

Número de documento NRF-050-PEMEX-2007	 COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS
05 de enero de 2008	
PÀGINA 1 DE 233	
	SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN DE PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

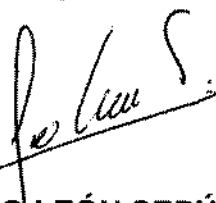
BOMBAS CENTRÍFUGAS

(Esta norma de referencia cancela y sustituye a la NRF-050-PEMEX-2001 del 29 de abril de 2002)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 2 DE 233
--	---------------------------	--

HOJA DE APROBACIÓN

ELABORA:



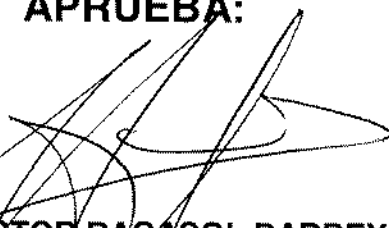
ING. FRANCISCO LEÓN SEPÚLVEDA
COORDINADOR DEL GRUPO DE TRABAJO

PROPONE:



ING. JESÚS HERNÁNDEZ SAN JUAN
VICEPRESIDENTE DEL SUBCOMITÉ TÉCNICO DE NORMALIZACIÓN
DE PEMEX-EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN

APRUEBA:



ING. VÍCTOR RAGASOL BARBEY
PRESIDENTE SUPLENTE DEL COMITÉ DE NORMALIZACIÓN DE
PETRÓLEOS MEXICANOS Y ORGANISMOS SUBSIDIARIOS

CAPÍTULO	CONTENIDO	PÁGINA
0.	INTRODUCCIÓN.....	6
1.	OBJETIVO.....	6
2.	ALCANCE.....	7
3.	CAMPO DE APLICACIÓN.....	7
4.	ACTUALIZACIÓN.....	8
5.	REFERENCIAS.....	9
6.	DEFINICIONES.....	11
7.	SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.....	22
8.	DESARROLLO.....	24
8.1	Diseño básico.....	24
8.1.1	Generalidades.....	24
8.1.2	Tipos de bombas.....	30
8.1.3	Carcasas de presión.....	30
8.1.4	Boquillas y conexiones de las carcasas a presión.....	33
8.1.5	Fuerzas y momentos externos en boquillas.....	36
8.1.6	Rotores.....	37
8.1.7	Anillos de desgaste y claros.....	42
8.1.8	Sellos mecánicos para flechas.....	44
8.1.9	Dinámica.....	50
8.1.10	Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes.....	60
8.1.11	Lubricación.....	65
8.1.12	Materiales.....	67
8.1.13	Placa de datos y flecha de rotación.....	73
8.2	Accesorios.....	74
8.2.1	Accionadores.....	74
8.2.2	Coples y guarda coples.....	77
8.2.3	Bases de montaje.....	80
8.2.4	Instrumentación.....	83
8.2.5	Tuberías y sus accesorios.....	83
8.2.6	Herramientas especiales.....	88

CAPÍTULO	CONTENIDO	PÁGINA
8.3	Inspección, pruebas y preparación para el embarque.....	88
8.3.1	Generalidades.....	88
8.3.2	Inspección.....	89
8.3.3	Pruebas.....	91
8.3.4	Preparación para el embarque.....	97
8.4	Requisitos específicos por tipo de bomba.....	99
8.4.1	Bombas con impulsor en voladizo de una etapa.....	99
8.4.2	Bombas con impulsor montado entre cojinetes (tipos BB1, BB2, BB3 y BB5)....	101
8.4.3	Bombas verticalmente suspendidas (tipos VS1 a VS7).....	108
8.5	Documentos del proveedor.....	116
8.5.1	Generales.....	116
8.5.2	Propuestas.....	117
8.5.3	Datos del contrato.....	119
8.6	Garantías.....	123
8.6.1	Mecánica.....	123
8.6.2	De funcionamiento.....	123
8.7	Procedimiento de evaluación de la conformidad.....	123
9.	RESPONSABILIDADES.....	127
10.	CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.....	127
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	129
12.	ANEXOS.....	135
12.1	Anexo A Velocidad específica y velocidad específica de succión.....	135
12.2	Anexo B Diagramas esquemáticos de los sistemas de agua de enfriamiento y lubricación.....	136
12.3	Anexo C Turbinas de recuperación de energía hidráulica.....	143
12.4	Anexo D Bases estándar.....	147
12.5	Anexo E Lista de verificación del Inspector.....	149
12.6	Anexo F Criterios para diseño de tuberías.....	151

CAPÍTULO	CONTENIDO	PÁGINA
12.7	Anexo G Guía de selección de la clase de materiales.....	166
12.8	Anexo H Materiales y especificación de materiales para partes de bombas.....	168
12.9	Anexo I Análisis lateral.....	180
12.10	Anexo J Determinación del desbalanceo residual.....	187
12.11	Anexo K Ilustraciones de excentricidad de la cámara del sello.....	193
12.12	Anexo L Requerimientos típicos de datos y dibujos del proveedor.....	194
12.13	Anexo M Resumen de datos de prueba.....	203
12.14	Anexo N Hoja de datos.....	207
12.15	Anexo O Grouting a base de cemento y epóxicos.....	217
12.16	Anexo P Código de clasificación para sellos mecánicos.....	220
12.17	Anexo Q Sellos mecánicos y arreglo de tuberías.....	223
12.18	Anexo R Presentación de documentos equivalentes.....	233

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 6 DE 233
---	---------------------------	---

0. INTRODUCCIÓN.

PEMEX 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 con la finalidad de actualizar la norma NRF-050-PEMEX-2001 y armonizarla con normas internacionales, por ello, para su elaboración se tomó como base la norma ISO-13709:2003(E).

Esta norma de referencia es una adopción modificada de la norma ISO-13709:2003, ya que contiene algunos requisitos que las diferencian. Los requisitos que las diferencian están indicadas como “REQUISITOS ADICIONALES A LA NORMA ISO 13709:2003” inmediatamente después de cada párrafo y que juntos constituyen los requisitos que deben cumplir el proveedor o licitante y los equipos de bombeo, en los procesos para la adquisición, arrendamiento o contratación.

Los requisitos adicionales y el grado de concordancia entre esta norma y la ISO-13709:2003 se indica mediante un cuadro comparativo en el capítulo 10 de este documento.

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.

Sulzer Pumps México, S. A. de C. V.

Worthington de México, S. A. de C. V.

Flowserve, S. A. de C. V.

ITT Flygt México, S. de R. L. de C. V.

Ruhrpumpen S. A. de C. V.

Industrias John Crane de México S. A. de C. V.

EagleBurgmann México, S. A. de C. V.

1. OBJETIVO.

Establecer los requisitos técnicos y documentales para la adquisición, arrendamiento o contratación en el diseño, selección de materiales, accesorios, inspección, pruebas y embarque de bombas centrífugas para todas las instalaciones industriales de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 7 DE 233
---	---------------------------	---

2. ALCANCE.

Esta norma de referencia cancela y sustituye a la NRF-050-PEMEX-2001 del 29 de abril de 2002.

Esta norma especifica los requerimientos de diseño, selección de materiales, fabricación y pruebas de bombas centrífugas cuya clasificación general es con impulsor en voladizo, montado entre cojinetes, verticalmente suspendido (ver Tabla 1 A) y:

- a) Que sean bombas de proceso;
- b) Que sean bombas que bombeen fluidos tóxicos, inflamables o peligrosos en todas las condiciones de operación;
- c) Que sean bombas que bombeen fluidos no inflamables y no peligrosos que se encuentren por arriba de las siguientes condiciones de operación:
 - Presión máxima de descarga: 1900 kPa (275 lb/pulg²).
 - Presión máxima de succión: 500 kPa (75 lb/pulg²).
 - Temperatura máxima de bombeo: 150 °C (300 °F).
 - Máxima velocidad rotativa: 3600 r/min.
 - Carga total máxima: 120 m (400 pies).
- d) Que sean bombas para servicios auxiliares y/o intermitentes o bombas con condiciones de operación por debajo de las indicadas en el inciso c anterior y bombeando fluidos no inflamables o no peligrosos.

Las bombas del tipo OH1, OH4, OH5, BB4 no son aceptables para los servicios cubiertos por los incisos a y b. Para los servicios indicados en el inciso d se prefieren las bombas del tipo OH1, OH4, OH5, BB4 y deben seleccionarse como lo indica el numeral 8.1.1.14. Asimismo, deben cumplir como mínimo con los requisitos establecidos en los numerales 8.1.1.1, 8.1.6.9, 8.1.8, 8.1.10, 8.1.12 y 8.2.5, correspondientes a vida útil, rigidez de la flecha, sello mecánico, cojinetes, materiales y tubería auxiliar.

Los requisitos de esta norma de referencia son aplicables a todos los tipos de bombas centrífugas (horizontales y verticales), excepto los de la sección 8.4 que deben aplicarse para cada tipo específico.

Esta norma de referencia cubre también las bombas centrífugas funcionando en sentido inverso como turbinas de recuperación de energía hidráulica (HPRT, por sus siglas en ingles).

3. CAMPO DE APLICACIÓN.

Esta norma de referencia es de aplicación general y observancia obligatoria en todas las áreas de PEMEX y sus Organismos Subsidiarios que adquieran, arrienden o contraten bombas centrífugas de proceso o de servicios auxiliares, por lo que se debe incluir en los procedimientos de contratación: licitación pública, invitación a cuando menos tres personas o adjudicación directa, como parte de los requisitos que debe cumplir el proveedor o licitante.

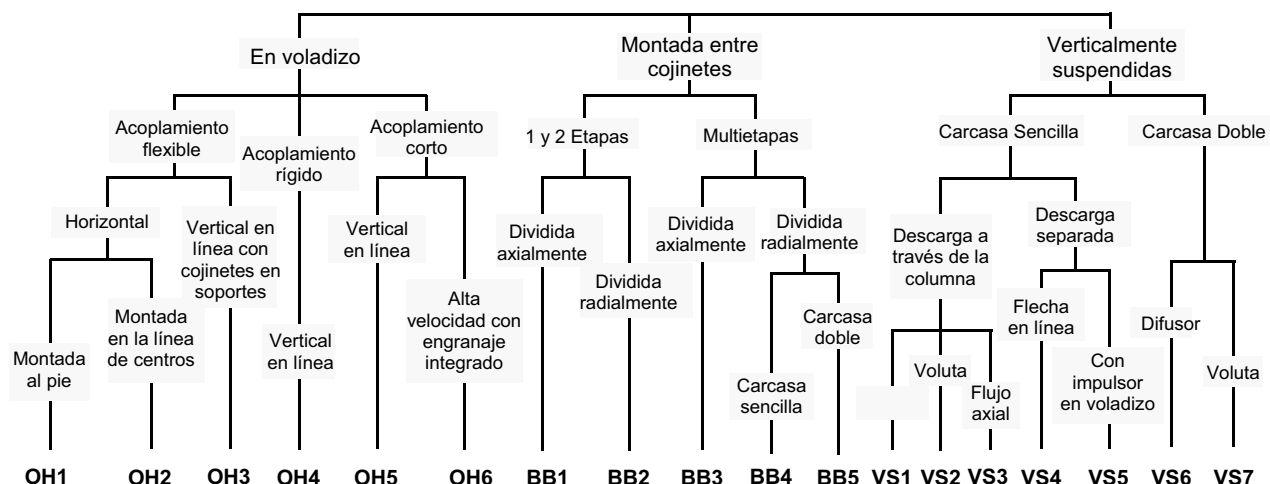


Tabla 1 A.- Clasificación de bombas centrífugas.

4. ACTUALIZACIÓN.

Las sugerencias para la revisión y actualización de esta norma, deben enviarse al Secretario Técnico del Subcomité Técnico de Normalización de PEMEX - Exploración y Producción, quien debe programar y realizar la actualización de acuerdo a la procedencia de las mismas y en su caso, inscribirla dentro del Programa Anual de Normalización de Petróleos Mexicanos, a través del Comité de Normalización. Sin embargo, esta norma se debe revisar y actualizar cada cinco años o antes, si las sugerencias o recomendaciones así lo ameritan.

Las propuestas y sugerencias de cambio deben elaborarse en el formato CNPMOS-001-A01 y dirigirse por escrito a:

PEMEX-Exploración y Producción.

Coordinación de Normalización.

Bahía de Ballenas N° 5, Planta Baja, Edificio "D".

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

Teléfono directo: 19-44-92-86.

Conmutador 19-44-25-00, ext. 3-80-80.

Fax: 19-44-25-00, ext. 3-26-54.

Correo electrónico: mpachecop@pep.pemex.com

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 9 DE 233
---	---------------------------	---

5. REFERENCIAS.

5.1 Normas Oficiales Mexicanas.

5.1.1 **NOM-008-SCFI-2002** Sistema general de unidades de medida.

5.2 Normas Mexicanas

5.2.1 **NMX-EC-17025-IMNC-2006 ISO/IEC 17025: 2005** Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración.

5.3 Normas Internacionales

5.3.1 **ISO 7-1** Pipe threads where pressure-tight joints are made on the threads — Part 1: Dimensions, tolerances and designation (Tubería roscada donde las uniones apretadas a presión se hacen en los hilos de la rosca - parte 1: dimensiones, tolerancias y designación)

5.3.2 **ISO 228-1** Pipe threads where pressure-tight joints are not made on the threads — Part 1: Dimensions, tolerances and designation (Tubería roscada donde las uniones apretadas a presión no se hacen en los hilos de la rosca - parte 1: dimensiones, tolerancias y designación)

5.3.3 **ISO 261** ISO general-purpose metric screw threads — General plan (Roscas ISO de tornillo métricas de uso general - plan general)

5.3.4 **ISO 262** ISO general-purpose metric screw threads — Selected sizes for screws, bolts and nuts (Roscas ISO para tornillos métricos de uso general - tamaños seleccionados para los tornillos, pernos y tuercas)

5.3.5 **ISO 281** Rolling bearings — Dynamic load ratings and rating life (Cojinetes de elementos rodantes - cargas dinámicas nominales y vida útil)

5.3.6 **ISO 286 (all parts)** ISO system of limits and fits (Sistema ISO de límites y de ajustes)

5.3.7 **ISO 724** ISO general-purpose metric screw threads — Basic dimensions (Roscas ISO de tornillo métricas de uso general - dimensiones básicas)

5.3.8 **ISO 965 (all parts)** ISO general-purpose metric screw threads — Tolerances (Roscas ISO de tornillo métricas de uso general - tolerancias)

5.3.9 **ISO-13709** Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries (Bombas centrífugas para las industrias del petróleo, petroquímica y gas natural).

5.3.10 **ISO 1940-1** Mechanical vibration — Balance quality requirements of rigid rotors — Part 1: Specification and verification of balance tolerances (Vibración mecánica — requerimientos de calidad del balanceo de rotores rígidos - parte 1: Especificación y verificación de las tolerancias del balanceo)

5.3.11 **ISO 3448** Industrial liquid lubricants – ISO viscosity classification (Lubricantes líquidos industriales).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 10 DE 233
---	---------------------------	--

5.3.12 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).
5.3.13 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).
5.3.14 ISO 3746	Acústica - Determinación del nivel de ruido- Método de inspección (Acoustic- Determination of sound power levels of noise sources- Survey method).
5.3.15 ISO 4200	Plain end steel tubes, welded and seamless — General tables of dimensions and masses per unit length (Tubería de acero de extremo plano, soldado y sin costura - tablas generales de dimensiones y de masas por unidad de longitud)
5.3.16 ISO 5753	Rolling bearings — Radial internal clearance (Cojinetes de elementos rodantes - claros internos radiales)
5.3.17 ISO 7005-1	Metallic flanges — Part 1: Steel flanges (Bridas metálicas - parte 1: Bridas de acero)
5.3.18 ISO 7005-2	Metallic flanges — Part 2: Cast iron flanges (Bridas metálicas - parte 2: Bridas de hierro forjado)
5.3.19 ISO 8501 (all parts)	Preparation of steel substrates before application of paints and related products — Visual assessment of surface cleanliness (Preparación de substratos de acero antes del uso de pinturas y productos relacionados - evaluación visual de la limpieza superficial)
5.3. 20 ISO 9906	Rotodynamic pumps — Hydraulic performance acceptance tests — Grades 1 and 2 (Bombas Rotodinámicas - Pruebas de aceptación de comportamiento hidráulico - Grados 1 y 2)
5.3.21 ISO 10436	Petroleum and natural gas industries — General-purpose steam turbines for refinery service (Industrias del petróleo y del gas natural - turbinas de vapor de uso general para servicio en refinerías)
5.3.22 ISO 10438 (all parts)	Petroleum and natural gas industries — Lubrication, shaft-sealing and control-oil systems and auxiliaries (Industrias del petróleo y del gas natural – sistemas de aceite y auxiliares de lubricación, sellado de flechas y control)
5.3.23 ISO 10441	Petroleum and natural gas industries — Flexible couplings for mechanical power transmission — Special purpose applications (Industrias del petróleo y del gas natural - Coples flexibles para transmisión de energía mecánica - usos de fines especiales)
5.3.24 ISO 11342	Mechanical Vibration — Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors (Vibración mecánica - métodos y criterios para el balanceo mecánico de rotores flexibles)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 11 DE 233
---	---------------------------	--

- 5.3.25 ISO 13709: 2003** Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries” (Bombas centrífugas para las industrias del petróleo, petroquímica y gas natural)
- 5.3.26 ISO 14120: 2002** Safety of machinery – Guards – General requirements for the design and construction of fixed and movable guards (Seguridad de la maquinaria – Protectores – requisitos generales para el diseño y la construcción de los protectores fijos y del mueble).
- 5.3.27 ISO 14691** Petroleum and natural gas industries — Flexible couplings for mechanical power transmission — General purpose applications (Industrias del petróleo y del gas natural - Coples flexibles para la transmisión de energía mecánica - usos de fines generales)
- 5.3.28 ISO 15649** Petroleum and natural gas industries — Piping (Industrias del petróleo y del gas natural - Tubería)
- 5.3.29 ISO 21049** Pumps — Shaft sealing systems for centrifugal and rotary pumps (Bombas - sistemas de sellado de flechas para bombas centrífugas y rotatorias)
- 5.4 Normas de referencia.**
- 5.4.1 NRF-036-PEMEX-2003** Clasificación de áreas peligrosas y selección de equipo eléctrico.
- 5.4.2 NRF-048-PEMEX-2007** Diseño de instalaciones eléctricas en plantas industriales (cancela y sustituye a la NRF-048-PEMEX-2003 del 22 de julio de 2003).
- 5.4.3 NRF-049-PEMEX-2006** Inspección de bienes y servicios
- 5.4.4 NRF-053-PEMEX-2006** Sistemas de protección anticorrosiva a base de recubrimientos para instalaciones superficiales.
- 5.4.5 NRF-095-PEMEX-2004** Motores eléctricos.
- 5.4.6 NRF-100-PEMEX-2004** Turbinas de gas para accionamiento de equipo mecánico en instalaciones costa afuera.

6. DEFINICIONES.

Para los propósitos de esta norma, aplican los términos y definiciones establecidos en la cláusula 3 de la norma ISO 13709:2003 “Centrifugal pumps for petroleum, petrochemical and natural gas industries” (Bombas centrífugas para las industrias del petróleo, petroquímica y gas natural). A continuación se indican los términos y definiciones que se utilizan con mayor frecuencia.

6.1 Bomba de barril: Se refiere a bombas horizontales del tipo de doble carcasa.

6.2 Bomba de proceso: Es una bomba que maneja los productos involucrados en un proceso principal en las instalaciones de Petróleos Mexicanos y sus Organismos Subsidiarios (generalmente indicada en los diagramas de flujo de proceso o diagramas de tuberías e instrumentos de proceso) o aquella que bombee hidrocarburos o líquidos del gas natural.

6.3 Bomba vertical enlatada: Se refiere a las bombas verticales del tipo de doble carcasa.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 12 DE 233
---	---------------------------	--

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 Buffer: Fluido, a una presión más baja que la presión de sellado del proceso, usado como lubricante o tapón entre sellos mecánicos duales (en tandem) no presurizados.

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

6.7 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.

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 Carcasa doble: Se refiere al tipo de construcción de la bomba en la cual la carcasa de presión está separada de los elementos de bombeo contenidos en la carcasa.

NOTA: Los elementos de bombeo incluye difusores, diafragmas, tazones y volutas internas.

6.11 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.

6.12 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.

6.13 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.

6.14 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.

6.15 Cojinetes hidrodinámicos de empuje axial: Son cojinetes hidrodinámicos de zapatas pivoteadas o basculantes.

6.16 Cojinetes hidrodinámicos radiales: Son cojinetes hidrodinámicos tipo mangas o de zapatas pivoteadas.

6.17 Dato de elevación: Elevación al cual los datos de NPSH son referidos.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 13 DE 233
---	---------------------------	--

6.18 Evaluación de la conformidad: La determinación del grado de cumplimiento con las normas oficiales mexicanas o la conformidad con las normas mexicanas, las normas internacionales u otras especificaciones, prescripciones o características. Comprende, entre otros, los procedimientos de muestreo, prueba, calibración, certificación y verificación.

6.19 Fluido Barrera: Fluido, a una presión más alta que la presión a la que esta siendo sellado el proceso, introducido entre sellos mecánicos dobles (dual) para aislar completamente el líquido de proceso bombeado del ambiente.

6.20 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 276 kPa (40) (lb/pulg²), tal como la gasolina o algunos productos químicos (incluye las subclases A, B y C).

6.21 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.

6.22 Flujo mínimo continuo estable: Es el flujo más bajo con el cual la bomba puede operar sin exceder los límites de ruido y vibración establecidos por esta norma.

6.23 Flujo mínimo continuo térmico: Es el flujo más bajo con el cual la bomba puede operar sin que sufra una distorsión por el incremento de temperatura del líquido bombeado.

6.24 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.

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

6.26 Opcional: Requerimiento no obligatorio que debe cumplirse a petición de PEMEX.

6.27 Paquete: Ensemble del rotor más las partes estacionarias internas de una bomba centrífuga.

6.28 Parte de desgaste normal: Parte que normalmente se reconstruye o reemplaza en cada reparación mayor (overhaul) de la bomba. Por ejemplo: anillos de desgaste, bujes interetapas, dispositivos de balance, bujes de garganta, caras de los sellos, cojinetes y juntas o empaques.

6.29 Potencia al freno nominal: Es la potencia requerida por la bomba para operar a las condiciones nominales.

6.30 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 con el impulsor suministrado cuando opera a la velocidad nominal con el fluido y gravedad específica máxima especificados.

6.31 Presión máxima de sellado dinámica: Es la presión más alta esperada en los sellos durante cualquier condición de operación especificada, incluyendo el arranque y paro de la bomba.

6.32 Presión máxima de succión: Es la presión más alta de succión a la que la bomba está sometida durante la operación.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 14 DE 233
---	---------------------------	--

6.33 Presión máxima de trabajo permisible (MAWP por sus siglas en ingles): Es la presión máxima continua para la cual el fabricante ha diseñado la bomba (o a cualquier parte al que este concepto aplique) manejando el fluido especificado a la temperatura de operación máxima especificada.

6.34 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.

6.35 Presión nominal de succión: Es la presión de succión a las condiciones de operación en el punto de garantía.

6.36 Punto de mejor eficiencia: Flujo nominal al cual la bomba logra su mayor eficiencia.

6.37 Punto de operación normal: Punto al cual se espera que la bomba opere bajo las condiciones normales del proceso.

6.38 Temperatura máxima permisible: Es la temperatura máxima continua para la cual el fabricante ha diseñado la bomba (o a cualquier parte a la que este concepto aplique) manejando el líquido especificado a la presión de operación máxima especificada.

6.39 Tren de accionamiento: Accesorio del equipo, usado en serie para accionar la bomba. Por ejemplo, motor eléctrico, engranes, turbina, motor de combustión, fluido accionador, embrague.

6.40 Velocidad crítica lateral húmeda: Velocidad crítica calculada del rotor considerando el apoyo adicional y el amortiguamiento producidos por la acción del líquido bombeado dentro de los claros internos a las condiciones de operación y permitiendo flexibilidad y amortiguamiento dentro de los cojinetes.

6.41 Velocidad crítica seca: Velocidad crítica calculada del rotor asumiendo que no hay efectos del líquido, que el rotor está soportado solamente por sus cojinetes y que los cojinetes son de rigidez infinita.

6.42 Velocidad crítica: Velocidad de rotación de la flecha al cual el sistema rotor-cojinete-soporte está en un estado de resonancia.

6.43 Velocidad específica de succión: Es un índice que relaciona el flujo, la NPSHR y la velocidad de rotación para bombas de geometría similar, calculada a partir del comportamiento de la bomba, en el punto de mayor eficiencia y con el mayor diámetro del impulsor.

6.44 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.

6.45 Velocidad máxima continua: Es la velocidad más alta al cual la bomba, como se fabricó, es capaz de operar continuamente con el fluido especificado a cualquiera de las condiciones de operación especificadas.

6.46 Velocidad máxima permisible: Es la velocidad más alta a la cual el diseño del fabricante permite la operación continua de la bomba.

6.47 Velocidad mínima: Es la velocidad más baja (en revoluciones por minuto) al cual el diseño del fabricante permite la operación continua de la bomba.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 15 DE 233
---	---------------------------	--

6.48 Velocidad nominal: Es el número de revoluciones por minuto (r/min) que requiere la bomba para satisfacer las condiciones nominales de operación.

6.49 Verificación: Constatación ocular o comprobación mediante muestreo, medición, pruebas de laboratorio, o examen de documentos que se realizan para evaluar la conformidad en un momento determinado.

6.50 Clasificación y denominación de bombas centrífugas: Este numeral tiene concordancia con la cláusula 4 de la norma ISO 13709:2003.

6.50.1 Clasificación: Las bombas cubiertas por esta norma de referencia se clasifican y denominan de acuerdo a lo mostrado en la Tabla 1 B.

6.50.2 Denominación de bombas

6.50.2.1 Bomba tipo OH1: Las bombas con denominación del tipo OH1 son con impulsor en voladizo, montadas al pie y de una etapa. (Este tipo de bombas no cubren todos los requisitos de esta norma de referencia, ver Tabla 3).

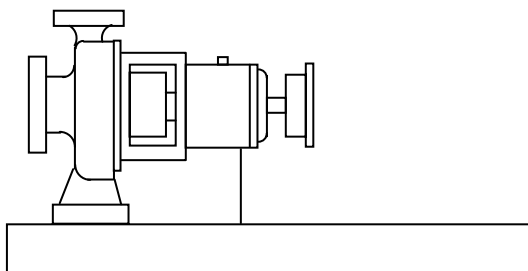


Figura 1. Bomba tipo OH1.

6.50.2.2 Bomba tipo OH2: Las bombas con denominación del tipo OH2 son con impulsor en voladizo, soportadas en la línea de centros y de una etapa. Tienen un solo alojamiento de cojinetes para absorber todas las fuerzas impuestas a la flecha de la bomba y mantiene el rotor en posición durante la operación. Las bombas son montadas sobre una base o patín común y son acopladas con cople flexible a su accionador.

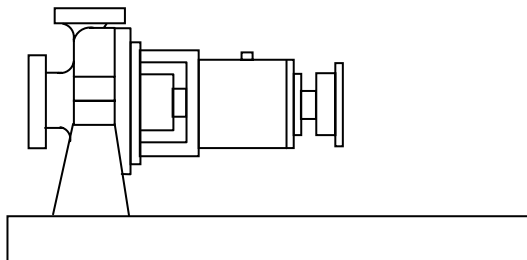


Figura 2. Bomba tipo OH2.

6.50.2.3 Bomba tipo OH3: Las bombas con denominación de tipo OH3 son con impulsor en voladizo, vertical en línea, una etapa y con cojinete en soporte. Estas bombas tienen un alojamiento de cojinete integrado a la bomba para absorber todas las cargas de la bomba. La bomba y su accionador son acopladas con acoplamiento flexible.

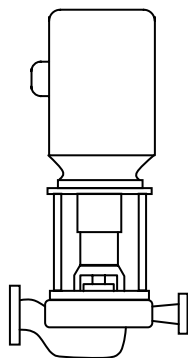


Figura 3. Bomba tipo OH3.

6.50.2.4 Bomba tipo OH4: Las bombas con denominación del tipo OH4 son con impulsor en voladizo, vertical en línea, una etapa y rígidamente acoplada. Las bombas rígidamente acopladas tienen su flecha acoplada rígidamente a la flecha del accionador. (Este tipo de bombas no cubren todos los requisitos de esta norma de referencia, ver Tabla 3).

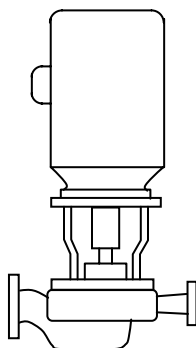


Figura 4. Bomba tipo OH4.

6.50.2.5 Bomba tipo OH5: Las bombas con denominación del tipo OH5 son con impulsor en voladizo, vertical en línea, una etapa y con el impulsor montado en la flecha del accionador. (Este tipo de bombas no cubren todos los requisitos de esta norma de referencia, ver Tabla 3).

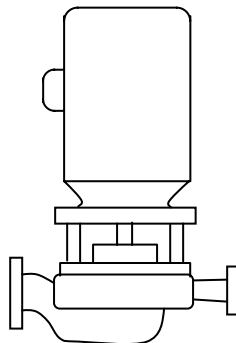


Figura 5. Bomba tipo OH5.

6.50.2.6 Bomba tipo OH6: Las bombas con denominación del tipo OH6 son con impulsor en voladizo, una etapa, de alta velocidad y accionada por engranaje integrado. Este tipo de bombas tienen un incrementador de velocidad engranado integrado a la bomba. El impulsor es montado directamente a la flecha de salida de la caja de engranes. No hay acoplamiento entre la bomba y la caja de engranes, sin embargo, la caja de engranes es acoplada con cople flexible al accionador. Las bombas pueden ser de orientación vertical u horizontal.

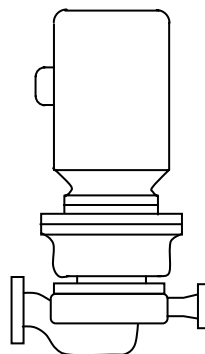


Figura 6. Bomba tipo OH6.

6.50.2.7 Bomba tipo BB1: Las bombas con denominación del tipo BB1 son de carcasa dividida axialmente, una y dos etapas y montada entre cojinetes.

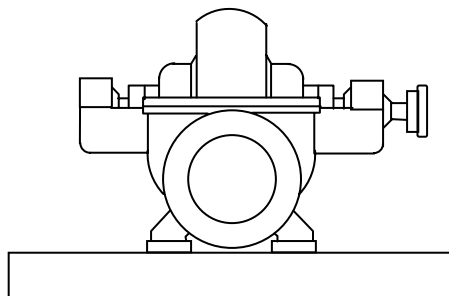


Figura 7. Bomba tipo BB1.

6.50.2.8 Bomba tipo BB2: Las bombas con denominación del tipo BB2 son de carcasa dividida radialmente, una y dos etapas y montada entre cojinetes.

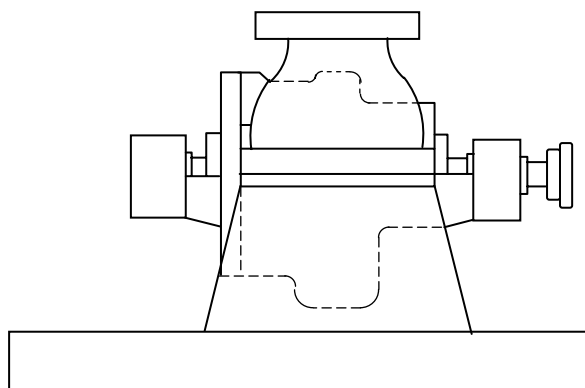


Figura 8. Bomba tipo BB2.

6.50.2.9 Bomba tipo BB3: Las bombas con denominación del tipo BB3 son de carcasa dividida axialmente, multietapas y montada entre cojinetes.

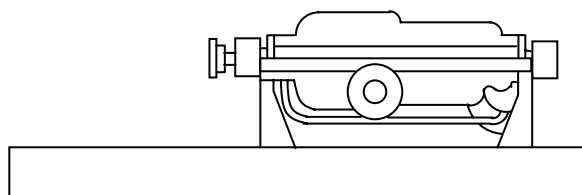


Figura 9. Bomba tipo BB3.

6.50.2.10 Bomba tipo BB4: Las bombas con denominación del tipo BB4 son de carcasa sencilla dividida radialmente, multietapas y montada entre cojinetes. Estas bombas también se le llaman de anillo seccionado, anillos segmentados o varillas tensionadas. Estas bombas tienen un área potencial de fuga en cada segmento. (Este tipo de bombas no cubren todos los requisitos de esta norma de referencia, ver Tabla 3).

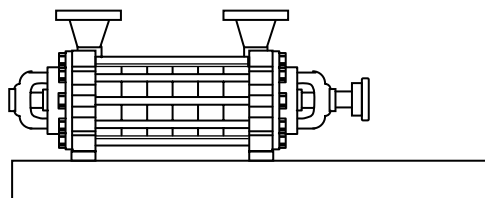


Figura 10. Bomba tipo BB4.

6.50.2.11 Bomba tipo BB5: Las bombas con denominación del tipo BB5 son de doble carcasa dividida radialmente, multietapas y montada entre cojinetes (bomba de barril).

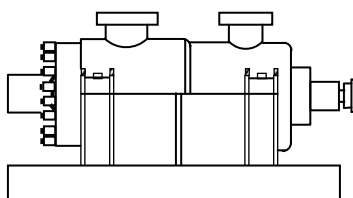


Figura 11. Bomba tipo BB5.

6.50.2.12 Bomba tipo VS1: Las bombas con denominación del tipo VS1 son de cárcamo húmedo o pozo profundo, verticalmente suspendidas, de difusor, carcasa sencilla y descarga a través de la columna.

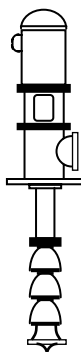


Figura 12. Bomba tipo VS1.

6.50.2.13 Bomba tipo VS2: Las bombas con denominación del tipo VS2 son cárcamo húmedo, verticalmente suspendidas, carcasa sencilla, de voluta y descarga a través de la columna.

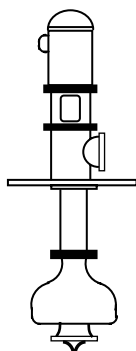


Figura 13. Bomba tipo VS2.

6.50.2.14 Bomba tipo VS3: Las bombas con denominación del tipo VS3 son cárcamo húmedo, verticalmente suspendidas, carcasa sencilla, de flujo axial y descarga a través de la columna.

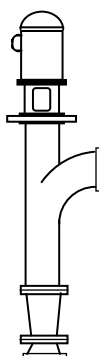


Figura 14. Bomba tipo VS3.

6.50.2.15 Bomba tipo VS4: Las bombas con denominación del tipo VS4 son de sumidero, verticalmente suspendidas, carcasa sencilla, de voluta y accionada por flecha en línea.

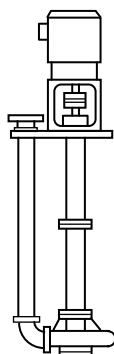


Figura 15. Bomba tipo VS4.

6.50.2.16 Bomba tipo VS5: Las bombas con denominación del tipo VS5 son de cárcamo húmedo, verticalmente suspendidas y con impulsor en voladizo.

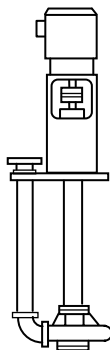


Figura 16. Bomba tipo VS5.

6.50.2.17 Bomba tipo VS6: Las bombas con denominación del tipo VS6 son de carcasa doble, difusor y verticalmente suspendidas.

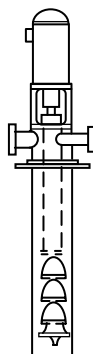


Figura 17. Bomba tipo VS6.

6.50.2.18 Bomba tipo VS7: Las bombas con denominación del tipo VS7 son de carcasa doble, de voluta y verticalmente suspendidas.

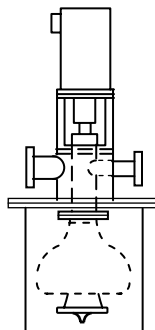


Figura 18. Bomba tipo VS7.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 22 DE 233
---	---------------------------	--

Bombas centrífugas	Tipo de bomba		Orientación		Código
	En voladizo	Acoplamiento flexible	Horizontal	Montada al pie	OH1
				Soportada en la línea de centros	OH2
			Vertical en línea con cojinetes en soportes		OH3
		Acoplamiento rígido	Vertical en línea		OH4
					OH5
			Acoplamiento corto	Alta velocidad con engranaje integrado	OH6
	Montada entre cojinetes	1 y 2 etapas		Dividida axialmente	
			Dividida radialmente		BB2
		multietapas	Dividida axialmente		BB3
			Dividida radialmente	Carcasa sencilla	BB4
				Carcasa doble	BB5
	Verticalmente suspendida	Carcasa sencilla	Descarga a través de la columna	Difusor	VS1
				Voluta	VS2
				Flujo axial	VS3
			Descarga separada	Flecha en línea	VS4
				Con impulsor en voladizo	VS5
		Carcasa doble	Difusor	VS6	
			Voluta	VS7	
	NOTA: En el punto 6.57.2 se muestran ilustraciones de varios tipos de bombas.				

Tabla 1 B.- Clasificación y tipo de identificación de bombas centrífugas

7. SÍMBOLOS Y ABREVIATURAS.

- 7.1 ABMA** American Bearing Manufacturers Association (Asociación Americana de Fabricantes de Cojinetes).
- 7.2 AGMA** American Gear Manufacturers Association (Asociación Americana de Fabricantes de Engranajes).
- 7.3 AISI** American Iron and Steel Institute (Instituto Americano de Hierro y Acero).
- 7.4 ANSI** American National Standards Institute (Instituto Nacional Americano de Estándares).
- 7.5 API** American Petroleum Institute (Instituto Americano del Petróleo).
- 7.6 ASME** American Society of Mechanical Engineers (Asociación Americana de Ingenieros Mecánicos).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 23 DE 233
---	---------------------------	--

7.7	ASTM	American Society for Testing and Materials (Asociación Americana para Pruebas y Materiales).
7.8	AWS	American Welding Society (Sociedad Americana de Soldadura)
7.9	BEP	Best efficiency point (Punto de mejor eficiencia)
7.10	CNPMOS	Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
7.11	db(A)	decibelios medidos en la escala de ponderación A.
7.12	DEA	Dietanol amina.
7.13	FFT	Fast Fourier Transform (Transformada de Fourier Rápida).
7.14	FFKM	Perfloruro elastómero.
7.15	GPM	Galones por minuto.
7.16	HI	Hdraulics Institute (Instituto de Hidráulica)
7.17	H₂S	Ácido sulfhídrico.
7.18	HPRT	Hydraulic power recovery turbines (turbinas de recuperación de energía hidráulica).
7.19	IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos).
7.20	ISO	International Organization for Standardization (Organización Internacional para Normalización).
7.21	IMNC	Instituto Mexicano de Normalización y Certificación.
7.22	LFMN	Ley Federal sobre Metrología y Normalización.
7.23	MAWP	Maximum allowable working pressure (Presión máxima de trabajo permisible).
7.24	MEA	Mono etanol amina.
7.25	MSS	Manufacturers Standarization Society (Sociedad de Normalización de Fabricantes).
7.26	NACE	National Association of Corrosion Engineers (Asociación Nacional de Ingenieros en Corrosión)
7.27	NPSH	Net positive suction head (Carga neta positiva a la succión).
7.28	NPSHA	Net positive suction head available (Carga neta positiva a la succión disponible).
7.29	NPSHR	Net positive suction head required (Carga neta positiva a la succión requerida).
7.30	NPS	Nominal pipe size (Diámetro nominal de tubo).
7.31	NPT	Nominal pipe threads (Rosca nominal de tubo).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 24 DE 233
---	---------------------------	--

7.32	NRF	Norma de Referencia.
7.33	NSS	Suction specific speed (Velocidad específica de succión).
7.34	PEMEX	Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios.
7.35	PEP	PEMEX-Exploración y Producción.
7.36	PME	Punto de máxima eficiencia.
7.37	PTFE	Politetrafluoro etileno
7.38	RMS	Raíz cuadrática media.
7.39	r/min	Revoluciones por minuto.
7.40	Ra	Rugosidad media aritmética.
7.41	SAE	Society of Automotive Engineers (Sociedad de Ingenieros Automotrices).
7.42	TEA	Trietanol amina.
7.43	TIR	Total Indicated Runout, Total Indicator Reading (Excentricidad total indicada, Lectura total del indicador).
7.44	UNF	Unified Fine (Unificado fino).
7.45	UNS	Unified Numberig System (Sistema de Numeración Unificado)
7.46	VDDR	Vendor Drawing and Data Requirements (requerimientos de datos y dibujos al proveedor)

8. DESARROLLO.

Este capítulo tiene concordancia en sus párrafos e incisos con las cláusulas 5, 6, 7, 8 y 9 de la norma ISO 13709:2003 así como con sus correspondientes subcláusulas. No así, en los numerales indicados como "REQUISITOS ADICIONALES A LA NORMA ISO 13709:2003" y que se resumen en el capítulo 10 de esta norma de referencia.

NOTA: Las cláusulas o subcláusulas indicadas con una viñeta (•) en la norma ISO 13709:2003 donde se requiere información o una decisión de PEMEX, ha sido establecido en esta norma de referencia o será proporcionada en las hojas de datos, documentos de licitación o en la orden de compra.

8.1 Diseño básico.

8.1.1 Generalidades.

8.1.1.1 Las bombas (incluyendo el equipo auxiliar) cubiertas por esta norma de referencia deben diseñarse y construirse para una vida útil de 20 años (excepto partes susceptibles a cambiarse continuamente por mantenimiento, como las indicadas en la Tabla 22) y para al menos 3 años de operación ininterrumpida.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 25 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.1.2 El proveedor de la bomba es responsable del suministro de todo el equipo, incluyendo sistemas auxiliares indicados en las bases de licitación, normas, especificaciones y/o orden de compra.

