500)
GRAFITO LAMINADO	-204 (-400)	399 (750) ^(b)
TFE CON VIDRIO	-177 (-350)	232 (450)
MICA/GRAFITO	-204 (-400)	704 (1300)
ETILEN PROPILEN	-21 (-70)	177 (350)

(a). Consultar al proveedor.

(b). La temperatura máxima es 871 °C (1600°F) para atmósferas no oxidantes; consultar al proveedor.

Anexo D. Guía de selección de materiales.
Tabla D-1. Clases de materiales para bombas centrífugas.

SERVICIO	Rango de temperatura.		Rango de presión.	Clase de material.	Nota de referencia.
	°C	°F			
Agua dulce, condensado, agua de torre de enfriamiento.	<100	<212	Todo	I-1 o I-2	
Agua de calentamiento y agua de proceso.	<121	<250	Todo	I-1 o I-2	5
	121-177	250-350	Todo	S-5	5
	>177	>350	Todo	C-6	5
Agua de alimentación a calderas, carcasa horizontalmente dividida.	>93	>200	Todo	C-6	
Agua de alimentación a calderas, doble carcasa.	>93	>200	Todo	S-6	
Rehervidor.	>93	>200	Todo	C-6	
Agua sucia, agua de reflujo, agua de drenes e hidrocarburos conteniendo estos tipos de agua, incluyendo corrientes de flujo.	<177	<350	Todo	S-3 o S-6	6
	>177	>350	Todo	C-6	
Propano, butano, gas LP y amoniaco.	<232	<450	Todo	S-1	
Diesel; gasolina; nafta; kerosina, gasoleo; aceite lubricante ligero, medio y pesado; combustóleo; residuo, petróleo crudo; asfalto; residuos de crudo sintético.	<232	<450	Todo	S-1	
	232-371	450-700	Todo	S-6	6,7
	>371	>700	Todo	C-6	6
Hidrocarburos no corrosivos,. por ejemplo: reformado catalítico, isomaxato; aceite desulfurado.	232-371	450-700	Todo	S-4	7
Xileno. Tolueno, acetona, benceno, furfural, cumeno, metil etilcetona.	<232	<450	Todo	S-1	
Carbonato de sodio, solución doctor.	<177	<350	Todo	I-1	
Hidróxido de sodio (concentraciones de 20% o menores).	<100	<210	Todo	S-1	8
	≥100	≥210	Todo	-	9
Agua de mar.	<93	<200	Todo	-	10
Agua amarga.	<243	<470	Todo	D-1	
Azufre (líquido).	Todo	Todo	Todo	S-1	
Lodos FCC.	<371	<700	Todo	C-6	
Carbonato de potasio.	<177	<350	Todo	C-6	
	<371	<700	Todo	A-8	

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 103 de 114</p>
--	----------------------------------	--

Tabla D-1. Clases de materiales para bombas centrífugas (continuación).

SERVICIO	Rango de temperatura.		Rango de presión.	Clase de material.	Nota de referencia.
	°C	°F			
MEA, DEA, TEA - Solución madre.	<121	<250	Todo	S-1	
DEA, TEA - Soluciones pobres.	<121	<250	Todo	S-1	8
MEA - Solución pobre (CO ₂ únicamente).	79-149	175-300	Todo	S-9	8
MEA - Solución pobre (CO ₂ y H ₂ S).	79-149	175-300	Todo	-	8, 11
MEA, DEA, TEA - Solución rica.	<79	<175	Todo	S-1	8
Acido sulfúrico concentración >85%.	<38	<100	Todo	S-1	6
Acido sulfúrico concentración 85% y 1%.	<232	<450	Todo	A-8	6
Acido fluorhídrico en concentraciones superiores al 96%.	<38	<100	Todo	S-9	6

Notas generales:

- 1.- Los materiales de las partes de la bomba para cada clase de material están dados en la tabla C-1.
- 2.- Obtener recomendaciones de materiales diferentes para servicios no identificados claramente en la lista de esta tabla.
- 3.- Cuando se recomienden carcasas de hierro fundido para servicios químicos, deben localizarlas en áreas no peligrosas. Las carcasas de acero se pueden usar para bombas localizadas cerca de plantas de proceso o en cualquier lugar donde el desprendimiento de vapores debido a cualquier falla pudiera crear una situación peligrosa o donde las bombas estén sujetas a golpe de ariete, por ejemplo en servicio de carga.
- 4.- Materiales del sello mecánico: Para fluidos que contengan cloruros, todos los resortes y otras partes metálicas deben ser de aleación 20 o mejor. Buna N y neopreno no deben usarse en ningún servicio que contenga aromáticos. El Viton puede usarse en servicios que contengan aromáticos por arriba de 93 °C (200°F).

Notas de referencia:

- 5.- Considerar el contenido de oxígeno y las variaciones de pH del agua al seleccionar el material.
- 6.- La corrosividad de aguas sucias, hidrocarburos por arriba de 232 °C (450°F), ácidos y lodos ácidos pueden variar ampliamente. La clase de material indicada en esta tabla satisface muchos de estos servicios, pero debe verificarse.
- 7.- Si la corrosividad del fluido es baja, los materiales de la clase S-4 se pueden usar para temperatura 232-371 °C (450-700°F). Obtener una recomendación de materiales por separado para cada caso.
- 8.- Todas las soldaduras deben relevarse de esfuerzos.
- 9.- Usar aleación 20 o Monel como material de la bomba y sello mecánico doble con un sistema forzado de aceite del sello.
- 10.- Para servicios de agua de mar, PEMEX y el proveedor deben establecer los materiales adecuados para el servicio.
- 11.- Usar materiales clase A-7 excepto para carcasa de acero al carbono.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 104 de 114</p>
--	----------------------------------	--

Anexo E.

Grouting a base de cemento y epóxicos.

E.1 Generalidades.