8.1.1.3 PEMEX especificara en la hoja de datos o en las bases de licitación las condiciones de operación, las propiedades del líquido, condiciones del sitio y condiciones de los servicios, incluyendo los datos mostrados en la hoja de datos (anexo 12.14 de esta norma de referencia). PEMEX especificara si la bomba se piensa usar como una turbina de recuperación de energía hidráulica (HPRT, por sus siglas en ingles) y si aplica el Anexo 12.3 de esta norma de referencia.

8.1.1.4 El equipo de bombeo (bomba, accionador y accesorios) debe operar en los puntos de operación indicados en la hoja de datos.

8.1.1.5 Los fluidos que son inflamables o peligrosos serán identificados en la hoja de datos.

8.1.1.6 Las bombas deben ser capaces de aumentar por lo menos en 5 por ciento su carga en condiciones nominales por reemplazo de un (os) impulsor (es) de mayor diámetro o diferente diseño hidráulico, capacidad variable de velocidad o el uso de una etapa ciega.

Este requisito intenta prevenir un cambio en la selección causada por depuración de los requisitos hidráulicos después de que la bomba haya sido comprada. No es un intento para adecuar futuras expansiones. Si hay un requisito de operación futuro, se debe especificar por separado y ser considerado en la selección.

8.1.1.7 Las bombas deben ser capaces de operar por lo menos a la velocidad máxima continua. La velocidad máxima continua será:

- a) Igual a la velocidad que corresponda a la velocidad síncrona a la máxima frecuencia de suministro para los motores eléctricos,
- b) Por lo menos 105 por ciento de la velocidad nominal para bombas de velocidad variable, y cualquier bomba de velocidad - fija cuyo accionador es capaz de exceder la velocidad nominal.

8.1.1.8 Las bombas de velocidad variable deben diseñarse para incursiones a la velocidad de disparo sin sufrir daños.

8.1.1.9 Las condiciones requeridas en la cámara del sello para mantener una película estable en las caras del sello, incluso la temperatura, presión y flujo, así como las condiciones para asegurar el sellado contra la presión atmosférica cuando las bombas están en espera en servicios de vacío, deben acordarse entre el proveedor de la bomba y el fabricante del sello, aprobado por PEMEX y anotarse en la hoja de los datos.

8.1.1.10 El proveedor, debe especificar en la hoja de datos la carga neta positiva de succión requerida (NPSHR) basado en 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.

PEMEX considerará un margen apropiado de NPSH además del NPSHR especificado. Un margen de NPSH es el NPSH que existe en exceso del NPSHR de la bomba. Generalmente es deseable tener un margen de NPSH de operación de 0,9 m (3 pies) que sea suficiente en todos los flujos indicados en las condiciones de operación de las hojas de datos para proteger la bomba contra daños causados por la recirculación y separación del flujo y cavitación. El proveedor debe indicar los márgenes recomendados de NPSH para el tipo específico de la bomba y el servicio previsto.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 26 DE 233
---	---------------------------	--

Al establecer el NPSHA, PEMEX y el proveedor deben reconocer la relación entre el flujo mínimo continuo estable y la velocidad específica de succión de la bomba. En general, el flujo mínimo continuo estable, expresado como un porcentaje del flujo en el punto de mejor eficiencia de la bomba, aumenta mientras que la velocidad específica de succión aumenta. Sin embargo, otros factores, tales como el nivel de energía de la bomba y el diseño hidráulico, el líquido bombeado y el margen de NPSH, también afectan la capacidad de la bomba de funcionar satisfactoriamente sobre un rango amplio del flujo. El diseño de bombas dirigida a la operación de bajos flujos es una tecnología en desarrollo, y la selección de los niveles de velocidad específica de succión y de los márgenes de NPSH deben considerar la experiencia actual de la industria y del fabricante.

A menos que se especifique lo contrario, el dato de elevación será la línea central de la flecha para las bombas horizontales, la línea central de la boquilla de succión para las bombas en verticales línea, y la parte superior de la cimentación para las bombas verticalmente suspendidas.

8.1.1.11 La velocidad específica de succión de la bomba debe calcularse de acuerdo con el anexo 12.1 de esta norma de referencia y si es especificado, será limitado a lo indicado en la hoja de datos.

8.1.1.12 Las bombas que manejan líquidos más viscosos que el agua, deben tener sus características corregidas de acuerdo con el estándar HI 1.3 del Instituto de Hidráulica o equivalente. Los factores de corrección deben indicarse en la propuesta y en las curvas obtenidas durante las pruebas.

8.1.1.13 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, que será preferentemente de 10 por ciento de la carga a flujo nominal. Este porcentaje puede reducirse en bombas multipasos (3 o más pasos) para evitar carga excesiva a válvula cerrada. Si un orificio de descarga es usado como medio para proveer una curva continua hasta válvula cerrada, esto será indicado en la propuesta.

8.1.1.14 Las bombas deben tener una región de operación preferente en un rango de 70 al 120 por ciento del flujo de mejor eficiencia del impulsor suministrado. El flujo nominal debe estar en un rango del 80 al 110 por ciento del flujo de mejor eficiencia del impulsor. Para bombas con flujos menores a 0,227 m³/min (60 GPM), el flujo nominal debe estar en un rango del 75 al 110 por ciento del flujo de mejor eficiencia del impulsor suministrado.

8.1.1.15 El punto de mejor eficiencia para la bomba suministrada debe estar entre el punto nominal y el punto normal.

8.1.1.16 El nivel de ruido del equipo de bombeo debe ser de 85 dB(A) medidos a 1.5 metros de distancia. Las normas ISO 3740, ISO 3744 e ISO 3746 pueden ser consultadas como guías.

8.1.1.17 Las bombas con carga mayor que (200)m (650)pies por paso y con más de (225)kW (300 HP) por paso, requieren una consideración especial para reducir la vibración a frecuencia de paso de álabes y a baja frecuencia a flujos reducidos. Para estas bombas, la distancia radial entre el inicio de la voluta o vena del difusor y la periferia del impulsor no será menor del 3 por ciento del radio máximo del impulsor (en el caso de difusor) y no menor al 6 por ciento del radio máximo del impulsor (en el caso de voluta). El radio máximo del impulsor en la punta del alabe es el radio del impulsor más grande que se puede utilizar dentro de la carcasa de la bomba (ver numeral 8.1.1.6). El porcentaje de separación se calcula como sigue:

$$P = 100 (R_2 - R_1) / R_1$$

Donde:

P es el porcentaje de separación,

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 27 DE 233
---	---------------------------	--

R_2 es el radio de la voluta o la punta de la entrada del difusor;

R_1 es el radio máximo del impulsor en la punta del alabe.

Los impulsores de las bombas cubiertos por este requisito no deben modificarse después de la prueba para corregir el funcionamiento hidráulico por limado o recorte sin la notificación a PEMEX antes del envío. Cualquier modificación debe documentarse conforme al numeral 8.5.3.4.1.

8.1.1.18 Las bombas que operen por arriba de 3600 r/min y que absorban más de 300 kW (400 HP) por etapa pueden requerir incluso claros más grandes y otras características especiales de construcción. Para estas bombas, los requisitos específicos se deben convenir entre PEMEX y el proveedor, considerando la experiencia real de operación del tipo específico de bomba.

8.1.1.19 La necesidad de enfriamiento se acordado entre PEMEX y el proveedor, y el plan de enfriamiento, la cual será seleccionado del Anexo 12.2. 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. Para evitar la condensación, la temperatura mínima del agua en la entrada de los alojamientos de cojinetes debe ser superior a la temperatura ambiente.

8.1.1.20 Si se suministran chaquetas de enfriamiento, deben tener conexiones externas para limpieza, dispuestas de tal manera que los pasajes puedan ser limpiadas mecánicamente, con chorro de agua y drenadas.

8.1.1.21 Si se suministran 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.

8.1.1.22 Los sistemas de agua de enfriamiento deben diseñarse para las condiciones especificadas en la Tabla 2 en el lado del agua. Se debe suministrar venteo y drenado completos.

8.1.1.23 El arreglo del equipo, incluyendo tuberías y auxiliares debe cumplir con lo indicado en la sección 8.2.5 de esta norma de referencia.

8.1.1.24 Los motores, componentes eléctricos y las instalaciones eléctricas deben ser adecuados para la clasificación de área (clase, grupo y división o zona) especificado por PEMEX y cumplir con los requerimientos de las normas de referencia NRF-036-PEMEX-2003 y NRF-048-PEMEX-2007.

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

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, man.:	700 kPa	(7 bar) (100 lb/pulg ² man.)
Presión de prueba hidrostática ($\geq 1,5$ Presión de trabajo máxima permisible):	1050 kPa	(10,5 bar) (150 lb/pulg ² man.)
Caída de presión máxima:	100 kPa	(1 bar) (15 lb/pulg ² man.)
Temperatura de entrada máxima:	30 °C	90 °F
Temperatura de salida máxima:	50 °C	120 °F
Incremento de temperatura máximo:	20 K	36 °R
Incremento de temperatura mínimo:	11,1 K	20 °R
Factor de incrustación en el lado de agua:	0,35 m ² °K/kW	0,002 hr ft ² °R/BTU
Corrosión permisible en el cuerpo (no para los tubos):	3,0 mm	0,125 pulg

Tabla 2.- Condiciones de diseño para sistemas de agua de enfriamiento.

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

8.1.1.27 Las bombas deben diseñarse para permitir extraer el rotor o elemento interno sin desconectar la tubería de succión y descarga o mover el accionador. Excepto para bombas verticalmente suspendidas y bombas de alta velocidad con engranaje integrado.

8.1.1.28 La bomba y sus accionador deben funcionar en el banco de pruebas y sobre su cimentación dentro los criterios de aceptación especificados en el numeral 8.1.9.3. Después de la instalación, el comportamiento de la unidad será responsabilidad del proveedor y de PEMEX, siendo el proveedor quien tiene la responsabilidad de la unidad.

8.1.1.29 Todas las partes de repuesto y reemplazo para la bomba y de todos los equipos auxiliares, deben como mínimo, cubrir todos los criterios de esta norma de referencia.

8.1.1.30 El equipo, incluyendo todos los auxiliares, deben diseñarse para instalación bajo techo y las condiciones de sitio especificadas. 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 en las hojas de datos. El proveedor debe indicar en su propuesta cualquier protección especial que deba suministrar PEMEX.

8.1.1.31 Los pernos para las carcasas de presión serán conforme a los criterios siguientes.

- a) Los detalles de las cuerdas y deben estar conforme a la especificación ISO 261, ISO 262, ISO 724 e ISO 965, o por ANSI/ASME B.1.1.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 29 DE 233
---	---------------------------	--

- b) Se debe dejar espacio suficiente en las zonas de pernos, para permitir el uso de llaves de estrías o de caja. El proveedor debe suministrar cualquier herramienta especial o dispositivo que se requiera.
- c) Se requieren pernos de cabeza hexagonal, a menos que se indique otra cosa.
- d) Los opresores no deben ser menores de 12 mm (0,5 pulg) de diámetro.
- e) Los opresores (excluyendo arandelas y prisioneros) deben tener el grado del material y los símbolos de identificación del fabricante colocados en un extremo de tornillos de 10 mm (3/8 pulg) de diámetro y mayores y para las cabezas de pernos de 6 mm (1/4 pulg) de diámetro y mayores. Si el área disponible es inadecuada, el símbolo del grado se puede marcar en un extremo y el símbolo de la identificación del fabricante marcado en el otro extremo. Los tornillos deben marcarse en el extremo expuesto.

NOTA: Un prisionero es un tornillo sin cabeza con un hueco hexagonal en un extremo.

- f) Roscas finas métricas y UNF no deben ser usadas.

8.1.1.32 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.1 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.1.32.1 Las bombas horizontales de dos pasos, deben tener el rotor apoyado entre cojinetes.

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

8.1.1.32.3 Se aceptan bombas de alta velocidad (con engrane integral) para flujos reducidos y altas cargas dinámicas totales cuando los requisitos específicos sean convenidos entre PEMEX y el proveedor, considerando la experiencia real de operación del modelo específico de bomba.

8.1.1.32.4 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.

8.1.1.32.5 No se aceptan bombas horizontales con impulsor montado en la misma flecha del accionador para las bombas incluidas en los incisos a, b y c del capítulo 2 de esta norma de referencia.

8.1.1.32.6 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 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).

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

8.1.1.32.8 Los sistemas típicos para tubería de agua de enfriamiento se muestran en las figuras del anexo "12.2" de esta norma de referencia.

8.1.1.32.9 Cuando se suministren chaquetas de enfriamiento para cajas de estoperos, chumaceras, entre otros, 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 30 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.1.32.10 Bombas de alta energía.

- Las bombas con valores de NSS $\geq 232,6$ (12000), y desde 186,5 kW (250 HP) en adelante, se deben seleccionar, como se indica en el numeral 8.1.1.17 y únicamente se deben aceptar desviaciones hasta de un 25 por ciento respecto del PME, cuando el NPSHA exceda al NPSHR por 0,9 m (3 pies) o más.
- Las bombas con el punto de operación normal localizado 50 por ciento 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.

8.1.2 Tipos de bombas.

8.1.2.1 Los tipos de bombas listadas en la Tabla 3 tienen características especiales de diseño y solo se deben suministrar para los servicios indicados en el inciso d del capítulo 2 de esta norma de referencia, y cuando el proveedor demuestre su experiencia en la aplicación específica. La Tabla 3 enlista las consideraciones especiales de este tipo de bombas y muestra entre paréntesis el (los) párrafo (s) aplicables de esta norma de referencia.

TIPO DE BOMBA	CARACTERÍSTICA QUE REQUIERE LA CONSIDERACIÓN ESPECIAL
De acoplamiento corto (impulsor montado en la flecha del motor), OH5	a. Construcción del motor (8.2.1) b. Cojinete del motor y rango de temperaturas a altas temperaturas de bombeo. c. Remoción del sello (8.1.8.2).
Vertical en línea con cople rígido, OH4	a. Construcción del motor (8.2.1) b. Rigidez del rotor (8.1.6.9) c. Guía de cojinetes lubricados (8.1.10.1.1) d. Excentricidad de la flecha en el sello (8.1.6.8, 8.1.8.5)
Horizontal con impulsor en voladizo montada en pie, OH1 .	a. Presión nominal (8.1.3.5) b. Soporte de la carcasa (8.1.3.11)
De dos etapas en voladizo.	a. Rigidez del rotor (8.1.6.9).
De doble succión en voladizo.	a. Rigidez del rotor (8.1.6.9).
De anillos segmentados o varillas tensionadas (multietapas), BB4 .	a. Contención de la presión (8.1.3.3, 8.1.3.10) b. Desmantelamiento (8.1.1.27)
Sello mecánico interconstruido (prensaestopas del sello no separable)	a. Remoción del sello (8.1.8.1.2)

Tabla 3.- Consideraciones especiales de diseño para tipos particulares de bombas.

8.1.3 Carcasas de presión.

8.1.3.1 La presión máxima de descarga será la presión máxima de succión más la máxima presión diferencial que la bomba puede desarrollar al operar con el impulsor suministrado a la velocidad nominal y densidad relativa máxima especificada (gravedad específica).

8.1.3.2 Para el caso de las bombas englobadas en los incisos a, b y c del capítulo 2 de esta norma de referencia, la presión máxima de descarga será aumentada por la presión diferencial desarrollada durante uno o más de los casos de operación siguientes:

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 31 DE 233
---	---------------------------	--

- a) La máxima densidad relativa especificada en cualquiera de las condiciones de operación especificadas;
- b) Instalación de un impulsor de diámetro máximo y/o del número de etapas que la bomba puede admitir;
- c) Operación a velocidad de disparo.

8.1.3.3 La carcasa de presión debe diseñarse para:

- a) Operar sin goteo o contacto interno entre componentes estacionarios y rotativos mientras está sujeta simultáneamente a la presión máxima de trabajo permisible (MAWP por sus siglas en ingles) a la temperatura correspondiente y la combinación del peor caso del doble de las fuerzas permisibles en las boquillas de la Tabla 5, aplicada en cada boquilla;
- b) Resistir la prueba hidrostática (ver numeral 8.3.3.2)

8.1.3.4 El esfuerzo a la tensión utilizado en el diseño de la carcasa de presión para cualquier material, no debe exceder 0,25 veces la mínima resistencia a la tensión última para ese material a la máxima temperatura de operación especificada y, para fundiciones, multiplicar por el factor de fundición apropiado dado en la Tabla 4. El proveedor debe indicar en su cotización las propiedades de los materiales en ASTM así como los factores de fundición aplicados.

Tipo de ensayo no destructivo	Factor de fundición
Visual, partículas magnéticas y/o líquidos penetrantes	0,8
Radiografía en algunos lugares	0,9
Ultrasonido	0,9
Radiografía completo	1,0

Tabla 4. Factores de fundición.

8.1.3.5 Excepto lo indicado en el numeral 8.1.3.6, la presión máxima de trabajo permisible (MAWP por sus siglas en ingles) será como mínimo la presión máxima de descarga (ver numerales 8.1.3.1 y 8.1.3.2) más 10 por ciento de la presión diferencial máxima, y no será menor que:

- a) Para bombas con impulsor montado entre cojinetes divididas axialmente de una y dos etapas y bombas verticalmente suspendidas de carcasa simple: la presión nominal será igual que el de una brida ISO 7005-2 PN20 para hierro fundido; o ISO 7005-1 PN20 para acero al carbono, con el grado de material correspondiente al de la carcasa de presión.

NOTA: Para este requisito las bridas ANSI/ASME B16.1 clase 125 y ANSI/ASME B16.5 clase 150 son equivalentes a ISO 7005-2 PN20 e ISO 7005-1 PN20, respectivamente.

- b) Para todas las otras bombas: una presión nominal mínima de 4 000 kPa manométricas (600 lb/pulg²) a 38 °C (100 °F), o como mínimo al de una brida ISO 7005-1 PN50, con el grado de material correspondiente al de la carcasa de presión.

NOTA1: El 10 por ciento del margen de la presión diferencial intenta adecuar los aumentos de carga (8.1.1.6), velocidad mayores en bombas de velocidad - variable (8.1.1.7) y tolerancia de carga (prueba) (ver numeral 8.3.3.4)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 32 DE 233
---	---------------------------	--

NOTA 2: Para este requisito, las bridas ANSI/ASME B16.5 de la clase 300 son equivalentes a ISO 7005-1 PN50.

NOTA 3: Este inciso proporciona los requisitos mínimos consistentes con diseños que existen en el momento de la publicación. Para diseños futuros, se considera deseable que la presión máxima de trabajo permisible de la carcasa sea el mismo que el de las bridas.

8.1.3.6 En el caso de bombas verticalmente suspendidas, de doble carcasa, de alta velocidad con engranaje integral (tipo OH6) y bombas horizontales de etapas múltiples (con 3 o más etapas) pueden diseñarse al doble de la presión nominal. PEMEX indicará si la sección de succión debe diseñarse a la misma presión máxima de trabajo permisible de la sección de descarga. 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 si dos o más bombas están conectadas a un sistema común de descarga).

8.1.3.7 la carcasa de presión debe diseñarse con una corrosión permisible para cumplir los requisitos del numeral 8.1.1.1. Salvo que se indique lo contrario, el mínimo de corrosión permisible será de 3 mm (0,12 pulg).

El proveedor debe proponer una alternativa de corrosión permisible para su consideración si se emplea un material de construcción con resistencia superior a la corrosión y si resulta ser de menor costo sin afectar la seguridad y confiabilidad.

8.1.3.8 La carcasa interior de bombas de doble carcasa, será diseñada para resistir la máxima presión diferencial ó (350)kPa (50)lb/pulg²) man, la que resulte mayor.

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

- a) Temperatura de bombeo de 200 °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 gravedad específica menor a 0,7 a la temperatura de bombeo especificada.
- c) Cuando un líquido inflamable o tóxico sea bombeado a una presión nominal 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. El éxito de tales usos depende del margen entre la presión de diseño y la presión nominal, la experiencia del fabricante con usos similares, el diseño y la fabricación de la junta de unión, y la capacidad de PEMEX para rehacer correctamente la junta en campo.

8.1.3.10 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, tales como un anillo "O" o uno de tipo arrollado en espiral.

8.1.3.11 Las carcasas apoyadas en la línea de centros de la bomba deben ser utilizadas para todas las bombas horizontales excepto lo permitido en el numeral 8.4.2.1.2.

8.1.3.12 Las superficies de sellado de los anillos "O", incluyendo todas las ranuras y barrenos, deben tener un valor medio de aspereza de superficie máximo (Ra) de 1,6 µm (63 micro-pulgadas) para los Anillos "O" estáticos y 0,8 µm (32 micro-pulgadas) para la superficie contra la cual deslizan los Anillos "O" dinámicos. Los barrenos deben tener un mínimo de 3 mm (0,12 pulg) de radio o un mínimo de 1,5 mm (0,06 pulg) de bisel para los Anillos "O" estáticos y un mínimo de 2 mm (0,08 pulg) de bisel para los Anillos "O" dinámicos. El bisel debe tener un ángulo máximo de 30°.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 33 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.3.13 Se deben suministrar tornillos de nivelación para facilitar el desensamble y reensamble de la carcasa. Cuando se usen tornillos de nivelación como medio de separación de caras en contacto, una de ellas será 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.

8.1.3.14 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.

La tornillería interna será de un material completamente resistente al ataque corrosivo del líquido bombeado.

Se deben suministrar pernos en todas las uniones principales de la carcasa, a menos que los tornillos de casquillo sean aprobados por PEMEX.

8.1.3.15 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.3 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.3.15.1 El espesor de la carcasa de presión, será suficientemente para resistir la presión máxima de descarga más los incrementos permisibles de carga y velocidad (ver numerales 8.1.1.6 y 8.1.1.8), a la temperatura de bombeo y a la presión de prueba hidrostática a temperatura ambiente,

8.1.3.15.2 Las bombas horizontales con temperatura de operación de 150 °C (300°F) o mayores, deben ser del tipo soportada en línea de centro o cerca de la línea de centros para el caso de bombas con carcasa dividida axialmente.

8.1.3.15.3 Las cajas de estoperos deben ser adecuadas para el uso de sellos mecánicos, de acuerdo a lo indicado en el numeral 8.1.8.

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

8.1.3.15.5 La tornillería interior para las bombas cubiertas por esta norma, será de un material resistente al ataque corrosivo del líquido bombeado, de acuerdo a lo indicado en la Tabla G-1 del anexo 12.7 de esta norma de referencia.

8.1.3.15.6 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.

8.1.4 Boquillas y conexiones de las carcasas de presión

8.1.4.1 Tamaños de orificios de la carcasa

8.1.4.1.1 Los orificios para las boquillas y otras conexiones de la carcasa de presión deben ser de tamaños estándar de tubería. No se permiten orificios de los siguientes diámetros nominales: 32, 65, 90, 125, 175 y 225 (NPS 1 1/4, 2 1/2, 3 1/2, 5, 7 y 9).

8.1.4.1.2 Las conexiones diferentes a las boquillas de succión y descarga, deben ser cuando menos de DN 15 (NPS 1/2) para bombas con boquilla de descarga de DN 50 (NPS 2) y menores, y cuando menos de DN 20 (NPS 3/4) para bombas con boquilla de descarga de DN 80 (NPS 3) y mayores, excepto las conexiones para la

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 34 DE 233
---	---------------------------	--

tubería de lavado del sello y de manómetros, que pueden ser de DN 15 NPS, sin importar el tamaño de la bomba.

8.1.4.2 Boquillas de succión y descarga

8.1.4.2.1 Las boquillas de succión y descarga bridadas, excepto aquellas en bombas con carcasa forjada, que pueden ser bridadas o maquinadas y atornilladas. Todas las bombas horizontales de uno y dos pasos y las verticales en línea, deben tener sus bridas de succión diseñadas para la misma presión que las bridas de descarga.

8.1.4.2.2 Las bridas de hierro fundido de cara plana, excepto como se indica en el numeral 8.1.4.2.4 y cumplir los requisitos de dimensiones de la especificación ISO 7005-2 y los requisitos de ASME B16.1 o ASME B16.42 para el acabado. Las bridas de 20 PN (clase 125) deben tener un espesor mínimo igual que el de las bridas de 40 PN (clase 250) para los tamaños de 200 DN (NPS 8) y menores.

8.1.4.2.3 Las bridas que no sean de hierro fundido, deben cumplir los requisitos dimensionales de ISO 7005-1 PN 50, excepto como se indica en el numeral 8.1.4.2.4 y cumplir los requisitos de ASME B16.5 o ASME B16.47 para el acabado.

NOTA: Para este requisito el ASME B16.5 clase 300 y ASME B16.47 clase 300 son equivalentes a ISO 7005-1 PN 50.

8.1.4.2.4 Son aceptables las bridas con mayor espesor o diámetro exterior que lo requerido por ISO (ASME) para cualquier material. Las bridas que no sean estándar (sobredimensionadas) todas sus dimensiones indicados en un dibujo dimensional. Si las bridas sobredimensionadas requieren pernos o tornillos de longitud no estándar, también deben ser indicados en un dibujo dimensional.

8.1.4.2.5 Las bridas deben ser hechas de cara plana o cara realzada y ser diseñadas para empernarse, excepto para carcasas recubiertas.

8.1.4.3 Conexiones auxiliares

8.1.4.3.1 Para líquidos no inflamables y no peligrosos, las conexiones auxiliares a la carcasa de presión pueden ser roscados. 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.

8.1.4.3.2 A menos que se indique lo contrario, las tuberías roscadas de rosca afilada conforme a ISO 7-1. Las aberturas y protuberancias roscadas para tubería deben ser conforme al ASME B16.5.

NOTA: Para este requisito, el ASME B1.20.1 es equivalente a ISO 7-1.

8.1.4.3.3 Si PEMEX especifica conexiones roscadas, éstas deben cilíndricas y cónicas de acuerdo con la especificación ISO 228-1, estar sellados con una junta contenida y la conexión principal debe tener una cara maquinada adecuadamente para contención de la junta (ver Figura 19).

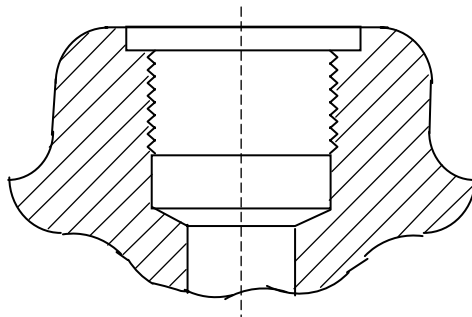


Figura 19.- Maquinado de la cara para retención adecuada de juntas si se usa roscas cilíndricas.

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

8.1.4.3.5 Las conexiones soldadas a la carcasa deben cumplir los requisitos de materiales de la carcasa, incluyendo los valores de impacto, en lugar de los requisitos de la tubería. Todas las conexiones soldadas deben completarse antes de que la carcasa de presión sea probada hidrostáticamente (ver numeral 8.3.3.2).

8.1.4.3.6 Los nipples soldados a la carcasa no deben ser mayores a 150 mm (6 pulg); y ser al menos de cédula 160 sin costura para diámetros iguales o menores a DN 25 (NPS 1) y un mínimo de cédula 80 sin costura para diámetros iguales o mayores a DN 40 (NPS 1 1/2 pulg).

8.1.4.3.7 Las conexiones roscadas en la carcasa que no estén conectadas a la tubería, son permitidas únicamente en las bridas del sello en bombas de materiales clase I-1 e I-2 (ver anexo 12.7), si son suministrados deben tener un tapón sólido de acuerdo con el estándar ASME B16.11 o equivalente. 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. Para las cuerdas cónicas el tapón será sólido de cabeza hexagonal de acuerdo con DIN 910 o equivalente.

8.1.4.3.8 Las conexiones maquinadas y roscadas requieren la aprobación de PEMEX, y conforme a los requerimientos de taladrado y careado de la especificación ISO 7005-1 o ISO 7005-2. Los prisioneros y las tuercas deben ser suministrados. Las primeras 1,5 cuerdas en ambos extremos de cada prisionero deben ser eliminadas.

NOTA: Para los propósitos de este requisito, el ASME B16.1 y ASME B16.5 son equivalentes a ISO 7005-1 y a ISO 7005 - 2, respectivamente.

8.1.4.3.9 Todas las conexiones adecuadas para la presión de la prueba hidrostática de la región de la carcasa a la cual están unidas.

8.1.4.3.10 Todas las bombas deben suministrarse con conexión para venteo a menos que la bomba sea autoventeadora por el arreglo de las boquillas (ver numeral 6.1).

8.1.4.3.11 Todas las conexiones por PEMEX serán accesibles para desensamble sin requerir que la bomba o cualquier pieza importante de la bomba sea movida.

8.1.4.3.12 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.4 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 36 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.4.3.12.1 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.

8.1.4.3.12.2 Las conexiones bridadas a la carcasa serán de material compatible con la misma.

8.1.5 Fuerzas y momentos externos en boquillas.

8.1.5.1 Las bombas horizontales y sus bases y las bombas verticalmente suspendidas, de acero o de aleaciones de acero, deben diseñarse para operar satisfactoriamente si son sometidas a las fuerzas y momentos de la Tabla 5. Para bombas horizontales, se debe considerar el doble de las cargas: esfuerzos y deformaciones desarrollados en la carcasa (ver numerales 8.1.3.3 y 8.1.3.4) y desplazamiento de las flechas (ver numeral 8.2.3.5).

8.1.5.2 Las fuerzas y momentos permisibles para las bombas verticales en línea serán dos veces los valores en la Tabla 5 para boquillas laterales.

8.1.5.3 Para carcasas de bombas construidas de materiales diferentes al acero o aleaciones de acero o para bombas con boquillas mayores que DN 400 (NPS 16), el proveedor debe enviar para aprobación las cargas correspondientes con el formato de la Tabla 5.

8.1.5.4 El sistema (s) de coordenadas mostrado en la Figura 20 será utilizado para aplicar las fuerzas y momentos de la Tabla 5.

8.1.5.5 El anexo F de la norma ISO 13709:2003 proporciona métodos de calificación de cargas en exceso de boquillas a los de la Tabla 5. Estos métodos pueden ser utilizados previa aprobación de PEMEX. Para la aprobación se requiere que el proveedor indique el grado de desalineación que ocurrirá usando las cargas de la Tabla 5.

8.1.5.6 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.5 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.5.6.1 Estos requerimientos aplican a bombas con boquillas de succión de DN 400 (NPS 16 pulg) y menores, con carcasas construidas de acero o acero aleado. Las fuerzas y momentos dados en la Tabla 5 (ver fig. 20) son consideradas como cargas mínimas y serán 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.

8.1.5.6.2 Las carcasas de las bombas horizontales deben ser capaces de soportar el doble de fuerzas y momentos indicados en la Tabla 5, aplicados 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.

8.1.5.6.3 Para las bombas incluidas en los incisos a, b y c del capítulo 2 de esta norma de referencia se requiere que la bomba, la base y el pedestal que soporta el ensamble sean adecuados para limitar el desplazamiento de la flecha medido en el cople en la bomba instalada, a un máximo de 127 micrometro (0,005 pulg) en cualquier dirección, cuando está sujeta a las fuerzas y momentos de la Tabla 5. 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 5. Cuando las cargas en una o

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 37 DE 233
---	---------------------------	--

más direcciones son significativamente menores que las de la Tabla 5, PEMEX puede requerir y el proveedor debe notificar, los incrementos de cargas, en las otras direcciones, que satisfacen el criterio anterior.

8.1.5.6.4 Los puntos anteriores y las fuerzas y momentos indicados en la Tabla 5 son criterios para el diseño de la bomba. Para determinar las cargas permitidas de tuberías en una instalación específica, refiérase al anexo 12.6.

8.1.5.6.5 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 serán adecuadas para limitar el desplazamiento de la flecha (medido en el cople, sobre la bomba instalada) a un máximo de 127 micrometros (0,005 pulg) en cualquier dirección, cuando dicha bomba se sujeta al doble de las fuerzas y momentos descritos en el numeral 8.1.5.6.3

8.1.5.6.6 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 los numerales 8.1.5.6.3 y 8.1.5.6.5.

8.1.6 Rotores.

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

8.1.6.2 Para las aplicaciones del inciso d del capítulo 2 de esta norma de referencia los impulsores semi abiertos pueden usarse en bombas verticales y los impulsores abiertos en bombas de flujo axial tipo propela o bombas de descarga separada (sumidero).

8.1.6.3 Los impulsores deben asegurarse a la flecha de la bomba y sujetarlos contra movimiento circunferencial por medio de cuñas y candados tipo reten bipartidos para evitar que tengan movimiento axial, 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 voladizo 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.

FUERZA Y MOMENTO		DIAMETRO NOMINAL DE BOQUILLAS BRIDADAS mm / (pulg)									
		≤ 50 / ≤ (2)	80 / (3)	100 / (4)	150 / (6)	200 / (8)	250 / (10)	300 / (12)	350 / (14)	400 / (16)	
Fuerzas N (lbf)											
Cada boquillas superior											
F _x	710 (160)	1070 (240)	1420 (320)	2490 (560)	3780 (850)	5340 (1200)	6670 (1500)	7120 (1600)	8450 (1900)		
F _y	580 (130)	890 (200)	1160 (260)	2050 (460)	3110 (700)	4450 (1000)	5340 (1200)	5780 (1300)	6670 (1500)		
F _z	890 (200)	1330 (300)	1780 (400)	3110 (700)	4890 (1100)	6670 (1500)	8000 (1800)	8900 (2000)	10230 (2300)		
F _R	1280 (290)	1930 (430)	2560 (570)	4480 (1010)	6920 (1560)	9630 (2200)	11700 (2600)	12780 (2900)	14850 (3300)		
Cada boquillas lateral											
F _x	710 (160)	1070 (240)	1420 (320)	2490 (560)	3780 (850)	5340 (1200)	6670 (1500)	7120 (1600)	8450 (1900)		
F _y	890 (200)	1330 (300)	1780 (400)	3110 (700)	4890 (1100)	6670 (1500)	8000 (1800)	8900 (2000)	10230 (2300)		
F _z	580 (130)	890 (200)	1160 (260)	2050 (460)	3110 (700)	4450 (1000)	5340 (1200)	5780 (1300)	6670 (1500)		
F _R	1280 (290)	1930 (430)	2560 (570)	4480 (1010)	6920 (1560)	9630 (2200)	11700 (2600)	12780 (2900)	14850 (3300)		
Cada boquilla en el extremo											
F _x	890 (200)	1330 (300)	1780 (400)	3110 (700)	4890 (1100)	6670 (1500)	8000 (1800)	8900 (2000)	10230 (2300)		
F _y	710 (160)	1070 (240)	1420 (320)	2490 (560)	3780 (850)	5340 (1200)	6670 (1500)	7120 (1600)	8450 (1900)		
F _z	580 (130)	890 (200)	1160 (260)	2050 (460)	3110 (700)	4450 (1000)	5340 (1200)	5780 (1300)	6670 (1500)		
F _R	1280 (290)	1930 (430)	2560 (570)	4480 (1010)	6920 (1560)	9630 (2200)	11700 (2600)	12780 (2900)	14850 (3300)		
Momentos N.m (lbf-pie)											
Cada boquilla											
M _x	460 (340)	950 (700)	1330 (980)	2300 (1700)	3530 (2600)	5020 (3700)	6100 (4500)	6370 (4700)	7320 (5400)		
M _y	230 (170)	470 (350)	680 (500)	1180 (870)	1760 (1300)	2440 (1800)	2980 (2200)	3120 (2300)	3660 (2700)		
M _z	350 (260)	720 (530)	1000 (740)	1760 (1300)	2580 (1900)	3800 (2800)	4610 (3400)	4750 (3500)	5420 (4000)		
M _R	620 (460)	1280 (950)	1800 (1330)	3130 (2310)	4710 (3500)	6750 (5000)	8210 (6100)	8540 (6300)	9820 (7200)		

Notas:

1. Para orientación de cargas en boquillas ver la Figura 19, incisos a) al e).
2. Cada valor mostrado en la tabla indica el valor absoluto, es decir, el rango desde su valor negativo hasta su valor positivo: por ejemplo 160 indica un rango desde -60 hasta + 60.

Tabla 5.- Cargas en boquillas.

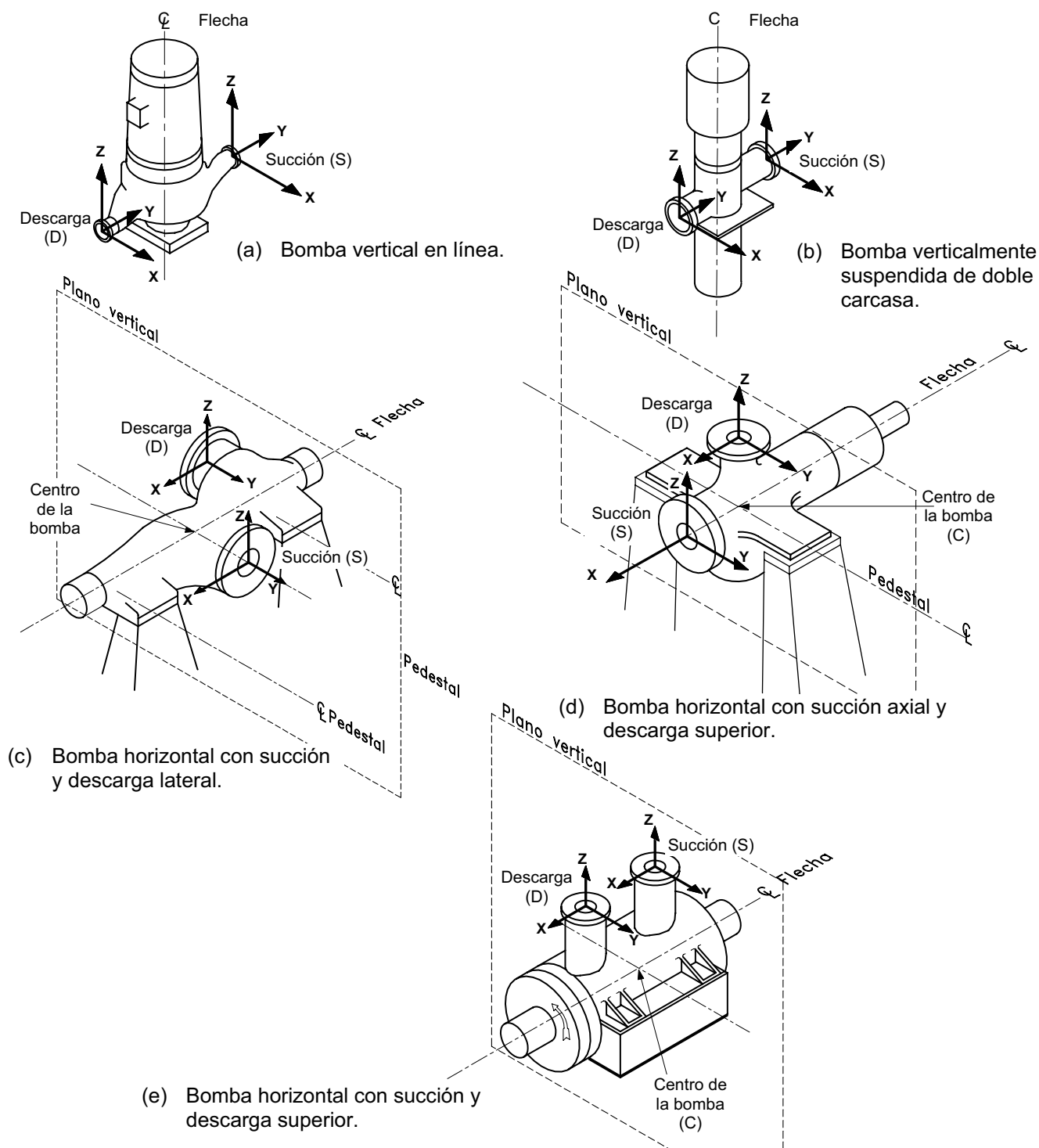


Figura 20.- Sistema de coordenadas para fuerzas y momentos de la Tabla 5.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 40 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.6.4 Los impulsores deben ser 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 540 °C (1 000°F) para carcasas de bombas de acero fundido.

NOTA: El requerimiento de llenar el hueco del cubo del impulsor es para reducir al mínimo el peligro al personal si y cuando los impulsores son quitados por calentamiento.

8.1.6.5 Para flechas que requieran que los empaques de las mangas pasen sobre roscas, el diámetro exterior de las roscas será por lo menos 1,59 mm (0,06 pulg) menor que el diámetro interior del empaque y el diámetro de transición debe tener un chaflán de acuerdo con el numeral 8.1.3.12.

8.1.6.6 El ajuste (s) para flechas y mangas de sello será H6/G7 de acuerdo con ISO 286 (todas sus partes).

8.1.6.7 Las áreas de flechas (extremos laterales, áreas centrales, entre otros) que son susceptibles de daños por tornillos de presión deben asentarse o relevarse para facilitar la extracción de mangas o de otros componentes.

8.1.6.8 Las flechas deben maquinarse, rectificarse y tener un acabado a lo largo de su longitud para que la excentricidad total indicada (TIR por sus siglas en ingles) no sea mayor que 25 µm (0,001 pulg).

8.1.6.9 Para tener un empackado 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 50 micrometro (0,002 pulg) en la cara de la caja del estopero o en la cara primaria del sello. La rigidez requerida de la flecha puede obtenerse por una combinación del diámetro de la flecha, la longitud libre de la flecha y el diseño de la carcasa (incluyendo el uso de volutas duales o difusores). Para las bombas multi etapas, los efectos de rigidez del fluido deben ser considerados y los cálculos deben ser realizados para una y dos veces los claros nominales de diseño. La rigidez del fluido en cojinetes y bujes de cojinete lubricados serán calculadas en una y dos veces los claros nominales de diseño.