Cuando sea especificada la base con "grouting" completo se requieren técnicas adecuadas. El "grouting" completo se define como el llenado total de los huecos bajo la base con el mortero cementoso o epóxico ("grout"), este "grouting" queda en contacto uniforme con la parte de abajo de la cubierta, charola y todos los elementos de apoyo y con las superficies internas de todos los elementos estructurales. Cuando no se logra un llenado completo, se detecta cualquier hueco (usualmente áreas de 650 mm² (1 pulg²) o mayores), golpeando ligeramente con una barra de acero o cincel (no usar martillo) ya que produce un sonido sordo en vez de un sonido sonoro.

E.2 Grouting a base de cemento.

E.2.1 Características mínimas.

E.2.1.1 El "grouting" a base de cemento debe ser no sangrado (sin escurrimiento de agua) durante el transporte o su colado.

E.2.1.2 El "grouting" no debe contraerse y debe estar de acuerdo con la norma PEMEX 3.135.09.

E.2.1.3 El "grouting" debe ser de una resistencia mínima a la compresión de 34.5 MPa (5000 lb/pulg²) a los 28 días de colado.

E.2.2 Tipos.

E.2.2.1 Morteros de muy alta fluidez.

E.2.2.2 Mortero fluido, como lo define el estándar G109 de ASTM debe estar dentro del rango de 124-145% con cinco muestras.

E.2.2.3 Es aceptable el mortero seco estándar, que usa arena húmeda y materiales cementantes.

E.2.3 Colocación.

E.2.3.1 El "grouting" de muy alta fluidez debe colocarse por vaciado sobre un plano inclinado en el molde alrededor de la base. El vaciado debe ser de un solo lado y se debe vaciar suficiente material para que derrame sobre el molde. En lugares donde difícilmente llega el material, se recomienda empujarlo con una varilla metálica. Para requerimientos especiales de colocación, el bombeo de "grouting" de muy alta fluidez puede proporcionar una colocación aceptable. El uso de vibradores para ayudar a la colocación, puede causar la separación del agua y el mortero por lo cual no se recomienda.

E.2.3.2 El "grouting" fluido normalmente requiere moverse hasta su posición. Se recomienda el uso de varillas o cintas, no se recomienda el uso de cadenas debido a que puede introducirse aire entre los eslabones. El uso de vibradores para ayudar a la colocación puede causar la separación de agua y el mortero por lo cual no se recomienda.

E.2.3.3 El "grouting" seco requiere una colocación manual seguida de compactación usando una barra con el extremo redondo. Se debe tener cuidado para evitar sobre relleno y subsecuente pandeo de la base.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX -2001 Rev. 0 Página 105 de 114</p>
--	----------------------------------	--

E.2.4 Aplicación.

E.2.4.1 Se recomienda rebajar aproximadamente 25.4 mm (1 pulg) de la parte superior del dado de cimentación con cincel y martillo antes de la aplicación del “grouting” para quitar el concreto de baja resistencia y alta porosidad.

E.2.4.2 Coloque la base en la posición deseada, soportándola sobre placas, cuñas o tornillos de nivelación y fijándola con las anclas. El claro permitido para el relleno es de 25.4 a 50.8 mm (1 a 2 pulg) desde el fondo de la base hasta la parte superior desbastada del dado de cimentación.

E.2.4.3 Se debe remover toda el agua y materiales extraños de las fundas de las anclas antes de colar el relleno.

E.2.4.4 El espacio entre anclas y sus fundas deben llenarse con un material de relleno o el relleno seleccionado, según prefiera PEMEX. Esto se debe hacer antes del vaciado del mortero de la base.

E.2.4.5 Si existen huecos después de efectuada la colocación del “grouting”, puede usarse “grouting” epóxico para rellenar dichos huecos. Se recomienda un curado de 28 días para “grouting” a base de cemento antes de la aplicación del “grouting” epóxico, el cual usualmente se maneja bombeando a través de conexiones roscadas de alta presión instaladas en la base donde se han encontrado huecos. Se debe tener mucho cuidado para asegurarse que la base no se doble por una presión excesiva. Por lo menos se debe de barrenar un agujero de venteo en cada hueco para ayudar a prevenir presiones excesivas.

E.3 Grouting a base de epóxicos.

E.3.1 Generalidades

A menos que otra cosa se especifique, la aplicación del “grouting” con técnicas de precisión son requeridas cuando el llenado bajo la base sea completo. La aplicación del “grouting” epóxico se debe realizar de acuerdo a los procedimientos del fabricante.

E.3.2 Requerimientos mínimos.

E.3.2.1 El deslizamiento del “grouting” epóxico debe ser menor a $5\mu\text{m}/\text{mm}$ (0.005 pulg/pulg) cuando sea probado con el método del ASTM C 1181 o su equivalente, en un rango de temperaturas de 21-60 °C (70-140 °F) y con una carga de 2.8 Mpa (400 lb/pulg²).

E.3.2.2 El “grouting” epóxico debe tener una contracción lineal menor a 0.08% y una expansión térmica menor a $54 \times 10^{-6} \text{ mm}/\text{mm}/^\circ\text{C}$ ($3 \times 10^{-5} \text{ pulg}/\text{pulg}/^\circ\text{F}$), cuando se pruebe con el método del ASTM C 531 o su equivalente.

E.3.2.3 El “grouting” epóxico debe tener un esfuerzo a la compresión como mínimo de 83 MPa (12000 lb/pulg²) en 7 días, cuando sea probado con el método 8 modificado del ASTM C 579 o su equivalente.

E.3.2.4 La fuerza de unión del “grouting” epóxico con el “grouting” de cemento debe ser mayor a 13.8 MPa (2000 lb/pulg²), cuando se use el método de prueba del ASTM C 882 o su equivalente.

E.3.2.5 El “grouting” epóxico debe pasar la prueba de compatibilidad térmica del ASTM C 884 o su equivalente, cuando este sobrepuesto al “grouting” de cemento.

E.3.2.6 El “grouting” epóxico debe tener una contracción lineal menor a 0.08% y una expansión térmica menor a $54 \times 10^{-6} \text{ mm}/\text{mm}/^\circ\text{C}$ ($3 \times 10^{-5} \text{ pulg}/\text{pulg}/^\circ\text{F}$), cuando se pruebe con el método del ASTM C 531 o su equivalente.

 <p>COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS</p>	<p>BOMBAS CENTRÍFUGAS</p>	<p>NRF-050-PEMEX-2001 Rev. 0 Página 106 de 114</p>
--	----------------------------------	---

E.3.2.7 El “grouting” epóxico debe tener un esfuerzo a la tensión no menor a 11.7 MPa (1700 lb/pulg²) y un módulo de elasticidad no menor a 12.4×10^3 MPa (1.8×10^6 lb/pulg²). Ambas propiedades se deben determinar en base al ASTM D 638 o su equivalente.

E.3.3 Colocación.

E.3.3.1 Debido a la naturaleza viscosa del “grouting” epóxico, es necesario proporcionar el suficiente tiempo y carga hidráulica para la correcta colocación. Si la instalación se realizará a temperaturas menores a 20 °C (70 °F), se debe consultar al fabricante para determinar si es necesario incluir agregados. La colocación del “grouting” se debe realizar preferentemente del centro de la placa base hacia los extremos, de manera de desplazar el aire hacia fuera.

E.3.3.2 La colocación del “grouting” se debe realizar de manera de evitar bolsas de aire y utilizando un inyector. El inyector debe suministrar la suficiente fuerza hidráulica para forzar al “grouting” a salir por los venteos.

E.3.3.3 No se debe utilizar rodillos, cadenas o vibradores para la colocación del “grouting” epóxico.

E.3.4 Aplicación.

E.3.4.1 El “grouting” epóxico se debe aplicar cuando la temperatura ambiente este en el rango de 16-32 °C (60-90 °F).

E.3.4.2 Antes de la colocación del “grouting”, se debe evaluar la temperatura de la placa base para cerciorarse que el “grouting” la resista.

E.3.4.3 Se recomienda rebajar aproximadamente de 12.7 a 25.4 mm (0.5 a 1 pulg) de la parte superior del dado de cimentación con cincel y martillo antes de la aplicación del “grouting” para quitar el concreto de baja resistencia y alta porosidad. La cimentación debe tener al menos 7 días de curado antes de esta preparación.

E.3.4.4 Se debe remover la grasa, aceite, pintura y otros materiales indeseables de las superficies. La superficie del concreto se debe limpiar con aire para eliminar el polvo y otras partículas. Se debe mantener todas las superficies secas antes de la aplicación del “grouting”.

E.3.4.5 Se debe colocar la placa base en la posición deseada, soportándola sobre placas, cuñas o tornillos de nivelación y fijándola con las anclas. El claro permitido para el relleno es de 25.4 a 50.8 mm (1 a 2 pulg) desde el fondo de la base hasta la parte superior desbastada del dado de cimentación.

E.3.4.6 Después de la instalación de la placa base, los agujeros de anclaje se deben rellenar de un material que no se pegue o del “grouting” seleccionado. Esto se debe realizar antes de la colocación del “grouting” en la placa base.

E.3.4.7 Coloque la base en la posición deseada, soportándola sobre placas, cuñas o tornillos de nivelación y fijándola con las anclas. El claro permitido para el relleno es de 25.4 a 50.8 mm (1 a 2 pulg) desde el fondo de la base hasta la parte superior desbastada del dado de cimentación.

E.3.4.7 El “grouting” epóxico, usualmente se maneja bombeando a través de conexiones roscadas de alta presión instaladas en la base donde se han encontrado huecos. Se debe tener mucho cuidado para asegurarse que la base no se doble por una presión excesiva. Por lo menos se debe de barrenar un agujero de venteo en cada hueco para ayudar a prevenir presiones excesivas.

Anexo F. Hoja de datos.



HOJA DE DATOS				
BOMBAS CENTRIFUGAS				
PROYECTO No. _____	PARTIDA No. _____	REQ. / ESPEC. No. _____	ORD. DE COMPRA. No. _____	FECHA _____
REQUISICION No. _____	POR _____	REVISION _____	FECHA _____	HOJA <u>1</u> DE <u>5</u>

APLICABLE A: PROPUESTA COMPRA COMO SE CONSTRUYO

PLANTA _____ CLAVE DE UNIDAD _____

LOCALIZACION _____ SERVICIO _____

No. REQ. _____ TAMAÑO _____ TIPO _____ No. ETAPAS _____

PROVEEDOR _____ MODELO _____ No. DE SERIE _____

NOTA: INDICA INFORMACION POR PEMEX POR PROVEEDOR POR PROVEEDOR O PEMEX

GENERAL

OP. DE BOMBAS EN (PARALELO) _____	NO. DE MOTORES _____	NO. DE TURBINAS _____
(SERIE) CON _____	PARA BOMBAS No. _____	PARA BOMBAS No. _____
No. DE ENGRANES _____	No. PARTIDA MOTOR _____	No. PARTIDA TURBINA _____
ENGRANES SUM. POR _____	MOTOR SUM. POR _____	TURBINA SUM. POR _____
ENGRANES MONTADOS POR _____	MOTOR MONTADO POR _____	TURBINA MONTADA POR _____
H. D. ENGRANES No. _____	H. D. MOTOR No. _____	H. D. TURBINA No. _____

CONDICIONES DE OPERACIÓN

FLUJO NORMAL _____ (m³/h) NOMINAL _____ (m³/h)

OTRA _____

PRESION SUCCION MAX./NOM. _____ (kPa)

PRESION DESCARGA _____ (kPa)

PRESION DIFERENCIAL _____ (kPa)

CARGA DIF. _____ (m) NPSHA _____ (m)

VARIACIONES DE PROC. _____

COND. DE ARRANQUE _____

SERVICIO CONTINUO INTERMITENTE (ARRANQUE/DIA) _____

REQ. OPERACION EN PARALELO _____

DATOS DE UBICACIÓN Y SERVICIOS (CONT.)