8.1.6.10 Si se suministran probetas de vibración del tipo no contacto de acuerdo con el numeral 8.2.4.2.2, las áreas a ser observadas por las probetas de vibración radial, deben ser concéntricas con los muñones de la flecha, además las áreas (para ambas vibracion radial y posición axial) deben de:

- a) Estar libres de marcas y grabados o de cualquier otra discontinuidad superficial, tal como un agujero de aceite o un cuñero, por una distancia mínima equivalente a un diámetro de la punta de la probeta en cada lado de la probeta,
- b) No ser metalizadas, encamisadas o recubiertas de materiales que presentan características eléctricas diferentes,
- c) Tener un acabado superficial final de 0,8 µm (32 micro pulgadas) *Ra* o más liso, preferiblemente obtenido por pulido o bruñido,
- d) Estar correctamente desmagnetizadas a los niveles especificados en el API 670 o equivalente, o tratadas de otra manera de modo que el mal acabado, total eléctrica y mecánica combinado no exceda a lo siguiente:
 - 1) Para las áreas que serán observadas por probetas de vibración radiales, el 25 por ciento de la amplitud de vibración permitida pico a pico de 6 µm (250 micro pulgada), la que sea mayor;

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 41 DE 233
---	---------------------------	--

2) Para las áreas que serán observadas por probetas de posición axiales, 13 µm (500 micro pulgada).

8.1.6.11 Si la flecha se hace de material que presenta características eléctricas inconsistentes, las áreas de censado de la flecha se pueden hacer con mangas o anillos de señal montadas en caliente a la flecha. Los anillos de señal deben tener acabados de acuerdo con el numeral 8.1.6.10. El uso de los anillos de señal requiere la aprobación de PEMEX.

Los materiales conocidos que presentan características eléctricas inconsistentes son las aleaciones con altos contenidos de cromo, tales como 17-4 PH, acero inoxidable duplex y ASTM A 479 grado XM-19.

8.1.6.12 Si se especifica que las bombas deben tener provisiones para el montaje de probetas de vibración del tipo no contacto (ver numeral 8.2.4.2.2), la flecha debe prepararse de acuerdo con los requisitos del numeral 8.1.6.10 y del estándar API 670 o equivalente.

8.1.6.13 Si las bombas son suministradas con probetas de vibración del tipo no contacto, los registros exactos de excentricidad eléctrica y mecánica para cada localización de la probeta en los 360°, deben ser incluidos en el informe de la prueba mecánica.

8.1.6.14 Todos los cuñeros de la flecha deben tener bordes redondeados conforme al ASME B17.1 o equivalente.

NOTA: Este requisito aplica a todos los cuñeros de la flecha y a los del cople.

8.1.6.15 El rotor de las bombas de una y dos etapas deben ser diseñados para que su primera velocidad crítica seca sea de al menos 20 por ciento por arriba de la velocidad máxima continua de operación de la bomba.

8.1.6.16 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.6 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.6.16.1 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.

8.1.6.16.2 Las flechas deben ser de diámetro suficiente para transmitir el máximo par de torsión requerido bajo cualquier condición de operación. Considerando el 105 por ciento 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.

8.1.6.16.3 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.

8.1.6.16.4 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 42 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.6.16.5 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 μm (0,001 pulg). En el ensamble de manga-flecha, la excentricidad total indicada ("run out") no será mayor de 51 μm (0,002 pulg), para diámetros nominales entre 51 y 101 mm (2 y 4 pulg), de 80 μm (0,003 pulg) y de 100 μm (0,004 pulg) para diámetros mayores de 101 mm (4 pulg).

8.1.6.16.6 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).

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

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

8.1.6.16.9 La flecha de bombas verticales en la sección de impulsores será 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.

8.1.6.16.10 Para bombas horizontales de pasos múltiples (más de tres pasos), la rigidez de la flecha será el doble de la especificada en el numeral 8.1.6.9.

8.1.7 Anillos de desgaste y claros.

8.1.7.1 Se deben suministrar anillos de desgaste reemplazables en las carcasas y los impulsores de las bombas. Si el balance del empuje axial lo requiere, deben suministrarse anillos de desgastes frontales y posteriores. No deben usarse paletas de bombeo para establecer el balance axial. Los claros de operación radiales, deben ser utilizados para limitar las fugas internas y, donde sea necesario, el balance del empuje axial.

8.1.7.2 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.

8.1.7.3 Los anillos de desgaste reemplazables de las bombas de proceso y, si son utilizados en las bombas de servicios auxiliares, deben fijarse en su posición por medio de ajuste a presión y con prisioneros roscados, seguros (axiales o radiales). Otros métodos de fijación deben aprobarse por PEMEX. El diámetro de un agujero en un anillo de desgaste para un perno radial o un pasador roscado no será mayor que la mitad del ancho del anillo de desgaste.

8.1.7.4 Claros entre elementos en rotación.

Los claros de operación deben cubrir los siguientes requisitos.

- a) Cuando se establezcan claros de operación entre anillos de desgaste y otras partes en rotación, deben proporcionarse las consideraciones de las temperaturas de bombeo, condiciones de succión, las características del fluido bombeado, las características de dilatación y expansión térmica, las características oxidantes de los materiales y eficiencia hidráulica de la bomba. Los claros deben ser suficientes para asegurar la confiabilidad de operación y libre rotación bajo todas las condiciones de operación especificadas.

- b) Para hierro fundido, bronce, acero inoxidable martensítico endurecido y materiales con baja tendencia a pegarse, se deben utilizar los claros mínimos establecidos en la Tabla 6. Para los materiales con tendencias a pegarse más altas y para todos los materiales que operen a temperaturas mayores de 260 °C (°F 500), debe agregarse 125 µm (0,005 pulg) a los claros diametrales indicados en la Tabla 6.
- c) Para anillos de desgaste de materiales no metálicos con muy baja o ninguna tendencias a pegarse (ver anexo 12.8, Tabla H.4), el proveedor puede proponer para aprobación de PEMEX, claros menores que los dados en la Tabla 6, siempre y cuando que sean considerados factores tales como distorsión y gradientes térmicos, para asegurar que los claros son suficientes para asegurar una operación segura y confiable bajo todas las condiciones de operación especificadas.

DIAMETRO DEL ELEMENTO EN EL LUGAR DEL CLARO mm	CLARO DIAMETRAL MÍNIMO mm	DIAMETRO DEL ELEMENTO EN EL LUGAR DEL CLARO pulg	CLARO DIAMETRAL MÍNIMO pulg
<50,0	0,25	< 2,000	0,010
50,0 a 64,99	0,28	2,000 a 2,499	0,011
65,0 a 79,99	0,30	2,500 a 2,999	0,012
80,0 a 89,99	0,33	3,000 a 3,499	0,013
90,0 a 99,99	0,35	3,500 a 3,999	0,014
100,0 a 114,99	0,38	4,000 a 4,499	0,015
115,0 a 124,99	0,40	4,500 a 4,999	0,016
125,0 a 149,99	0,43	5,000 a 5,999	0,017
150,0 a 174,99	0,45	6,000 a 6,999	0,018
175,0 a 199,99	0,48	7,000 a 7,999	0,019
200,0 a 224,99	0,50	8,000 a 8,999	0,020
225,0 a 249,99	0,53	9,000 a 9,999	0,021
250,0 a 274,99	0,55	10,000 a 10,999	0,022
275,0 a 299,99	0,58	11,000 a 11,999	0,023
300,0 a 324,99	0,60	12,000 a 12,999	0,024
325,0 a 349,99	0,63	13,000 a 13,999	0,025
350,0 a 374,99	0,65	14,000 a 14,999	0,026
375,0 a 399,99	0,68	15,000 a 15,999	0,027
400,0 a 424,99	0,70	16,000 a 16,999	0,028
425,0 a 449,99	0,73	17,000 a 17,999	0,029
450,0 a 474,99	0,75	18,000 a 18,999	0,030
475,0 a 499,99	0,78	19,000 a 19,999	0,031
500,0 a 524,99	0,80	20,000 a 20,999	0,032
525,0 a 549,99	0,83	21,000 a 21,999	0,033
550,0 a 574,99	0,85	22,000 a 22,999	0,034
575,0 a 599,99	0,88	23,000 a 23,999	0,035
600,0 a 624,99	0,90	24,000 a 24,999	0,036
625,0 a 649,99	0,95	25,000 a 25,999	0,037

Nota: Para diámetros mayores a 649,99 mm (25,999 pulg) el claro diametral mínimo será 0,095 mm (0,037 pulg) más 1 µm por cada milímetro adicional de diámetro (0,001 pulg por cada pulgada adicional).

Tabla 6.- Claros mínimos entre elementos en rotación.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 44 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.7.5 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.7 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

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

8.1.7.5.2 Para bombas verticales, los claros entre elementos en rotación especificados en el numeral 8.1.7.4 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.

8.1.8 Sellos mecánicos para flechas.

8.1.8.1 Las bombas se deben suministrar con sistemas de sellado de acuerdo con ISO 21049, incluyendo las dimensiones de alojamiento entre la bomba y el sello (ver Tabla 7 y Figura 21). PEMEX especificará la categoría del sello requerido en las hojas de datos de bombas y de sellos.

NOTA: Para el propósito de este requisito, el API 682, 3ª edición, es equivalente a ISO 21049.

8.1.8.2 El sello tipo cartucho sera reemplazable sin mover el accionador.

8.1.8.3 La cámara del sello debe cumplir con las dimensiones mostradas en la Figura 21 y la Tabla 7. Para las bombas con bridas y presiones nominales superiores a los valores mínimos del numeral 8.1.3.5, el tamaño del prisionero y el círculo de la brida del sello pueden aumentar. Deben suministrarse prisioneros más grandes si se requieren para cubrir los requisitos de esfuerzos del numeral 8.1.3.4 o para comprimir suficientemente las juntas en espiral de acuerdo con especificaciones del fabricante.

8.1.8.4 Deben hacerse las provisiones para centrar la brida y/o la cámara del sello con registro del ajuste del diámetro interior o exterior. La superficie de ajuste registrada será concéntrica a la flecha y tendrá una excentricidad total indicada no mayor que 125 μm (0,005 pulg). El uso de los pernos de la brida del sello para centrar los componentes del sello mecánico no es aceptable (ver anexo 12.11).

8.1.8.5 La excentricidad de la cara de la cámara del sello (TIR) no debe exceder 0,5 $\mu\text{m/mm}$ (0,0005 pulg/pulg) del barrenado de la cámara del sello (ver anexo 12.11).

8.1.8.6 Las conexiones especificadas del sello y de la bomba deben estar identificadas por símbolos marcados permanentemente en el componente (tal como estampado, fundición, o grabado químico). Los símbolos deben estar de acuerdo con lo especificado en ISO 21049.

8.1.8.7 Las bridas y cámaras del sello deben tener provisiones solamente para las conexiones requeridas por el plan de lavado del sello. Si se especifican conexiones adicionales que no serán utilizadas, deben estar tapadas de acuerdo con el numeral 8.1.4.3.7.

8.1.8.8 Deben hacerse las provisiones necesarias para asegurar el venteo completo de la cámara del sello.

8.1.8.9 Si se especifica, se deben proporcionar chaquetas en las cámaras del sello para calentamiento. Los requisitos de calefacción para productos de punto de fusión elevado, deben ser convenidos entre PEMEX, el proveedor de la bomba y el proveedor del sello mecánico.

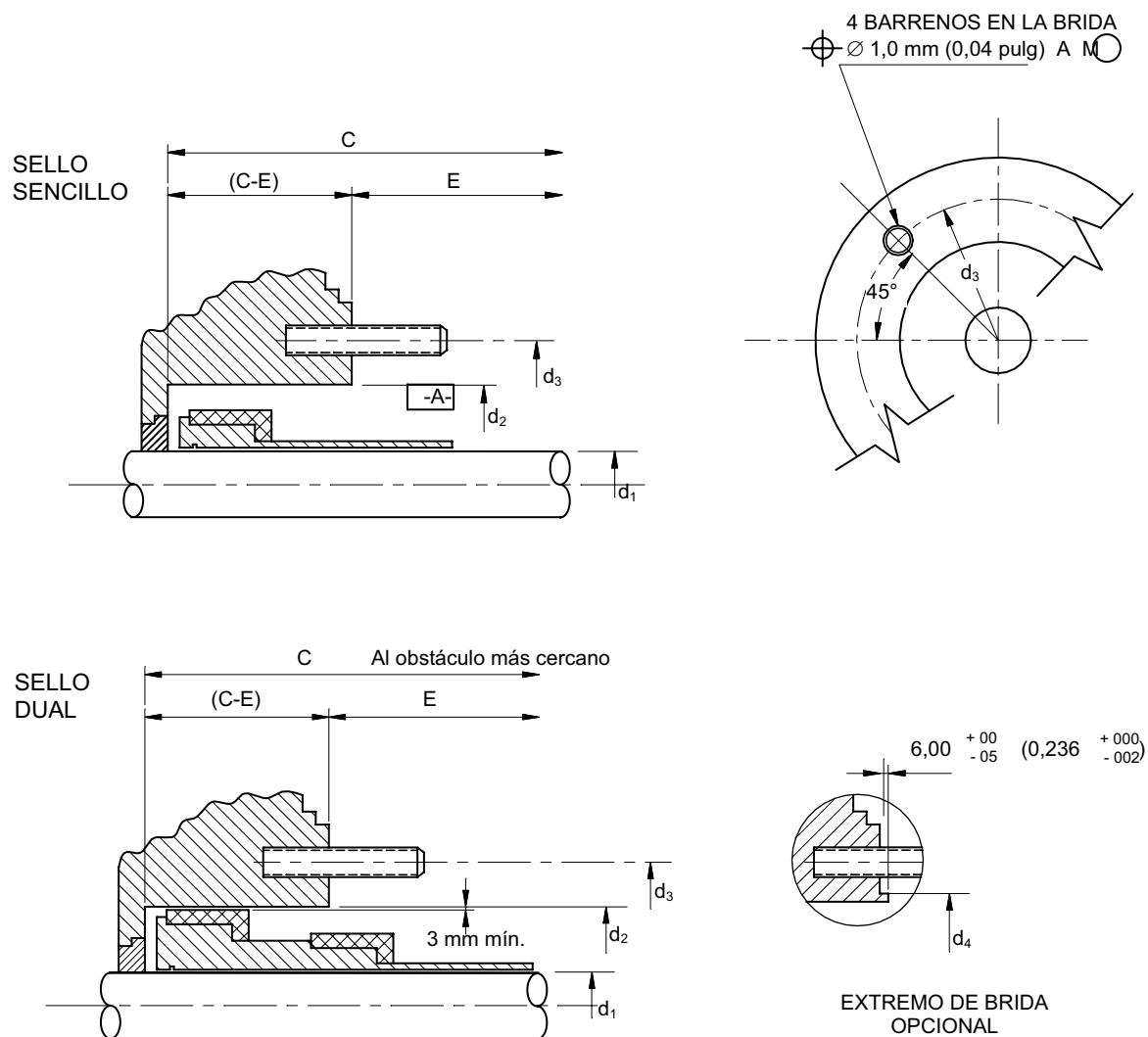


Figura 21.- Dimensiones estándar para cámaras y mangas de sellos mecánicos.

Tamaño de cámara de sellos	Diámetro máximo de la flecha ^a (d ₁) mm (pulg)	Diámetro del hueco de la cámara de sellos ^b (d ₂) mm (pulg)	Diámetro a línea de centro de los barrenos (d ₃) mm (pulg)	Diámetro externo de la brida ^c (d ₄) mm (pulg)	Longitud total mínima ^d (C) mm (pulg)	Longitud del claro mínima ^d (E) mm (pulg)	Tamaño del espárrago mm (pulg)
1	20 (0,787)	70 (2,756)	105 (4,13)	85 (3,346)	150 (5,90)	100 (3,94)	M12 x 1,75 (1/2" – 13)
2	30 (1,181)	80 (3,150)	115 (4,53)	95 (3,740)	155 (6,10)	100 (3,94)	M12 x 1,75 (1/2" – 13)
3	40 (1,575)	90 (3,543)	125 (4,92)	105 (4,134)	160 (6,30)	100 (3,94)	M12 x 1,75 (1/2" – 13)
4	50 (1,968)	100 (3,937)	140 (5,51)	115 (4,528)	165 (6,50)	110 (4,33)	M16 x 2,0 (5/8" – 11)
5	60 (2,362)	120 (4,724)	160 (6,30)	135 (5,315)	170 (6,69)	110 (4,33)	M16 x 2,0 (5/8" – 11)
6	70 (2,756)	130 (5,118)	170 (6,69)	145 (5,709)	175 (6,89)	110 (4,33)	M16 x 2,0 (5/8" – 11)
7	80 (3,150)	140 (5,512)	180 (7,09)	155 (6,102)	180 (7,09)	110 (4,33)	M16 x 2,0 (5/8" – 11)
8	90 (3,543)	160 (6,299)	205 (8,07)	175 (6,890)	185 (7,28)	120 (4,72)	M20 x 2,5 (3/4" – 10)
9	100 (3,937)	170 (6,693)	215 (8,46)	185 (7,283)	190 (7,48)	120 (4,72)	M20 x 2,5 (3/4" – 10)
10	110 (4,331)	180 (7,087)	225 (8,86)	195 (7,677)	195 (7,68)	120 (4,72)	M20 x 2,5 (3/4" – 10)
Notas: a. Dimensiones para tolerancias clase h6. b. Dimensiones para tolerancias clase grado H7; para bombas divididas axialmente se debe dar una tolerancia adicional para el espesor del empaque de $\pm 75 \mu\text{m}$ (0,003 pulg). c. Dimensiones para tolerancias clase f7. d. Para cumplir con los criterios de deflexión de la flecha, las dimensiones (C) y (E) para los tamaños 1 y 2 cajas de estoperos pueden tener valores inferiores a los mostrados dependiendo de la construcción de la bomba y del diseño de la carcasa.							

Tabla 7. Dimensiones estándar para cámaras, bridas y mangas de sellos mecánicos tipo cartucho.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 47 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.8.10 Los sellos mecánicos y sus bridas para todas las bombas, excepto las bombas verticalmente suspendidas embarcadas sin los accionadores montados, deben instalarse en la bomba antes del envío y deben estar limpios y listos para el servicio inicial. Si los sellos requieren el ajuste o su instalación final en campo, el proveedor debe remachar una etiqueta de advertencia de metal de este requisito.

8.1.8.11 El empalme de unión entre la brida del sello y la cara de la cámara del sello debe incorporar una junta confinada para prevenir el escape. La junta será del tipo compresión controlado, por ejemplo un anillo “O” o una junta de la espiral, con un contacto común metal a metal. Si los límites del espacio o de cálculo hacen este requisito impráctico, un diseño alternativo de la brida del sello será sometido al comprador para la aprobación.

8.1.8.12 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.8 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.8.12.1 A menos que se indique otra cosa en las hojas de datos, todas las bombas que manejen productos peligrosos, inflamables o tóxicos, tales como petróleo crudo y los condensados derivados del gas asociado deben suministrarse con sellos duales.

8.1.8.12.2 Cuando el proveedor suministre sistemas de tuberías para los sistemas de sellado, se debe indicar claramente cuáles y cómo deben ser conectados. Las conexiones que no sean utilizadas también deben ser indicadas.

8.1.8.12.3 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.

8.1.8.12.4 Los sellos mecánicos contruidos internamente (“Built-in”) no son aceptables.

8.1.8.12.5 Cuando PEMEX especifique sellos especiales o cuando se especifiquen bombas para servicios auxiliares o intermitentes (ver capítulo 2, inciso d del alcance de esta norma de referencia) con sellos que no requieren el cumplimiento con la norma ISO 21049, se deben aplicar los numerales 8.1.8.12.6 al 8.1.8.12.21.

Cuando PEMEX indique el requerimiento de empaquetaduras, éstas deben ser libres de asbesto y se deben suministrar de acuerdo al numeral 8.1.8.12.22.

8.1.8.12.6 La bomba será suministrada con sello mecánico, preferentemente del tipo cartucho. El sello bipartido puede ser suministrado a solicitud de PEMEX cuando se indique en la hoja de datos. Los sellos deben diseñarse para ser removidos sin desmontar el accionador.

8.1.8.12.7 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 numeral 6.33, 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, entre otros.

8.1.8.12.8 Los materiales para sellos deben suministrarse de acuerdo con el anexo 12.16. Las caras de los sellos y empaques se deben codificar de acuerdo a las Tablas P-1, P-2 y P-3.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 48 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.8.12.9 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 el extremo lado proceso.
- c) Extenderse más allá de la cara exterior de la brida del 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 μm (0,001-0,003 pulg), pero varía en función del diámetro.

8.1.8.12.10 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 o ranuras para birlos, excepto en cajas axialmente divididas. Se deben prever 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. 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 equivalente, excepto que no se deben usar menos de cuatro pernos.

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

8.1.8.12.12 Las conexiones en la brida del sello deben ser identificadas con letras grabadas de forma permanente de acuerdo a la Tabla 8. Cuando se especifique lavado a brida (Quench) con vapor, la conexión de entrada debe localizarse preferentemente 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.

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

8.1.8.12.14 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 12.17, 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 numeral 8.2.5.2. 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 el 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 ciento por arriba de la presión de vapor del fluido a la temperatura del fluido en la cámara de sello.

8.1.8.12.15 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).

8.1.8.12.16 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 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 serán mayor de 0,635 mm (0,025 pulg). Bujes de estrangulamiento de tipo flotante son permitidos con claros más cerrados.

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

Tabla 8. Símbolos para conexiones de bomba y brida.

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

8.1.8.12.18 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.

8.1.8.12.19 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 50 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.8.12.20 La brida del sello y/o la cara de unión de la caja de estoperos debe incorporar un empaque para evitar fugas. El empaque será 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.

8.1.8.12.21 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.

8.1.8.12.22 Cajas de estoperos para empaque convencional.

- a) Los empaques deben ser libres de asbesto y se deben especificar para servicios no inflamables y no peligrosos.
- b) 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.
- c) Deben 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.
- d) 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.
- e) El empaque de la bomba, si es suministrado por el proveedor de la bomba, el cual será empacado por separado para instalarlo en campo.
- f) Cuando la caja de estoperos de una bomba vertical está sujeta a la presión de descarga y se use una línea de balanceo, ésta de acuerdo será por medio de una tubería interna en lugar de externa.
- g) Se debe suministrar un drenaje en las bombas verticales para que el líquido no se acumule en la pieza que soporta el accionador.

8.1.9 Dinámica.

8.1.9.1 Generalidades.

Los temas de velocidad crítica y análisis lateral están cubiertos en los párrafos que trata con cada tipo específico de bomba.

8.1.9.2 Análisis torsional.

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

- a) Motor eléctrico o turbina, con caja de engranes de 1500 kW (2000 HP) nominales o mayores.
- b) Motor de combustión interna de 250 kW (335 HP) nominal o mayores.
- c) Motores sincronicos de 500 kW (670 HP) nominales o mayores.
- d) Motor eléctrico de frecuencia variable de 1000 kW (1350 HP) nominales o mayores.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 51 DE 233
---	---------------------------	--

El análisis debe considerar todo el conjunto, a menos que se tenga un mecanismo de acoplamiento dinámico débil, por ejemplo un cople hidráulico o convertidor de torque.

8.1.9.2.2 Para los correspondientes accionadores listados en el numeral 8.1.9.2.1, se debe evaluar la excitación a las frecuencias siguientes:

- a) Tren con caja(s) de engrane(s): 1 x r/min y 2 x r/min de cada flecha;
- b) Máquina accionadora: n x r/min;
- c) Motor síncrono: n x frecuencia de deslizamiento, 1 x frecuencia de línea y 2 x frecuencia de línea;
- d) Accionador de frecuencia variable: n x r/min, 1 x frecuencia de línea y 2 x frecuencia de línea

Donde:

r/min es la velocidad del rotor, expresado en revoluciones por minuto;

n es un número entero determinado por el fabricante del accionador;

- Para motores de combustión: derivado del número de emboladas por revolución;

- Para motores eléctricos: derivado del número de polos.

Las frecuencias de excitación para los motores, incisos c) y d), incluyen condiciones transitorias y estado estacionario.

8.1.9.2.3 Las frecuencias torsionales naturales del tren completo (conjunto), deben estar alejadas al menos entre ± 10 por ciento de cualquier frecuencia de excitación en el intervalo de velocidades de operación especificadas (desde la mínima hasta la velocidad máxima continua).

8.1.9.2.4 Si las resonancias torsionales calculadas caen dentro del margen especificado en el numeral 8.1.9.2.3 (y el proveedor demuestra que ha agotado todos los esfuerzos por evitar la resonancia), el proveedor debe realizar un análisis de esfuerzos para demostrar que las resonancias no tienen ningún efecto nocivo en el tren completo. Las suposiciones hechas en este análisis con respecto a la magnitud de la excitación y el grado de amortiguamiento se deben indicar claramente. Los criterios de la aceptación para este análisis deben ser aprobados por PEMEX.

8.1.9.2.5 Si el análisis torsional se lleva a cabo, el proveedor debe suministrar un diagrama de Campbell para información.

8.1.9.2.6 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 del sistema masa resorte.
- c) Tabla con el momento másico y la rigidez torsional de cada elemento del sistema masa resorte.
- d) Diagrama de Campbell.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 52 DE 233
---	---------------------------	--

- e) Diagrama de las formas modales con los esfuerzos pico mostrados para cada frecuencia resonante (si se realiza el análisis de esfuerzos).

8.1.9.3 Vibración.

8.1.9.3.1 La vibración de la bomba centrífuga varía con el flujo, siendo generalmente mínima en la vecindad del punto del flujo de mejor eficiencia y se incrementa cuando el flujo se aumenta o se disminuye. El cambio en vibración con la variación del flujo desde el punto de mejor eficiencia, depende de la densidad de energía de la bomba, de su velocidad específica y de su velocidad específica de succión. El cambio en vibración generalmente aumenta con el aumento de la densidad de energía, una velocidad específica más alta, y una velocidad específica de succión más alta.

Con estas características generales, el rango de operación del flujo de una bomba centrífuga se puede dividir en dos regiones, una llamada región de operación de mejor eficiencia o preferida, sobre la cual la bomba presenta baja vibración, y la otra llamada región de operación permisible, con sus límites definidos como las capacidades en las cuales la vibración de la bomba alcanza un nivel alto pero "aceptable". La Figura 22 ilustra los conceptos. Otros factores diferentes a la vibración, como por ejemplo, aumento de temperatura con disminución del flujo o NPSHR con aumento del flujo, pueden establecer una región de operación permisible más estrecha. Ver también el numeral 8.1.1.14.

La región de operación permisible de flujo de la bomba debe indicarse en la propuesta del proveedor mediante una curva de flujo contra vibración. Si la región de operación permisible es limitada por otro factor que no sea el de vibración, debe también ser indicado en la propuesta.

8.1.9.3.2 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 en los puntos que se indican a continuación:

- a) En los alojamientos de cojinetes o localizaciones equivalentes, para todas las bombas en las posiciones mostradas en las Figuras 23 y 24.
- b) En la flecha de las bombas con chumaceras hidrodinámicas suministradas con probetas de proximidad, en una posición adyacente al cojinete. No se aceptan mediciones realizadas con barra de flecha.

8.1.9.3.3 Los espectros FFT debe incluir un intervalo de frecuencia desde 5 Hz hasta 2Z veces la velocidad de giro, (donde Z es el número de álabes del impulsor). En bombas multietapas con diferentes impulsores, Z será el número más alto de álabes en cualquier etapa). Los espectros de vibraciones deben ser incluidos con los resultados de las pruebas de las bombas.

NOTA: Las frecuencias discretas 1,0, 2,0, y Z veces la velocidad de operación son asociados con varios fenómenos de la bomba, y por lo tanto son de interés particular en los espectros.

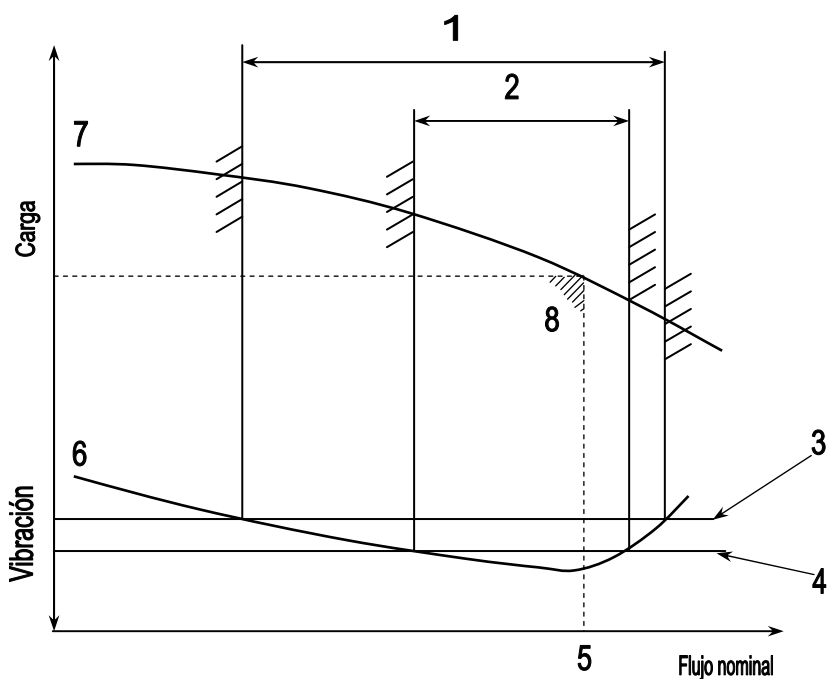
8.1.9.3.4 Las medidas de vibración totales del alojamiento de cojinetes deben hacerse en velocidad de vibración rms (raíz medida cuadrática), en milímetros por segundo (pulgadas por segundo).

8.1.9.3.5 Las medidas de vibración de la flecha deben hacerse en desplazamiento pico a pico, en micrometro (milésimas de pulgada).

8.1.9.3.6 Las mediciones de vibración durante la prueba no deben exceder los valores mostrados en las Tablas 9 y 10. La Tabla 9 debe usarse para bombas con impulsor en voladizo y bombas montadas entre baleros y, la Tabla 10 para bombas verticalmente suspendidas. Las bombas suministradas con probetas de proximidad deben cubrir los requisitos de límites de vibración para los alojamientos de cojinetes y de flechas.

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

8.1.9.3.8 Las bombas de velocidad variable deben operar dentro de su intervalo de velocidades especificadas sin exceder los límites de vibración indicados en esta norma de referencia.



Clave

- 1 Región de operación permisible de flujo
- 2 Región de operación preferida de flujo
- 3 Límite máximo de vibración permitida a flujos límites
- 4 Límite básico de vibración
- 5 Punto de mayor eficiencia, flujo nominal
- 6 Curva típica de vibración contra flujo que muestra la vibración máxima permitida
- 7 Curva de carga – flujo nominal
- 8 Punto de mayor eficiencia, carga y flujo nominal

Figura 22. Relación entre flujo y vibración

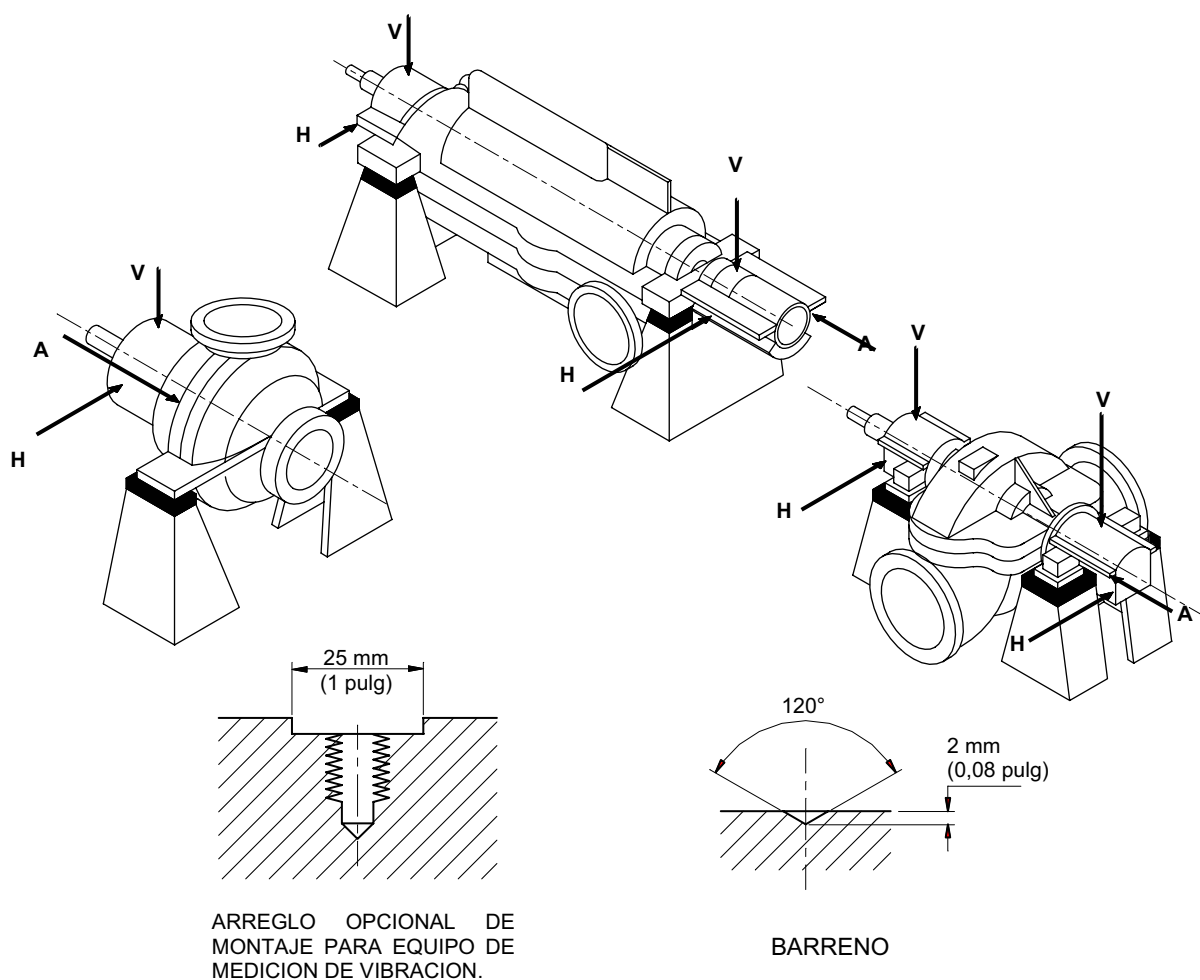


Figura 23.- Localizaciones para lectura de vibración en bombas horizontales.

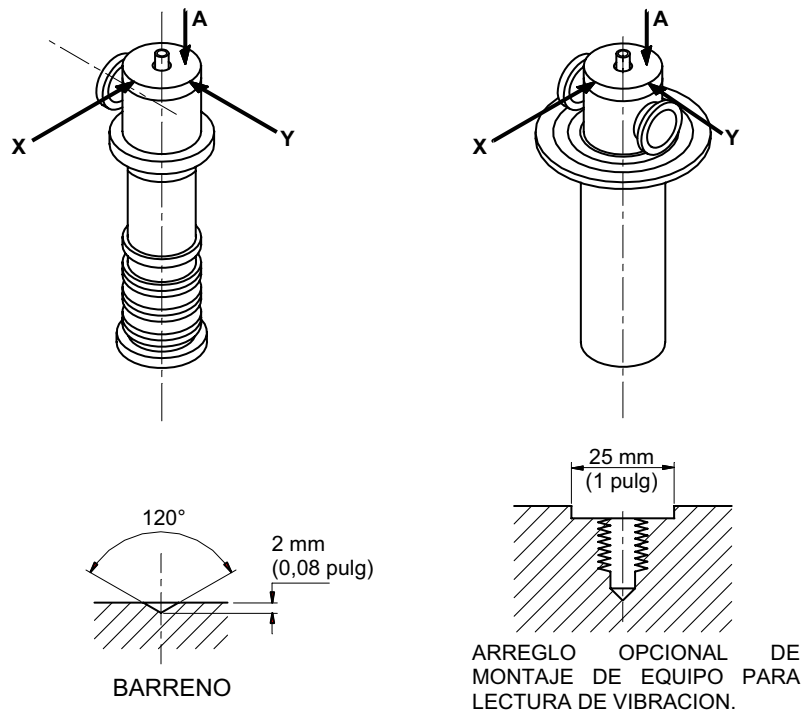


Figura 24.- Localizaciones para lectura de vibración en bombas verticales.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 56 DE 233
---	---------------------------	--

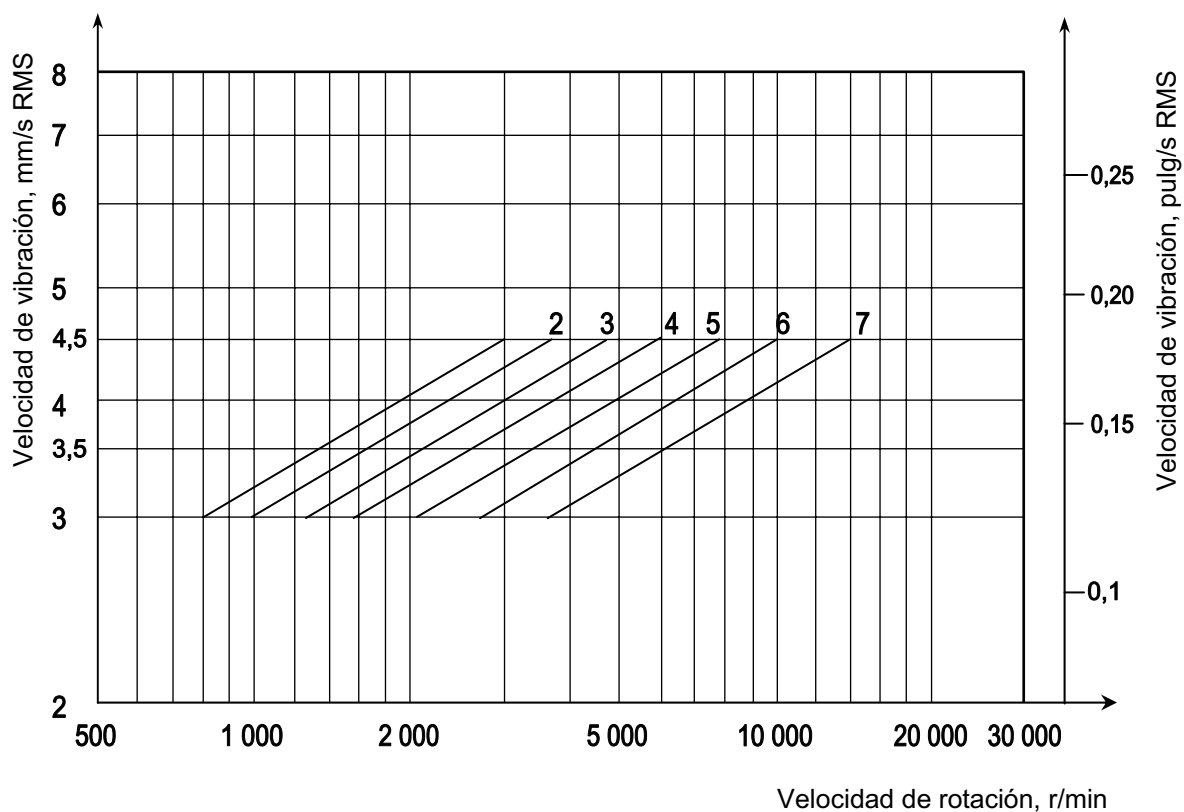
Criterio	Localización del punto de medición	
	Alojamiento o soporte del cojinete (ver Figura 23)	Flecha de la bomba (adyacente al cojinete)
	Tipo de cojinete de la bomba	
	Todos	Cojinetes de empuje, hidrodinámicos
	Vibración a cualquier flujo nominal dentro de la región preferida de operación de la bomba	
Total	Para bombas girando hasta 3600 r.p.m. y requiriendo hasta 300 kW (400 HP) por etapa: $V_u < 3,0 \text{ mm/s RMS}$ $(0,12 \text{ pulg/s RMS})$ Para bombas girando por arriba 3600 r.p.m. o requiriendo más que 300 kW (400 HP) por etapa: ver Figura 25	$A_u < (5,2 \times 10^6/n)^{0,5} \text{ } \mu\text{m pico a pico}$ $[(8000/n)^{0,5} \text{ mils pico a pico}]$ No exceder: $A_u < 50 \text{ } \mu\text{m pico a pico}$ $(2 \text{ mils pico a pico})$
Frecuencias discretas.	$V_f < 0,67 V_u$	Para $f < n$: $A_f < 0,33 A_u$
Incremento permisible de vibración a flujos fuera de la región preferida de operación pero dentro de la región permisible.	30 por ciento	30 por ciento
Potencia calculada en el punto de mejor eficiencia del impulsor nominal con líquido de densidad relativa (gravedad específica) = 1,0 Donde: V_u es la velocidad sin filtrar, como se midió; V_f es la velocidad filtrada; A_u es la amplitud del desplazamiento sin filtrar, como se midió; A_f es la amplitud del desplazamiento filtrado, f es la frecuencia; n es la velocidad de rotación, expresado en revoluciones por minuto. Los valores calculados de vibración, velocidad y amplitud de los límites básicos serán redondeados a dos valores significantes.		

Tabla 9.- Límites de vibración para bombas con impulsor en voladizo y montado entre cojinetes.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 57 DE 233
---	---------------------------	--

Criterio	Localización del punto de medición	
	Alojamiento o soporte de cojinetes de empuje de la bomba o en la brida del motor (ver Figura 24)	Flecha de la bomba (adyacente al cojinete)
	Tipo de cojinete de la bomba	
	Todos	Cojinete guía hidrodinámico adyacente a una región accesible de la flecha
	Vibración a cualquier flujo nominal dentro de la región preferida de operación de la bomba	
Total	$V_u < 5,0 \text{ mm/s RMS}$ $(0,2 \text{ pulg/s RMS})$	$A_u < (6,2 \times 10^6/n)^{0,5} \text{ } \mu\text{m pico a pico}$ $[(10000/n)^{0,5} \text{ mils pico a pico}]$ No exceder: $A_u < 100 \text{ } \mu\text{m pico a pico}$ $(4,0 \text{ mils pico a pico})$
Frecuencias discretas.	$V_f < 0,67 V_u$	$A_f < 0,75 A_u$
Incremento permisible de vibración a flujos fuera de la región preferida de operación pero dentro de la región permisible.	30 por ciento	30 por ciento
Los valores calculados de vibración, velocidad y amplitud de los límites básicos serán redondeados a dos valores significantes. Donde: V_u es la velocidad sin filtrar, como se midió; V_f es la velocidad filtrada; A_u es la amplitud del desplazamiento sin filtrar, como se midió; A_f es la amplitud del desplazamiento filtrado, n es la velocidad de rotación, expresado en revoluciones por minuto.		