FUENTE AGUA _____

CONC. CLORUROS (PPM) _____

AIRE INSTR. PRESION MAX./MIN. _____ / _____ (kPa)

LIQUIDO

TIPO/NOMBRE _____

TEMP. DE BOMBEO:
NORMAL _____ (°C) MAX _____ (°C) MIN _____ (°C)

PRESION DE VAPOR _____ (Kpa abs.) @ _____ (°C)

DENSIDAD REL. (GRAV. ESPECIF.):
NORMAL _____ MAX _____ MIN _____

CALOR ESPEC., Cp _____ (KJ/kg °C)

VISCOSIDAD _____ (Cp) @ _____ (°C)

VISCOSIDAD MAX. _____ (Cp)

AGENTE CORROSIVO/EROSIVO _____

CONC. CLORUROS (ppm) _____

CONC. H₂S (ppm) _____

TIPO DE LIQUIDO PELIGROSO INFLAMABLE

OTRO _____

DATOS DE UBIC. Y SERVICIOS

LOCALIZACION:

INTERIOR TROPICAL BAJO TECHO

INTEMPERIE AMBIENTE MARINO SECO

MEZZANINE _____

CLASIF. AREA ELEC. _____

CLASE _____ GRUPO _____ DIVISION _____

REQ. PROT. AMB. REQ. TROPICALIZACION

DATOS DEL SITIO

ALTITUD _____ (m) BAROMETRICA _____ (kPa abs.)

RANGO TEMP. AMB. MIN./MAX _____ / _____ (°C)

HUMEDAD REL.: MIN./MAX _____ / _____ (%)

COND. INUSUALES POLVO VAPORES

OTRO _____

CONDICIONES DE LOS SERVICIOS:

VAPOR: ACCIONADORES CALENTADORES

MIN. _____ (kPa) _____ (°C) _____ (kPa) _____ (°C)

MAX. _____ (kPa) _____ (°C) _____ (kPa) _____ (°C)

ELECTRICIDAD: ACCIONADOR CALENTADOR CONTROL PARO

VOLTAJE _____

HERTZ _____

FASE _____

AGUA ENFRIAMIENTO:

TEMP. ENTRADA _____ (°C) MAX. RETORNO _____ (°C)

PRESION NORMAL _____ (kPa) DISEÑO _____ (kPa)

MIN. RETORNO _____ (kPa) ΔP MAX. PERM. _____ (kPa)

COMPORTAMIENTO

No. CURVA PROPUESTA _____ RPM _____

DIAM. NOM. IMPULSOR _____ MAX _____ MIN _____ (mm)

POTENCIA NOM. _____ (BHP) EFICIENCIA _____ (%)

FLUJO MIN. CONTINUO:
TERMICO _____ (m³/h) ESTABLE _____ (m³/h)

REGION DE OP. PREFERENTE _____ A _____ (m³/h)

REGION DE OP. PERMISIBLE _____ A _____ (m³/h)

CARGA MAX @ IMPULSOR NOMINAL _____ (m)

POT. MAX @ IMPULSOR NOMINAL _____ (Kw)

NPSH REQ. A CAP. NOMINAL _____ (m)

VEL. ESPECIFICA SUCCION _____

NIVEL RUIDO MAX. REQUERIDO _____ (dBA)

NIVEL RUIDO MAX. ESTABLE _____ (dBA)

OBSERVACIONES:



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRIFUGAS

PROYECTO No. _____ PARTIDA No. _____ REQ. / ESPEC. No. _____ ORD. DE COMPRA. No. _____ FECHA _____

REQUISICION No. _____ POR _____ REVISION _____ FECHA _____ HOJA 2 DE 5

CONSTRUCCION

ESTANDARES APLICABLES:

- API 610 8a. EDICION NRF-050
 OTROS _____ (VER OBSERVACIONES)

TIPO DE BOMBAS:

- | | | | |
|------------------------------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| <input type="checkbox"/> OH2 | <input type="checkbox"/> BB1 | <input type="checkbox"/> VS1 | <input type="checkbox"/> VS6 |
| <input type="checkbox"/> OH3 | <input type="checkbox"/> BB2 | <input type="checkbox"/> VS2 | <input type="checkbox"/> VS7 |
| <input type="checkbox"/> OH6 | <input type="checkbox"/> BB3 | <input type="checkbox"/> VS3 | <input type="checkbox"/> OTRA |
| | <input type="checkbox"/> BB4 | <input type="checkbox"/> VS4 | |
| | <input type="checkbox"/> BB5 | <input type="checkbox"/> VS5 | |

- BOQUILLA DE CONEXION

	TAMAÑO	CLASIFICACION	CARA	POSICION
SUCCION				
DESCARGA				
TAMBOR DE BALANCE				

CONEXIONES DE LA CARCASA

	No.	TAMAÑO (NPS)	TIPO
<input type="checkbox"/> DREN			
<input type="checkbox"/> VENTEO			
<input type="checkbox"/> MANOMETRO			
<input type="checkbox"/> TERMOMETRO			
<input type="checkbox"/> CALENTAMIENTO			
<input type="checkbox"/> BALANCE/FUGA			
<input type="radio"/> REQ. ROSCA CILINDRICA			

MONTAJE DE LA CARCASA (PARA VERTICALES VER HOJA APARTE):

- LINEA DE CENTRO CERCA LINEA DE CENTRO
 PIE PLACA DE MONTAJE SEPARADA
 EN LINEA

CORTE DE LA CARCASA:

- AXIAL RADIAL

TIPO DE CARCASA:

- VOLUTA SENCILLA VOLUTA MULTIPLE DIFUSOR
 CANTILIVER ENTRE COJINETES BARRIL

PRESION DE DISEÑO DE LA CARCASA:

- PRESION MAX. TRAB. PERM. _____ (kPa)
@ _____ (°C)
 PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA _____ (kPa)
 REGIONES EN LA SUCCION DIS. A PRESION MAX. TRAB. PERM.