Tabla 10.- Límites de vibración para bombas verticalmente suspendidas.



Clave:

- 1 $P > 3\,000$ kW/etapa
- 2 $P = 2\,000$ kW/etapa
- 3 $P = 1\,500$ kW/etapa
- 4 $P = 1\,000$ kW/etapa
- 5 $P = 700$ kW/etapa
- 6 $P = 500$ kW/etapa
- 7 $P < 300$ kW/etapa

La ecuación para transición desde 3,0 mm/s hasta 4,5 mm/s es $v_u = 3,0(n/3600)^{0,30}[(\text{kW/etapa})/300]^{0,21}$

Figura 25. Límites de vibración para bombas horizontales operando por arriba de 3 600 r/min o demandando más de 300 kW (400 HP) por etapa.

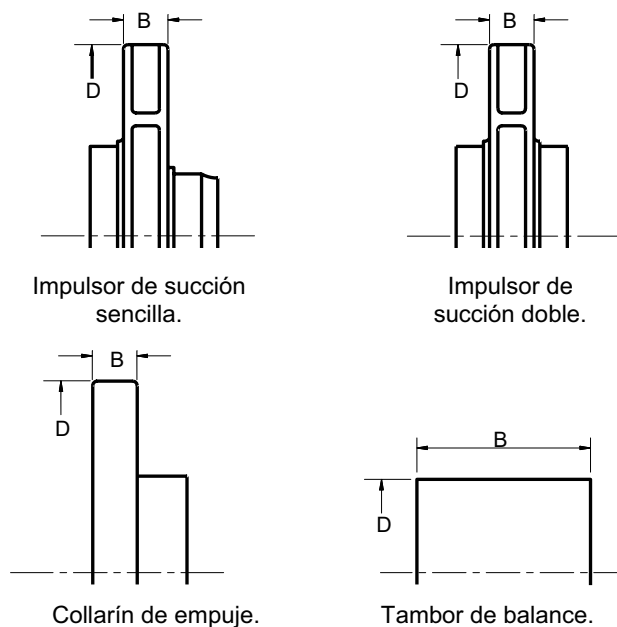


Figura 26.- Dimensiones de componentes rotatorios.

8.1.9.4 Balanceo.

8.1.9.4.1 Los impulsores, tambores de balance y componentes mayores rotativos similares deben balancearse dinámicamente al grado G2.5 de la norma ISO 1940-1. La masa de la flecha usada para balancear no debe exceder la masa del componente a balancear.

8.1.9.4.2 Los componentes se pueden balancear dinámicamente en un plano cuando la relación D/B (ver Figura 26) sea igual o mayor a 6.

8.1.9.4.3 El balanceo del rotor debe realizarse como se indica en los numerales específicos de la bomba.

8.1.9.4.4 Los impulsores, tambores de balance y componentes rotativos similares de las bombas indicadas en el inciso a, b y c del capítulo 2 de esta norma de referencia deben balancearse dinámicamente al grado G1 de la norma ISO 1940-1 (equivalente a $4 W/n$ en unidades del sistema inglés).

En las unidades del sistema inglés, donde el símbolo W se utiliza para la masa, el desbalanceo se expresa como sigue:

$$U = KW / n$$

Donde:

U es el desbalanceo por plano, expresado en onzas-pulgadas;

K es una constante;

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 60 DE 233
---	---------------------------	--

W es la masa del componente (para los componentes), expresada en libras; o la carga por la máquina balanceadora (para los rotores), expresado en libras;

N es la velocidad de rotación de la bomba, expresada en revoluciones por minuto.

En la norma ISO 1940-1 el desbalanceo se expresa como grado de calidad del balanceo. Cada uno de los grados de calidad de balanceo de la norma ISO cubre un rango de desbalanceo. Los límites de las unidades nominales equivalentes acostumbradas de los E.E.U.U. dados en el estándar internacional ISO 13709:2003 corresponden aproximadamente al punto medio del rango de ISO.

Con las máquinas de balanceo modernas, es factible balancear los componentes montados en sus rotores a $U = 4W/n$ (Unidades del sistema ingles) (equivalente nominal al grado G1 de la ISO), o aún más bajo dependiendo de la masa del ensamble y verificar el desbalanceo del ensamble con verificación del desbalanceo residual. Sin embargo, la excentricidad de masa e , asociada al desbalanceo menor que $U = 8W/n$ (Unidades del sistema ingles) (equivalente nominal al grado G2,5 de la norma ISO) es tan pequeño [por ejemplo $U = 4W/n$ (Unidades del sistema ingles) dado $e = 0,000\ 070$ pulgadas para un ensamble que gira a 3600 r/min] esto no puede ser mantenidos si el ensamble se desmonta y se rehace. Grados de balanceo por abajo de G2,5 ($8W/n$) (unidades del sistema ingles) son, por lo tanto, no repetible para los componentes.

8.1.10 Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes.

8.1.10.1 Cojinetes.

8.1.10.1.1 A menos que otra cosa se especifique, el tipo y arreglo de los cojinetes se deben seleccionar de acuerdo con la Tabla 11. El arreglo de cojinetes, el cual será uno de los siguientes: antifricción para el radial y el de empuje, hidrodinámico para el radial y antifricción para el de empuje, o hidrodinámicos para el radial y para el de empuje. Los cojinetes radiales deben ser de diseño normalizado (bolas, rodillos, mangas o zapatas pivoteadas) a menos que PEMEX especifique otra cosa.

8.1.10.1.2 Los cojinetes de empuje axial deben ser dimensionados 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 será 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.

Las fuerzas de empuje transmitidas por los coples flexibles de elementos metálicos deben calcularse con base en la deflexión máxima permitida por el fabricante del cople.

Si un motor con cojinete de manga (sin cojinete de empuje) está conectado directamente a la flecha de la bomba con un cople, el empuje transmitido por el cople debe tomarse como el empuje máximo del motor.

8.1.10.1.3 Los cojinetes de elementos rodantes deben ser colocados, retenidos y montados de acuerdo con lo siguiente.

- Los cojinetes deben estar retenidos a la flecha con un ajuste de interferencia y encajados dentro del alojamiento con un claro diametral, ambos de acuerdo con ABMA 7 o equivalente.
- Los cojinetes deben estar montados directamente a la flecha. No son aceptables los porta cojinetes.
- Los cojinetes deben ser localizados en la flecha usando hombreras, collares u otros dispositivos de localización positiva. Los anillos de presión y arandelas tipo resorte no son aceptables.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 61 DE 233
---	---------------------------	--

- d) El dispositivo usado para asegurar los cojinetes de empuje a las flechas, el cual será una tuerca con arandela tipo lengüeta.

NOTA: Este inciso aplica para todos los cojinetes de elemento rodantes, incluyendo los de tipo bolas y rodillos. Para ciertos cojinetes de rodillo, tales como del tipo rodillos cilíndricos con pistas separadas, el claro diametral del alojamiento del cojinete puede no ser apropiado.

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.	Antifricción para radial y de 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 y Energía de la bomba inferior al límite.	Hidrodinámico para radial y elementos rodantes para empuje o Hidrodinámico para radial y de 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 de empuje
Limitándose a lo siguiente: a) Velocidad de cojinete antifricción: Factor, nd_m no debe exceder 500,000 Donde: d_m = diámetro promedio del cojinete $[(d + D)/2]$, expresado en milímetros. n = velocidad de rotación, expresado en revoluciones por minuto b) Vida útil del cojinete antifricción: Vida nominal básica L_{10} de acuerdo con ISO 281, equivalente 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. NOTA: La ISO 281 define la vida nominal básica, L_{10} , en millones de revoluciones. La práctica común es convertir esto a horas y referirlo de la manera siguiente L_{10h} . c) Energía: Se requieren cojinetes hidrodinámicos radial y de empuje cuando el producto de la potencia nominal de la bomba en kW (HP) y la velocidad nominal en r.p.m., sea 4×10^6 kW/min ($5,4 \times 10^6$ HP /min) o mayor. NOTA: Para propósitos de esta condición, ABMA 9 es equivalente al ISO 281	

Tabla 11. Selección del cojinete.

8.1.10.1.4 Los cojinetes de bolas de una sola hilera de pista profunda deben tener un claro interno radial de acuerdo con ISO 5753 Grupo 3 [mayor que el claro interno (normal) "N"]. Los cojinetes de simple o doble hilera no deben tener ranuras de llenado (tipo Conrad). Claros internos mayores pueden reducir el incremento de temperatura del lubricante. Sin embargo, las velocidades de vibración se pueden aumentar con claros mayores. El proveedor debe asegurar que los valores para el incremento de temperatura (numeral 8.1.10.2.4) y vibración (numeral 8.1.9.3.6) cubren los requisitos de esta norma de referencia.

NOTA: Para el propósito de este requisito, el Grupo 3 de ABMA 20 es equivalente al Grupo 3 del ISO 5753.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 62 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.10.1.5 Los cojinetes de empuje de bolas deben ser dobles (un par) y de simple hilera, del tipo contacto angular a 40° (0,7 radianes) (serie 7 000) con las cajas de latón maquinadas. Cajas metálicas no deben ser utilizadas. A menos que se indique lo contrario en la hoja de datos los cojinetes deben montarse espalda con espalda. La necesidad de claros o precarga de los cojinetes será determinada por el proveedor para satisfacer la aplicación y para cubrir los requisitos de vida del cojinete de la Tabla 11.

NOTA: Hay aplicaciones donde las alternativas de arreglos del cojinete pueden ser preferibles, particularmente donde los cojinetes operan continuamente con las cargas axiales mínimas.

8.1.10.1.6 Si las cargas exceden la capacidad del par de cojinetes de contacto según lo descrito en el numeral 8.1.10.1.5, alternativas de arreglos de los elemento rodantes pueden ser propuestos.

8.1.10.1.7 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.10.1 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.10.1.7.1 Las chumaceras hidrodinámicas radiales deben ser: bipartidos para facilidad de ensamble, del tipo manga o de zapatas con precisión en el diámetro interno, 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 no 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.

8.1.10.1.7.2 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 será 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 micrómetros ($1,6 \times 10^{-5}$ pulg) Ra, y la excentricidad axial ("Run Out") total de cada cara no debe exceder 12,7 micrómetros (0,0005 pulg).

8.1.10.1.7.3 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.

8.1.10.1.7.4 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 (r/min).
- D = Diámetro de la flecha en el cople (mm).
- Pr = Potencia nominal en kW.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 63 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.10.2 Alojamiento o soportes de cojinetes.

8.1.10.2.1 El arreglo de los alojamientos o soportes de cojinetes debe permitir el reemplazo de los cojinetes sin que se mueva el accionador o montaje de la bomba.

8.1.10.2.2 Los alojamientos o soportes de cojinetes para cojinetes lubricados por aceite no presurizado, deben tener conexiones roscadas y tapadas de al menos 15 DN (1/2 NPS). Además deben equiparse con un indicador de nivel constante de por lo menos 12 dl (4 onzas) en volumen, 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 deben suministrar los medios para detectar el sobre llenado de los alojamientos. Una indicación permanente debe instalarse en el exterior del alojamiento para indicar exactamente y marcar claramente el nivel del aceite con etiquetas permanentes de metal, marcas inscritas en los bastidores u otros medios durables. PEMEX especificará si un modelo particular de aceitera se requiere.

8.1.10.2.3 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 será el adecuado para mantener el nivel de aceite y espuma por abajo de los sellos de la flecha.

8.1.10.2.4 Se debe suministrar suficiente enfriamiento, incluyendo un ensuciamiento permisible, 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 por debajo de 70 °C (160 °F) y la del cojinete (si se suministran sensores de temperatura para los cojinetes) menor a 93 °C (200 °F). Durante las pruebas de taller y bajo las más severas condiciones de operación especificadas, el incremento de temperatura del aceite en los cojinetes no debe exceder de 28 °K (50 °R).
- b) Para anillos de lubricación o sistemas de salpicado, la temperatura del aceite en el depósito será menor a 82 °C (180 °F). Durante las pruebas de taller, el incremento de temperatura del aceite en los cojinetes, no debe exceder de (40 °) °C (70 °) °F y (si se suministran sensores de temperatura para los cojinetes) las temperaturas externas del anillo no deben exceder 93 °C (200 °F).

NOTA: Las bombas equipadas con sistemas de lubricación por anillos o por salpicado pueden no alcanzar la temperatura de estabilización durante la prueba de comportamiento de duración corta. La prueba de estabilización de temperatura se cubre en el numeral 8.3.3.4.7.1.

8.1.10.2.5 Donde se requiera el uso de agua de enfriamiento, se prefieren los serpentines de enfriamiento. Los serpentines (incluyendo accesorios) deben ser de material no ferroso o de acero inoxidable austenítico y no deben tener ningún empalme a presión interno. La tubería o conducto debe tener un espesor mínimo de 1,0 mm (0,040 pulg) y ser de al menos de 12 mm (0,50 pulg) de diámetro exterior. Las chaquetas de enfriamiento, si son usadas, deben tener solamente conexiones externas entre las partes superior e inferior de las chaquetas del alojamiento, no deben empacarse sus juntas para evitar contaminación de agua-aceite. Las chaquetas para agua deben diseñarse para enfriar mejor el aceite que el anillo externo.

NOTA: Enfriar el anillo externo puede reducir el claro interno del cojinete y causar falla del cojinete.

8.1.10.2.6 Para las bombas que manejen líquidos inflamables o peligrosos, los alojamientos o soporte de cojinete, la cubierta del cojinete y los soportes entre la carcasa de la bomba y los alojamientos o soportes de cojinetes deben ser de acero. Los soportes del accionador para las bombas verticales que utilizan cojinetes de empuje en el accionador para soportar la flecha deben ser de acero.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 64 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.10.2.7 Los alojamientos o soporte de cojinete para cojinetes de elementos rodantes deben diseñarse para prevenir la contaminación por humedad, polvo y otras materias extrañas. Esto debe lograrse sin el requisito de servicio externo, por ejemplo purga de aire. Los alojamientos o soportes de cojinetes deben equiparse con sellos reemplazables tipo laberinto o tipo magnético 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 materiales antichispas. El diseño del sello y deflectores deben retener efectivamente el aceite en el alojamiento o soporte e impedir la entrada de material extraño en el alojamiento.

8.1.10.2.8 Los alojamientos o soporte de cojinete deben cumplir los cinco siguientes requisitos, si se indica lubricación por niebla ver numeral 8.1.11.3.

- a) Se debe suministrar una conexión de entrada para el aceite de lubricación por niebla de 6 mm (1/4 NPS) de diámetro nominal mínimo en la parte superior de cada alojamiento o en cada soporte de rodamientos. Las conexiones del aceite por niebla pura o purga deben localizarse de tal forma que el flujo de niebla de aceite fluya a través del cojinete antifricción. Si el diseño del alojamiento no puede evitar los circuitos cortos pueden equiparse con reclasificadores direccionales de aceite para asegurar la circulación del aceite. Si son cojinetes tipo manga, las conexiones para niebla 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 mm (1/4 NPS) de diámetro nominal mínimo en el alojamiento o en la tapa para cada uno de los espacios entre los cojinetes y los sellos de aceite de la flecha. Alternativamente, donde están las conexiones del aceite entre cada sello de aceite de la flecha y cojinete debe proporcionarse un venteo. 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 niebla 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 niebla de aceite con purga, deben 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.

NOTA: En procesos con temperaturas de operación mayores a 300 °C (570 °F), los alojamientos o soporte de cojinete con la lubricación por niebla de aceite pueden requerir características especiales para reducir el calentamiento de los cojinetes por transferencia térmica. Las características típicas son:

- 1) Disipador de calor del tipo deflectores;
 - 2) Flechas de acero inoxidable que tienen baja conductividad térmica;
 - 3) Barreras térmicas;
 - 4) Ventiladores de enfriamiento;
 - 5) Purga del aceite de lubricación por niebla (en lugar de pura niebla de aceite) con enfriamiento del aceite (colector de aceite).
- e) Los accesorios para el suministro y drenado del aceite por niebla serán proporcionadas por el proveedor.

8.1.10.2.9 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 65 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.10.2.10 Todos los alojamientos o soporte de cojinete deben tener depresiones en los lugares mostrados en las Figuras 23 y 24 para facilitar mediciones de vibración consistentes. Las depresiones deben ser adecuadas para la localización exacta de un transductor de vibración portátil con una varilla de extensión. Las depresiones deben ser de fundición o maquinadas de 2 mm (0,080 pulg) de profundidad nominal con un ángulo de 120°.

8.1.10.2.11 Si se indica en la hoja de datos, los alojamientos o soporte de cojinete deben tener una conexión roscada para montar permanentemente los transductores de vibración de acuerdo con API 670 o equivalente. Si se suministran sujetadores milimétricos, la rosca será M8. Ver Figuras 23 y 24.

8.1.10.2.12 Si se indica en la hoja de datos, se debe proveer una superficie plana de por lo menos 25 mm (1 pulg) de diámetro para la localización de transductores de vibración con base magnética.

8.1.10.2.13 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.10 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.10.2.13.1 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.

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

8.1.10.13.3 Bujes guías y cojinetes para bombas verticales.

Los cojinetes de empuje axial integrados al accionador se describen en el numeral 8.2.1.6. Cuando el cojinete de empuje axial está integrado a la bomba, aplican los párrafos de los numerales 8.1.10.1 y 8.1.10.2, relativos a cojinetes de empuje axial y alojamiento o soporte de cojinetes.

8.1.11 Lubricación.

8.1.11.1 A menos que se indique otra cosa en la hoja de datos, los cojinetes y los alojamientos o soporte de cojinete deben ser diseñados para lubricación por aceite derivado del petróleo. El sistema de lubricación debe asegurar que tenga un nivel constante por medio de arreglos internos.

8.1.11.2 El manual de operación y de mantenimiento debe describir cómo circula el aceite del sistema de lubricación.

8.1.11.3 Si PEMEX lo especifica, se deben hacer los suministros para cualquiera de los dos sistemas de lubricación por niebla pura o purga (ver numeral 8.1.10.2.8 para los requisitos), y cubrir los requerimientos de la especificación GNT-SSNP-P10-2005 Rev. 0.

8.1.11.4 Si se especifican cojinetes antifricción lubricados por grasa deben cubrirse los incisos a) al d) siguientes:

- a) La vida de la grasa (intervalos de re-lubricación), la cual será estimada usando el método recomendado por el fabricante del cojinete o un método alternativo aprobado por PEMEX.
- b) La lubricación por grasa no será utilizada si la vida estimada de la grasa es menor a 2000 horas.
- c) Si la vida estimada de la grasa es de 2000 horas o mayor pero menos de 25 000 horas, deben hacerse las previsiones para volver a engrasar los cojinetes estando en servicio y para descarga eficaz del exceso o de la grasa usada, y el proveedor debe indicar los intervalos de re-engrasado.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 66 DE 233
---	---------------------------	--

- d) Si la vida estimada de la grasa es de 25 000 h o más, las uniones de la grasera o ningún otro sistema para la adición de grasa en servicio no deben conectarse.

8.1.11.5 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.11 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.11.5.1 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.

8.1.11.5.2 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 por ciento 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.
- 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.

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

8.1.11.5.4 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).

8.1.11.5.6 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 67 DE 233
---	---------------------------	--

- 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.

8.1.11.5.7 A menos que PEMEX especifique otra cosa en la hoja de datos, las bombas con sistema de lubricación forzada aplica el estándar ISO 10438 (API 614).

8.1.11.5.8 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.

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

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

8.1.12 Materiales.

8.1.12.1 Generalidades.

8.1.12.1.1 PEMEX especificará en la hoja de datos la clase requerida de los materiales de la bomba. La Tabla G-1 del anexo 12.7 muestra una guía de las clases de materiales que pueden ser adecuados para varios servicios. Los materiales recomendados por el proveedor como alternativa para el servicio, incluyendo los materiales que pueden aumentar la vida útil, también deben incluirse en la propuesta e indicarse al final de la hoja de datos.

8.1.12.1.2 La especificación de los materiales de todos los componentes indicados en la Tabla H-1 deben indicarse claramente en la propuesta del proveedor. Los materiales deben identificarse en la cotización con los números correspondientes de ISO incluyendo el grado del material (ver Tablas H-2 y H-3 del anexo 12.8). Si los materiales ISO no están disponibles, los materiales deben identificarse en la cotización con los números correspondientes de ASTM, AISI, ASME, SAE. Cuando no exista 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.

8.1.12.1.3 La especificación del material de todos los empaques y anillos-O expuestos al fluido bombeado deben identificarse en la propuesta. La selección de los anillos-O y su aplicación debe limitarse a lo especificado en ISO 21049.

8.1.12.1.4 Las partes de la bomba sujetas a esfuerzo o presión que son señalados como materiales con “cumplimiento total” en la Tabla H-1 del anexo 12.8, deben cumplir con todos los requisitos de las especificaciones estipuladas. Las partes de la bomba no designadas como “cumplimiento total” deben cumplir solamente con la composición química. Los materiales para la tubería auxiliar se indican en el numeral 8.2.5.

8.1.12.1.5 El proveedor debe especificar las pruebas opcionales y los procedimientos de inspección que son necesarios para asegurar que los materiales son satisfactorios para el servicio. Para aplicaciones especiales (como ácido fluorhídrico), el diseño y la selección de los materiales de la bomba, se debe realizar en conjunto

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 68 DE 233
---	---------------------------	--

por el responsable de la especificación del equipo de bombeo, PEMEX y el proveedor de la bomba. PEMEX especificará en la hoja de datos cualquier prueba o requerimiento de inspección adicional.

8.1.12.1.6 Los materiales para carcasas sujetas a presión de las bombas deben estar de acuerdo con los tres numerales siguientes:

- a) Las partes de la carcasa de presión en 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 peligrosos deben ser de acero al carbono o acero aleado.
- c) Se pueden ofrecer 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.

8.1.12.1.7 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.

NOTA: Los recubrimientos o las superficies endurecidas que contengan más de 0,10 por ciento de carbono pueden sensibilizar los aceros inoxidables austeníticos de grados con bajo carbono y los estabilizados, a menos que se aplique una capa de barrera que no sea sensible a la corrosión inter granular.

8.1.12.1.8 Cuando se especifique en el numeral 8.7.2 (verificación de documentos), el proveedor debe suministrar los certificados de materiales incluyendo datos químicos y mecánicos para forjas y fundiciones a partir de la colada del material suministrado para carcasa sujetas a presión, impulsores y flechas. A menos que se indique otra cosa en la hoja de datos los nipples, componentes de la tubería auxiliar y seguros se excluyen de este requisito.

8.1.12.1.9 En la hoja de datos o en las bases de licitación, PEMEX indicará la presencia de agentes corrosivos en el fluido de proceso y en el ambiente, incluyendo componentes que puedan causar agrietamiento por corrosión.

NOTA: Los agentes típicos de interés son sulfuro de hidrógeno, aminas, cloruros, bromuros, yoduros, cianuros, fluoruros, ácido de nafta y ácido politiónico. Otros agentes que afectan la selección del elastómero incluyen las cetonas, el óxido de etileno, el hidróxido del sodio, el metanol, el benceno y solventes.

8.1.12.1.10 Cuando sea acordado entre PEMEX y el proveedor y/o sea indicado en la hoja de datos, los recubrimientos se debe aplicar un recubrimiento al impulsor y otras partes en contacto con el fluido. Si se aplican recubrimientos a los componentes rotativos, la prueba de balanceo debe realizarse después de la aplicación del recubrimiento. Los procedimientos y secuencias de recubrimiento y balanceo deben también ser acordados. El requerimiento del recubrimiento se debe indicar en la sección de observaciones de la hoja de datos.

Las partes rotativas deben ser balanceadas antes del revestido para reducir al mínimo las correcciones de balanceo de las áreas revestidas. Reduciendo al mínimo el área a cubrir, la verificación del balanceo después de la reparación del recubrimiento puede no ser requerida.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 69 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.12.1.11 Los birlos y tuercas de acero inoxidable austenítico o de materiales con tendencia similar a pegarse, deben lubricarse con un compuesto compatible con el material y el fluido de proceso, que impida que se “peguen”.

NOTA: Los valores de carga del esfuerzo de torsión requeridos para alcanzar la carga necesaria pueden variar considerablemente y depender del lubricante del hilo de rosca.

8.1.12.1.12 La dureza de los materiales debe apegarse a lo indicado en el estándar ISO 15156-1/NACE MR0175. Los materiales ferrosos no cubiertos por ISO 15156-1/NACE MR0175 deben tener un esfuerzo de cedencia que no exceda 620,5 MPa (90,000 lb/pulg²) y una dureza no mayor que 22 Rockwell “C”. 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. Este requisito aplica para los incisos siguientes:

a) Como mínimo para los componentes siguientes:

- 1) La carcasa de presión,
- 2) Flechas (incluye las tuercas en contacto con el fluido),
- 3) Componentes del sello mecánico para retener la presión (se excluye las caras del sello),
- 4) Pernos en contacto con el fluido, y
- 5) Tazones.

En bombas de doble carcasa, las partes internas de la carcasa que están a compresión tales como los difusores no se consideran como partes de la carcasa de presión. En servicios de H₂S húmedo, aunque éste sea incipiente, el requisito del numeral 8.1.11.1.12 aplica también para los impulsores.

- b) No deben usarse anillos de desgaste del impulsor con durezas mayores que 22 Rockwell “C” en servicio amargos. Los anillos pueden ser endurecidos en su superficie o recubiertos con un recubrimiento adecuado.
- c) En la hoja de datos o en las bases técnicas se indicará la cantidad de H₂S que se encuentra presente en el fluido bombeado.
- d) La aplicación del ISO 15156-1/NACE MR0175 es en un proceso de dos pasos: primero, se determina la necesidad del material especial y, el segundo, se selecciona el material. La especificación de este párrafo asume que PEMEX o el especialista que especifica el equipo ha determinado la necesidad y limitado la dureza del material a suministrarse.

8.1.12.1.13 El acero ASTM A515 o equivalente no será usado. Solamente los aceros completamente normalizados pueden ser utilizados.

8.1.12.1.14 Si diferentes materiales con diferentes potenciales electroquímicos se ponen en contacto en presencia de una solución electrolítica, se pueden crear pares galvánicos y puede dar lugar a una seria corrosión del material menos noble. El proveedor debe seleccionar los materiales evitando condiciones que favorezcan la corrosión galvánica. Donde tales condiciones no puedan evitarse, el vendedor debe consultar el libro 86 sobre corrosión del NACE para la selección de materiales convenientes a estas situaciones.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 70 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.12.2 Fundiciones.

8.1.12.2.1 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 equivalente. Todas las rebabas y restos de la fundición deben ser eliminadas por esmerilado u otro medio apropiado.

8.1.12.2.2 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. Los salientes no deben usarse en fundiciones del impulsor.

8.1.12.2.3 Las fundiciones de carcasas de presión y de impulsores no deben repararse por martillado, soldadura, horneado, taponado o impregnación, excepto como se especifica en los incisos a y b siguientes:

- a) Las fundiciones de acero de grados soldables pueden repararse por soldadura de acuerdo con el numeral 8.1.12.3. Las reparaciones por soldadura deben ser inspeccionadas con las mismas normas de calidad usadas para inspeccionar la fundición.
- b) Las fundiciones ferrosas pueden repararse por taponamiento dentro de los límites indicados en la especificación correspondiente. Los agujeros producidos deben examinarse cuidadosamente con líquidos penetrantes, para asegurarse que el material defectuoso ha sido removido. Toda reparación no contemplada en la especificación del material correspondiente y será aprobada por PEMEX.

8.1.12.2.4 Los vacíos completos no deben cubrirse con métodos tales como taponado, soldadura o ensamble.

8.1.12.2.5 Si una fundición requiere reparación, el proveedor debe someterlo a aprobación de PEMEX. Si ésta procede, previa a la reparación, el proveedor debe enviar los procedimientos de reparación incluyendo el mapa de soldaduras para su aprobación.

8.1.12.2.6 Las carcasas de presión de acero al carbón deben ser suministradas a condiciones normalizadas y templadas.

8.1.12.3 Soldadura.

8.1.12.3.1 Todas las soldaduras y reparaciones por soldadura deben efectuarse e inspeccionarse por soldadores y con procedimientos calificados de acuerdo con los requerimientos de la Tabla 12. Estándares equivalentes pueden proponerse por el proveedor para su aprobación por PEMEX.

8.1.12.3.2 El proveedor es responsable de revisar todas las reparaciones y reparaciones por soldadura para asegurar que han sido tratadas térmicamente y examinadas con ensayos no destructivos por sonido de acuerdo con los procedimientos de calidad aplicables (ver numerales 8.1.12.3.1 y 8.3.2.2.1). La reparación por soldadura se debe aprobar con el método con que se calificó originalmente.

REQUERIMIENTO	CÓDIGO O ESTÁNDAR APLICABLE
Soldador / Operador calificado	ASME IX o EN 287
Procedimiento de soldadura calificado	Aplica la especificación del material o, donde los procedimientos de soldadura no son cubiertos por la especificación del material, ASME IX o EN 288
Soldadura estructural no sujeta a presión tales como placas de bases o soportes	AWS D1.1
Inspección por partículas magnéticas o líquidos penetrantes de los bordes de placas	ASME VIII; División 1, UG-93 (d)(34)
Tratamiento térmico después de soldaduras	Aplica la especificación del material o ASME VIII, División 1, UW 40
Tratamiento térmico después de soldaduras de carcasas fabricadas por soldadura	Aplica la especificación del material o ASME VIII, División 1

Tabla 12. Requerimientos de soldaduras

8.1.12.3.3 Las carcasas de presión hechas de materiales forjados o una combinación de materiales forjados y materiales fundidos serán como se indican en los tres párrafos siguientes:

- Todas las soldaduras accesibles de la bomba se deben inspeccionar con partículas magnéticas o líquidos penetrantes después del ciselado y del tratamiento térmico; y en el caso de acero inoxidable austenítico después de la aplicación de la solución de destemple.
- Todas las soldaduras sujetas a presión, incluyendo las soldaduras de las bridas de carcasas axialmente divididas y radialmente divididas, deben ser de penetración profunda.
- Si debe asegurarse la estabilidad dimensional de un componente de la carcasa por la integridad de funcionamiento de la bomba, entonces el tratamiento térmico después de las soldaduras debe realizarse sin tomar en cuenta el espesor.

8.1.12.3.4 Las conexiones soldadas a la carcasa de presión deben instalarse como indican los cinco párrafos siguientes:

- La unión de las boquillas de succión y descarga se debe realizar con soldadura de penetración completa. Se deben usar bridas de cuello soldable para bombas que manejen fluidos peligrosos o inflamables. No se aceptan las soldaduras de metales diferentes.
- La tubería auxiliar soldada a carcasas de acero aleado, será 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 equivalente.
- 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 72 DE 233
---	---------------------------	--

e) las boquillas de succión y descarga soldadas deben inspeccionarse por partículas magnéticas o por 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. Las inspecciones siguientes deben realizarse para todas las bombas de proceso.

- 1) Partículas magnéticas o líquidos penetrantes de todas las soldaduras de conexiones auxiliares.
- 2) Ultrasonido o radiografiado de todas las soldaduras de la carcasa.

8.1.12.4 Servicios de bajas temperaturas.

8.1.12.4.1 PEMEX especificará en la hoja de datos la temperatura mínima de diseño del metal al cual la bomba estará sometida durante el servicio. Esta temperatura será utilizada para establecer los requisitos de la prueba de impacto. Normalmente, ésta será la temperatura más baja del ambiente circundante o la temperatura mínima del líquido bombeado. PEMEX puede especificar una temperatura mínima de diseño del metal basada en las características del líquido bombeado, tales como auto-refrigeración a presión reducida.

8.1.12.4.2 Para evitar fallas por fragilidad, los materiales de construcción para servicios de baja temperatura deben ser los adecuados para la temperatura mínima de diseño del metal de acuerdo con los códigos y requisitos especificados. Cualquier precaución especial necesaria con respecto a las condiciones que pueden ocurrir durante la operación, mantenimiento, transporte, instalación, comisionamiento y prueba, será convenida entre PEMEX y el proveedor.

Se deben seguir las buenas prácticas de diseño en la selección de los métodos de fabricación, procedimientos de soldadura y materiales para las partes de acero sujetas a presión suministradas por el proveedor, que puedan estar sujetas a temperaturas por debajo de la temperatura de transición dúctil-frágil. Las tensiones permisibles de diseño publicadas para los materiales metálicos en estándares internacionalmente reconocidos tales como el código de ASME y los estándares del ANSI se basan en propiedades de tensión mínimas. Por lo tanto, el proveedor debe tomar sus precauciones en la selección de los materiales para los servicios entre -30 °C (-20°F) y 40 °C (100°F).

8.1.12.4.3 Todos los aceros sujetos a presión con temperaturas de operación por debajo de -30 °C (-20 °F) o cuando se especifique una temperatura ambiente baja, requerirán la prueba de impacto Charpy V del código ASME, Sección VIII, División 1 o equivalente, a menos que sean exentos de acuerdo con los requisitos del párrafo UHA-5 1. Los resultados de la prueba de impacto deben cubrir los requisitos del párrafo UG-84 del código. Para materiales y espesores no cubiertos por dicho código, se deben especificar los requerimientos en la hoja de datos.

8.1.12.4.4 El espesor predominante usado para determinar los requerimientos de las pruebas de impacto, el cual será 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 tales como pies o agarraderas.
 - Secciones con sobre espesor para mitigar las deflexiones.
 - Secciones estructurales para mejorar las características mecánicas.
- c) Un cuarto del espesor nominal de la brida.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 73 DE 233
---	---------------------------	--

8.1.12.4.5 Si se especifica en el numeral 8.1.12.4.3 la aplicación del código ASME VIII, división I, lo siguiente también aplica:

- a) Todas las partes sujetas a presión de acero, con temperaturas de diseño entre -30°C (-20°F) y 40°C (100°F), requieren pruebas de impacto Charpy V, a menos que sean exentos de acuerdo con ASME VIII, división 1, UHA-51.
- b) Las partes sujetas a presión de acero al carbono y de baja aleación aplicadas a temperaturas mínimas de diseño del metal entre -30°C (-20°F) y 40°C (100°F) requerirán la prueba de impacto como sigue:
 - La prueba del impacto no se requiere para las partes con un espesor predominante de 25 mm (1 pulg) o menor.
 - Las exenciones de prueba del impacto para las partes con un espesor predominante mayor de 25 mm (1 pulg) deben establecerse de acuerdo con el párrafo UCS-66 en la sección VIII, división 1 del código de ASME. La temperatura mínima de diseño del metal sin la prueba del impacto se puede reducir según lo mostrado en la figura UCS-66.1. Si el material no esta exento, los resultados de la prueba de impacto Charpy-V deben cubrir los requerimientos de energía del impacto del párrafo UG-84 del código ASME.

8.1.12.5 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.12 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.12.5.1 Los materiales de las clases I-1 e I-2 de la Tabla H-1, no son aceptables para las bombas indicadas en los incisos a, b, y c del capítulo 2 de esta norma de referencia.

8.1.12.5.2 El proveedor debe indicar el grado del material a suministrar en la hoja de datos.

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

8.1.12.5.4 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 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.

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

8.1.13 Placa de datos y flechas de rotación.

8.1.13.1 Una placa de datos será adherido con seguridad en una parte fácilmente visible en el equipo y sobre cualquier otra parte importante del equipo auxiliar.

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

- a) Clave del equipo (clave de PEMEX).
- b) Tamaño y modelo de la bomba.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 74 DE 233
---	---------------------------	--

- c) No. de serie de la bomba.
- d) Flujo en m³/hr (GPM) y carga nominal en m (pies).
- e) Eficiencia y potencia nominal en kW (HP).
- f) Presión de prueba hidrostática de la carcasa en kPa (lb/pulg²).
- g) Velocidad en r/min.
- 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.

8.1.13.3 El número de serie de la bomba debe estar estampado con claridad sobre la carcasa.

8.1.13.4 La flecha que indica el sentido de giro será de fundición o indicarse por medio de una flecha fija y metálica en un lugar visible.

8.1.13.5 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 5.13 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.1.13.5.1 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.

8.2 Accesorios.

8.2.1 Accionadores.

8.2.1.1 El tipo y especificación del accionador será indicado por PEMEX en las hojas de datos o bases de licitación.

8.2.1.2 El accionador debe:

- a) ser adecuado para operar satisfactoriamente bajo las condiciones del sitio especificadas,
- b) ser adecuado para las condiciones de los servicios especificados (energía eléctrica, presiones y temperaturas de entrada y salida de vapor o combustible, entre otros),
- c) ser dimensionado para ajustarse a todas las variaciones del proceso indicadas, tales como cambios en presión, temperatura o propiedades del líquido manejado,
- d) ser dimensionado para ajustarse a todas las condiciones de arranque de la planta,
- e) ser dimensionado para cubrir la demanda de potencia a las condiciones máximas de operación especificadas, incluyendo todas las pérdidas externas de la bomba (por ejemplo, cojinetes, sello mecánico, caja de engranes y/o acoplamientos).

8.2.1.3 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 12. 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.

POTENCIA DE PLACA DEL MOTOR		PORCENTAJE DE LA POTENCIA AL FRENO. (EN PUNTO NOMINAL)
kW	(HP)	Por ciento
< 22	(< 30)	125
22 – 55	(30 – 75)	115
> 55	(> 75)	110

Tabla 13.- Potencia nominal para accionadores eléctricos.

8.2.1.4 Los motores eléctricos deben ser suministrados de acuerdo con la norma de referencia NRF-095-PEMEX-2004. 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) Tipo de aislamiento.
- g) Factor de servicio requerido.
- h) Temperatura ambiente y elevación sobre el nivel del mar.
- i) Pérdidas por transmisión.
- j) Requerimientos de detectores de temperatura, calefactores y sensores de vibración.
- k) Criterios de niveles de vibración aceptable.
- l) Aplicación de la norma IEEE 841, API 541 o equivalente.

8.2.1.5 El par de arranque del accionador debe exceder los requisitos de par-velocidad del equipo conducido. A menos que se indique lo contrario en la hoja de datos, el motor será capaz de acelerar la bomba a la velocidad nominal al 80 por ciento del voltaje contra una descarga a válvula cerrada.

Si la bomba está equipada con derivación de flujo “by-pass”, puede utilizarse una alternativa para las condiciones de arranque.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 76 DE 233
---	---------------------------	--

8.2.1.6 Los cojinetes antifricción del sistema de accionamiento, diseñados para las cargas radiales y de empuje axial transmitidos por la bomba, deben cumplir los requisitos siguientes.

- a) Los cojinetes deben seleccionarse para dar una vida útil nominal L_{10h} , de acuerdo con el ISO 281 o ANSI/ABMA estándar 9, equivalente a por lo menos 25 000 horas en operación continua a las condiciones nominales de bombeo.
- b) Los cojinetes deben ser seleccionados para dar una vida mínima equivalente a por lo menos 16 000 horas soportando las cargas máximas (radiales, axiales o ambos) al funcionar en cualquier punto entre el flujo mínimo continuo estable y el flujo nominal. El empuje máximo, el cual sera determinado considerando los claros internos de la bomba al doble de los valores de diseño. Los motores verticales de 750 kW (1 000 HP) y mayores que se suministren con cojinetes de bolas o de rodillos y que puedan tener menos de 16 000 horas de vida a las peores condiciones el proveedor debe indicar la vida más corta de diseño en su oferta.
- c) Para los motores verticales y los engranajes de ángulo recto, el cojinete de empuje debe estar en la parte superior y limitar la flotación axial a 125 μ m (0,005 pulg).
- d) Los rodamientos de bolas de una hilera con pista profunda deben tener la separación interna radial de acuerdo con el grupo 3 de la norma ISO 5753 [mayor que el claro interno "N" (normal)]. No deben usarse cojinetes con ranuras de llenado (de tipo Conrad).

NOTA: Para los propósitos de este requisito, el grupo 3 de ABMA 20 es equivalente al grupo 3 de ISO 5753.

- e) Los cojinetes de empuje deben ser diseñados para soportar el máximo empuje de la bomba que pueda desarrollar durante el arranque, paro o funcionando a cualquier condición de flujo.
- f) Los cojinetes de empuje hidrodinámicos deben seleccionarse a no más del 50 por ciento del diseño del fabricante y al doble de los claros internos de las bombas especificadas en el numeral 8.1.7.4.

8.2.1.7 A menos que se indique otra cosa, los motores para bombas verticales deben tener flechas sólidas. Si los cojinetes de empuje de la bomba están en el motor, el motor debe cubrir las tolerancias de la flecha y de la base indicadas en la Figura 27.

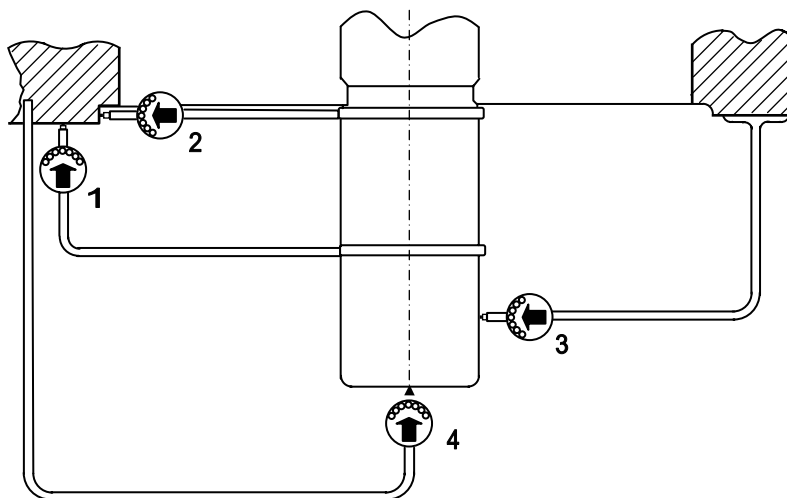
8.2.1.8 A menos que se indique en las hojas de datos que las turbinas de vapor deben cumplir con la especificación PEP P.2.0335.02, las turbinas de vapor deben cumplir con la norma ISO 10436 (API STD 611). La turbina de vapor como accionador será el dimensionado para entregar en forma continua 110 por ciento de la potencia nominal de la bomba a las condiciones normales del vapor.

8.2.1.9 A menos que se indique otra cosa, las cajas de engranes deben suministrarse conforme al API 677 o equivalente.

8.2.1.10 Para los componentes del tren de accionamiento que tengan un peso total mayor a 225 kg (500 lb), deben suministrarse con tornillos de nivelación verticales en sus apoyos.

8.2.1.11 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 6.1 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.2.1.11.1 Cuando se especifiquen turbinas de gas como accionador, éstas deben cumplir con la norma de referencia NRF-100-PEMEX-2004 o el estándar API 616 o equivalente, según se indique en la hoja de datos.



Referencia

- 1 Perpendicularidad y planicidad de la superficie de la cara de acoplamiento de la flecha del accionador 25 μm (0,001 pulg) TIR
- 2 Excentricidad máxima registrada de la flecha del accionador 100 μm (0,004 pulg) TIR
- 3 Excentricidad máxima de la flecha con rotación libre del rotor 25 μm (0,001 pulg) TIR
- 4 Flotación axial máxima 125 μm (0,005 pulg) TIR

Todas las mediciones deben hacerse con el accionador montado en posición vertical.

Figura 27. Tolerancias requeridas para la flecha y la base del accionador de las bombas verticalmente suspendidas.

8.2.2 Coples y guarda coples.

8.2.2.1 Todos los coples y guarda coples entre los accionadores y las bombas deben ser suministrados y montados por el fabricante de la bomba y la marca, modelo, materiales, capacidad y arreglo de montaje, el cual será el propuesto por el proveedor para aprobación de PEMEX.

8.2.2.2 Todos los elementos flexibles metálicos, los coples del tipo espaciador deben suministrarse de acuerdo con ANSI/AGMA 9000 clase 9 o equivalente. Adicionalmente los coples deben cumplir con lo siguiente:

- a) Los elementos flexibles deben ser de material resistente a la corrosión.
- b) Los coples deben ser diseñados para retener el espaciador si un elemento flexible se rompe.
- c) El mamelón del cople será de acero.
- d) La longitud mínima nominal del espaciador, el cual será de al menos 125 mm (5 pulg) y debe permitir desmontar el cople, cojinetes, sello mecánico o dispositivo de sellado, sin remover el accionador ni la tubería de succión y descarga.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 78 DE 233
---	---------------------------	--

e) Cuando los coples operen a una velocidad mayor de 3,800 r/min, deben cumplir los requerimientos de ISO 10441 o el estándar API 671 o equivalente para ensamble y balanceo de sus componentes y verificación del balanceo del ensamble.

8.2.2.3 Cuando PEMEX lo solicite, los coples bomba –accionador deben ser dinámicamente balanceados de acuerdo con ISO 1940-1 grado G6.3. La clase de balanceo, por lo cual será propuesto por el proveedor y aprobado por PEMEX.

8.2.2.4 Si PEMEX lo especifica, los coples deben cumplir con los requerimientos de ISO-14691, ISO-10441 o API-671.

8.2.2.5 La información sobre las dimensiones de las flechas, del cuñero (si aplica), y movimientos axiales del extremo de la flecha debido al juego en el extremo y los efectos térmicos serán suministradas por el proveedor que suministre el cople.

8.2.2.6 A menos que se especifique un dispositivo que asegure con abrazadera (ver numeral 8.2.2.11), los coples flexibles deben fijarse adecuadamente a la flecha con cuñas (chaveta). Los cuñeros, las chavetas y los ajustes deben ser conforme a AGMA 9002, clase comercial.

8.2.2.7 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.

8.2.2.8 Para flechas de diámetros mayores de 60 mm (2,5 pulg) y si es necesario retirar el cubo del cople para mantenimiento del sello mecánico, el cubo será montado con un ajuste cónico. El ajuste cónico del cople para coples con cuñeros debe ser de 1 en 16 [60 mm/m (0,75 pulg/pie), diametral]. Cualquier otro método de montaje y ajuste, el cual será aprobado por PEMEX. Los cubos de coples con ajuste cilíndrico pueden ser suministrados

8.2.2.9 Los cubos de los coples diseñados para ajuste por interferencia deben tener agujeros roscados de al menos (10)mm (0,4 pulg) de diámetro mínimo para ayudar al extractor a desmontarlos.

8.2.2.10 Sólo si PEMEX lo especifica en las hojas de datos, los coples pueden ser encajados hidráulicamente.

8.2.2.11 Si PEMEX lo especifica, los coples deben ser encajados con un dispositivo adecuado. Los dispositivos aceptables para encajar el cople pueden incluir bujes ahusados, ensambles de fijación friccionales y discos de contracción. El proveedor responsable del maquinado final de los taladrados del cubo debe seleccionar un dispositivo adecuado grado/tamaño para satisfacer el acoplamiento y aplicación.

Se debe tener cuidado en la selección de estos dispositivos, ya que algunos no son intrínsecamente centrados y puede introducir excentricidad y desbalanceo al cople. Estos efectos deben ser evaluados y tomados en cuenta al determinar el desequilibrio potencial del acoplamiento.

8.2.2.12 Se deben hacer las provisiones para la conexión del equipo de alineación sin la necesidad de quitar el espaciador o de desmontar de cualquier manera el acoplador.

NOTA: Una forma de lograr esto es proporcionar por lo menos 25 mm (1 pulg) de la flecha desnuda entre el cubo del cople y la cubierta del cojinete donde los soportes de la alineación pueden ser localizados.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 79 DE 233
---	---------------------------	--

8.2.2.13 Si al proveedor no se le solicita el montaje del accionador, debe entregar el medio cople totalmente maquinado al fabricante del accionador o al lugar indicado en las bases técnicas, junto con las instrucciones necesarias para instalar el medio cople en la flecha del accionador.

8.2.2.14 Cada cople debe tener un guarda cople, el cual será desmontable sin perturbar los elementos acoplados y cubrir los requisitos siguientes.

- a) los guarda coples deben incluir el cople y la flecha para evitar que el personal entre en contacto con piezas móviles durante la operación del equipo. Las dimensiones permisibles del acceso deben cumplir con las normas especificadas, tales como ISO 14120, EN 953 o ASME B15.1.
- b) Los guarda coples deben construirse con suficiente rigidez para soportar una carga estática puntual de 900 N (200 lbf) en cualquier dirección sin que el guarda cople entre en contacto con piezas móviles.
- c) A menos que se indique otra cosa en la hoja de datos, los guarda coples deben ser de material antichispa. Los guarda coples deben fabricarse de placa sólida sin aberturas. Los guarda coples fabricados de metal expandido o de hojas perforadas pueden ser utilizados si el tamaño de las aberturas no excede 10 mm (0,375 pulg). Pueden construirse guarda coples de acero, de cobre o de material no-metálico (polímero) cuando se indique en la hoja de datos Los guarda coples de alambre tejido no son permitidos.

8.2.2.15 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 6.2 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.2.2.15.1 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 14.

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)

Tabla 14.- Flotación máxima del cople.

8.2.2.15.2 Para motores de flecha sólida usados en bombas verticales, los coples deben ser de acero y del tipo rígido ajustable, con excepción de las verticales en línea y cuando el rodamiento de empuje tenga soporte, el cual será del tipo flexible.

8.2.2.15.3 Cuando se use un accionador de flecha sólida para bombas verticales con sellos mecánicos, el cople debe llevar espaciador. La longitud del espaciador, para lo cual será 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 80 DE 233
---	---------------------------	--

8.2.3 Bases de montaje.

8.2.3.1 Las bases de montaje para las bombas horizontales, se deben suministrar con canal de drenaje periférico o tipo charola, con un borde que sirva de rasero y conexiones para drenaje de 50 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.

8.2.3.2 La base debe abarcar la bomba y al accionador para que cualquier goteo se contenga dentro de la base. Para minimizar el daño accidental a los componentes, todas las uniones de tubería y bridas de tubería, incluyendo las bridas de succión y descarga deben de estar dentro del área del canal o charola de drenaje. Todas las demás proyecciones del equipo suministrado deben caer dentro del perímetro de la base de montaje. Las cajas de conexiones de tamaños grandes pueden sobresalir de la base sólo con la aprobación de PEMEX.

8.2.3.3 Se deben suministrar soportes de montaje para la bomba y todos los componentes del tren accionador, tales como motores y engranes. Los soportes deben ser más grandes que el pedestal de montaje del equipo para permitir la nivelación de la base sin remover el equipo. 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 $\mu\text{m/m}$ (0,002 pulg por pie) de distancia entre pedestales/soportes. Si PEMEX lo especifica éste requisito será comprobado en la fabrica del proveedor antes del montaje del equipo y con la base soportada y sujeta a la cimentación.

La planicidad de la base puede ser afectada por la transportación, manejo y procedimientos de instalación. El proveedor debe seguir las prácticas del API RP 686 o equivalente para la instalación en campo.

8.2.3.4 No se deben usar laines debajo de la bomba. Todos los apoyos del tren accionador deben ser maquinados para permitir la instalación de laines de al menos 3 mm (0,12 pulg) de espesor bajo los apoyos de cada componente. Si el proveedor de la bomba monta los componentes, debe anexar un juego de laines de acero inoxidable con un espesor mínimo de 3 mm (0,12 pulg). El juego de laines no será mayor que 13 mm (0,5 pulg) de espesor ni contener más de 5 laines. Todos los juegos de laines deben separarse de los tornillos de elevación o de nivelación, y extenderse al menos 5 mm (1/4 pulg) más allá de los bordes externos del pie del equipo. Si el proveedor no monta los componentes, los apoyos no deben ser taladrados y no suministrará las laines.

8.2.3.5 Para minimizar el desalineamiento de la flecha de la bomba y del accionador debido a los efectos de las cargas de la tubería, la bomba y su base deben construirse con suficiente rigidez estructural para limitar el desplazamiento de la flecha de la bomba en el extremo de la flecha del conductor o al ajuste del cubo del cople a los valores mostrados en la Tabla 15 durante una prueba de acuerdo con el numeral 8.2.3.6. La lechada no debe usarse como medio para obtener la rigidez requerida.

Se reconoce que la lechada puede aumentar sensiblemente la rigidez del ensamble de la base; descuidando este efecto, la suficiencia de la base se puede verificar fácilmente en la taller del proveedor.

8.2.3.6 Si PEMEX lo especifica, el proveedor debe probar para demostrar que la bomba y el ensamble de la base, anclado en las localizaciones de los agujeros para pernos de cimentación, están de acuerdo con el numeral 8.2.3.5. La carcasa de la bomba debe sujetarse a los momentos M_{yc} y M_{zc} aplicado a cualquier boquilla, pero no a ambas, tal que los correspondientes desplazamientos de la flecha puedan medirse y registrarse. No debe aplicarse M_{yc} y M_{zc} simultáneamente a cualquier boquilla. Las mediciones del desplazamiento de la flecha deben ser absolutas (no relativas a la base). Para propósito de los registros, los datos de prueba del proveedor deben incluir un dibujo esquemático del arreglo de prueba, las cargas de los momentos calculados (M_{yc} y M_{zc}), y las cargas del momento aplicado y sus correspondientes desplazamientos de la flecha de la bomba en el extremo del accionador.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 81 DE 233
---	---------------------------	--

Base prevista para lechada		Base no prevista para lechada	
Condición de carga	Desplazamiento de la flecha de la bomba μm (pulg)	Desplazamiento de la flecha de la bomba μm (pulg)	Dirección
My_c	175 (0,007)	125 (0,005)	+ Z
Mz_c	75 (0,003)	50 (0,002)	- Y
My_c y Mz_c es igual a la suma de los momentos permisibles en las boquillas de succión y descarga, de la Tabla 5. $My_c = (My)\text{succión} + (My)\text{descarga}$ $Mz_c = (Mz)\text{succión} + (Mz)\text{descarga}$			

Tabla 15. Criterios de aceptación para la prueba de rigidez.

8.2.3.7 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 a la lechada con el fin de resistir movimientos de la base.

8.2.3.8 Todas las uniones, incluyendo la placa de cubierta para los elementos estructurales, deben ser con soldadura continua para evitar la corrosión por grieta, los puntos de soldadura no son aceptables.

8.2.3.9 Todas las bases deben estar provistas de cuando menos un agujero para el rellenado de “grouting”, con área de 125 cm^2 (19 pulg²) y dimensiones no menores de 75 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. 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 13 mm (0,5 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. Por cada agujero de llenado debe haber cuando menos un barreno de venteo de 13 mm (0,5 pulg) de diámetro mínimo, los agujeros deben estar en la parte alta adyacente al centro de la placa. Como una guía para la preparación del “grouting” ver el anexo “12.15.

8.2.3.10 Las esquinas exteriores de la base en contacto con la lechada debe tener al menos 50 mm (2 pulg) de radio en la vista de planta (ver tabla D.1 del anexo 12.4).

8.2.3.11 El fondo de la base entre los elementos estructurales debe estar abierto si la base se diseña para ser llenado e instalado a una cimentación de concreto. Se debe proveer accesibilidad para lechado en la parte inferior de los elementos de carga. El fondo de la base será en un solo plano para permitir el uso de un nivel único de cimentación.

8.2.3.12 Cuando el tamaño de la bomba y el accionador lo permita, la base debe tener las dimensiones estandarizadas como se indica en la tabla D-1 del anexo 12.4 y ser diseñadas para rellenado con mortero. Estas bases deben ser especificadas como “base estándar, números 0,5 al 12”.

8.2.3.13 Cuando PEMEX lo solicite, la base y el pedestal de soporte, deben formar una estructura rígida para ser montados sin necesidad de agregar “grouting”. Este requisito es obligatorio para bombas que se localicen

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 82 DE 233
---	---------------------------	--

en instalaciones costa afuera. Cuando este sea el caso, la unidad de bombeo debe estar montada de manera que satisfaga los requerimientos del numeral 8.2.3.5, para fuerzas y momentos externos y minimice el desalineamiento causado por otras fuerzas mecánicas como: expansión térmica diferencial y por empujes hidráulicos en tuberías.

8.2.3.14 Se deben suministrar tornillos posicionadores para alineamiento axial y transversal en los componentes del tren accionador con pesos de 250 kg (500 lb) y mayores, para facilitar los ajustes horizontales, transversales y longitudinales. Los soportes de estos tornillos deben localizarse sobre la base y no interferir con el montaje y el desmontaje de los componentes. Estos tornillos deben ser de al menos M12 (el 1/2" - 13). Para prevenir la distorsión, el maquinado de los soportes de montaje debe diferirse hasta que las soldaduras cercanas a los soportes se hayan terminado.

8.2.3.15 Se deben suministrar tornillos niveladores verticales para estabilidad en el perímetro exterior de la base. Estos tornillos deben ser localizados adyacentes a los pernos de anclaje para minimizar la distorsión durante el proceso de instalación. Los tornillos deben ser suficientes para soportar el peso de la base, la bomba y componentes del accionador sin excesiva deflexión y en ningún caso ser menos de seis.

8.2.3.16 La altura de la línea de centro de la flecha de la bomba respecto de la base será 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.

8.2.3.17 El proveedor debe pulir con chorro de arena comercial de acuerdo con ISO 8501 grado Sa2 o SP 6 de SSPC todas las superficies de la base en contacto con el cemento y cubrir esas superficies con un primario compatible con el "grouting" epóxico.

"Groutings" diferentes al epóxico pueden requerir preparaciones alternativas de la superficie. El relleno de las uniones con epoxico generalmente no es necesario (numeral 8.2.3.7).

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

8.2.3.19 Los pernos de anclaje serán parte del alcance de PEMEX. El proveedor debe suministrar suficientes pernos de anclaje para soportar las reacciones de las fuerzas en las boquillas durante el arranque y operación de la bomba.

8.2.3.20 Las orejas de izaje unidos al equipo deben diseñarse usando un esfuerzo de tensión máximo de un tercio de la tensión mínima permitida especificada del material.

8.2.3.21 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 6.3 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.2.3.21.1 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.

8.2.3.21.2 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 83 DE 233
---	---------------------------	--

8.2.3.21.3 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.

8.2.3.21.4 Bases para bombas verticales.

- a) 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.
- b) Las bombas verticales de carcasa sencilla deben tener el arreglo de montaje estándar del proveedor.

8.2.4 Instrumentación.

8.2.4.1 Manómetros

8.2.4.1.1 Si son suministrados por el proveedor, los indicadores de temperatura y presión deben ser conforme a ISO 10438.

NOTA: Para los propósitos de este requisito el API 614 es equivalente al ISO 10438.

8.2.4.2 Detectores de vibración, posición y temperatura.

8.2.4.2.1 Si se especifica el suministro de acelerómetros, deben ser suministrados, instalados y probados de acuerdo con el API 670 o equivalente.

8.2.4.2.2 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 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 equivalente.

8.2.4.2.3 Cuando se suministren cojinetes hidrodinámicos radiales y de empuje, se debe colocar detectores de temperatura en los metales de acuerdo a lo indicado en las bases de licitación. 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 equivalente.

8.2.4.2.4 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 equivalente.

8.2.4.2.5 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 6.4 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.2.4.2.5.1 Todos los instrumentos suministrados deben tener la escala en unidades del Sistema General de Unidades.

8.2.5 Tuberías y sus accesorios.

8.2.5.1 Generalidades

8.2.5.1.1 Las tuberías deben estar de acuerdo con ISO 10438.

8.2.5.1.2 Los sistemas auxiliares que se definen como sistemas de tuberías son los que se incluyen en los siguientes servicios.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 84 DE 233
---	---------------------------	--

- a) Fluidos auxiliares del proceso,
- b) vapor,
- c) Agua de enfriamiento,
- d) aceite de lubricación (ver numeral 8.4.2.6)

Los materiales de los sistemas auxiliares deben estar de acuerdo con el anexo 12.8, Tabla H.5 de esta norma de referencia.

NOTA: Las conexiones auxiliares son tratadas en el numeral 8.1.4.3.

8.2.5.1.3 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.

8.2.5.1.4 Si se especifica en la hoja de datos, los depósitos del fluido “buffer” (barrera) deben ser diseñados para montarse fuera de la base de la bomba y embarcadas por separado. Estos depósitos deben montarse completamente, excepto si la tubería de circulación del líquido no sea suministrada.

8.2.5.1.5 El proveedor debe suministrar y localizar todos los sistemas de tuberías, incluyendo el ensamble de los accesorios, dentro de los límites de la base.

8.2.5.1.6 Cada sistema de tubería será de una sola conexión cerca del borde y dentro de los límites de la base.

NOTA: Las hojas de datos permiten la selección de las opciones para las conexiones de venteo, agua de enfriamiento y de drenaje.

8.2.5.1.7 los requisitos de empernado del numeral 8.1.1.31 aplican para las conexiones de la tubería auxiliar hacia el equipo. Los tapones bridados en los sistemas de tuberías del servicio de aceite lubricante de acero inoxidable no necesitan ser de acero inoxidable a menos que se especifique. Si PEMEX no especifica que los tapones deben ser de acero inoxidable, deben ser de acero aleado (por ejemplo de ASTM A193 Grado B7) y PEMEX debe especificar cual debe revestirse (por ejemplo cubierto por PTFE o galvanizado de acuerdo con ASTM A153) o pintado.

8.2.5.1.8 Los tapones deben ser conforme al numeral 8.1.4.3.7.

8.2.5.2 Tubería auxiliar de proceso.

8.2.5.2.1 Se considera como tubería auxiliar de proceso las líneas de venteos, líneas de drenajes, líneas de balance, líneas de barrido del producto y líneas para inyección de fluido externo.

8.2.5.2.2 Los componentes de las tuberías deben tener una presión-temperatura nominal de por lo menos igual a la presión máxima de trabajo permisible (MAWP por sus siglas en ingles) de la carcasa de la bomba, pero en ningún caso menor que el de las bridas ISO 7005 PN50 (clase 300 de ASME) a la temperatura ambiente (numeral 8.1.3.5).

8.2.5.2.3 La tubería y 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 85 DE 233
---	---------------------------	--

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

8.2.5.2.5 Las abertura de orificios no deben ser menores de 3 mm (0,12 pulg) en el diámetro.

8.2.5.2.6 A menos que se especifiquen las válvulas, las abertura roscadas y conexiones de venteo drenaje deben estar tapadas. Se deben usar tapones de acero al carbono con las carcasas de hierro colado.

8.2.5.2.7 Si se suministran cambiadores de calor o calentadores, sus componentes deben ser adecuados para el líquido de proceso y/o la calidad del agua de enfriamiento a los que sean expuestos.

8.2.5.2.8 Para tuberías que contengan fluidos inflamables o tóxicos, además de los requerimientos especificados en los numerales 8.2.5.2.1 a 8.2.5.2.7, 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.

8.2.5.3 Tubería de agua de enfriamiento.

8.2.5.3.1 El arreglo de la tubería para agua de enfriamiento debe estar conforme a las figuras del anexo 12.2, como sea aplicable.

8.2.5.3.2 La tubería de agua de enfriamiento debe diseñarse de acuerdo al numeral 8.1.1.22.

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

8.2.5.3.4 A menos que se especifique otra cosa, se deben suministrar válvulas para todas las conexiones de entrada y salida de la tomas de agua.

8.2.5.4 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 6.5 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

8.2.5.4.1 Generalidades

- a) El diseño de los sistemas de tubería debe satisfacer las condiciones de los siguientes seis párrafos.
 - 1 Soporte adecuado para evitar daños por vibración durante la operación y el mantenimiento, utilizando prácticas comunes.
 - 2 Flexibilidad adecuada y accesibilidad para operación, mantenimiento y limpieza.
 - 3 El arreglo e instalación será ordenado y adaptado al contorno del equipo sin obstruir el acceso a ninguna conexión o abertura.
 - 4 Permitir la remoción de la tubería para mantenimiento, a menos que la tubería esté soldada.
 - 5 El arreglo de la tubería debe permitir el drenado y venteo sin necesidad de desensamblar.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 86 DE 233
---	---------------------------	--

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

- b) 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.
- c) Los componentes de la tubería para: el buje de garganta y sellos duales húmedos y secos (de contacto y no contacto), incluyendo el depósito externo y sus indicadores de vidrio con protecciones deben diseñarse para una presión mínima de 4481 kPa (650 lb/pulg²) manométrica a temperatura ambiente. El material para la tubería y sus componentes será de acero inoxidable o lo especificado por PEMEX en la hoja de datos.
- d) 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.
- e) 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.
- f) 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 y del tamaño necesario para manejar el flujo.
- g) La tubería de los sistemas auxiliares para las bombas del inciso d del alcance de esta norma de referencia deben cumplir lo indicado en la Tabla 16. 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 del anexo 12.17 y los dibujos indicados en la hoja de datos.

8.2.5.4.2 Tubería auxiliar de proceso. (Aplica para las bombas del inciso d del alcance de esta norma de referencia).

- a) El arreglo de la tubería auxiliar de proceso se debe realizar conforme a las figuras del anexo 12.17.
- b) Todos los componentes de la tubería suministrada por el proveedor de acuerdo con el anexo 12.17, se consideran expuestos al fluido del proceso.

Sistema.	Fluido							
	Fluido auxiliar al proceso.		Vapor.		Agua de enfriamiento.		Aceite lubricante.	
	Categoría	Manómetros		Tamaño nominal		Tamaño nominal		
		No inflamable / no peligroso.	Inflamable / peligroso	≤ 500 KPa (75 psig)	> 500 KPa (75 psig)	Estándar ≤ 25 mm (1 pulg) NPS	Opcional ≥ 38 mm (1 1/2 pulg) NPS	≤ 1 NPS
Tubería.	Sin costura ^(a)	Sin costura ^(a)	Sin costura ^(a)	Sin costura ^(a)	—	Acero al carbono, (ASTM A120 célula 40 galvanizado a ASTM A153)	—	ASTM A312 tipo 316L o equivalente, acero inoxidable ^(b)
Tubing. ^(b)	Acero inoxidable (ASTM A269 o equivalente, sin costura, tipo 316)	Acero inoxidable (ASTM A269 o equivalente, sin costura, tipo 316)	ASTM A269 o equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316	Acero inoxidable (ASTM A269 o equivalente, sin costura, tipo 316)	Acero inoxidable (ASTM A269 o equivalente, sin costura tipo 316)	—	ASTM A269 o equivalente, sin costura acero inoxidable, tipo 316	—
Válvulas.	Clase 800	Clase 800	Clase 800	Clase 800.	Bronce clase 200	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	Hierro maleable (ASTM A338 y A197 clase 150 o equivalente) galvanizado a ASTM A153 o equivalente	Hierro maleable (ASTM A338 y A197 clase 150 o equivalente) galvanizado a ASTM A153 o 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 1/2 pulg) NPS	—	—	—	—	—	Especificado por PEMEX	—	Soldado ^(a)
Empaques.	—	Espiral de acero inoxidable, tipo 304 o 316	—	Espiral de acero inoxidable, tipo 304 o 316	—	—	—	Espiral de acero inoxidable, tipo 316
Tornillería.	—	ASTM A193 grado B7 y ASTM A194 grado 2H, o equivalente	—	ASTM A193 grado B7 y ASTM A194 grado 2H, o equivalente	—	—	—	ASTM A193 grado B7 y ASTM A194 grado 2H, o equivalente.
Notas: La tubería de acero al carbono debe estar conforme al ASTM A53 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 equivalente.								
a) 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.								
b) 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 0,109 pulg)..								

Notas: La tubería de acero al carbono debe estar conforme al ASTM A53 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 equivalente.

a) 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.

b) 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 0,109 pulg)..

Tabla 16. Requerimientos mínimos de materiales para tubería.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 88 DE 233
---	---------------------------	--

8.2.5.4.3 Tubería de agua de enfriamiento. (Aplica para las bombas del inciso d del alcance de esta norma de referencia).

- a) 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.

8.2.5.4.4 Tubería de aceite lubricante. (Aplica para las bombas del inciso d del alcance de esta norma de referencia)

- a) 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.
- b) 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.

8.2.6 Herramientas especiales.

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

8.2.6.1 Si se requieren herramientas y accesorios especiales para ensamblar, desmontar o mantenimiento de la unidad, deben ser incluidas en la oferta del proveedor y ser suministradas como parte del alcance de suministro inicial de la máquina. Para instalaciones de unidades múltiples, las cantidades requeridas de herramientas y accesorios especiales, serán indicados en las hojas de datos ó en las bases de licitación. Estas herramientas especiales o similares deben ser utilizadas durante el ensamble en fábrica y del desmontaje post-prueba del equipo.

8.2.6.6.2 Si las herramientas y accesorios especiales son suministradas, deben ser empaquetadas en cajas separadas de metal y marcadas "herramientas especiales para (rotulación / clave del artículo)". Cada herramienta, la cual será estampada o marcada con etiqueta para indicar su uso previsto.

8.3 Inspección, pruebas y preparación para el embarque.

8.3.1 Generalidades.

8.3.1.1 Después de la notificación de PEMEX al proveedor, el representante de PEMEX debe tener acceso a todas las plantas del proveedor o subcontratistas donde se realicen trabajos de inspección o pruebas del equipo.

8.3.1.2 El proveedor debe notificar a los subcontratistas o subproveedores de las inspecciones y pruebas requeridas así como de la coordinación de las visitas del representante de PEMEX.

8.3.1.3 El proveedor debe proporcionar a PEMEX información suficiente, previo a cualquier inspección o prueba que PEMEX haya especificado como atestiguado u observado.

8.3.1.4 El alcance de participación de PEMEX en la inspección y pruebas será como se indica en los puntos siguientes:

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 89 DE 233
---	---------------------------	--

- a) El proveedor debe proporcionar a PEMEX por adelantado el programa de inspecciones y pruebas en fábrica, incluidos como estándar, así como los requeridos en la hoja de datos y en la orden de compra. Es responsabilidad del proveedor la coordinación de las visitas del representante de PEMEX.
- b) El proveedor debe notificar a PEMEX con al menos seis semanas de anticipación a la primera prueba o inspección programada. Debe enviar con la notificación, los procedimientos detallados y los criterios de aceptación para todos los parámetros monitoreados durante la prueba en fábrica. El proveedor debe notificar a PEMEX con al menos cinco días hábiles antes de la fecha de prueba. Si la prueba es reprogramada, el proveedor debe notificar con al menos cinco días de anticipación a la nueva fecha programada.

Para bombas más pequeñas donde se establezca y el tiempo de prueba sea corto, el aviso de cinco días puede requerir que la bomba sea retirada del banco de pruebas entre las pruebas preliminar y atestiguada.

Todas las inspecciones y pruebas atestiguadas son puntos de apego. Para las pruebas observadas, PEMEX puede estar en la fábrica más tiempo que para una prueba atestiguada.

- c) Para las pruebas atestiguadas de funcionamiento mecánico y de comportamiento se requiere que el proveedor notifique por escrito a PEMEX los resultados exitosos de pruebas preliminares.
- d) 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.
- e) La aceptación de las pruebas realizadas en el stand 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.

8.3.1.5 El equipo, materiales y utensilios para las pruebas e inspecciones especificadas deben ser provistas por el proveedor.

8.3.1.6 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. Si se especifica, el representante de PEMEX, el representante del proveedor o ambos, debe indicar el cumplimiento con la lista de verificación del inspector tal como se indica en el anexo 12.5 de esta norma de referencia, fechándolo y enviándolo a PEMEX antes del embarque.

8.3.1.7 El proveedor debe permitir a PEMEX, el acceso a su programa de control de calidad y el de sus subcontratados para su revisión.

8.3.2 Inspección.

8.3.2.1 Generalidades

8.3.2.1.1 El proveedor debe conservar por lo menos durante 20 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 90 DE 233
---	---------------------------	--

- d) Registros de pruebas, inspecciones y control de calidad.
- e) Registro de claros para mantenimiento, durante el ensamble final.
- f) Otros datos especificados por PEMEX o requeridos por los códigos y regulaciones aplicables (ver numerales 8.5.3.1 y 8.5.3.2).

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

8.3.2.1.3 En adición a los requerimientos de 8.1.12.1.5 PEMEX puede especificar lo siguiente:

- a) Partes que deben ser sujetas a examen superficial y sub superficial;
- b) El tipo de inspección requerida para cada componente de la bomba, que puede ser líquidos penetrantes, partículas magnéticas, radiografiado y ultrasonido.

8.3.2.1.4 Todas las pruebas preliminares de funcionamiento y verificación deben completarse antes de la inspección de PEMEX.

8.3.2.2 Inspección de materiales

8.3.2.2.1 Los ensayos no destructivos deben realizarse como sea requerido por la especificación del material. Si se especifican inspecciones de soldaduras o materiales por radiografía, ultrasonido, partículas magnéticas o líquidos penetrantes adicionales, los métodos y criterios de aceptación deben ser como se solicita en los estándares indicados en la Tabla 17. La hoja de datos de soldaduras e inspección de materiales del anexo 12.14 de esta norma de referencia, debe utilizarse para este propósito.

8.3.2.2.2 Si PEMEX lo especifica, el proveedor o el inspector puede inspeccionar todo el equipo y toda la tubería y sus accesorios antes del ensamble.

TIPO DE INSPECCIÓN	MÉTODO	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN	
		Para fabricaciones	Para fundiciones
Por radiografía	Sección V, Artículos 2 y 22 del Código ASME	Sección VIII, División 1, UW-51 (para el 100 por ciento del radiografiado) y UW-52 (para secciones de radiografías) del Código ASME	Sección VIII, División 1, Apéndice 7 del Código ASME
Por ultrasonido	Sección V, Artículos 5 y 23 del Código ASME	Sección VIII, División 1, Apéndice 12, del Código ASME	Sección VIII, División 1, Apéndice 7 del Código ASME
Por partículas magnéticas	Sección V, Artículos 7 y 25 del Código ASME	Sección VIII, División 1, Apéndice 6, del Código ASME	Sección VIII, División 1, Apéndice 7 del Código ASME
Por líquidos penetrantes	Sección V, Artículos 6 y 24 del Código ASME	Sección VIII, División 1, Apéndice 8, del Código ASME	Sección VIII, División 1, Apéndice 7 del Código ASME

Tabla 17. Métodos y criterios de aceptación para inspecciones de soldaduras y materiales

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 91 DE 233
---	---------------------------	--

8.3.2.2.3 Si PEMEX lo especifica, la dureza de las partes, las soldaduras y las zonas afectadas por tratamientos térmicos deben verificarse que estén dentro de los valores aceptables de pruebas. Para fines de evaluación de la conformidad, la dureza de partes, soldaduras y zonas afectadas por calor debe registrarse para verificación posterior, cuando así lo requiere PEMEX. 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.

8.3.3 Pruebas.

8.3.3.1 Generalidades.

8.3.3.1.1 La prueba de comportamiento y de NPSH deben realizarse usando los métodos de ISO 9906 grado 1, HI 1.6 (para bombas centrífugas) o HI 2.6 (para bombas verticales) del Instituto de Hidráulica, excepto la eficiencia que será para información. Las tolerancias de comportamiento deben estar de acuerdo con la Tabla 18.

8.3.3.1.2 El proveedor debe entregar con al menos 6 semanas de anticipación de la primera prueba programada, para información y/o comentarios, los procedimientos detallados de todas las pruebas de funcionamiento y de las pruebas opcionales (8.3.3.4), incluyendo los criterios de aceptación de las variables monitoreadas.

Condición	En punto de garantía (%)	A flujo cero (%)
Carga diferencial nominal m (pies)		
➤ 0 m a 150 m (0 pies a 500 pies)	-2 +5	+10 -10 ^(a)
➤ 151 m a 300 m (501 pies a 1000 pies)	-2 +3	+8 -8 ^(a)
➤ Más de 300 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) Si se especifica el requerimiento de una curva con incremento continuo de carga (ver párrafo 8.1.1.13), las tolerancias negativas aquí indicadas 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).		

Tabla 18.- Tolerancias de comportamiento.

8.3.3.1.3 Los sellos mecánicos no deben ser usados durante la prueba hidrostática pero sí durante todas las pruebas de funcionamiento o comportamiento.

8.3.3.1.4 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 7.3.1 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

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

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 92 DE 233
---	---------------------------	--

- 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.

8.3.3.1.4.2 Las bombas verticales se deben probar completamente ensambladas. No se aceptan pruebas de tazones 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.

8.3.3.1.4.3 En las hojas de datos se debe indicar el tipo de prueba (s) que debe(n) realizarse a la (s) bomba (s), y ésta debe realizarse según indican los párrafos siguientes:

- a) Prueba hidrostática de acuerdo a 8.3.3.2 atestiguada u observada.
- b) Prueba de comportamiento de acuerdo a 8.3.3.3 atestiguada u observada.
- c) Pruebas opcionales:
 - 1. NPSH, de acuerdo a 8.3.3.4.2 observada.
 - 2. De conjunto, de acuerdo a 8.3.3.4.3.
 - 3. Nivel de ruido, de acuerdo a 8.3.3.4.4.
 - 4. Del equipo auxiliar, de acuerdo a 8.3.3.4.5.
 - 5. Resonancia en alojamiento de cojinetes, de acuerdo a 8.3.3.4.6.
 - 6. Corrida mecánica, de acuerdo a 8.3.3.4.7.
 - 7) Inspección en taller, de acuerdo al párrafo 8.3.2.

8.3.3.2 Prueba hidrostática.

8.3.3.2.1 Todos los componentes de la carcasa de presión deben probarse hidrostáticamente con agua a temperatura de 16 °C (60 °F) mínimo, a una presión mínima de 1,5 veces la presión máxima de trabajo permisible, con las consideraciones especiales siguientes:

- a) Las bombas (de cualquier material) deben probarse a un mínimo de 1,5 veces la presión máxima de trabajo permisible.
- b) Las bombas de doble carcasa, horizontales multipasos, de alta velocidad con engranaje integral 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) Los pasajes y chaquetas de enfriamiento para cojinetes, cajas de estoperos, enfriadores de aceite, entre otros, deben probarse a 1000 kPa (10 bar) (150 lb/pulg²) manométricos.
- d) La tubería de vapor, agua de enfriamiento y aceite de lubricación, si es fabricado por soldadura, debe probarse por lo menos a 1,5 veces la máxima presión de operación o 1000 kPa (10 bar) (150 lb/pulg²) manométricos, la que resulte mayor.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 93 DE 233
---	---------------------------	--

- e) Las empaquetaduras usadas durante la prueba hidrostática de un ensamble de carcasa de presión, menos los prensa estopas, deben ser del mismo diseño que los que se suministren con la bomba.
- f) La prueba hidrostática se permite sin la instalación de los prensa estopas o cámaras de sellos. Si se usa un prensaestopas o cámara de sellos de material fundido, éste será probado hidrostáticamente por separado a la misma presión requerida por la carcasa de presión.

8.3.3.2.2 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. Los valores de esfuerzos a utilizar deben ser determinados conforme a (8.1.3.4). Para tubería, el esfuerzo será conforme a ISO 15649. La presión así obtenida será la presión mínima de la prueba hidrostática. El proveedor debe indicar en la hoja de datos los valores de la presión de prueba hidrostática.

NOTA: Para los propósitos de este requisito, el ASME B.31.3 es equivalente al ISO 15649.

8.3.3.2.3 El contenido de cloruro del líquido usado para probar los materiales de acero inoxidable austenítico no debe exceder 50 mg/kg. Para prevenir depósitos de cloruro como resultado de la evaporación, deben secarse todas las partes probadas al concluir la prueba.

NOTA: el contenido de cloruros se limita en orden de prevenir fracturas por tensión-corrosión.

8.3.3.2.4 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. El sistema de tuberías hecho por soldadura debe probarse hidrostáticamente conforme a ISO 15649. Las juntas usadas durante la prueba hidrostática de una carcasa ensamblada deben ser del mismo diseño que los suministrados con la carcasa.

NOTA: Para los propósitos de este requisito, el ASME B.31.3 es equivalente al ISO 15649.

8.3.3.2.5 El líquido de prueba hidrostática debe contener un agente para reducir la tensión superficial si existe uno o más de las condiciones siguientes.

- a) El líquido bombeado tiene una densidad relativa (gravedad específica) menor de 0,7 a la temperatura de bombeo.
- b) La temperatura de bombeo es mayor que 260 °C (500 °F).
- c) La carcasa es fundida de un modelo nuevo o alterado.
- d) Los materiales son conocidos por sus fundiciones pobres.

8.3.3.2.6 Los componentes de la carcasa de presión de acero inoxidable austenítico o duplex, pueden probarse con una cantidad adicional de material en las áreas donde se requiere maquinarse para dimensiones o tolerancias críticas. La cantidad adicional de material no debe exceder 1 mm (0,040 pulg) o 5 por ciento del espesor de pared mínimo aceptable, cualesquiera que sea menor.

Cualquier área que sea maquinada después de la prueba hidrostática será identificada en el reporte de la prueba hidrostática.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 94 DE 233
---	---------------------------	--

8.3.3.3 Prueba de comportamiento.

8.3.3.3.1 A menos que PEMEX especifique otra cosa, la prueba de comportamiento debe realizarse para cada bomba. La prueba se debe realizar con agua a una temperatura menor a 65 °C (150 °F).

8.3.3.3.2 Los requisitos de a) hasta h) que se indican a continuación, deben cubrirse mientras la bomba este funcionando en el stand de pruebas y antes de que se realice la prueba de comportamiento.

- a) Los sellos y cojinetes contratados deben usarse en la bomba para realizar la prueba de comportamiento.
- b) Con la aprobación de PEMEX pueden usarse sellos substitutos durante la prueba de comportamiento, sólo si se necesita prevenir algún daño a los sellos contratados o si los sellos contratados no son compatibles con el fluido de prueba.
- c) El sello (o sellos) no deben tener ninguna clase de fuga en cualquier fase de la prueba de comportamiento de la bomba que exceda lo especificado en ISO 21049. Cualquier fuga inaceptable durante la prueba de comportamiento de la bomba requerirá desarmarla y reparar el sello. Si el sello es removido o desarmado, el sello debe probarse otra vez con la prueba de aire de la bomba usando el criterio definido en 8.3.3.3.5 inciso d.

Cuando la bomba este en el banco de prueba y se utilice agua como fluido de prueba, el líquido de sellos apropiado para pruebas con agua no debe mostrar signos visibles de fuga. La norma ISO 21049: Anexo A.1.3, establece el criterio apropiado y será revisado para confirmar que no hay ninguna fuga visible en los sellos probados.

NOTA: Para el propósito de esta condición, API 682 es equivalente a ISO 21049.

- d) Fugas en los sellos durante la prueba requerirá reensamble de la bomba y de los sellos y reoperar para demostrar que los sellos funcionan satisfactoriamente.
- e) Todas las presiones, viscosidades y temperaturas del aceite lubricante deben estar dentro del rango de valores de operación recomendados en las instrucciones de operación del proveedor para la unidad específica que es probada.
- f) Los cojinetes especificados con un sistema de lubricación por niebla, deben ser prelubricado antes de la prueba de comportamiento usando de preferencia aceite mineral.
- g) Todas las juntas y conexiones deben ser verificadas de esfuerzos, y cualquier fuga será corregida.
- h) Todo dispositivo de emergencia, protección y control usado durante la prueba será verificado y ajustado como sea requerido.

8.3.3.3.3 A menos que se especifique otra cosa, la prueba de comportamiento debe realizarse como se especifica a continuación:

- a) El proveedor tomará los datos de la prueba, incluyendo carga, flujo, potencia, temperatura (s) apropiada de los cojinetes y vibración en al menos cinco puntos. Estos puntos normalmente son:
 - 1) A flujo cero (en este punto el dato de vibración no es requerido),
 - 2) Flujo mínimo continuo estable,
 - 3) Punto medio entre flujo mínimo y flujo nominal,

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 95 DE 233
---	---------------------------	--

- 4) Flujo nominal, y
- 5) Flujo máximo permitido (como mínimo 120 por ciento del punto de mejor eficiencia –BEP, por sus siglas en ingles-)
- b) El punto de prueba del flujo nominal debe estar dentro de la banda de tolerancia de ± 5 por ciento del flujo nominal.

En el caso de bombas de alta energía (ver numeral 8.1.1.18), bombas con engranaje integrado y bombas multietapas, podría no ser factible probarlas en el punto a flujo cero. Algunas bombas de baja velocidad específica pueden no alcanzar el 120 por ciento del BEP.