ROTACION: (VISTA DESDE EL ACOPLAMIENTO)

- CW CCW
 IMPULSOR ASEGURADO INDIVIDUALMENTE

OBSERVACIONES _____

- PERNOS P/CIMENTACION O ANCLAJE BOMBA EN LINEA

FLECHA:

- DIAM. DE FLECHA EN EL ACOPLAMIENTO _____ (mm)

CONSTRUCCION (CONT.)

- DIAM. FLECHA LOS COJINETES _____ (mm)
 DISTANCIA ENTRE CENTRO DE COJINETES _____ (mm)
 ESPACIO ENTRE COJINETES E IMPULSOR _____ (mm)

OBSERVACIONES _____

ACOPLAMIENTO ACCIONADOR-BOMBA

- MARCA _____
 MODELO _____
 DISEÑO COPLER POTENCIA ESPECIFICA (Kw/100 RPM) _____
 LUBRICACION _____
 REQ. DEL LIMITE FLOTADOR _____
 LONG. ESPACIADOR _____ (mm)
 FACTOR DE SERVICIO _____

MEDIO ACOPLAMIENTO DEL ACCIONADOR MONTADO POR:

- FAB. BOMBA FAB. ACCIONADOR PEMEX
 ACOPLAMIENTO POR API 671

BASE:

- No. DE LA BASE (API) _____
 SIN GROUTING _____

OBSERVACIONES: _____

MATERIAL

- CLASE (SEGÚN APENDICE C) _____
 TEMP. MIN. DISEÑO DEL METAL _____ (°C)
 BARRIL/CARCASA _____ IMPULSOR _____
 ANILLO DESGASTE PARA CARCASA/IMPULSOR _____
 FLECHA _____
 DIFUSORES _____
 ESPACIADORES/MAMELONES DEL COPLER _____
 DIAFRAGMAS (DISCOS) DEL COPLER _____

OBSERVACIONES _____

COJINETES Y LUBRICACION

COJINETE (TIPO/NUMERO):

- RADIAL _____ / _____
 EMPUJE _____ / _____
 REV. Y APROB. DIMENSIONES COJINETE EMPUJE

LUBRICACION:

- GRASA INUNDADO ANILLO DE ACEITE
 A CHORRO PURGADO NEBLINA DE ACEITE
 NIVEL DE ACEITE CONST. (VER OBSERV.) _____
 SIST. DE LUBRICACION PRESURIZADO API 610 API 614
 GRADO ISO VISC. ACEITE _____



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRIFUGAS

PROYECTO No. _____ PARTIDA No. _____ REQ. / ESPEC. No. _____ ORD. DE COMPRA. No. _____ FECHA _____
REQUISICION No. _____ POR _____ REVISION _____ FECHA _____ HOJA 3 DE 5

COJINETES Y LUBRICACION (CONT.)

- REQ. CALENT. ACEITE ELECTRICO VAPOR
 PRESION ACEITE MAYOR A LA PRESION DEL REFRIGERANTE

OBSERVACIONES: _____

SELLO MECANICO O EMPAQUE

DATOS DEL SELLO:

- VER HOJA DE DATOS API-682 (ANEXA)
 SELLO DIFERENTE A API-682
 CODIGO DE SELLO (VER APENDICE C) _____
 FABRICANTE DEL SELLO _____
 TAMAÑO Y TIPO _____ / _____
 CODIGO DEL FABRICANTE _____

DATOS CAMARA DE SELLO:

- TEMPERATURA _____ (°C)
 PRESION _____ (kPa)
 FLUJO _____ (m³/h)
 TAMAÑO CAMARA DE SELLO _____
 LONG. TOTAL _____ (mm) LONG. CLARO _____ (mm)

CONSTRUCCION DEL SELLO:

- MATERIAL CAMISA _____
 MATERIAL PRENSAESTOPAS _____
 DISPOSITIVO AUXILIAR DE SELLADO _____
 REQ. CHAQUETAS DE ENFRIAMIENTO

CONEXION DE LA BRIDA (SEGÚN TABLA NO. 6)

- INY. FLUIDO (F) DRENADO (D) INY. FLU. BARRERA (B)
 LAVADO (Q) ENFRIAMIENTO (C) LUBRICACION (G)
 CALENT. (H) FUGA (L) FLUIDO BOMBEADO (P)
 BALANCE (E) INY. FLUIDO EXT. (X)

REQ. FLUIDO DE SELLADO Y DISPONIBILIDAD DE LIQ.:

NOTA:

NO UTILIZAR SI EL LIQ. BOMBEADO SE USA PARA EL SELLO

- TEMP. SUMINISTRO MAX./MIN. _____ / _____ (°C)
 DENSIDAD REL. (GRAV. ESP.) _____ @ _____ (°C)
 FLUIDO _____
 CALOR ESPEC. (Cp) _____ (kJ/kg °C)
 PRESION DE VAPOR _____ (kPa abs.) @ _____ (°C)
 PELIGROSO INFLAMABLE OTRO _____
 FLUJO NOM./MAX./MIN. _____ / _____ / _____ (m³/h)
 PRESION REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (kPa)
 TEMP. REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (°C)

FLUIDO DE BARRERA/BUFER:

- TEMP. SUMINISTRO MAX./MIN. _____ / _____ (°C)
 DENSIDAD REL. (GRAV. ESP.) _____ @ _____ (°C)
 FLUIDO _____

SELLO MECANICO O EMPAQUE (CONT.)

- PRESION DE VAPOR _____ (kPa abs.) @ _____ (°C)
 PELIGROSO INFLAMABLE OTRO _____
 FLUJO NOM./MAX./MIN. _____ / _____ / _____ (m³/h)
 PRESION REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (kPa)
 TEMP. REQ. MAX./MIN. _____ / _____ (°C)

FLUIDO DE LAVADO:

- FLUIDO _____
 FLUJO NOMINAL _____ (m³/h)

TUBERIA DE LOS SELLOS:

- PLAN DE LAVADO AL SELLO _____
 TUBING ACERO AL CARBONO
 TUBO ACERO INOX.
 PLAN DE LAVADO AUX. _____
 TUBING ACERO AL CARBONO
 TUBO ACERO INOX.

ENSAMBLE DE TUBERIA:

- ROSCADA UNIDA SOLDADA
 BRIDADA ACCESORIOS
 INTERRUPTOR DE PRESION (PLAN 52/53) TIPO _____
 MANOMETRO (PLAN 52/53)
 INTERRUPTOR NIVEL (PLAN 52/53) TIPO _____
 IND. DE NIVEL (PLAN 52/53)
 TERMOMETRO (PLAN 21, 22, 23, 32, 41)
 INTERCAMBIADOR DE CALOR (PLAN 52/53)

OBSERVACIONES: _____

DATOS DE LA EMPAQUETADURA:

- PROVEEDOR (MARCA) _____
TIPO _____
TAMAÑO _____ No. DE ANILLOS _____
 REQ. INY. EN LA EMPAQUETADURA
 FLUJO _____ (m³/h) @ _____ (°C)
 ANILLO LINTERNA _____

TUBERIA DE VAPOR Y AGUA DE ENFRIAMIENTO

- PLAN TUB. AGUA ENF. _____
 REQ. AGUA ENFRIAMIENTO _____
CHAQUETAS SELLO A COJINETE _____ (m³/h) @ _____ (kPa)
ENFRIADOR DEL SELLO _____ (m³/h) @ _____ (kPa)
LAVADO _____ (m³/h) @ _____ (kPa)
AGUA ENF. TOTAL _____ (m³/h)
 TUB. VAPOR TUBING. TUBO

OBSERVACIONES _____



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRIFUGAS

PROYECTO No. _____ PARTIDA No. _____ REQ. / ESPEC. No. _____ ORD. DE COMPRA. No. _____ FECHA _____
 REQUISICION No. _____ POR _____ REVISION _____ FECHA _____ HOJA 4 DE 5

INSTRUMENTACION

VIBRACION:

- NO CONTACTO (API 670) TRANSDUCTOR
 SOLAMENTE PREPARACION PARA MONTAJE
 SUPERFICIE PLANA REQUERIDA
 H. D. API-670 (ANEXA)
 MONITORES Y CABLES

OBSERVACIONES _____

TEMPERATURA Y PRESION:

- TEMP. DEL METAL COJINETE RADIAL/EMPUJE
 SOLO PREPARACION CONEXIONES PARA INSTRUMENTOS
 H. D. API 670
 TERMOMETRO (CON TERMOPOZO)
 OTRO _____

TIPO DE MANOMETRO _____
 LOCALIZACION _____
 OBSERVACIONES _____

REFACCIONES

- PARA ARRANQUE MANTENIMIENTO NORMAL
 ESPECIFICAR _____

MOTOR (ACCIONADOR)

- PROVEEDOR _____
 _____ (kW) _____ (RPM)
 HORIZONTAL VERTICAL
 FRAME _____
 FACTOR DE SERVICIO _____
 VOLTS/FASE/HERTZ _____ / _____ / _____
 TIPO _____
 ENCAPSULAMIENTO _____
 VOLTAJE MIN. DE ARRANQUE _____
 AUMENTO TEMP. _____
 CORRIENTE A PLENA CARGA _____
 CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO _____
 AISLAMIENTO _____
 METODO ARRANQUE _____
 LUBRICACION _____
 CAP. EMPUJE VERTICAL
 ARRIBA _____ (N) ABAJO _____ (N)
 COJINETE (TIPO/NUMERO):
 RADIAL _____ / _____
 EMPUJE _____ / _____

MOTOR (CONT.)

OBSERVACIONES _____

PREPARACION DE SUPERFICIE Y PINTURA

- ESTANDAR DEL FABRICANTE
 OTRO (VER NOTA)

BOMBA:

- PREP. SUP. BOMBA _____
 PRIMARIO _____
 ACABADO _____

BASE COMUN:

- PREP. SUP. BASE _____
 PRIMARIO _____
 ACABADO _____

EMBARQUE:

- DOMESTICO EXPORTACION REQ. CAJA EXPORT.
 ALMACENAMIENTO INTEMPERIE MAS DE 6 MESES

EMPAQUE DEL ROTOR DE REPUESTO:

- ALM. HORIZONTAL ALM. VERTICAL
 TIPO DE PREP. PARA EMBARQUE _____

OBSERVACIONES _____

PESOS

ACCIONADO POR MOTOR:

PESO BOMBA (kg) _____
 PESO BASE (kg) _____
 PESO MOTOR (Kg) _____
 PESO ENGRANES (kg) _____
 PESO TOTAL (kg) _____

ACCIONADO POR TURBINA:

PESO BASE (kg) _____
 PESO TURBINA (kg) _____
 PESO ENGRANES (kg) _____
 PESO TOTAL (kg) _____

OBSERVACIONES _____

OTROS REQUERIMIENTOS DE PEMEX

- REQ. JUNTAS DE COORDINACION
 REV. DIBUJOS CIMENTACION
 REV. DIB. DE TUBERIA
 VERIFICACION DE TUBERIA
 VERIFICACION DE ALINEAMIENTO INICIAL
 REV. ALINEAMIENTO A TEMPERATURA DE OPERACION
 APROB. DISEÑO DE CONEXIONES



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRIFUGAS

PROYECTO No. _____ PARTIDA No. _____ REQ. / ESPEC. No. _____ ORD. DE COMPRA. No. _____ FECHA _____
 REQUISICION No. _____ POR _____ REVISION _____ FECHA _____ HOJA 5 DE 5

OTROS REQUERIMIENTOS

- MECANISMO MONTAJE BOMBA EN LINEA
- REQ. REV. DIM. COJINETE HIDRODINAMICO DE EMPUJE
- REQ. ANALISIS LATERAL
- BALANCEO DINAMICO DEL ROTOR
- MONTAJE RECIPIENTE DE SELLO FUERA DE LA BASE
- LISTA DE INSTALACIONES SIMILARES EN PROPUESTA
- ALM. VERTICAL DEL ROTOR DE REPUESTO
- REPORTE ANALISIS TORSIONAL
- REPORTES DE AVANCES