- c) La velocidad de prueba debe estar dentro del 3 por ciento de la velocidad nominal indicada en la oferta y mostrada en la hoja de datos de la bomba (ver ejemplo en el Anexo 12.14). Los resultados de la prueba deben convertirse a los correspondientes a la velocidad nominal.
- d) El proveedor debe mantener una bitácora completa y detallada de todas las pruebas finales y suministrar el número de copias requeridas, incluyendo datos y curvas de pruebas certificadas. La información debe contener las curvas de las pruebas y un resumen de los datos de las pruebas comparadas con los puntos garantizados (ver numerales 8.5.2.4, 8.5.3.2.2 y el ejemplo del anexo M de la norma ISO 13709:2003).
- e) Si procede, en adición al envío formal de la información final, en concordancia con 8.5.3.2.2, las curvas y los datos de pruebas (corregidas para velocidad, gravedad específica y viscosidad) deben ser enviadas dentro de 24 horas después de la conclusión de la prueba de comportamiento para revisión y aceptación de PEMEX antes del embarque.

8.3.3.3.4 Durante la prueba de comportamiento, los requisitos de a) hasta d) siguientes, deben ser cubiertos.

- a) Los valores de vibración deben ser grabados durante la prueba de acuerdo con el numeral 8.1.9.3.2. Los valores de vibración no deben exceder los indicados en 8.1.9.3.6.
- b) Las bombas deben operar dentro de los límites de temperatura de cojinetes indicadas en el párrafo 8.1.10.2.4 y no deben mostrar señales de operaciones desfavorables, tales como ruidos causados por cavitación, entre otros.
- c) Cuando están operando a la velocidad y flujo nominal, las bombas deben comportarse dentro de las tolerancias indicadas en la Tabla 18.
- d) Si se especifica, debe grabarse el nivel de vibración en velocidad pico, solo para propósitos informativos.

8.3.3.3.5 Los requisitos de a) hasta d) siguientes, deben ser cubiertos después de que la prueba de comportamiento sea completada.

- a) Si es necesario desmantelar la bomba después de la prueba de comportamiento con el solo propósito de maquinar impulsores para cubrir las tolerancias de la carga diferencial, no se requiere repetir la prueba, amenos que la reducción del diámetro exceda el 5 por ciento del diámetro original. El diámetro del impulsor durante la prueba en fábrica, así como el diámetro final del impulsor, debe registrarse en la curva de prueba certificada, mostrando las características de operación después de que el diámetro del impulsor ha sido reducido.
- b) Si se especifica en la hoja de datos, el desensamble de bombas multietapa para cualquier ajuste de carga (incluyendo cualquier cambio de diámetro menor a 5 por ciento) después de la prueba, es necesario realizar la prueba otra vez.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 96 DE 233
---	---------------------------	--

- c) Si fuera necesario dismantelar la bomba para cualquier otra corrección, tales como mejorar la potencia, NPSH u operación mecánica, el resultado inicial de la prueba no es aceptable, y la prueba de comportamiento debe efectuarse nuevamente después de hacer las correcciones.
- d) Si es necesario alterar el ensamble del sello mecánico después de la prueba de comportamiento, o si las caras de los sellos de prueba son cambiados con las caras de los sellos de trabajo, el ensamble final de los sellos debe probarse con aire como se indica a continuación:
 - 1) Presurizar cada una de las secciones de sellado independientemente con aire limpio hasta una presión de prueba de 175 kPa (1,75 bar) (25 lb/pulg²) manométrica.
 - 2) Aislar la sección en prueba de la fuente de presurización y mantener la presión por un mínimo de 5 minutos ó 5 minutos por cada 30 litros (1 pies³) del volumen de prueba, el que resulte mayor.
 - 3) La máxima caída de presión permitida durante la prueba es de 15 kPa (0,15 bar) (2 lb/pulg²).
- e) Si más de una bomba es suministrada para el mismo servicio, se requiere que cada una de ellas sea probada por separado.

8.3.3.4 Prueba opcionales

8.3.3.4.1 Generales

Si se indica en la hoja de datos, las pruebas en fábrica descritas en 8.3.3.4.2 a 8.3.3.4.6 deben realizarse. Los detalles de la prueba deben acordarse entre PEMEX y el proveedor.

8.3.3.4.2 Prueba NPSHR

8.3.3.4.2.1 Si la prueba de NPSHR es indicada, el NPSH debe determinarse en cada punto de prueba [de acuerdo con 8.3.3.3.3 a)] excepto a flujo cero. La prueba de NPSH será de acuerdo con el código de pruebas de los estándares del Instituto de Hidráulica o equivalente.

8.3.3.4.2.2 Una caída del 3 por ciento en carga (carga en la primera etapa en bombas multietapas) será interpretada como un deterioro del comportamiento. La carga en la primera etapa de las bombas con dos o más etapas, de ser posible será una medida usando una conexión separada de la descargada de la primera etapa. Si esto no es factible, la prueba de la primera etapa será la única a considerar.

8.3.3.4.2.3 El NPSHR en el punto nominal no debe exceder el valor cotizado (ver Tabla 18). El dismantelamiento para corregir el NPSHR requiere una nueva prueba (ver 8.3.3.3.5 y 8.3.4.3.1).

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

8.3.3.4.3 Prueba de conjunto (unidad completa).

Cuando sea especificado, la bomba, accionador y todos los sistemas auxiliares que constituyen el equipo de bombeo, deben probarse juntos. Si PEMEX lo especifica, se deben realizar mediciones de vibración torsional para verificar el análisis del proveedor, de acuerdo con el párrafo 8.1.9.2. La prueba de la unidad completa se debe realizar en lugar de o como complemento las pruebas separadas de los componentes individuales especificados por PEMEX.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 97 DE 233
---	---------------------------	--

8.3.3.4.4 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 equivalente.

NOTA: las normas ISO 3740, ISO 3744, e ISO 3746 deberán ser consultadas como guía.

8.3.3.4.5 Prueba del equipo auxiliar.

Cuando sea especificado, los sistemas auxiliares del equipo de bombeo tales como sistema de aceite, engranes y sistema de control deben probarse en el taller del proveedor. Los detalles de la (s) prueba (s) deben ser desarrolladas por el proveedor y aprobadas por PEMEX.

8.3.3.4.6 Pruebas de resonancia en soporte de cojinetes.

Si se especifica la prueba de resonancia, los alojamientos de cojinetes deben excitarse por impacto u otro método similar con la bomba sin tuberías, y la frecuencia natural debe determinarse por la respuesta. Un margen de separación debe existir entre la frecuencia (s) natural (es) y las siguientes frecuencias de excitación:

- a) Múltiplos de la velocidad de operación (r/min.): 1; 2; 3
- b) Múltiplos de la frecuencia de paso de álabes: 1; 2.

El criterio de aceptación de la prueba será acordado entre PEMEX y el proveedor.

8.3.3.4.7 Prueba de corrida mecánica.

8.3.3.4.7.1 Si se especifica prueba de corrida mecánica, la bomba debe funcionar en el banco de pruebas hasta que se alcance la temperatura de estabilización del aceite (8.1.10.2.4).

8.3.3.4.7.2 Cuando PEMEX lo especifique, la bomba debe operar mecánicamente por 4 hrs., a menos que se especifique o acuerde otra cosa la corrida mecánica debe realizarse en el punto nominal.

8.3.3.4.7.3 El inicio de la prueba mecánica, la cual será hasta que las temperaturas del aceite se estabilice.

8.3.4 Preparación para el embarque.

8.3.4.1 PEMEX especificará el tipo de embalaje y almacenaje requeridos. Los rotores deben ser bloqueados en caso de ser necesario. Los rotores bloqueados deben ser identificados con etiquetas resistentes a la corrosión amarradas con alambre de acero inoxidable. La preparación debe hacerse de tal modo que el equipo permanezca por lo menos 6 meses en almacenaje a la intemperie en ambiente salino o no salino, según se indique en el contrato) desde el momento del embarque, sin requerir desensamble antes de la operación, excepto para la inspección de cojinetes y sellos. Si se contempla almacenaje por más tiempo, PEMEX solicitará al proveedor, las recomendaciones y el procedimiento que se debe seguir para conservar el buen estado del equipo.

8.3.4.2 El proveedor debe entregar a PEMEX las instrucciones necesarias para preservar la integridad de la preparación del almacenaje después de que el equipo llegue al sitio de instalación y antes del arranque, que deben estar de acuerdo con el API RP 686.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 98 DE 233
---	---------------------------	--

8.3.4.3 El equipo, el cual será preparado para el embarque después de que todas las pruebas e inspecciones hayan sido completadas y el equipo haya sido liberado por PEMEX. La preparación debe contemplar lo especificado en 8.3.4.3.1 hasta 8.3.4.3.10.

8.3.4.3.1 A menos que se especifique lo contrario, las bombas no deben ser desensambladas después de la prueba final de comportamiento. La bomba, incluida la cámara de sellado, deben ser drenadas prácticamente en su totalidad, llenadas con un inhibidor desplazador de agua por 4 hrs. de prueba y drenado otra vez.

8.3.4.3.2 Las superficies exteriores, excepto las superficies maquinadas, deben tener al menos una capa de pintura estándar del fabricante. La pintura no debe contener plomo o cromatos. Las partes de acero inoxidable no necesitan pintarse. Las placas de las bases deben prepararse para la lechada en concordancia con 8.2.3.17.

8.3.4.3.3 Todas las partes exteriores maquinadas, excepto para materiales resistentes a la corrosión, deben ser cubiertos por una capa anti oxidante.

8.3.4.3.4 Todas las partes internas de los alojamientos de cojinetes y los componentes de acero al carbono de los sistemas de aceite deben ser cubiertos por una capa anti oxidante de aceite soluble, que sea compatible con el aceite lubricante.

8.3.4.3.5 Todas las conexiones bridadas deben ser provistas de tapones metálicos de por lo menos 5 mm (0,19 pulg) de espesor, con empaques de elastómero y por lo menos cuatro tornillos del diámetro de los agujeros de las bridas. Para las conexiones roscadas, todas las tuercas necesarias para el servicio requerido deben ser usadas para asegurar el cierre.

8.3.4.3.6 Las conexiones roscadas abiertas deben suministrarse con cubiertas de metal o tapones de metal concordando con 8.1.4.3.7.

8.3.4.3.7 Las conexiones que han sido biselados para soldarse, deben ser adecuados para prevenir la entrada de materiales extraños y dañen la soldadura.

8.3.4.3.8 Los puntos de izaje y orejas de izaje deben ser claramente identificados.

8.3.4.3.9 El equipo será identificado con la clave y el número de serie. El material embarcado por separado y será identificado con seguridad, con etiquetas de metal resistentes a la corrosión indicando la clave y el número de serie del equipo del cual forma parte. El equipo empaquetado, el cual será embarcado con una lista por duplicado del paquete, una dentro y una fuera del contenedor de embarque.

8.3.4.3.10 Las flechas y coples descubiertos deben ser envueltos con tela encerada moldeada e impermeable o papel inhibidor de corrosión las juntas o costuras deben sellarse con cinta adhesiva.

8.3.4.4 Las conexiones auxiliares de tubería suministradas con el equipo deben ser estampadas con impresión o marcadas permanentemente para concordar con la tabla general de conexiones del proveedor o los dibujos de arreglo general. La designación y el servicio de las conexiones, debe ser indicada. La simbología para todas las conexiones de las bombas incluyendo las conexiones tapadas, debe estar de acuerdo con el Anexo 12.2.

8.3.4.5 El ensamble de cojinetes debe estar completamente protegido de la entrada de polvo y humedad. Si son instalados bolsas inhibidores de la fase de evaporación en cavidades de cristales largas, las bolsas deben fijarse en un área accesible para removerse con facilidad. Si aplica, las bolsas deben ser instaladas en jaulas de alambre fijas en las bridas de la carcasa y la localización de las bolsas deben indicarse por marcas con etiquetas resistentes a la corrosión.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 99 DE 233
---	---------------------------	--

8.3.4.6 Una copia del manual de instalación del fabricante, la cual es empacado y embarcado con el equipo.

8.3.4.7 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 7.4 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

- a) Cada unidad debe prepararse adecuadamente para embarque con el embalaje indicado en la hoja de datos, 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.
- b) Todas las superficies exteriores sujetas a corrosión atmosférica, con excepción de superficies maquinadas, deben estar pintadas según la NRF-053-PEMEX-2006.
- c) La empaquetadura usada en las pruebas debe quitarse de la caja de estoperos y empacarse por separado para su instalación en campo.
- d) El proveedor debe asegurar que todos los equipos después de aplicar sus pruebas sean debidamente drenados y que sus partes internas sean secados a través de efectuar un desensamble de los mismos o se aplique un proceso de secado, en ambos casos se debe aplicar un inhibidor que cubra las partes internas para protección contra la 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 Requisitos específicos por tipo de bomba.

8.4.1 Bombas con impulsor en voladizo de una etapa.

8.4.1.1 Bombas horizontales (Tipo OH2), soportadas en la línea de centros.

Los soportes para alojamiento de cojinetes en la cubierta trasera de la bomba no son aceptados.

8.4.1.1.1 REQUISITO ADICIONAL A LA CLÁUSULA 8.1.1 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

Las bombas OH2 deben diseñarse de forma que su primera velocidad lateral crítica seca sea al menos un 20 por ciento superior de su máxima velocidad de operación continua.

8.4.1.2 Bombas verticales en línea (Tipo OH3).

8.4.1.2.1 La parte inferior de la carcasa será plana para tener un soporte estable cuando descansa sobre una base o la cimentación. La relación entre la altura del centro de gravedad de la bomba y el ancho de la base no será mayor de 3:1.

8.4.1.2.2 Las bombas se deben diseñar para estar soportadas únicamente las tuberías de succión y descarga (cuando el tamaño lo permita) o para atornillarse a una base o a la cimentación. PEMEX indicará cuando se requiera que la bomba sea anclada a la cimentación.

Las cargas en las bridas de la bomba pueden aumentar si se elige la unidad para anclaje. Esto se debe tratar en el diseño de la tubería.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 100 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.1.2.3 Una conexión de 15 mm DN (1/2 NPS) como mínimo para drenaje debe proporcionarse para que ningún líquido se estanque en la tapa o soporte del accionador.

8.4.1.2.4 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.

Si el venteo a la atmósfera no es aceptable, el venteo se debe conectar con la tubería de proceso a una elevación por encima del compartimiento del sello.

8.4.1.2.5 Las bombas deben diseñarse para facilitar la remoción e instalación del ensamble interno sin remover el accionador.

8.4.1.2.6 Cuando PEMEX lo especifique, el proveedor debe suministrar el dispositivo de izaje para facilitar la remoción e instalación del ensamble interno, con el motor instalado.

8.4.1.2.7 PEMEX indicará si es aceptable la lubricación del alojamiento o soporte de cojinetes con grasa. Cuando este sea el caso, la temperatura estable en el alojamiento o soporte de cojinetes no debe exceder 43 °C (110°F), cuando se opere a una temperatura ambiente de 43 °C (110° F).

8.4.1.2.8 Los accionadores deben alinearse en las instalaciones del proveedor antes de su embarque.

8.4.1.2.9 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 8.1.2 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

- a) La bomba y su accionador deben unirse con coples flexibles.
- b) A menos que se indique otra cosa, la tubería auxiliar de los planes 52 y 53 no se deben montar sobre la bomba.
- c) Para equipos con pesos de 1500 kg o mayores, el proveedor debe suministrar un polipasto eléctrico para facilitar las maniobras de mantenimiento.

8.4.1.3 Bombas de alta velocidad accionada por engranaje integral (tipo OH6).

8.4.1.3.1 El impulsor debe estar sujeto de la flecha de salida de la caja de engranes por medio de cuña.

8.4.1.3.2 las bombas de alta velocidad accionadas por engranaje Integral pueden requerir el retiro del accionador para permitir el desmontaje del rotor y montaje de sello.

8.4.1.3.3 El tipo de impulsor será seleccionado para la aplicación y pueden ser del tipo abierto, semi abierto o cerrado.

8.4.1.3.4 Cuando PEMEX lo especifique, el proveedor debe realizar el análisis de velocidad lateral crítica para cada equipo. La necesidad del análisis lateral del rotor se debe determinar como lo describe el punto 8.4.2.4.1. Un análisis lateral para ser especificado únicamente para unidades únicas, nuevas o críticas.

NOTA: Las velocidades críticas laterales pueden ser de preocupación para las bombas tipo OH6. Las bombas de este tipo se investigan normalmente a fondo durante su desarrollo y las dinámicas típicas del rotor son disponibles y aplicables.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 101 DE 233
---	---------------------------	---

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

8.4.1.3.6 El montaje de manómetros y termómetros directamente sobre la caja de engranes debe estar de acuerdo con ISO 10438 excepto que el diámetro de los indicadores deba ser de 50 mm (2 pulg). Si se especifica, se deben suministrar termopares con rosca.

8.4.1.3.7 Los inductores, impulsores y componentes rotativos mayores deben ser balanceados al grado G2.5 de ISO 1940-1 o a un desbalanceo residual de 7 g.mm (0,01 oz-pulg) cualesquiera que sea mayor. Los resultados de las mediciones de vibración durante la prueba de comportamiento no deben exceder los niveles indicados en la Tabla 9.

8.4.1.3.8 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 8.1.3 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

- a) A menos que se indique otra cosa, la tubería auxiliar de los planes 52 y 53 no se deben montar sobre la bomba.
- b) El acoplamiento entre el accionador y la caja de engranes debe realizarse por medio de cople flexible.
- c) Los impulsores fabricados requieren la aprobación de PEMEX.
- d) Las bombas del tipo OH6 no son aceptadas para los servicios cubiertos por el inciso a del alcance de esta norma de referencia. Para los casos del inciso b son aceptables sólo cuando sean específicamente solicitadas por PEMEX.

8.4.2 Bombas con impulsor montado entre cojinetes (tipos BB1, BB2, BB3 y BB5).

8.4.2.1 Carcasa de presión.

8.4.2.1.1 Las carcasas divididas axialmente pueden suministrarse con junta plana o metal a metal. El proveedor debe indicar en su propuesta cuál es el suministrado.

8.4.2.1.2 Las bombas con temperatura de operación menor a 150 °C (300 °F) pueden montarse sobre pie.

8.4.2.1.3 Las bombas con carcasa dividida axialmente deben tener orejas de izaje o pernos de argolla para levantar la parte superior de la carcasa. Los métodos de izaje deben ser indicados por el proveedor. Los métodos para izaje de la máquina ensamblada deben ser especificados por el proveedor [ver numeral 8.5.2.2.1 a) y el anexo L de la norma ISO 13709:2003].

8.4.2.1.4 Cuando se especifique, el diseño de las conexiones este será aprobado por PEMEX antes de su fabricación. Los dibujos deben mostrar los diseños de soldadura, tamaño, materiales y tratamientos térmicos antes y después de las soldaduras.

8.4.2.2 Rotor.

8.4.2.2.1 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.

8.4.2.2.2 Rotores con claros con el impulsor de 0,75 mm (0,030 pulg) o menores, los impulsores deben asegurarse contra movimiento axial opuesto a la dirección normal del empuje hidráulico.

8.4.2.2.3 Rotores con impulsores montados en caliente no son aceptados.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 102 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.2.2.4 La excentricidad de la flecha y de los rotores, medida con la flecha o el rotor soportado sobre bloques “V” o en stand de rodillos adyacentes a sus cojinetes, deben tener los límites indicados en la Tabla No. 19.

Factor de flexibilidad $F_f^{a, b}$ mm ² (pulg ²)	Excentricidad permisible de la flecha, TIR μm (pulg)	Componente de fijación en la flecha	Excentricidad radial permisible del rotor, TIR ^c μm (pulg)
> 1,9 x 10 ⁹ (3 x 10 ⁶)	40 (0,0015)	Claro	90 (0,0035)
		Interferencia	60 (0,0025)
≤ 1,9 x 10 ⁹ (3 x 10 ⁶)	25 (0,001)	Claro	75 (0,003)
		Interferencia	50 (0,002)

NOTAS:

a $F_f = L^4 / D^2$

Donde:

L es la extensión completa del cojinete,

D es el diámetro mayor de la flecha en el impulsor.

b El factor de flexibilidad de la flecha, F_f , es relacionado directamente a la deflexión estática de una flecha con apoyos simples y es por esto que es buen indicador de la excentricidad conseguida en la fabricación.

c Excentricidad de los cubos del impulsor, tambores de balance y mangas.

Tabla 19.- Requerimientos de excentricidad de flecha y rotor.

8.4.2.3 Claros de funcionamiento

8.4.2.3.1 Bujes de la carcasa y camisas interetapas renovables o los equivalentes deben suministrarse para todos los puntos interetapas.

8.4.2.3.2 Los claros de funcionamiento asociado con los componentes usados para balancear el empuje axial o para servir como producto-lubricado de cojinetes internos pueden ser el estándar del fabricante, siempre que estos claros se indiquen en la oferta como excepciones a esta norma de referencia (ver numeral 8.1.7.4) y sean aprobados por PEMEX. Si los claros estándares del fabricante están basados en combinaciones de materiales que presentan características superiores de desgaste, los datos de apoyo deben ser incluidos en la oferta.

8.4.2.4 Dinámica.

8.4.2.4.1 Análisis lateral.

8.4.2.4.1.1 Dependiendo del diseño de la bomba, la primera o segunda velocidad crítica lateral húmeda de bombas multipasos y de alta velocidad pueden coincidir con la velocidad de operación, particularmente con el aumento de los claros internos con el desgaste. Un análisis lateral puede predecir si esta coincidencia es probable y si la vibración que resulta será aceptable.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 103 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.2.4.1.3 A menos que se especifique lo contrario, la necesidad de un análisis lateral del rotor de la bomba será determinada usando el procedimiento precisado en la Tabla 20. Para este proceso, las definiciones siguientes aplican:

- a) Bomba idéntica: mismo tamaño, diseño hidráulico, número de etapas, r/min, claros, tipo de sello de la flecha (cara axial o buje de restricción), tipo de cojinetes, peso del cople, proyección del cople y el mismo líquido bombeado.
- b) Bomba similar: por acuerdo entre PEMEX y el fabricante, tomando en cuenta los factores numerados en la definición anterior (inciso a)
- c) Clásicamente rigidizado: la primera velocidad crítica seca está por arriba de la velocidad máxima continua de la bomba como sigue:
 - 1) 20 por ciento para rotores diseñados para girar únicamente húmedos
 - 2) 30 por ciento para rotores diseñados para girar también en seco.

Paso	Acción
1	Diseño de bomba
2	¿Existe bomba similar o idéntica? Si es "SI" ir al paso 5. Si es "NO" ir al paso 3.
3	¿Es de rotor clásicamente rigidizado? Si es "SI" ir al paso 5. Si es "NO" ir al paso 4.
4	Requiere análisis
5	No se recomienda el análisis

Tabla 20.- Decisión lógica para el análisis lateral del rotor.

8.4.2.4.1.3 Si un análisis lateral es requerido por el procedimiento indicado en 8.4.2.4.1.2, o si es especificado por PEMEX, éste será realizado y sus resultados deben ser determinados de acuerdo con el anexo I de la norma ISO 13709:2003.

8.4.2.4.2 Balanceo del rotor.

8.4.2.4.2.1 Los rotores de las categorías listadas a continuación se deben balancear dinámicamente en dos planos a baja velocidad de acuerdo a la Tabla 21.

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

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.

La Tabla 21 muestra el grado de balanceo ISO G2.5 para todas las interferencias ajustadas de rotores a velocidades de 3800 r/min. Esto se basa en dos factores:

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 104 DE 233
---	---------------------------	---

- a) A 3800 r/min el límite superior del balanceo grado G2.5 produce una fuerza debido al desbalanceo del 10 por ciento del peso del rotor, que no tiene efecto sobre la forma del rotor.
- b) Para rotores con flexibilidades altas (ver Tabla 19) no es práctico conseguir y mantener la rigidez del rotor para un balanceo de grado G1.

La excentricidad de la masa asociada con el grado de balanceo G1, es muy pequeña; por ejemplo 2,5 μm (0,0010 pulg) máxima a 3800 r/min de operación. Esto tiene dos consecuencias:

- a) no es práctico balancear los componentes para que mejore el grado G2.5 (ver numeral 8.1.9.4.1) porque la efectividad de la flecha cambia cuando se monta el componente;
- b) la calidad del balanceo no puede verificarse si el rotor es alterado de su posición respecto a la plataforma de balanceo o se desmonta y vuelve a montar. Sin embargo, es normalmente posible, realizar una comprobación del desbalanceo residual para verificar la exactitud de la plataforma de balanceo.

Componente de ajuste en la flecha	Velocidad máxima continua r.p.m.	Factor de flexibilidad L^4/D^2 $\text{mm}^2 (\text{pulg}^2)$	Grado de balanceo del rotor
Claro	≤ 3800 ^a	Sin límite	^b
Interferencia	≤ 3800	Sin límite	G2,5 (8 W/n) ^{c, d}
	> 3800	$\leq 1,9 \times 10^9$ ($3,0 \times 10^6$)	G1,0 (4 W/n) ^d
NOTA: Ver Tabla 19 para los requerimientos de excentricidad de flecha y rotor.			
^a Permitir 5 por ciento por sobre velocidad. ^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 cuando se usen rotores de alta flexibilidad a velocidades mayores a 3800 r.p.m. ^d Aproximadamente igual al punto medio del grado de calidad de balanceo establecido en ISO.			

Tabla 21.- Requerimientos de balanceo del rotor.

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

8.4.2.4.2.3 Si un rotor se balancea como un ensamble, se debe realizar una prueba de balanceo residual. La verificación será realizada después del balanceo final del rotor, siguiendo el procedimiento dado en el anexo J de la norma ISO 13709:2003. El peso de las masas usadas durante el balanceo final del rotor ensamblado, deben registrarse en la hoja de trabajo del balanceo residual.

8.4.2.5 Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes.

8.4.2.5.1 Cuando se suministren o requieran cojinetes hidrodinámicos radiales se debe cumplir los cuatro puntos siguientes:

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 105 DE 233
---	---------------------------	---

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

8.4.2.5.1.2 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.

8.4.2.5.1.3 Los cojinetes deben diseñarse para prevenir ser instalados de cabeza, cambiados o ambos.

8.4.2.5.1.4 Si la flecha contiene más de 1,0 por ciento de cromo y la velocidad de la superficie de trabajo es por arriba de 20 m/s (65 pies/s), el muñón de la flecha será endurecido con cromo-chapeado o encamisarse con acero al carbono.

NOTA: El propósito de esta construcción es evitar daño al cojinete del “chicoteo de alambre”.

8.4.2.5.2 Los cojinetes hidrodinámicos de empuje deben cumplir los puntos 8.4.2.5.2.1 hasta 8.4.2.5.2.5 siguientes.

8.4.2.5.2.1 Los cojinetes de empuje deben ser tipo segmentación múltiple con babbit, con soportes de acero; 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.

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

8.4.2.5.2.3 Las caras del collarín de empuje deben tener un acabado no mayor de 0,4 μm (16 μpulg) Ra, y después de su montaje la excentricidad axial total en ambas caras no debe exceder de 13 μm (0,0005 pulg).

8.4.2.5.2.4 Los cojinetes de empuje se deben diseñar para la carga máxima continua aplicada (ver numeral 8.1.10.1.2). A esta carga y a la correspondiente velocidad de rotación, los siguientes parámetros deben ser cubiertos:

- a) Una película de aceite de 13 μm (0,0005 pulg) de espesor mínimo;
- b) Máxima presión unitaria (carga dividida entre el área) de 3500 kPa (35 bar) (500 lb/pulg²);
- c) Máxima temperatura calculada de la superficie del babbit de 130 °C (265 °F).

Cuando se especifique, el diseño del cojinete de empuje será revisado y aprobado por PEMEX.

Los límites establecidos corresponden a un factor de diseño de 2 o más, basado en la capacidad última del cojinete. La máxima temperatura calculada de la superficie del babbit es un valor de diseño y no la temperatura actual del babbit bajo esas condiciones. Para que el diseño del cojinete cubra los criterios indicados debe tener las siguientes temperaturas del metal permisibles en pruebas de fabrica o de campo (ver numeral 8.1.10.2.4).

- Prueba en fábrica con agua y operación normal en campo (ver 8.3.3.3.4 inciso b): 93 °C (200 °F);
- Alarma o disparo en campo: 115 °C (240 °F)

8.4.2.5.2.5 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 106 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.2.5.3 Si la temperatura del aceite a la entrada excede de 50 °C (120°F), se debe tener consideración especial en: el diseño del cojinete, flujo del aceite e incremento permisible de temperatura. Las conexiones de aceite de los cojinetes de empuje deben estar de acuerdo con lo recomendado por el fabricante del cojinete para la velocidad del collar y el método de lubricación involucrados. Las conexiones del aceite en las cubiertas de cojinete deben cumplir con el numeral 8.2.5 de este documento.

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

8.4.2.5.5 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 8.2.5 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

- a) A menos que se indique otra cosa en la hoja de datos, las bombas del tipo BB3 deben suministrarse con cojinetes de empuje del tipo hidrodinámicos cuando la potencia demandada por la bomba sea mayor a 746 kW (1000 HP) o aplicando el criterio de cálculo de la Tabla 11, la que resulte menor.
- b) 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 será 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 (28) °C (50 °F), bajo las condiciones más adversas de operación. La temperatura de salida del aceite no será mayor de 71 °C (160 °F). Cuando la temperatura de entrada del aceite sea mayor de 50 °C (120 °F), se deben tomar consideraciones especiales en el diseño del cojinete, flujo 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 numeral 8.2.5.
- c) s cojinetes hidrodinámicos deben diseñarse para prevenir ser instalados al revés o cambiados.

8.4.2.6 Lubricación.

8.4.2.6.1 Cuando se especifique en la hoja de datos o por recomendación del proveedor, previa aprobación de PEMEX, el suministro de 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. El sistema de lubricación debe incluir, sin ser limitativo, lo siguiente, (ver Figura B-10 del anexo 12.2).

- 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 será 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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 107 DE 233
---	---------------------------	---

- 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 será 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.

8.4.2.6.2 El sistema externo de lubricación debe cumplir con los requisitos del ISO 10438-3, la Figura B.10 y la Tabla B.1 del anexo 12.2 de esta norma de referencia.

8.4.2.6.3 La tubería para drenado de aceite debe inclinarse 1 en 50 [20 mm/m (0,25 pulg/pie)].

8.4.2.6.4 Si el aceite se suministra de un sistema común a dos o más componentes (tales como una bomba, una caja de engranes y un motor), las características del aceite deben ser adecuados para todo el equipo suministrado. El proveedor que tiene la responsabilidad de la unidad obtendrá la aprobación de PEMEX y de los otros proveedores del equipo para la selección del aceite.

NOTA: Los lubricantes típicos empleados en un sistema de aceite común son los aceites mineral (de hidrocarburos) que corresponden a los grados 32 a 68 de la ISO, según lo especificado en ISO 3448.

8.4.2.6.7 Cuando PEMEX lo especifique, el sistema de lubricación a presión debe cumplir con ISO 10438-2. Para cada uno de los sistemas de lubricación, se debe anexar a la propuesta las hojas de datos.

8.4.2.6.8 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 8.2.6 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

- a) 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 watts $\cdot$ cm² (15 watts $\cdot$ pulg²).
- b) 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.
- c) Un sistema común de lubricación para dos o más unidades será evitado, a menos que PEMEX lo especifique.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 108 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.2.7 Pruebas.

8.4.2.7.1 Para cojinetes lubricados a presión, el aceite y los componentes corriente abajo del filtro, en el banco de pruebas deben cumplir los requerimientos de limpieza especificados en ISO 10438-3.

8.4.2.7.2 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.

8.4.2.7.3 Todo el sistema de vibración (probetas, transductores y osciladores – demoduladores) suministrado por el proveedor, el cual será utilizado durante las pruebas en fábrica. Si el sistema de vibración no es suministrado por el proveedor o si el sistema no es compatible con la instrumentación de medición instalada en fábrica, el sistema instalado en fábrica y las lecturas de salida deben estar de acuerdo con los requerimientos del API-670. La vibración medida con esta instrumentación, la cual será la base para aceptar o rechazar la bomba (ver numeral 8.1.9.3.6).

8.4.2.7.4 Sólo con la aprobación de PEMEX, las bombas de una etapa con doble succión se pueden montar para ser probadas conduciéndolas desde la parte posterior de la bomba, cuando son cotejados con el arreglo general de la bomba y del accionador contratados. No son requeridas nuevas pruebas después del ensamblaje final. Si tal arreglo es requerido debe establecerse en la propuesta.

NOTA: Esto se requiere algunas veces para acomodar los soportes de tuberías en el banco de pruebas.

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

8.4.2.8 Preparación para el embarque

8.4.2.8.1 Si un rotor o elemento de repuesto se compra, este será preparado para almacenamiento interior (sin acondicionamiento del clima) por 3 años. La preparación para el almacenamiento debe incluir un tratamiento con antioxidante y empacarse con material contra vapor (disecante de lenta descarga). El rotor o elemento debe empacarse con el tipo de empaque especificado. El rotor debe tener un material elástico (pero no plomo, TFE o PTFE), de al menos 3 mm (0,12 pulg) de espesor, entre el rotor y su apoyo; el soporte no debe hacerse en los cojinetes. El rotor debe estar asegurado dentro del estator para evitar movimientos.

8.4.2.8.2 Cuando PEMEX lo especifique, los rotores de repuesto y los elementos tipo cartucho deben prepararse para almacenamiento vertical. Cuando sea este el caso, el rotor debe soportarse desde el cople y con un accesorio diseñado para soportar 1,5 veces el peso del rotor y para no dañar la flecha. Los elementos tipo cartucho deben soportarse desde la cubierta de la carcasa (con el rotor colgando desde su cojinete de empuje).

8.4.2.8.3 Cuando sea especificado, se debe proveer un contenedor diseñado para almacenamiento y embarque vertical del rotor.

8.4.2.8.4 Cuando sea especificado, el contenedor para almacenamiento y embarque este será diseñado para inhibición de gas inerte durante el almacenamiento.

8.4.3 Bombas verticalmente suspendidas (tipos VS1 a VS7).

8.4.3.1 Generalidades

8.4.3.1.1 La presión de descarga especificada será a la conexión de descarga al proceso. El comportamiento hidráulico debe corregirse por la columna estática y las pérdidas de carga por fricción. Las curvas de

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 109 DE 233
---	---------------------------	---

comportamiento del arreglo de tazones o de las bombas de carcasa deben suministrarse con las correcciones indicadas.

8.4.3.1 Los soportes de cojinetes para bombas verticalmente suspendidas no necesitan de arreglos tal que los cojinetes puedan reemplazarse sin alterar el montaje del accionador o de la bomba.

8.4.3.2 Carcasa de presión

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

8.4.3.2.2 Las bombas deben ser suministradas con las conexiones de venteo para las latas de succión y las cámaras del sello.

8.4.3.3 Rotores.

8.4.3.3.1 El requisito de impulsores totalmente cerrados (párrafo 8.1.6.1) puede no aplicar para las bombas verticalmente suspendidas.

8.4.3.3.2 Todas las flechas de bombas deben maquinarse o rectificarse en toda su longitud. La excentricidad total indicada no deben exceder 40 $\mu\text{m}/\text{m}$ (0,0005 pulg por pie) de longitud. La excentricidad total no debe exceder 80 μm (0,003 pulg) en la longitud total de la flecha.

8.4.3.3.3 La flecha de la bomba, la cual será de una sola pieza, a menos que PEMEX apruebe otra cosa por restricciones de fabricación o embarque.

8.4.3.3.4 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 8.3.3 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

- a) A menos que se especifique otra cosa (ver numeral 8.4.3.3.1), los impulsores deben ser totalmente cerrados y contruidos en fundición de una sola pieza. Los impulsores fabricados deben aprobarse por PEMEX.
- b) 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 mm por 100 mm (0,005 pulg por pie) de longitud. La desviación total no debe exceder 0,080 mm (0,003 pulg) en toda la longitud.

8.4.3.4 Partes de desgaste y claros entre elementos en rotación

8.4.3.4.1 Se deben suministrar bujes intercambiables para la carcasa en las interetapas y localización de bujes. Sin embargo, la presión diferencial interetapa y las características del fluido manejado (por ejemplo, sucio o sin lubricante) deben determinar el uso de las camisas para la flecha.

8.4.3.4.2 Los claros indicados en (8.1.7.4) no aplican para los claros de bujes. Los claros usados deben establecerse en la propuesta, indicarse en las hojas de datos y ser aprobados por PEMEX.

8.4.3.4.3 Las bombas con impulsores semi abiertos y en servicios erosivos, deben tener un forro reemplazable en la carcasa.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 110 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.3.5 Dinámica.

Cuando PEMEX lo especifique, el proveedor debe suministrar un análisis dinámico de la bomba y de su estructura de soporte para confirmar la aceptabilidad del diseño. La magnitud, método y criterios de aceptación para el análisis deben ser acordados con anterioridad.

Las bombas verticalmente suspendidas son generalmente estructuras flexibles con velocidades de operación situadas entre las frecuencias naturales. Como tal, son susceptibles a vibración resonante si sus márgenes de separación no se verifican durante diseño. Los elementos estructurales básicos incluyen típicamente la cimentación, estructuras de la bomba y marcos del motor. Típicamente la deflexión de la cimentación representa menos del 5 por ciento del total de la deflexión de los elementos estructurales. Si los datos de la cimentación no están disponibles cuando el análisis se está realizando, un valor previamente acordado será utilizado. Generalmente, un margen del 20 por ciento de la separación se debe mantener entre la frecuencia natural de la estructura de soporte del motor y la velocidad de operación.

8.4.3.5.1 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 8.3.5 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

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 por ciento para rotores diseñados para operar húmedos.
- b) 30 por ciento para rotores diseñados para operar en seco.

8.4.3.6 Bujes guía y cojinetes.

8.4.3.6.1 Los bujes guía deben ser adecuados para resistir la corrosión y la abrasión del producto y temperatura especificados. El espaciado máximo entre los bujes guía de la flecha deben ser el indicado en la Figura 28 en orden de mantener la primera velocidad crítica por arriba de la velocidad máxima de operación continua permisible.

8.4.3.6.2 Los cojinetes de empuje integrados al accionador deben cumplir con los requerimientos del punto 8.2.1.6. El alojamiento o soporte y cojinetes de empuje integrados a la bomba deben cumplir con los requerimientos del numeral 8.1.10.1. Para permitir el ajuste axial del rotor y su lubricación con aceite, los cojinetes de empuje deben montarse con una interferencia.

8.4.3.6.3 A menos que se especifique otra cosa, excepto para las bombas verticales con carcasa sumergible (tipo VS4), el impulsor de la primera etapa debe colocarse entre cojinetes.

NOTA: Aunque los impulsores entre-bujes de la primera etapa pueden resultar un soporte superior del rotor, en ciertas aplicaciones, por ejemplo para sumideros, requiere un mejor comportamiento de la succión y puede beneficiar el arreglo de un impulsor de primera etapa en voladizo.

8.4.3.7 Lubricación

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

8.4.3.8 Accesorios

8.4.3.8.1 Accionadores

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

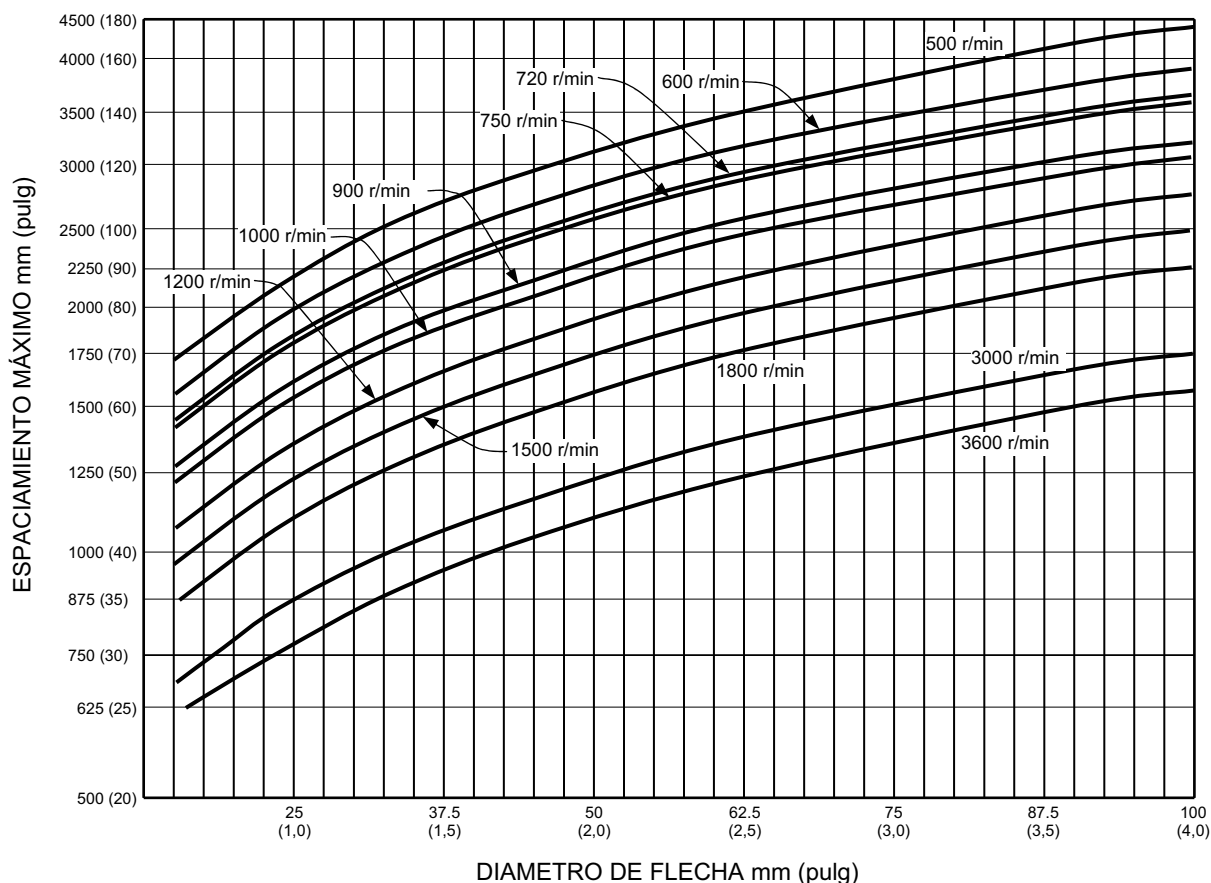


Figura 28.- Espaciamiento máximo entre bujes guía de flecha.