OBSERVACIONES _____

INSPECCION Y PRUEBAS

- REV. PROG. CALIDAD DEL PROVEEDOR
- APROB. CURVA DE COMPORTAMIENTO
- INSPECCION EN TALLER
- PRUEBA CON SELLO SUSTITUTO

PRUEBA	NO ATESTIGUADA	ATESTIGUADA	OBSERV.
HIDROSTATICA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
COMPORTAMIENTO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
NPSH	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PRUEBA UNIDAD COMPLETA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
PRUEBA DE NIVEL DE RUIDO	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/> LIMPIEZA ANTES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
ENSAMBLE FINAL			
<input type="radio"/> PRUEBAS DE	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
CARGAS EN BOQUILLAS			
<input type="radio"/> PRUEBA RESONANCIA	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
COJINETES			
<input type="radio"/> INSPECCION COJINETES	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
HIDRODINAMICOS			
DESPUES DE PRUEBA			
<input type="radio"/> PRUEBA AL EQUIPO AUX.	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/> _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
<input type="radio"/> _____	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

- REQ. CERTIFICADO DEL MATERIAL
 - CARCASA IMPULSOR FLECHA
 - OTRO _____
- REQ. APROB. PROCEDIMIENTO DE REPARACION CARCASA
- REQ. INSPECCION CONEXIONES SOLDADAS
 - PART. MAGNETICAS LIQUIDOS PENETRANTES
 - RADIOGRAFIA ULTRASONIDO
- REQ. INSPECCION FUNDICIONES
 - PART. MAGNETICAS LIQUIDOS PENETRANTES
 - RADIOGRAFIA ULTRASONIDO

INSPECCION Y PRUEBAS (CONT.)

REQ. INSPECCION ADICIONAL PARA:

- PART. MAGNETICAS LIQ. PENETRANTES
- RADIOGRAFIA ULTRASONIDO
- CRITERIO ALTERNATIVO DE ACEPTACION (VER OBSERVS.)
- REQ. PRUEBA DUREZA PARA:

- FLUIDO DE PRUEBA HIDROSTATICA
- ENVIO PROCEDIMIENTOS DE PRUEBAS DEL PROVEEDOR
- REGISTRO DE CLAROS ANTES DEL ENSAMBLE FINAL
- LISTA DE VERIFICACION DE INSPECCION _____

OBSERVACIONES _____

OBSERVACIONES GENERALES

OBSERVACION 1: _____

 OBSERVACION 2: _____

 OBSERVACION 3: _____

 OBSERVACION 4: _____

 OBSERVACION 5: _____

 OBSERVACION 6: _____



HOJA DE DATOS

BOMBAS VERTICALES

PROYECTO No. _____ PARTIDA No. _____ REQ. / ESPEC. No. _____ ORD. DE COMPRA. No. _____ FECHA _____
REQUISICION No. _____ POR _____ REVISION _____ FECHA _____ HOJA 1 DE 1

TIPO DE BOMBA VERTICAL VS1 VS2 VS3 VS4 VS5 VS6 VS7 OTRO

OBSERVACIONES: _____

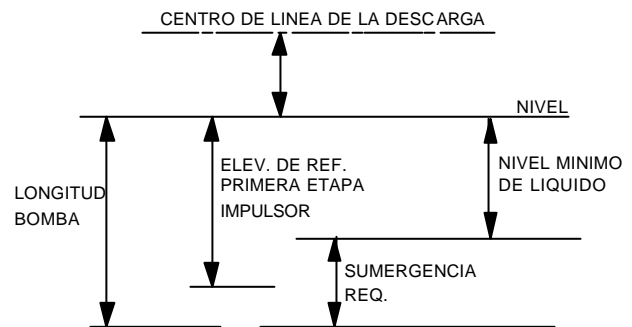
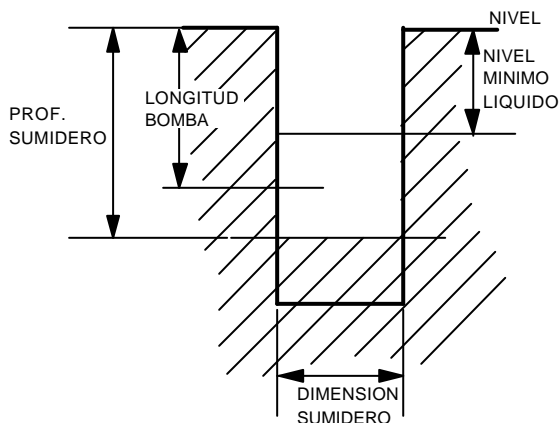
BOMBAS VERTICALES

EMPUJE DE BOMBA (+) ASCENDENTE (-) DESCENDENTE
A FLUJO MINIMO _____ (N) _____ (N)
A FLUJO NOMINAL _____ (N) _____ (N)
A FLUJO MAXIMO _____ (N) _____ (N)
EMPUJE MAXIMO _____ (N) _____ (N)
 DIM PLACA BASE _____ (mm) X _____ (mm)
 ESPESOR PLACA BASE _____ (mm)
COLUMNA BRIDADA ROSCADA
DIAMETRO _____ (mm) LONG. _____ (m)
BUJES GUIA:
 NUMERO _____
 ESPACIADO DE COJINETES EN FLECHA DE COLUMNA _____ (mm)
LUBRICACION BUJE GUIA:
 AGUA ACEITE
 GRASA LIQ. BOMBEADO

BOMBAS VERTICALES (CONT.)