8.4.3.8.2 Coples y guardacoples

8.4.3.8.2.1 Las caras del cople deben ser perpendiculares a su eje, con una desviación de $1 \mu\text{m}$ por 10 mm (0,0001 pulg/pulg) del diámetro de la cara ó $13 \mu\text{m}$ (0,0005 pulg) de la excentricidad total indicada, la que resulte mayor.

8.4.3.8.2.2 Las bombas verticales sin cojinete de empuje integral, deben acoplarse con un cople rígido del tipo ajustable.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 112 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.3.8.2.3 Para bombas verticales equipadas con cople rígido y con sello mecánico, el cople será del tipo espaciador y la longitud del espaciador será el suficiente para permitir el reemplazo y ensamble del sello y de la camisa sin quitar el accionador.

8.4.3.8.3 Placas de montaje

8.4.3.8.3.1 Si PEMEX lo especifica, 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 (ver Figura 29). Este requerimiento debe considerarse para servicios críticos y criogénicos.

8.4.3.8.3.2 Se debe suministrar al menos cuatro tornillos de alineamiento por cada componente accionador-tren que pese más de 250 kg (500 lb), para facilitar su ajuste horizontal.

8.4.3.8.3.3 Si PEMEX lo especifica, la bomba debe suministrarse con una placa base para anclarse con pernos a la cimentación (ver Figura 29). Esta placa debe maquinarse en la superficie superior para montar el cabezal de descarga, lata o soporte del motor.

8.4.3.8.4 Tubería y accesorios

Si no se instalan los sellos mecánicos y los accionadores antes del embarque, la tubería del sistema de sellado no será ensamblada totalmente.

8.4.3.9 Pruebas

8.4.3.9.1 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. Las latas de succión, si se suministran, no se requiere su uso para la prueba de comportamiento.

8.4.3.9.2 Si PEMEX especifica una prueba de resonancia con la bomba sin tuberías, ésta debe llevarse a cabo sobre el conjunto (ensamble) en la estructura de la bomba / cubierta del conductor. La prueba debe realizarse como sigue.

- Excite el conjunto (ensamble) por impacto en la cubierta del accionador en la dirección de la brida de descarga.
- Determine la frecuencia natural (es) por la respuesta.
- Excite el conjunto (ensamble) por impacto en la cubierta del accionador a 90° de la dirección de la brida de descarga.
- Determine la frecuencia natural (es) por la respuesta.

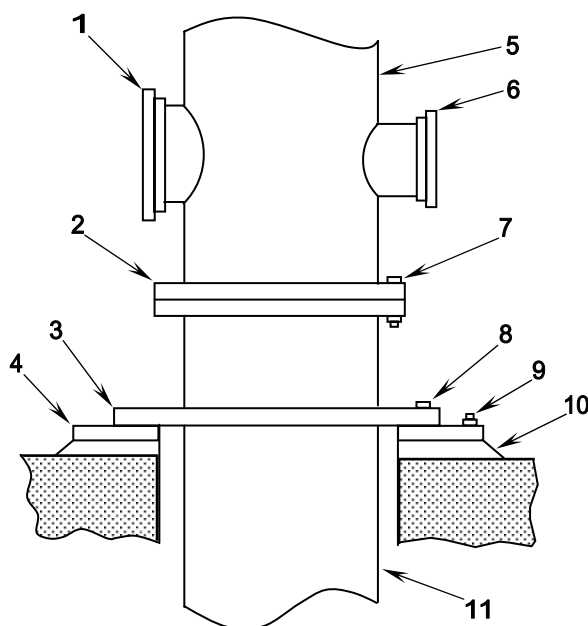
Las frecuencias naturales así determinadas deben ser por lo menos 10 por ciento menor que la velocidad mínima de operación continua o será por lo menos de 10 por ciento por arriba de la velocidad máxima continua de operación.

8.4.3.10 Bombas de carcasa sencilla tipo difusor (VS1) y de voluta (VS2).

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

8.4.3.10.2 La flecha en la columna pueden ser abiertas o cerradas. Para las flechas cerradas el proveedor debe someter a la autorización de PEMEX el tipo de lubricación.

La flecha abierta es lubricada por el líquido bombeado (autolubricada). Si el líquido bombeado no es conveniente como lubricante, la flecha cerrada puede ser suministrada para asegurar una fuente de lubricación limpia para los cojinetes de la flecha.



Identificación

- 1 Breda de succión.
- 2 Breda principal del cuerpo
- 3 Breda de montaje
- 4 Placa de base
- 5 Cabezal de la bomba
- 6 Breda de descarga
- 7 borde de empernado de la Breda principal del cuerpo (típico)
- 8 Pernos de sujeción (típico)
- 9 Pernos de anclaje (típico)
- 10 Material para cimentación (grouting)
- 11 lata (carcasa exterior)

Figura 29.- Montaje típico para bombas verticalmente suspendidas de doble carcasa (VS6 y VS7).

8.4.3.10.3 La superficie de montaje del cabezal de descarga debe adecuarse para lechado con matrial para cimentación (grouting) o para montarse sobre una placa base maquinada.

8.4.3.10.4 Se requieren restricciones de empuje en bombas con juntas de expansión en la boquilla de descarga. La revisión del diseño de la tubería y de la instalación recomendada por el proveedor es recomendable.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 114 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.3.8.5 Cuando PEMEX lo solicite, la flecha en la columna deben suministrarse con mangas endurecidas debajo de cada buje.

8.4.3.10.6 A menos que PEMEX indique otra cosa, las secciones de columna deben suministrarse con cojinetes con soporte tipo araña y extremos rebajados para todos los tamaños de columna.

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

8.4.3.11 Bombas de carcasa sencilla y flujo axial (VS3).

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

8.4.3.11.2 A menos que PEMEX indique otra cosa, las secciones de columna deben suministrarse con cojinetes con soporte tipo araña y extremos rebajados para todos los tamaños de columna.

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

8.4.3.12 Bombas de carcasa sencilla flecha en línea (VS4) y con impulsor en voladizo (VS5).

8.4.3.12.1 Para bombas VS4, Los cojinetes de soporte deben suministrarse para soportar la flecha y el impulsor.

8.4.3.12.2 Las bombas VS5 deben cumplir con los cuatro puntos siguientes:

- a) El rotor debe estar en voladizo desde los cojinetes. La parte sumergida del cojinete y/o el buje no deben usarse como guía de la flecha.
- b) 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 y densidad máxima.
- c) Los rotores de las bombas del tipo con impulsor en voladizo deben tener su primera velocidad crítica seca, 30 por ciento arriba de su velocidad máxima continua permisible.
- d) Para bombas tipo VS5 con impulsor en voladizo, La excentricidad total en la flecha no será mayor a 50 μm (0,002 pulg), medida directamente en la flecha sobre la caja de empaques o del sello mecánico.

8.4.3.12.3 Para bombas de drenajes (sumidero) sumergidas en sistemas abiertos, los componentes que constituyen la carcasa de presión de las bombas tipo VS4 y VS5 son la carcasa, cubierta de succión y línea de descarga. Para drenajes cerrados o tanques al vacío, la caja del sello, la placa de soporte de la bomba y la tapa del tanque se consideran componentes de la carcasa de presión.

8.4.3.12.4 Para las bombas tipo VS4, Los cojinetes de empuje deben diseñarse para lubricarse con grasa o niebla de aceite. Los bujes pueden lubricarse con agua, grasa o autolubrificarse. Los cojinetes de las bombas tipo VS5 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). Las grasas recomendadas deben ser adecuadas para la operación en estas temperaturas.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 115 DE 233
---	---------------------------	---

8.4.3.12.5 Generalmente no se suministran sellos mecánicos para las bombas VS4 y VS5, salvo que sea requerido para sistemas en servicio cerrado.

Cuando PEMEX requiera sello mecánico en los sistemas cerrados, 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.

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

8.4.3.12.7 La brida de descarga y la placa de la cubierta deben ser diseñados como se indica en el numeral 8.1.3.3.

Si la bomba se monta en un recipiente, la boquilla de descarga y la placa de soporte deben diseñarse para resistir el doble de las fuerzas y momentos indicados en la Tabla 5. Ver párrafo 8.1.5.

8.4.3.12.8 Para líquidos peligrosos e inflamables, la junta de la placa soporte será hermética al vapor. El diseño y montaje de la placa, la cual será adjuntada a la propuesta para su aprobación.

8.4.3.12.9 Si se suministran sellos mecánicos, deben ser situados en la placa soporte para sellar el vapor en el tanque o recipiente de suministro. Los sellos mecánicos normalmente sellan vapor; sin embargo, deben ser diseñados para funcionar en líquidos en caso de que el tanque o recipiente se sobrellene. La cámara del sello debe tener provisiones para un venteo en un punto alto.

8.4.3.12.10 Los álabes externos de la bomba se pueden utilizar en lugar de los anillos del desgaste para reducir el retorno de fugas al sumidero.

8.4.3.12.11 No se requiere espaciadores en el cople para las bombas tipo VS4 y VS5. 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.

8.4.3.13 Bombas de carcasa doble tipo difusor (VS6) y tipo voluta (VS7).

8.4.3.13.1 Los componentes que constituyen la carcasa de presión en las bombas de doble carcasa con difusor (tipo VS6) son: el cabezal de descarga y la lata de succión. Los componentes que constituyen la carcasa de presión en las bombas de doble carcasa con voluta (tipo VS7) son: la carcasa exterior (con la boquilla de descarga), la placa del cabezal de descarga y el tubo de succión.

8.4.3.13.2 A menos que PEMEX especifique otra cosa, los tazones y la columna deben probarse hidrostáticamente con agua a 1,5 veces la máxima presión diferencial desarrollada por el ensamble de tazones. La prueba hidrostática se debe desarrollar conforme a los requerimientos del párrafo 8.3.3.2.

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

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

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

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 116 DE 233
---	---------------------------	---

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

8.5 Documentos del proveedor.

8.5.1 Generales.

8.5.1.1 La información que debe proporcionar el proveedor esta especificado en 8.5.2 y 8.5.3.

8.5.1.2 Los datos del proveedor deben estar presentes en las cartas (cubierta) de transmisión, título de páginas y en los títulos de bloques u otra posición prominente respecto a los dibujos, e incluirá la información siguiente:

- a) Nombre del organismo / área de PEMEX que solicita el equipo.
- b) Nombre y número del proyecto de PEMEX.
- c) Nombre del servicio y clave del equipo.
- d) Número de requisición / número de la orden de compra.
- e) Razón social, domicilio, número de proyecto y marca del proveedor.
- f) Número de propuesta del proveedor, número de orden de fabricación, número de serie, u otra referencia requerida para identificar totalmente la correspondencia de respuesta (por ejemplo: asunto, nombre y firma del representante del proveedor, lugar y fecha, entre otros).

8.5.1.3 Si está especificada, una reunión de coordinación será celebrada, preferiblemente en la planta del proveedor, en el plazo de cuatro a seis semanas después de la orden de compra. Salvo que se especifique lo contrario, el proveedor debe preparar y distribuir una agenda antes de esta reunión, que como mínimo debe incluir una revisión de los siguientes puntos:

- a) Orden de compra, alcance de suministro, responsabilidad de la unidad y artículos subcontratados;
- b) Hojas de datos;
- c) Especificaciones aplicables y excepciones previamente acordadas;
- d) Calendario de transmisión de datos, de producción y de pruebas;
- e) Plan y procedimientos del aseguramiento de calidad;
- f) Inspección, salida y prueba;
- g) Lista de materiales y diagramas esquemáticos de los sistemas auxiliares;
- h) Orientación física del equipo, de la tubería y de los sistemas auxiliares;
- i) Diseño y selección del cople;
- j) Dimensiones del cojinete de carga y empuje, cargas estimadas y configuraciones específicas;
- k) Análisis dinámico del rotor (lateral, torsional, y torsional transitorio, según lo requerido; comúnmente no disponible para 10 semanas a 12 semanas);

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 117 DE 233
---	---------------------------	---

- l) Comportamiento del equipo, condiciones de operación alternativas, arranque, paro y limitaciones de operación;
- m) Alcance y detalles de cualquier análisis de pulsación o de vibración;
- n) Instrumentación y controles;
- o) Identificación de conceptos para el análisis de tensión u otras revisiones de diseño;
- p) Otros conceptos técnicos.

8.5.1.4 Toda la información suministrada por el proveedor a PEMEX debe estar en idioma español, con el uso de unidades de medida de acuerdo con la NOM-008-SCFI-2002 y ser transmitida por escrito mediante oficios o cartas, los cuales tendrán, como mínimo, los datos indicados en 8.5.1.2.

8.5.2 Propuestas.

8.5.2.1 Generalidades

8.5.2.1.1 El proveedor debe remitir su propuesta en original y el número de copias especificadas al destinatario especificado en los documentos de la requisición. Como mínimo, la propuesta debe incluir los datos especificados en 8.5.2.2 a 8.5.2.5, así como una declaración específica que el sistema y todos sus componentes están estrictamente de acuerdo con esta norma de referencia (NRF-050, bases técnicas, especificaciones particulares, entre otros). Si el sistema y los componentes no están estrictamente de acuerdo, el proveedor debe incluir una lista que detalle y explique cada desviación. El proveedor debe proporcionar los detalles para permitir a PEMEX evaluar cualquier diseño alternativo propuesto. Toda la correspondencia será identificada claramente de acuerdo con el numeral 8.5.1.2.

8.5.2.1.2 Los claros menores a las requeridas por la Tabla 6 deben ser indicadas en la oferta como excepción a esta norma de referencia.

8.5.2.2 Dibujos

8.5.2.2.1 Los dibujos indicados en el formato de requerimientos de datos y dibujos al proveedor, (VDDR por sus siglas en inglés) (ver el ejemplo en el anexo L de la norma ISO 13709:2003) deben ser incluidos en la propuesta. Como mínimo, los siguientes datos deben ser suministrados:

- a) Un dibujo del arreglo general o de conjunto para cada patín o sistema importante, mostrando el sentido de rotación, el tamaño y la localización de las conexiones importantes de PEMEX; dimensiones totales; dimensiones de claros de mantenimiento; pesos totales; pesos de montaje; pesos máximos de mantenimiento (indicados para cada pieza), puntos de izaje y métodos de levantar la máquina montada y, si es aplicable, el número estándar de la base (ver el anexo 12.4 de esta norma de referencia);
- b) Dibujos con corte transversal que muestren los detalles del equipo propuesto;
- c) Diagramas esquemáticos de todos los sistemas auxiliares, incluyendo lavado al sello, aceite de lubricación y sistemas de control y eléctricos. Las listas de materiales deben ser incluidas.

8.5.2.2.2 Si los dibujos, diagramas esquemáticos y listas de materiales originales son utilizados, deben ser marcados para mostrar el peso y datos dimensionales correctos y para mostrar el equipo y el alcance reales de la propuesta.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 118 DE 233
---	---------------------------	---

8.5.2.3 Documentos técnicos

Los documentos siguientes deben ser incluidos en la propuesta:

- a) Las hojas de datos de PEMEX, con la información completa incorporada por el proveedor para describir completamente los detalles y equipos de la oferta;
- b) Los valores pronosticados del ruido (8.1.1.16);
- c) El formato de requerimientos de dibujos y datos del proveedor (ver ejemplo en el anexo L de la norma ISO 13709:2003), indicando fechas según las cuales el proveedor acuerda transmitir toda la información especificada como parte de la orden de compra;
- d) Un calendario de envío del equipo, en semanas después de recibir de la orden de compra;
- e) Una lista de los componentes mayores de desgaste, indicando intercambiabilidad con otros elementos del proyecto o máquinas existentes en PEMEX;
- f) Una lista de partes de repuesto recomendados para el arranque y para mantenimiento normal (ver Tabla 22);
- g) Una lista de las herramientas especiales suministradas para mantenimiento (ver numeral 8.2.6.1);
- h) Una descripción de alguna protección y acondicionamiento especial requeridos para la intemperie o para el arranque, operación, y períodos de ociosidad, bajo las condiciones del sitio especificadas en las hojas de datos. Esta descripción debe indicar claramente la protección que debe suministrar PEMEX, tal y como fue incluido en el alcance de suministro del proveedor;
- i) Una relación completa de los requerimientos de servicios, por ejemplo vapor, agua, electricidad, aire, gas, aceite lubricante (incluyendo cantidad y presión de suministro del aceite requerido, y la cantidad de calor que se retirará del aceite), placa de datos con los requisitos de energía nominal y de operación de accionadores auxiliares. Los valores aproximados deben ser indicados claramente como tal;
- j) Una descripción de alguna prueba y procedimiento de inspección para materiales opcional o adicional, de acuerdo con lo requerido en los numerales 8.3.3.4 o 8.3.2.2.1;
- k) Una descripción de cualquier requerimiento especial que esté especificado en la requisición de PEMEX o en los numerales 8.1.1.11, 8.1.1.12, 8.1.1.13, 8.1.3.4, 8.1.9.3.1, 8.1.10.2.4, 8.2.1.3, 8.2.1.6, 8.2.2.13, 8.4.2.1.1, 8.4.2.3.2, 8.4.2.7.4, 8.4.3.4.2, 8.4.3.9.1, 8.5.2.1.2, 8.5.2.2.1, 8.5.3.4.2, 8.5.3.5.1 y 8.5.3.5.3.
- l) Una lista de equipos similares instalados y funcionando bajo condiciones similares;
- m) cualquier restricción de arranque, paro, o de funcionamiento requeridos para proteger la integridad del equipo;
- n) La velocidad específica calculada;
- o) Limitaciones que puedan requerir el proveedor para montar y conducir las pruebas de bombas de una etapa y doble succión (ver numeral 8.4.2.7.4);
- p) Una lista de componentes que se puedan construir como de diseño alternativo, por lo que requieren la aceptación de PEMEX (ver numeral 6.57.2)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 119 DE 233
---	---------------------------	---

8.5.2.4 Curvas

El proveedor debe proporcionar curvas de comportamiento completas, incluyendo carga diferencial, eficiencia, NPSHR con agua y potencia expresadas como funciones del flujo nominal. Excepto para diseños de baja velocidad específica donde esto no es factible, las curvas deben extenderse hasta por lo menos el 120 por ciento del flujo nominal a máxima eficiencia, y el punto de operación nominal será indicado. También deben incluir las curvas de carga para los diámetros máximos y mínimos del impulsor. El número de identificación del impulsor, la velocidad específica y la velocidad específica de succión deben ser mostrados en las curvas. Si es aplicable, las curvas deben indicar las correcciones por viscosidad. El flujo mínimo (térmico y estable), las regiones de operación preferida y permisible y cualquier limitación de operación deben ser indicados.

8.5.2.5 Opciones

Si es especificado, el proveedor debe suministrar los procedimientos que serán utilizados para cada una de las pruebas especiales u opcionales, especificadas por PEMEX o propuestas por el proveedor.

8.5.3 Datos del contrato.

8.5.3.1 Generalidades

8.5.3.1.1 Los datos del contrato deben ser proporcionados por el proveedor de acuerdo con lo acordado en el formato VDDR (ver el ejemplo en el anexo L de la norma ISO 13709:2003).

8.5.3.1.2 Cada dibujo debe tener una sección en la esquina inferior derecha para el título, fecha de certificación, los datos del proveedor especificados en el numeral 8.5.1.2, número de revisión y fecha. Esta información será proporcionada en el resto de los documentos.

8.5.3.1.3 PEMEX y el proveedor deben acordar la coordinación y el grado de revisión de dibujos y documentos. La revisión de PEMEX no constituye la autorización para desviarse de algún requerimiento de la orden de compra a menos que esté específicamente autorizado por escrito.

8.5.3.1.4 Una lista completa de los documentos del proveedor será incluida con el primer envío de dibujos principales. Esta lista debe contener los títulos, números de dibujos y un programa para la transmisión de toda la información que el proveedor debe suministrar (ver ejemplo en el anexo L de la norma ISO 13709:2003).

Parte	Número de bombas idénticas (n)						
	1 a 3	4 a 6	>6	1 a 3	4 a 6	7 a 9	>9
	Número de partes de repuesto recomendados						
	Para el arranque			Para mantenimiento normal			
Cartucho ^{b,e}				1	1	1	1
Elemento ^{b, f}				1	1	1	1
Rotor ^{c, g}				1	1	1	1
Carcasa ^a							1
Cubierta superior de la carcasa y alojamiento de cojinetes.							1
Soporte de cojinetes ^a							1
Flecha (con cuña)				1	1	2	n/3
Impulsor				1	1	2	n/3
Anillos de desgaste (juego) ^h	1	1	1	1	1	2	n/3
Cojinete radial completo (elementos rodantes) ^{a, i}	1	1	2	1	2	n/3	n/3
Cojinete de empuje completo (elementos rodantes) ^{a, i}	1	1	2	1	2	n/3	n/3
Cojinete radial completo (hidrodinámico) ^{a, i}	1	1	2	1	2	n/3	n/3
Zapatas basculantes del cojinete radial (hidrodinámico) ^{a, i}	1	1	2	1	2	n/3	n/3
Cojinete de empuje completo (hidrodinámico) ^{a, i}	1	1	2	1	2	n/3	n/3
Zapatas basculantes del cojinete de empuje (hidrodinámico) ^{a, i}	1	1	2	1	2	n/3	n/3
Sello mecánico / empaquetadura ^{d, h, i}	1	2	n/3	1	2	n/3	n/3
Camisa de flecha ^h	1	2	n/3	1	2	n/3	n/3
Empaques, calzas, anillos "o" (juego) ^h	1	2	n/3	1	2	n/3	n/3
Adicional para bombas verticales:							
- Tazones						n/3	
- Arañas o bujes tipo araña (juego)			1	1	1	n/3	n/3
- Cojinetes, bujes de cojinetes (juego)	1	1	2	1	1	n/3	n/3
Adicional para engranes integrales de alta velocidad:							
- Caja de engranes		1	1	1	1	1	n/3
- Difusores y cubierta	1	1	1	1	1	1	n/3
- Flecha con cuñero	1	1	1	1	1	1	n/3
- Carcasa de la caja de engranes				1	1	1	n/3
- Bomba de aceite de lubricación: interno		1	1	1	1	1	n/3
- Bomba de aceite de lubricación: externo		1	1	1	1	1	n/3
- Filtro de aceite	1	2	n/3	1	2	3	n/3
NOTAS: a Solamente para bombas horizontales b Bomba para servicio continuo y crítico c Bomba para servicio continuo d Los sellos mecánicos tipo cartucho incluyen camisa y brida. e El cartucho consiste de los elementos ensamblados más el cabezal de descarga, sello (s) y alojamiento de cojinete (s). f el elemento consiste del rotor ensamblado más las partes hidráulicas estacionarias [difusor (s) o voluta (s)] g el rotor consiste de todas las partes rotativas adheridas a la flecha, excepto el medio cople lado flecha h Partes de desgaste normal (ver numeral 8.1.1.1) i Por grupo de bombas							

Tabla 22. Partes de repuesto recomendados.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 121 DE 233
---	---------------------------	---

8.5.3.2 Dibujos y documentos técnicos

8.5.3.2.1 Los dibujos y documentos suministrados por el proveedor deben contener información suficiente de modo que, junto con los manuales especificados en 8.5.3.5, PEMEX pueda instalar, operar y mantener correctamente el equipo cubierto por la orden de compra. Todos los dibujos y datos del contrato deben ser claramente legibles (el tamaño de la fuente será mínimo 8 puntos, incluso si un dibujo está reducido de un tamaño más grande), deben cubrir el alcance convenido en el formato VDDR (ver ejemplo en el anexo L de la norma ISO 13709:2003) y deben satisfacer las descripciones de detalles aplicables.

Los dibujos dimensionales de conjunto deben indicar las tolerancias para la localización de la línea central de las caras de las boquillas de succión y descarga de la bomba, referidas al agujero más cercano del perno de anclaje de la base. La línea central de las localizaciones de los agujero de los perno de anclaje de la base debe indicar la tolerancia de un punto de referencia común en la base.

8.5.3.2.2 Las curvas certificadas y los resultados de la prueba (ver ejemplo en el anexo M de la norma ISO 13709:2003) deben ser enviados en un plazo de 15 días después de realizada la prueba y debe incluir la carga, potencia recalculada a la gravedad específica proporcionada y eficiencia contra el flujo nominal. Si son aplicables, las correcciones por viscosidad deben ser indicadas. La curva de NPSHR con agua será incluida, trazada de datos reales de prueba con un impulsor hecho del mismo molde. La hoja de curvas debe incluir los diámetros máximos y mínimos del diseño del impulsor suministrado, número de identificación del impulsor o de impulsores y número de serie de la bomba.

El resultado de las pruebas que realicen los laboratorios acreditados, se hará constar en un “Informe de Resultados” que será firmado por la persona facultada por el propio laboratorio para hacerlo. (Art. 83 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización).

8.5.3.3 Informes de avances

El proveedor debe someter los informes sobre el avance de los trabajos a PEMEX en los intervalos especificados en la forma VDDR (ver ejemplo en el anexo L de la norma ISO 13709:2003).

8.5.3.4 Listas de piezas y repuestos recomendados

8.5.3.4.1 El proveedor debe proporcionar las listas completas de piezas y accesorios para todo el equipo suministrados. Las listas deben incluir los números de pieza únicos del fabricante, los materiales de construcción y los tiempos de entrega. Los materiales deben ser identificados como se especifica en el párrafo 8.1.12.1. Cada parte será identificada y mostrada totalmente en dibujos de corte transversal o dibujos de montaje, de modo que PEMEX pueda determinar la capacidad de intercambio de estas partes con otro equipo. Las piezas que se han modificado sus dimensiones estándar para satisfacer requisitos de operación específicos deben ser identificadas únicamente por el número de pieza, para propósitos de duplicar la capacidad de intercambio futuro. Las piezas compradas como estándar deben ser identificadas con el nombre del fabricante original y el número de pieza.

8.5.3.4.2 El proveedor debe indicar en cada una las listas completas de piezas, todas las piezas que se recomienden como piezas de repuestos para arranque o mantenimiento y las cantidades de almacenamiento recomendadas de cada una. Las listas deben incluir las piezas recomendadas de repuesto de los sub-proveedores que no estaban disponibles para su inclusión en la oferta original del proveedor. El proveedor debe transmitir puntualmente las listas a PEMEX después de recibir los dibujos aprobados y al tiempo de aprobar la orden y la entrega de piezas antes del arranque en campo. La carta de transmisión debe incluir los datos especificados en 8.5.1.2.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 122 DE 233
---	---------------------------	---

8.5.3.5 Manuales

8.5.3.5.1 Generalidades

El proveedor debe proporcionar suficientes instrucciones escritas y todos los dibujos necesarios para permitir a PEMEX instalar, operar, y mantener todo el equipo cubierto por la orden de compra. Esta información será reunida en un manual o manuales con una hoja de cubierta que muestre la información numerada en 8.5.1.2, un índice y una lista completa de los dibujos incluidos por título y número de dibujo. El manual o los manuales deben prepararse específicamente para el equipo cubierto por la orden de compra. Las secciones impresas que son del modelo específico pueden ser incluidos, pero manuales "típicos" no son aceptables.

8.5.3.5.2 Manual de instalación

Toda la información requerida para la instalación adecuada del equipo será agrupado en un manual que sea entregado no más allá del tiempo de entrega de los dibujos certificados finales. Por esta razón, puede estar separada de las instrucciones de operación y mantenimiento. Este manual debe contener la información sobre la alineación y los procedimientos de lechado, los requerimientos de servicios normales y máximos, los centros de masa, las provisiones y procedimientos de izaje, y el resto de los datos de la instalación. Todos los dibujos y documentos especificados en 8.5.2.2 y 8.5.2.3 que son convenientes para la instalación apropiada deben ser incluidos como parte de este manual.

8.5.3.5.3 Manual de operación, mantenimiento y datos técnicos

Un manual conteniendo datos de operación, mantenimiento y técnicos, la cual será enviado a la hora del embarque. Además de cubrir todas las condiciones de operación del proceso especificadas, este manual debe incluir una sección que proporcione las instrucciones especiales para la operación en las condiciones ambientales extremas especificadas. El manual también debe incluir los esquemas que indiquen la localización de los centros de gravedad y las provisiones para permitir elevar y retirar la mitad superior de las carcasas, de los rotores y de cualquier sub-ensamble parcial teniendo una masa mayor a 135 kg (300 lb). Como mínimo, el manual debe incluir también todos los documentos indicados en el anexo 12.12 que no se relacionan solamente con la instalación.

8.5.3.5.4 REQUISITOS ADICIONALES A LA CLÁUSULA 9 DE LA NORMA ISO 13709:2003.

- Cuando se especifique un accionador de velocidad variable, la curva de comportamiento debe enviarse como se solicita en el párrafo 8.5.2.4, incluyendo las curvas de carga para las velocidades máxima y mínima de operación.
- 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.
- Entregar completamente lleno el cuestionario técnico (cuando lo solicite PEMEX).
- La aceptación explícita de las garantías indicadas en el párrafo 8.6.
- Indicar el mejor tiempo de entrega del equipo.
- El proveedor debe entregar a PEMEX dibujos dimensionales seccionales y diagramas esquemáticos certificados de las unidades completamente ensambladas para su aprobación de acuerdo a los tiempos de entrega establecidos en el anexo 12.2 de esta norma de referencia.
- 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

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 123 DE 233
---	---------------------------	---

aprobados los dibujos, el proveedor debe suministrar las copias certificadas en la cantidad especificada. Todos los dibujos deben ser perfectamente legibles.

- h) La información listada en los cuatro párrafos siguientes debe suministrarse durante la inspección y pruebas, para aprobación por el inspector:
- 1) Resultados 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.
 - 2) Un dibujo que muestre la instalación del sello mecánico y las dimensiones de ajuste, en el caso que no se haya suministrado según 8.5.3.2.
 - 3) Datos certificados de prueba hidrostática.
 - 4) Información certificada de las pruebas de amplitud de vibración de la flecha.

8.6 Garantías.

8.6.1 Mecánica.

8.6.1.1 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.

8.6.1.2 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.

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

8.6.1.4 La opción de reparar o reemplazar alguna parte defectuosa del equipo o todo el equipo, es decisión de PEMEX una vez acordado con el proveedor.

8.6.1.5 Si el proveedor del equipo (bomba, accionador, componentes auxiliares y accesorios) no es el fabricante, debe entregar la garantía de aplicación del fabricante del equipo.

8.6.2 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.

8.7 Procedimiento para evaluación de la conformidad.

8.7.1 Generalidades

8.7.1.1 La evaluación de la conformidad se llevará a cabo para determinar el grado de cumplimiento de las bombas centrífugas con esta norma de referencia. La evaluación de la conformidad abarca los siguientes aspectos: verificación de documentos y pruebas en laboratorios.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 124 DE 233
---	---------------------------	---

8.7.1.2 Los equipos de importación, deben contar con un certificado de cumplimiento expedido por la dependencia competente para regular las bombas centrífugas o por el organismo de certificación acreditado y aprobado, en términos de la LFMN.

8.7.1.3 PEMEX puede realizar la evaluación de la conformidad ó auxiliarse de terceros especialistas en la materia que corresponde (art. 74 de la LFMN).

PEMEX puede realizar la evaluación de la conformidad con personal designado por Petróleos Mexicanos, Organismos Subsidiarios y Empresas Filiales conforme al Procedimiento de Inspección de Bienes y Servicios PA-800-70600-01 (ver numeral 6.11.1.2 pág. 46 de POBALINES o auxiliares de terceros especialistas con empresas contratadas conforme a la norma de referencia NRF-049-PEMEX-2006, para realizar los servicios de inspección de bienes y servicios (ver numeral 6.11.1.1 pág. 45 de POBALINES en la materia que corresponda (art. 74 de la Ley Federal sobre Metrología y Normalización).

8.7.2 Verificación de documentos

8.7.2.1 La verificación de documentos contempla los niveles indicados en la Tabla 23 y el nivel debe determinarse como sigue:

- a) **Nivel 1 - Básico**, para bombas usadas en servicios auxiliares y/o intermitentes y bombeando fluidos no inflamables o no peligrosos (inciso d del capítulo 2 de esta norma de referencia),
- b) **Nivel 2 - Intermedio**, para bombas que bombeen fluidos peligrosos o inflamables (inciso b del capítulo 2 de esta norma de referencia) o para bombas que se encuentren por abajo o igual a las condiciones indicadas en el inciso c del capítulo 2 de esta norma de referencia, y
- c) **Nivel 3 - Especial**, para bombas de proceso o que se encuentren por arriba de las condiciones indicadas en el inciso c del capítulo 2 de esta norma de referencia, o en servicios críticos.
- d) El requisito de inspección debe indicarse en la primera columna como:
 - CR = Certificación requerida
 - IO = Inspección observada
 - IA = Inspección atestiguada

8.7.3 Pruebas

8.7.3.1 Para determinar el grado de conformidad con los requisitos establecidos en esta norma de referencia, el laboratorio de pruebas efectuará las pruebas indicadas en esta norma de referencia, las solicitadas en las hojas de datos y en la orden de compra, de acuerdo a los métodos establecidos en esta norma de referencia o en su defecto a los establecidos en la norma ISO 13709:2003. Dicho laboratorio deben estar debidamente acreditado por una entidad de acreditación reconocida con base en la LFMN o por organismos de acreditación equivalentes en otros países que sean signatarios de acuerdos de reconocimiento mutuo con base en la LFMN, empleando la norma mexicana NMX-EC-17025-IMNC-2006 o la norma ISO/IEC-17025:2005.

8.7.3.2 El resultado de las pruebas realizadas será plasmado en un informe firmado por personal autorizado dentro del laboratorio. Este informe se enviará a PEMEX, al especialista, a la Unidad de Verificación o al Organismo de Certificación que realiza la evaluación de la conformidad, a efecto de realizar el dictamen.

8.7.3.3 Una vez, recibido el informe a que se refiere el párrafo anterior, PEMEX, el especialista, la Unidad de Verificación o el Organismo de Certificación determinará el grado de cumplimiento y emitirá el dictamen de conformidad o no conformidad correspondiente.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 125 DE 233
---	---------------------------	---

TIPO DE INSPECCIÓN REQUERIDA CR, IO o IA	DESCRIPCIÓN / NUMERAL DE LA NRF-050-PEMEX-2007	NÚMERO DE SUB CLAUSULA DE ISO-13709:2003	EVIDENCIA DOCUMENTAL
	Nivel 1 - Básico		
	Marcado de la carcasa (número de serie) / 8.1.13.3	5.13.3	
	Clasificación de áreas de motores y componentes eléctricos / 8.1.1.24	5.1.24	
	Tornillos de elevación de la carcasa / 8.1.3.13	5.3.13	
	Tamaño, clase y terminación de boquillas ^a / Dibujo dimensional, 8.1.4.1.1, 8.1.4.2	Outline drawing, 5.4.1.1, 5.4.2	
	Requisitos de la base y patín común / 8.2.3.1, 8.2.3.2, 8.2.3.3, 8.2.3.4, 8.2.3.7, 8.2.3.8, 8.2.3.9, 8.2.3.10, 8.2.3.11, 8.2.3.13, 8.2.3.14, 8.2.3.15, 8.2.3.17, 8.2.3.18	6.3.1, 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4, 6.3.7, 6.3.8, 6.3.9, 6.3.10, 6.3.11, 6.3.13, 6.3.14, 6.3.15, 6.3.17, 6.3.18	
	Prueba hidrostática certificada / 8.3.3.2.1	7.3.2.1	
	Prueba de comportamiento dentro de tolerancias (<i>certificada</i>) / 8.3.3.3.4 c)	7.3.3.4 c)	
	Prueba de NPSHR dentro de tolerancias (<i>certificada</i>) / 8.3.3.4.2.3	7.3.4.2.3	
	Vibraciones dentro de tolerancias / 8.3.3.3.4 a)	7.3.3.4 a)	
	Flecha de rotación / 8.1.13.4	5.13.4	
	Dimensiones totales y localización de conexiones ^a / Dibujo dimensional	Outline drawing	
	Disposición y tamaño de pernos de anclaje ^a / Dibujo dimensional	Outline drawing	
	Diagrama de flujo de tubería auxiliar / Anexo 12.2	Annex B	
	Fabricación e instalación de tuberías / 8.2.5.1.1	6.5.1	
	Placa de datos de identificación del equipo / 8.1.13.2	5.13.2	
	Sujeción del rotor / 8.3.4.1	7.4.1	
	Instrucciones de la preservación del almacenaje / 8.3.4.2	7.4.2	
	Prevención de moho / 8.3.4.3.4, 8.3.4.3.5, 8.3.4.3.10	7.4.3.4, 7.4.3.5, 7.4.3.10	
	Pintura / 8.3.4.3.3	7.4.3.3	
	Preparación para el embarque / 8.3.4.1, 8.3.4.3.6, 8.3.4.3.7	7.4.1, 7.4.3.6, 7.4.3.7	
	Documentos del embarque y etiquetas / 8.3.4.3.9, 8.3.4.4, 8.3.4.6	7.4.3.9, 7.4.4, 7.4.6	

Tabla 23. Examen de documentos

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 126 DE 233
---	---------------------------	---

	Nivel 2 – Intermedio (adicionar los requisitos del nivel 1)		
	Copias de la orden de compra /		
	Certificación de materiales / 8.1.12.1.8	5.12.1.8	
	Pruebas no destructivas (componentes) / 8.1.12.1.5, 8.3.2.2.1	5.12.1.5, 7.2.2.1	
	Prueba hidrostática atestiguada / 8.3.3.2.1	7.3.2.1	
	Expedientes de fabricación (excentricidades y claros) / 8.1.6.6, 8.1.6.8, 8.1.6.10, 8.1.6.13, 8.1.7.4, 8.4.2.2.4, 8.4.3.3.2, 8.4.3.4.2, 8.4.3.8.2.1, 8.4.3.12.2.d	5.6.6, 5.6.8, 5.6.10, 5.6.13, 5.7.4, 8.2.2.4, 8.3.3.2, 8.3.4.2, 8.3.8.2.1, 8.3.12.2.d	
	Prueba de comportamiento atestiguada / 8.3.3.3, 8.3.3.4.2	7.3.3, 7.3.4.2	
	Nivel 3 – Especial (adicionar los requisitos del nivel 1 y 2)		
	Aprobación de los procedimientos de soldadura / 8.1.12.3.1	5.12.3.1	
	Aprobación de reparaciones por soldadura / 8.1.12.3.2	5.12.3.2	
	Mapa de las reparaciones por soldadura / Ninguno	None	
	Balanceo de impulsores y rotor / 8.1.9.4, 8.4.2.4.2	5.9.4, 8.2.4.2	
	Inspección de cojinetes después de las pruebas / 8.4.2.7.5	8.2.7.5	
	Prueba de fuerzas y momentos en boquillas / 8.2.3.6	6.3.6	
	Prueba de la unidad completa / 8.3.3.4.3	7.3.4.3	
	Prueba de nivel de sonido / 8.3.3.4.4	7.3.4.4	
	Prueba de equipo auxiliar / 8.3.3.4.5	7.3.4.5	
	Prueba de resonancia (alojamiento de cojinetes) / 8.3.3.4.6, 8.4.3.9.2	7.3.4.6, 8.3.9.2	
^a Verificar contra el dibujo dimensional certificado.			

Tabla 23. Examen de documentos (continuación...)

8.7.3.4 PEMEX, el especialista, la Unidad de Verificación o el Organismo de Certificación hará del conocimiento del proveedor el resultado obtenido respecto a la prueba realizada, indicando en su caso, el cumplimiento con lo establecido en esta norma NRF-050-PEMEX-2007 o en la norma ISO 13709:2003, o bien las no conformidades.

8.7.3.5 El especialista, la Unidad de Verificación o el Organismo de Certificación, elaborará el dictamen final del resultado de la(s) prueba(s) realizada(s), entregando a PEMEX dicho dictamen para los efectos que procedan.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 127 DE 233
---	---------------------------	---

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 procedimiento de revisión aplicado 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.

10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.