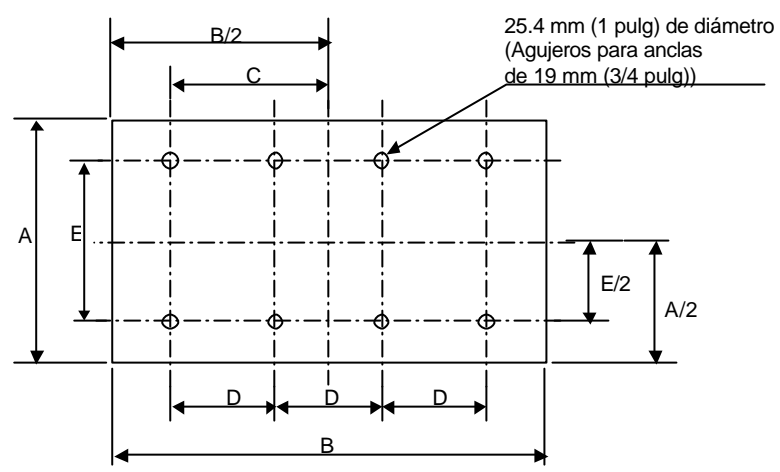
FLECHA DE COLUMNA ABIERTA CERRADA
 DIAM. FLECHA DE COLUMNA _____ (mm) DIAM. TUBO _____ (mm)
ACOPLAMIENTO FLECHA DE COLUMNA: _____
 CAMISA Y SEGURO ROSCADA
 ESPESOR DE LATA SUCCION _____ (mm)
 LONGITUD _____ (m)
 DIAMETRO _____
 TIPO DE COLADOR SUCCION _____
 FLOTADOR Y VARILLA INTERRUPTOR TIPO FLOTADOR
 IMPULSOR ASEGURADO CON COLLAR ACEPTABLE
 DUREZA DE CAMISA BAJO COJINETE
 PRUEBA DE RESONANCIA
 ANALISIS ESTRUCTURAL
 DRENADO A SUPERFICIE
 TUBERÍA DE DRENADO EN LA SUPERFICIE

ARREGLO SUMIDERO



- PROF. SUMIDERO _____ (m)
- DIMENSION SUMIDERO _____ (m)
- NIVEL MIN. LIQ. _____ (m)
- LONGITUD BOMBA _____ (m)
- SUMERGENCIA REQ. _____ (m)
- ALTURA CENTRO DE LINEA DE LA DESCARGA _____ (m)
- ELEV. LINEA DE REF. _____ (m)

Anexo G. Dimensiones estándar de bases.



Nota: Las dimensiones se indican en la tabla G-1.

Fig. G-1. Esquema para bases.

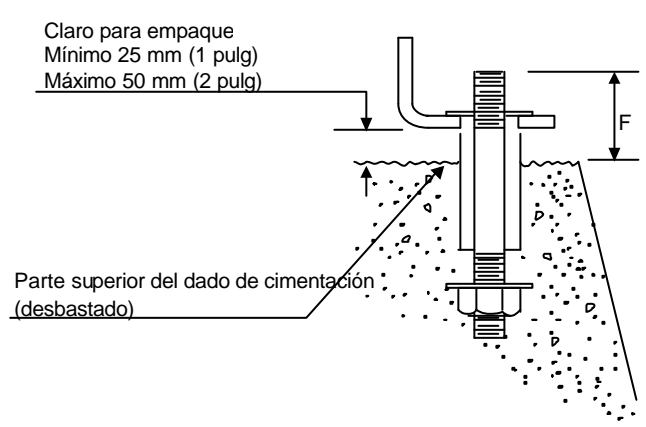


Fig. G-2. Proyección del ancla.

Tabla G-1. Dimensiones de bases.

BASE No.	No. AGUJEROS POR LADO	DIMENSIONES (mm/pulg)					
		A	B	C	D	E	F
		±13/0.5	±25/1.0	±3/0.12	±3/0.12	±3/0.12	±13/0.5
0.5	3	760/30.0	1230/48.5	465/18.25	465/18.25	685/27.0	140/5.5
1	3	760/30.0	1535/60.5	615/24.25	615/24.25	685/27.0	140/5.5
1.5	3	760/30.0	1840/72.5	770/30.25	770/30.25	685/27.0	140/5.5
2	4	760/30.0	2145/84.5	920/36.25	615/24.16	685/27.0	140/5.5
3	3	915/36.0	1840/72.5	770/30.25	770/30.25	840/33.0	140/5.5
3.5	4	915/36.0	2145/84.5	920/36.25	615/24.16	840/33.0	140/5.5
4	4	915/36.0	2450/96.5	1075/42.25	715/28.16	840/33.0	140/5.5
5	3	1065/42.0	1840/72.5	770/30.25	770/30.25	990/39.0	165/6.5
5.5	4	1065/42.0	2145/84.5	920/36.25	615/24.16	990/39.0	165/6.5
6	4	1065/42.0	2450/96.5	1075/42.25	715/28.16	990/39.0	165/6.5
6.5	5	1065/42.0	2750/108.5	1225/48.25	615/24.12	990/39.0	165/6.5
7	4	1245/49.0	2145/84.5	920/36.25	615/24.16	1170/46.0	165/6.5
7.5	4	1245/49.0	2450/96.5	1075/42.25	715/28.16	1170/46.0	165/6.5
8	5	1245/49.0	2755/108.5	1225/48.25	615/24.12	1170/46.0	165/6.5
9	4	1395/55.0	2145/84.5	920/36.25	615/24.16	1320/52.0	165/6.5
9.5	4	1395/55.0	2450/96.5	1075/42.25	715/28.16	1320/52.0	165/6.5
10	5	1395/55.0	2755/108.5	1225/48.25	615/24.12	1320/52.0	165/6.5
11	4	1550/61.0	2145/84.5	920/36.25	615/24.16	1475/58.0	165/6.5
11.5	4	1550/61.0	2450/96.5	1075/42.25	715/28.16	1475/58.0	165/6.5
12	5	1550/61.0	2755/108.5	1225/48.25	615/24.12	1475/58.0	165/6.5

Nota: Ver figuras G-1 y G-2 para interpretación de dimensiones.