Esta norma de referencia es una adopción modificada de la norma ISO 13709:2003. Para una comparación fácil de la estructura y del contenido, así como de la identificación rápida de las adiciones técnicas se presentan en la Tabla 24 las concordancias correspondientes.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 128 DE 233
---	---------------------------	---

ISO-13709:2003	NRF-050-PEMEX-2007
ESTRUCTURA	
Cláusulas, sub cláusulas y párrafos	Capítulos, párrafos y numerales
	0. INTRODUCCIÓN
	1. OBJETIVO
1 Scope	2. ALCANCE
	3. CAMPO DE APLICACIÓN
	4. ACTUALIZACIÓN
	5. REFERENCIAS
3 Terms and definitions	6. DEFINICIONES
4 Classification and designation	6.57 Clasificación y denominación de bombas centrífugas
4.1 General	6.57.1 Clasificación
4.2 Pump designations	6.57.2 Denominación de bombas
4.3 Units and governing requirements	8.5.1.4
	7. SIMBOLOGÍA Y ABREVIATURAS
	8. DESARROLLO
5 Basic design	8.1 Diseño básico
5.1 General	8.1.1 Generalidades
5.2 Pump types	8.1.2 Tipos de bombas
5.3 Pressure casings	8.1.3 Carcasa de presión
5.4 Nozzles and pressure casing connections	8.1.4 Boquillas y conexiones de las carcasas a presión
5.5 External nozzle forces and moments	8.1.5 Fuerzas y momentos externos en boquillas
5.6 Rotors	8.1.6 Rotores
5.7 Wear rings and running clearances	8.1.7 Anillos de desgaste y claros
5.8 Mechanical shaft seals	8.1.8 Sellos mecánicos para flechas
5.9 Dynamics	8.1.9 Dinámica
5.10 Bearings and bearing housings	8.1.10 Cojinetes y alojamiento o soporte de cojinetes
5.11 Lubrication	8.1.11 Lubricación
5.12 Materials	8.1.12 Materiales
5.13 Nameplates and rotation arrows	8.1.13 Placa de datos y flecha de rotación
6 Accessories	8.2 Accesorios
6.1 Drivers	8.2.1 Accionadores
6.2 Couplings and guards	8.2.2 Coples y guarda coples
6.3 Baseplates	8.2.3 Bases de montaje
6.4 Instrumentation	8.2.4 Instrumentación
6.5 Piping and appurtenances	8.2.5 Tuberías y sus accesorios
6.6 Special tools	8.2.6 Herramientas especiales
7 Inspection, testing, and preparation for shipment	8.3 Inspección, pruebas y preparación para el embarque
7.1 General	8.3.1 Generalidades
7.2 Inspection	8.3.2 Inspección
7.3 Testing	8.3.3 Pruebas
7.4 Preparation for shipment	8.3.4 Preparación para embarques
8 Specific pump types	8.4 Requisitos específicos por tipo de bomba
8.1 Single-stage overhung pumps	8.4.1 Bombas con impulsor en voladizo de una etapa
8.2 Between-bearings pumps (types BB1 through BB5)	8.4.2 Bombas con impulsor montado entre cojinetes (tipos BB1, BB2, BB3 y BB5)
8.3 Vertically suspended pumps (types VS1 through VS7)	8.4.3 Bombas verticalmente suspendidas (tipos VS1 a VS7)

Tabla 24. Concordancias entre la norma ISO-13709:2003 y la norma NRF-050-PEMEX-2007

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 129 DE 233
---	---------------------------	---

ISO-13709:2003	NRF-050-PEMEX-2007
ESTRUCTURA	
Cláusulas, sub cláusulas y párrafos	Capítulos, párrafos y numerales
9 Vendor's data 9.1 General 9.2 Proposals 9.3 Contract data	8.5 Datos del proveedor 8.5.1 Generales 8.5.1 Propuestas 8.5.2 Datos del contrato
	8.6 Garantías
	8.6.1 Mecánica
	8.6.2 De funcionamiento
	8.7 Procedimiento para evaluación de la conformidad
Bibliography	9. RESPONSABILIDADES
ANEXOS	10. CONCORDANCIA CON NORMAS MEXICANAS O INTERNACIONALES.
Annex A (informative) Specific speed and suction-specific speed	REQUISITOS ADICIONALES. Párrafo o numeral: 8.1.1.32, 8.1.3.15, 8.1.4.3.12, 8.1.5.6, 8.1.6.16, 8.1.7.5, 8.1.8.12, 8.1.10.1.7, 8.1.10.2.13, 8.1.11.5, 8.1.12.5, 8.1.13.5, 8.2.1.11, 8.2.2.15, 8.2.3.21, 8.2.4.2.5, 8.2.5.4, 8.3.3.1.4, 8.3.4.7, 8.4.1.2.9, 8.4.1.3.8, 8.4.2.5.5, 8.4.2.6.8, 8.4.3.3.4, 8.4.3.5.1 y 8.5.3.5.4.
Annex B (normative) Cooling water and lubrication system schematics	11. BIBLIOGRAFÍA
Annex C (normative) Hydraulic power recovery turbines	12. ANEXOS
Annex D (normative) Standard baseplates	12.1 Anexo A Velocidad específica y velocidad específica de succión
Annex E (informative) Inspector's checklist	12.2 Anexo B Diagramas esquemáticos de los sistemas de agua de enfriamiento y lubricación
Annex F (normative) Criteria for piping design	12.3 Anexo C Turbinas de recuperación de energía hidráulica
Annex G (informative) Materials class selection guidance	12.4 Anexo D Bases estándar
Annex H (normative) Materials and material specifications for pump parts	12.5 Anexo E Lista de inspección del Inspector
Annex I (normative) Lateral analysis	12.6 Anexo F Criterios para diseño de tubería
Annex J (normative) Determination of residual unbalance	12.7 Anexo G Guía de selección de materiales
Annex K (normative) Seal chamber runout illustrations	12.8 Anexo H Materiales y sus especificaciones para bombas centrífugas
Annex L (informative) Vendor drawing and data requirements	12.9 Anexo I Análisis lateral
Annex M (informative) Test data summary	12.10 Anexo J Determinación del desbalanceo residual
Annex N (informative) Pump datasheets	12.11 Anexo K Ilustraciones de la excentricidad de las cámaras de sellos
	12.12 Anexo L Requerimientos de datos y dibujos del proveedor
	12.13 Anexo M Resumen de datos de prueba
	12.14 Anexo N Hoja de datos
	12.15 Anexo O Grouting a base de cemento y epóxicos
	12.16 Anexo P Código de clasificación para sellos mecánicos
	12.17 Anexo Q Sellos mecánicos y arreglos de tubería
	12.18 Anexo R Presentación de documentos equivalentes

Tabla 24. Concordancias entre la norma ISO-13709:2003 y la norma NRF-050-PEMEX-2007. Continuación

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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 130 DE 233
---	---------------------------	---

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).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 131 DE 233
---	---------------------------	---

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

11.4.2B1.1 Ver ISO 262.

11.4.3B1.20.1 Ver ISO 228-1.

11.4.4B16.1 Ver ISO 7005-2.

11.4.5B16.5 Ver ISO 7005-1.

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

11.4.7B31.3 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.

Babbitt 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).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 133 DE 233
---	---------------------------	---

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).

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 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).

11.9.4 ISO 492 (ANSI/ABMA Std. 20) Cojinete antifricción.- Cojinete radial.- Tolerancias (Rolling bearings.- Radial bearings.- Tolerance).

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

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

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 134 DE 233
---	---------------------------	---

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.

11.12.3 GNT-SSNP-P10-2005, Rev. 0. Sistema de lubricación por niebla.

11.12.4 PA-800-70600-01. Procedimiento de inspección de bienes y servicios.

11.13 Especificaciones de PEP.

11.13.1 P.2.0335.02 Turbinas de vapor para servicio general.

11.13.2 P.1.0000.09 Embalaje y marcado de equipos y materiales.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 135 DE 233
---	---------------------------	---

12. ANEXOS.

12.1 Anexo A.- Velocidad específica y velocidad específica de succión. (Informativo)

La velocidad específica se calcula para el punto de mejor eficiencia de funcionamiento de la bomba con el diámetro máximo del impulsor. La velocidad específica es expresada matemáticamente por la siguiente ecuación:

$$n_s = n(q)^{0,5} / (H)^{0,75} \quad (A.1)$$

Donde:

n_s es la velocidad específica, sin dimensiones;

n es la velocidad rotatoria, expresada en revoluciones por minuto;

q es flujo nominal total de la bomba, expresado en metros cúbicos por segundo;

H es la carga diferencial por etapa, expresada en metros.

NOTA 1 La velocidad específica derivada de las unidades del SI multiplicadas por un factor de 51.64 es igual a la velocidad específica en unidades acostumbradas de los EE.UU.

Una definición alternativa de la velocidad específica se utiliza a veces (índice de flujo por ojo del impulsor algo que índice de flujo total). Se advierte al comprador que entienda se está refiriendo qué al comparar datos.

La velocidad específica de succión se calcula para el punto de mejor eficiencia de funcionamiento de la bomba con el diámetro máximo del impulsor y proporciona una evaluación de la susceptibilidad de una bomba a la recirculación interna. Esto es expresado matemáticamente por la ecuación siguiente:

$$s = n(q)^{0,5} / (NPSHR)^{0,75} \quad (A.2)$$

Donde:

s es la velocidad específica de succión, sin dimensiones;

n es la velocidad rotatoria, expresada en revoluciones por minuto;

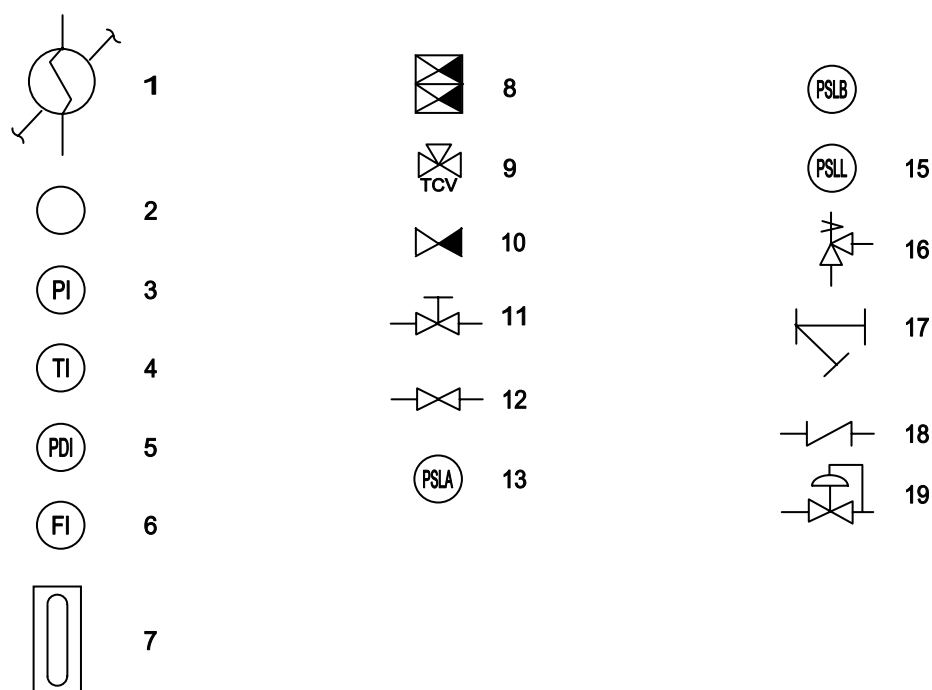
q es el flujo nominal por el ojo del impulsor, expresado en metros cúbicos por segundo;
igual al flujo nominal total para impulsores de succión simple,
igual a la mitad del flujo nominal total para impulsores de doble succión.

$NPSHR$ es la carga neta positiva de succión requerida, expresada en metros.

NOTA 2 La velocidad específica de succión derivada de las unidades del SI multiplicadas por un factor de 51.64 es igual a la velocidad específica de succión en unidades acostumbradas de los EE.UU. El símbolo N_{ss} se utiliza a veces para señalar velocidad específica de succión.

12.2 Anexo B.- Diagramas esquemáticos de los sistemas de agua de enfriamiento y lubricación (Normativo)

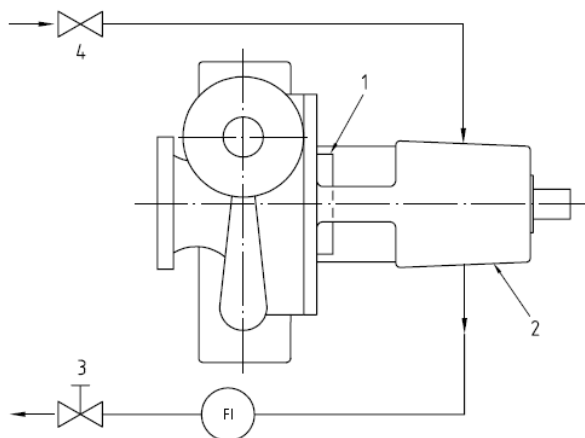
Este anexo contiene los diagramas esquemáticos para los sistemas de agua de enfriamiento y de lubricación. Las notas y claves de los símbolos en las Figuras B.2 hasta B.10 se muestran en la Figura B.1 siguiente. Estos planes representan los sistemas usados con mayor frecuencia. Otras configuraciones y sistemas pueden ser utilizados si están especificadas o si son convenientes por PEMEX y el proveedor.



clave

- | | | | |
|----|---|----|---|
| 1 | Intercambiador de calor | 11 | Válvula de regulación de flujo |
| 2 | Instrumento (la letra indica la función) | 12 | Válvula de bloqueo (válvula de compuerta) |
| 3 | Indicador de presión | 13 | Interruptor de baja presión (encendido de bomba auxiliar) |
| 4 | Indicador de temperatura | 14 | Interruptor de baja presión (alarma) |
| 5 | Indicador de presión diferencial | 15 | Interruptor de baja presión (disparo) |
| 6 | Indicador de flujo | 16 | Válvula de alivio |
| 7 | Indicador de nivel tipo – reflejo | 17 | colador de línea |
| 8 | Válvula manual de 3 vías (o válvula de transferencia) | 18 | Válvula de retención |
| 9 | Válvula de control por temperatura | 19 | Válvula de control de presión |
| 10 | Válvula de bloqueo y purga | | |

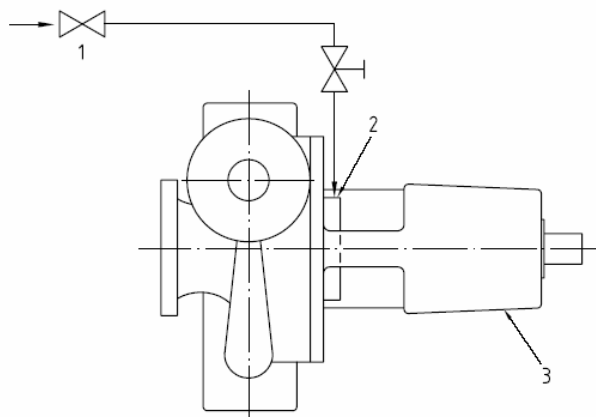
Figura B.1 – Simbología usada en dibujos.



clave

- 1 Caja del prensa estopas
- 2 Alojamiento de cojinetes
- 3 Válvula de salida
- 4 Válvula de entrada

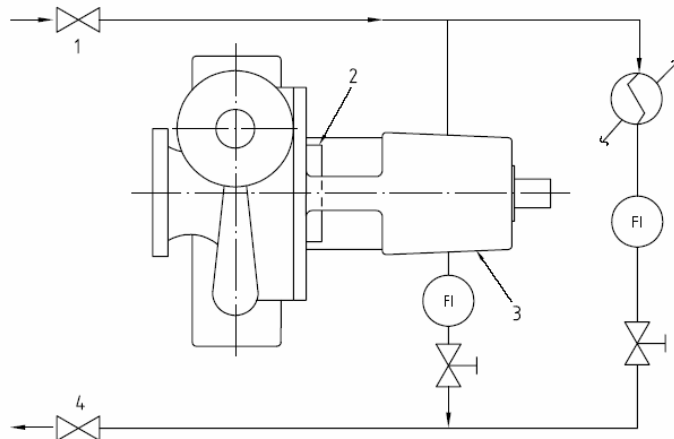
**Figura B.2 – Tubería para bombas con impulsor en voladizo
-Plan A, Enfriamiento al alojamiento de cojinetes**



clave

- 1 Válvula de entrada
- 2 Caja del prensa estopas
- 3 Alojamiento de cojinetes

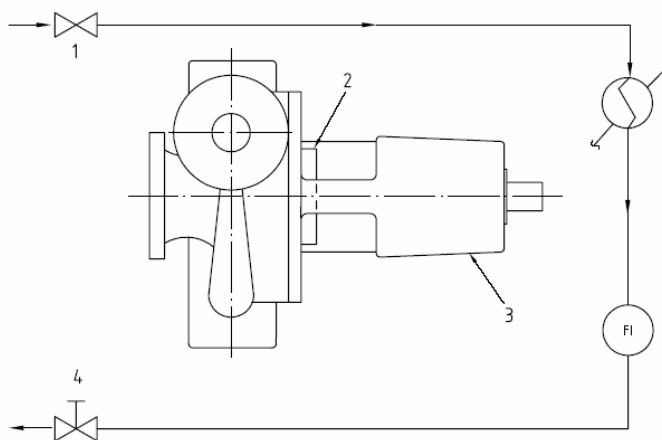
**Figura B.3 – Tubería para bombas con impulsor en voladizo
-Plan D, enfriamiento a la caja del prensa estopas**



clave

- 1 Válvula de entrada
- 2 Caja del prensa estopas
- 3 Alojamiento de cojinetes
- 4 Válvula de salida

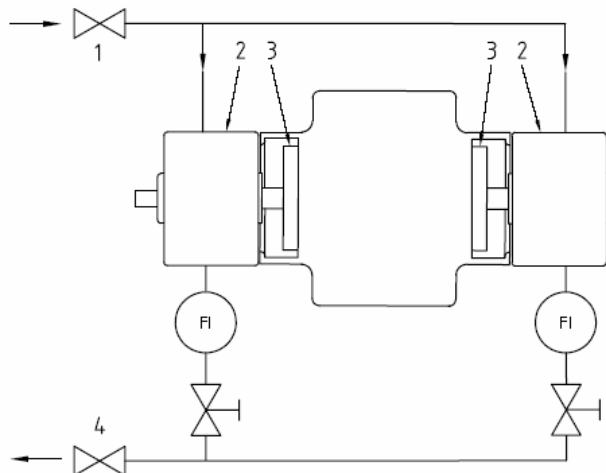
Figura B.4 – Tubería para bombas con impulsor en voladizo
-Plan K, enfriamiento al alojamiento de cojinetes con flujo paralelo al cambiador de calor del sello



clave

- 1 Válvula de entrada
- 2 Caja del prensa estopas
- 3 Alojamiento de cojinetes
- 4 Válvula de salida

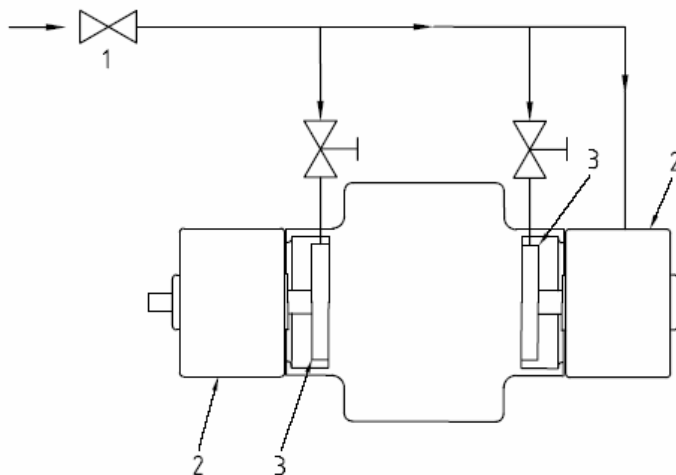
Figura B.5 – Tubería para bombas con impulsor en voladizo
-Plan M, enfriamiento al cambiador de calor del sello



clave

- 1 Válvula de entrada
- 2 Alojamiento de cojinetes
- 3 Caja del prensa estopas
- 4 Válvula de salida

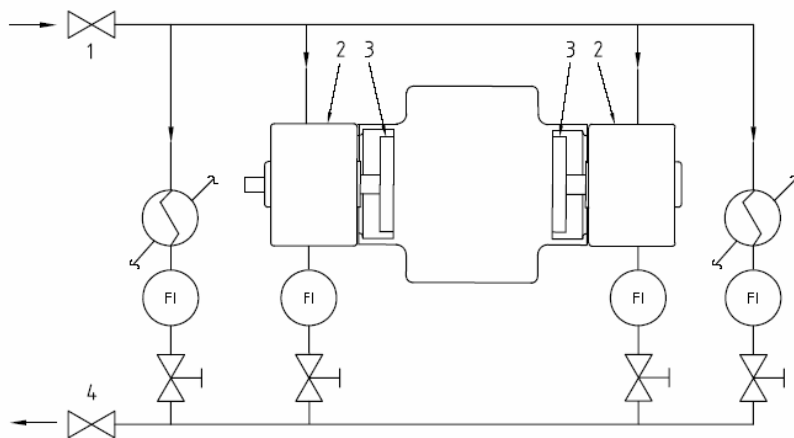
**Figura B.6 – Tubería para bombas con impulsor entre cojinetes
-Plan A, enfriamiento al alojamiento de cojinetes**



clave

- 1 Válvula de entrada
- 2 Alojamiento de cojinetes
- 3 Caja del prensa estopas

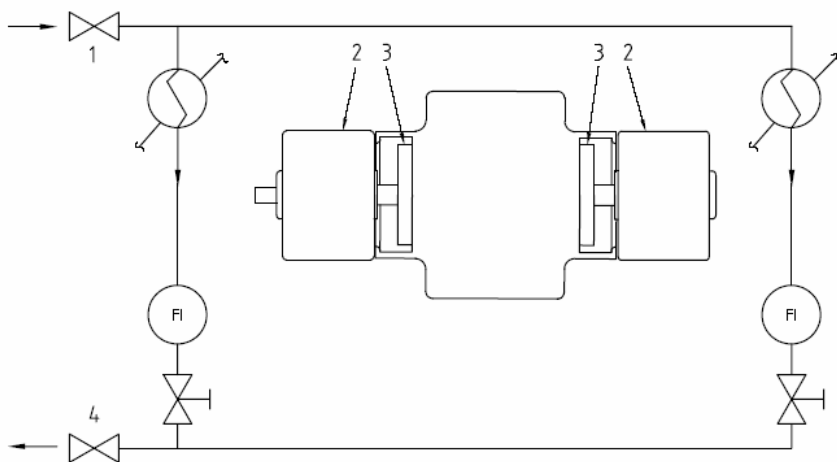
**Figura B.7 – Tubería para bombas con impulsor entre cojinetes
-Plan D, enfriamiento a la caja del prensa estopas**



clave

- 1 Válvula de entrada
- 2 Alojamiento de cojinetes
- 3 Caja del prensa estopas
- 4 Válvula de salida

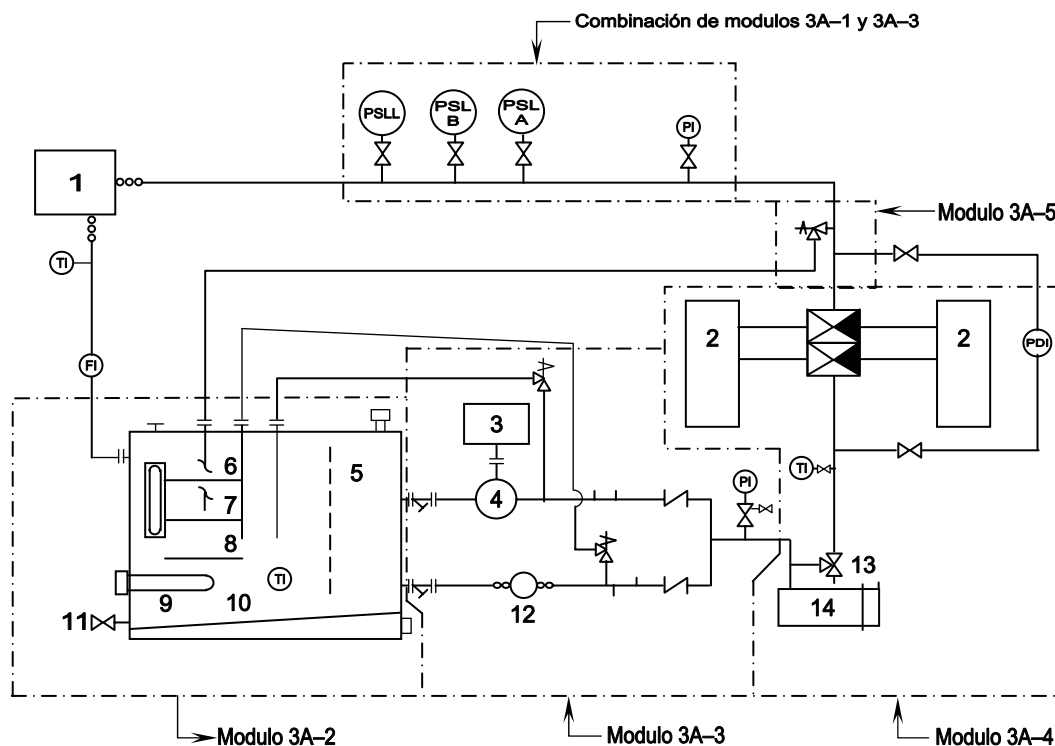
Figura B.8 – Tubería para bombas con impulsor entre cojinetes
-Plan K, enfriamiento al alojamiento de cojinetes con flujo paralelo al cambiador de calor del sello



clave

- 1 Válvula de entrada
- 2 Alojamiento de cojinetes
- 3 Caja del prensa estopas
- 4 Válvula de salida

Figura B.9 – Tubería para bombas con impulsor entre cojinetes
-Plan M, enfriamiento a los cambiadores de calor de los sellos



clave

- 1 Equipo rotatorio
- 2 filtros
- 3 Motor eléctrico
- 4 Bomba
- 5 Deflector interno
- 6 Nivel máximo de operación
- 7 Nivel mínimo de operación
- 8 Nivel de succión de la bomba
- 9 Cambiador de calor (opcional)
- 10 Fondo de derrames
- 11 Dren
- 12 Bomba de aceite conducida por la flecha con válvula relevadora de presión integral
- 13 Válvula de control de temperatura (opcional)
- 14 Enfriador de tubo y coraza

NOTA: Ver también la Tabla B.1. Los módulos se describen mejor en la norma ISO 10438-3.

FIGURA B.10 – Esquema del sistema de lubricación de aceite

Subclausula de ISO 10438-3	Nota/Opcion ^a	Comentarios
3A-1 Requisitos mínimos para los sistemas de aceite de uso general.	Adicional	TI, FI sobre las líneas de retorno del aceite de la bomba (y el accionador)
3A-2 Depósito	Opción 1	No se requiere un interruptor de nivel.
	Opción 2	Se requiere un indicador de la temperatura con termopozo.
	Opción 3	Un calentador eléctrico de inmersión o de vapor, es opcional.
	Opción 4	Se requieren conexiones adicionales para: 1. la válvula de alivio en la descarga de la bomba principal de aceite accionada por la flecha (no se requiere con válvula de alivio integral) 2. la válvula de alivio en la descarga de la bomba del aceite accionada por motor (no se requiere con válvula de alivio integral) 3. el sistema de retorno de la PCV. 4. la bomba auxiliar de aceite para tener succión independiente con colador
	Opción 5	Se requiere una oreja para sujetarse a tierra.
	Opción 6	El cristal de los indicadores puede ser armado y extendido.
	Adicional	Se requiere un venteo con malla,
	Adicional	El depósito debe tener un fondo inclinado.
3A-3 Bombas	Adicional	Un dren con conexión bridada con válvula y tapa de por lo menos 5 cm., de tamaño será incluido.
	Adicional	Un vidrio de nivel debe suministrarse de acuerdo con ISO 10438-3.
	Adicional	La línea de retorno del sistema PCV será situada por debajo del nivel mínimo de funcionamiento del aceite.
	Opción 1	Se requiere una bomba auxiliar a 100 por ciento de la capacidad impulsada por un motor eléctrico.
	Opción 2	No se requieren válvulas de bloqueo
	Opción 3	No se requiere bomba de aceite de pre/post lubricacion.
	Opción 4	Se requieren interruptores de presión para el disparo por baja presión, alarma y arranque de la bomba auxiliar.
3A-4 Bombas y enfriadores (y filtros)	Opción 5	No se requiere el transmisor de presión.
	Adicional	Los interruptores de presión deben ser localizados de acuerdo con la ISO 10438-3:—, Figura A.5
	Opción 1	Se requiere un enfriador de aceite.
	Opción 2	Se requieren filtros dobles (duplex).
	Opción 3	Una válvula de tres vías de control de temperatura constante con la línea de puente es opcional.
	Opción 4	Una válvula variable de dos o tres vías para control de la temperatura con la línea de desviación no se requiere.
	Opción 5	Se requiere un interruptor de temperatura. El interruptor de temperatura no se representa en la ISO 10438-3:—, Figura A.5.
	Opción 6	Una sola válvula de transferencia con el enfriador y filtro en paralelo a TCV separado no se requiere. La válvula no se representa en la ISO 10438-3:—, Figura A.5.
	Opción 7	Se requiere un indicador de diferencial de presión.
3A-5 Control de presión	Adicional	Una sola válvula de transferencia para los filtros a dos caras se requiere para el filtro reemplazable este estará de acuerdo con la ISO 10438-3
	Opción 1	Se requiere un regulador de presión (válvula de descarga).
	Opción 2	No se requiere una válvula de control de contrapresión; de actuación directa
	Opción 3	No se requieren las válvulas del bloque alrededor del PCV/regulador
	Opción 4	No se requiere una válvula de derivación de globo.
a "Opción" significa un elemento opcional como sea especificado; "Adicional" significa un requerimiento adicional a los dados en ISO 10438-3.		

Tabla B.1 – Esquema del sistema de lubricación de aceite

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 143 DE 233
---	---------------------------	---

12.3 Anexo C.- Turbinas de recuperación de energía hidráulica (Normativo)

C.1 Generales

Este anexo aplica a las turbinas de recuperación de energía hidráulica (HPRT por sus siglas en inglés).

La recuperación de energía se logra generalmente por la reducción de presión del fluido, algunas veces con una contribución de vapor o evolución del gas durante la reducción de presión. Una turbina de recuperación de energía hidráulica puede ser una bomba operada con el flujo en sentido inverso.

C.2 Terminología

Esta Norma de Referencia utiliza términos que necesitan ser cambiados o ignorados cuando la norma se aplica a las HPRT. La dirección del flujo a través de la HPRT es en sentido inverso que a través de la bomba. En este contexto, la palabra *bomba* debe interpretarse como el significado de HPRT, el término succión de la bomba debe interpretarse como el significado de descarga de la HPRT y el término descarga de la bomba debe interpretarse como el significado de succión de la HPRT.

C.3 Diseño

C.3.1 Características del fluido

C.3.1.1 PEMEX le notificará al fabricante de la HPRT si cualquier fracción de la corriente del proceso que entra en la HPRT tiende a evaporarse y si el gas absorbido en la corriente se transformará en cualquier presión menor que la presión de succión.

C.3.1.2 PEMEX especificará el porcentaje del volumen de vapor o del gas, o ambos, a la descarga de la turbina y la presión y temperatura al cual los vapores dejen de evaporar.

C.3.1.3 Si se conoce la composición del fluido, la densidad del líquido y del vapor (o gas) contra la presión, también deben especificarse. Puede ser necesario controlar la presión de descarga de la HPRT para limitar la cantidad de fluido que evaporará o la cantidad de gas que sale de la solución.

C.3.2 Sistema de lavado del sello

Para evitar reducir la vida del sello, se deben dar las consideraciones de evolución de gas y vaporización en la corriente de lavado al sello. Si existe este potencial, una corriente de lavado desde otra fuente diferente a la entrada de la HPRT generalmente es recomendada.

C.3.3 Paro por sobre velocidad

C.3.3.1 Un paro por sobre velocidad este será considerado si la HPRT y otro equipo en el tren no pueden tolerar la velocidad de desbocamiento estimada (velocidad máxima alcanzada por la HPRT cuando esta descargando y está sujeta a la peor combinación de condiciones de succión y descarga). Típicamente, los paros por sobre velocidad se fijan en el rango de 115 a 120 por ciento de la velocidad nominal. Es importante comprender que la velocidad de desbocamiento con líquidos a la entrada ricos en absorber gas o con líquidos que parcialmente encienden cuando fluyen a través de la HPRT, pueden ser varias veces mayor que la velocidad de desbocamiento con agua. Con tales líquidos, la velocidad de desbocamiento no puede determinarse con exactitud.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 144 DE 233
---	---------------------------	---

C.3.3.2 El riesgo de sobre velocidad es reducido si el equipo accionado, como por ejemplo una bomba o ventilador, no puede esperarse realmente que pierda la carga. El riesgo se aumenta si el equipo conducido es un generador, puesto que una desconexión repentina de los circuitos de energía eléctrica descarga la HPRT. En último caso, se debe proveer el censado automático y simulación de carga.

C.3.3.3 Los sistemas de rotores que tienen baja inercia y están sujetas a descarga accidental deben equiparse con un freno de acción rápida para prevenir el daño por sobre velocidad.

C.3.4 Accionador Doble

C.3.4.1 Si una HPRT se usa para ayudar a otro accionador, las consideraciones de C.3.4.2 hasta C.3.4.5 aplican.

C.3.4.2 El accionador principal será dimensionado para accionar el tren sin la ayuda de la HPRT.

C.3.4.3 Un embrague de sobre marcha (es decir, un embrague que transmite el torque en una dirección y rueda libremente en la otra) debe usarse generalmente entre la HPRT y el tren para permitir que el equipo conducido funcione durante el mantenimiento de la HPRT y permita el arranque del tren antes de que se alinee la corriente de proceso de la HPRT.

C.3.4.4 El Flujo a la HPRT puede variar ampliamente y con frecuencia, si el flujo cae a aproximadamente 40 por ciento del flujo nominal, la HPRT suspende la producción de energía y un arrastre puede ser impuesto sobre el accionador principal. Un embrague de sobre marcha prevendrá este arrastre.

C.3.4.5 La HPRT nunca debe colocarse entre el accionador principal y el equipo conducido.

C.3.5 Generadores

Si un generador es conducido por una HPRT en una corriente de proceso rica en gas, el generador debe dimensionarse en exceso. La energía de salida de la HPRT puede ser tanto como un 20 a 30 por ciento o más por arriba de lo pronosticado por las pruebas con agua, como resultado de los efectos de gas desarrollado o líquido evaporado.

C.3.6 Válvulas de estrangulamiento

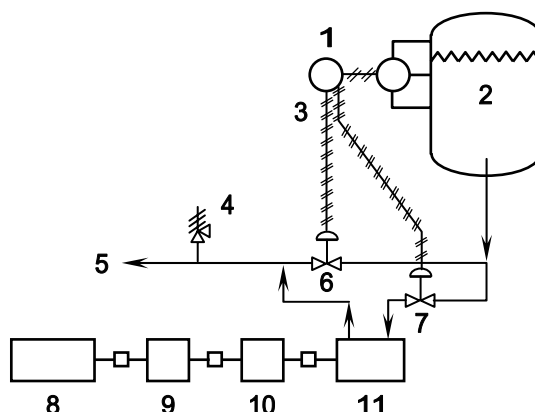
Para la mayoría de las aplicaciones, las válvulas usadas para controlar el flujo a la HPRT deben estar colocadas aguas arriba (contra la corriente) y cerca de la entrada de la HPRT (ver Figura C.1). La colocación aguas arriba permite que los sellos mecánicos funcionen a la presión de descarga de la HPRT y, para las corrientes ricas en gas, permite que el gas evolucione, lo cual aumenta la energía de salida.

C.3.7 Válvulas de derivación

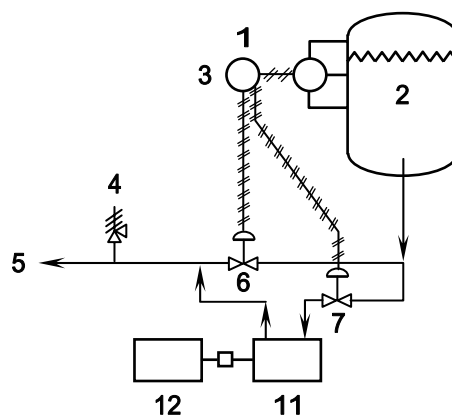
Sin importar el arreglo del tren de la HPRT, se debe instalar una válvula de desviación del total del flujo con capacidad de modulación. El control común de modulación de la válvula de desviación y la válvula de control a la succión de la HPRT se logra normalmente por medio de un arreglo de nivel seccionado (ver Figura C.1).

C.3.8 Válvulas de alivio

Para proteger la integridad de la carcasa externa de la HPRT y los sellos mecánicos contra posibles presiones transitorias aguas abajo, será instalada una válvula de alivio en la tubería de descarga (ver Figura C.1).



a) Accionamiento de bombas.



b) Accionamiento de generadores

clave

- 1 Controlador, Indicador de nivel
- 2 Fuente de alta presión
- 3 Rango bipartido
- 4 Válvula de alivio
- 5 Disposición de baja presión
- 6 Válvula de derivación
- 7 Válvula de estrangulamiento de la succión
- 8 Bomba
- 9 Motor
- 10 Embrague de sobre marcha
- 11 Turbina de recuperación de energía hidráulica (HPRT, por sus siglas en ingles)
- 12 Generador

Figura C.1 – Arreglos típicos de Turbina de recuperación de energía hidráulica (HPRT).

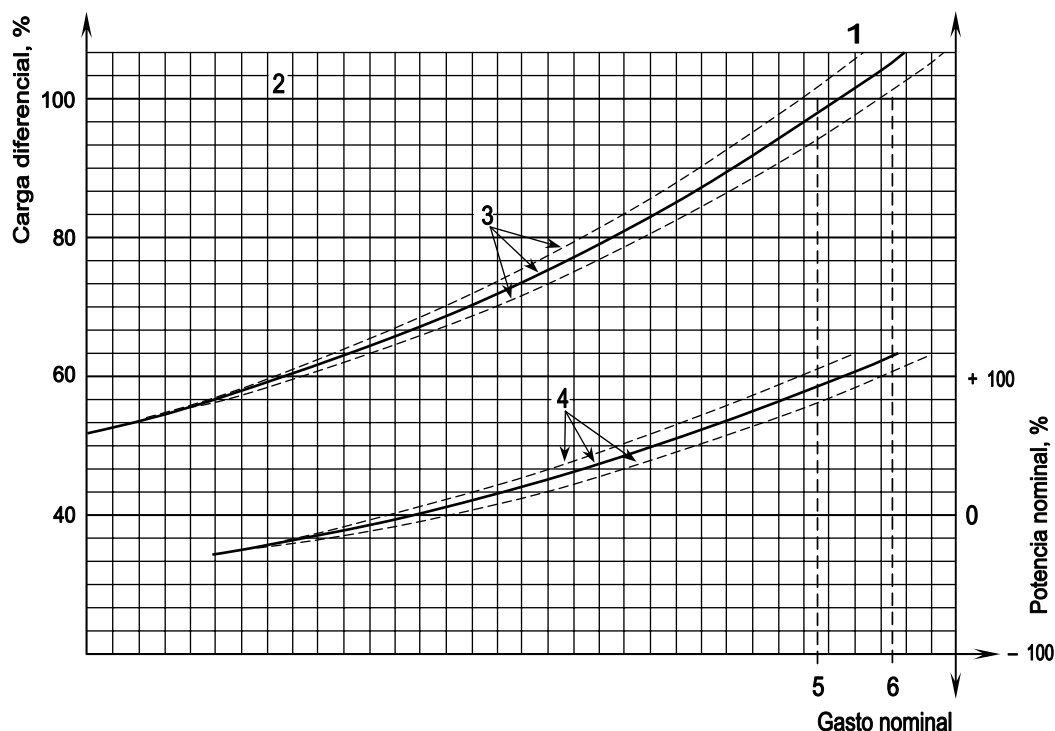
C.4 Pruebas

C.4.1 La HPRT debe recibir una prueba de comportamiento en las instalaciones de prueba del fabricante. Las garantías de funcionamiento hidráulicas y mecánicas serán basadas en la prueba con agua.

C.4.2 La Figura C.2 muestra las tolerancias recomendadas de la prueba de comportamiento para las HPRT. Los criterios de bombas dados en el cuerpo principal de esta Norma de Referencia no son aplicables.

C.4.3 Los niveles de vibración para las HPRT deben cubrir los criterios para las bombas dadas en el cuerpo principal de esta Norma de Referencia.

C.4.4 Puede ser útil verificar el disparo por sobre velocidad fijado para las HPRT en las instalaciones de prueba del fabricante. La determinación de la velocidad de desbocamiento durante una prueba con agua puede ser considerada, pero esta velocidad puede calcularse con precisión una vez que el comportamiento con agua sea conocido. La velocidad de desbocamiento para corrientes ricos en gas no puede ser determinada por las pruebas con agua.



clave

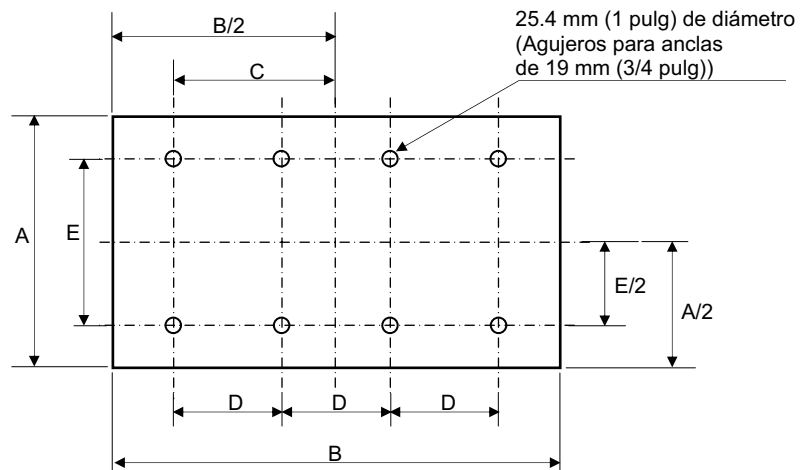
- 1 Flujo nominal
- 2 Carga nominal
- 3 Curva típica de carga contra flujo nominal
- 4 Curva típica de potencia contra flujo nominal
- 5 Margen inferior de tolerancia (95 por ciento)
- 6 Margen superior de tolerancia (95 por ciento)

Figura C.2 –Tolerancias de la prueba de comportamiento de las turbinas de recuperación de energía hidráulica (HPRT).

12.4 Anexo D.- Bases estándar
(Normativo)

	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 (3,0)	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)
2,5	3	915 (36,0)	1535 (60,5)	615 (24,25)	615 (24, 25)	840 (33,0)	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)	2755 (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.							

Tabla D-1. Dimensiones estándar de bases.



a Para pernos de anclaje de 20 mm (3/4 pulg)

Figura D.1 –Bases estándar

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 149 DE 233
---	---------------------------	---

12.5 Anexo E.- * Lista de verificación del inspector (Informativo)

Los niveles indicados en la Tabla 12.5 pueden ser diferenciados como sigue:

Nivel 1 es típicamente usado para bombas en servicios generales;

Nivel 2 comprende requisitos de materiales y de comportamiento y es más riguroso que el nivel 1.

Nivel 3 cláusulas que deben ser considerados para las bombas en servicios críticos.

El requisito de inspección debe indicarse en la primera columna como:

C = Certificación únicamente.

O = Inspección observada

W= Inspección atestiguada

Tipo de inspección requerida C, O o A	Elemento	ISSO 13709 Número de sub cláusula	Fecha de inspección	Inspeccio- nado por	Estado
	Nivel 1 - Básico				
	Marcado de la carcasa (número de serie) / 8.1.13.3	5.13.3			
	Clasificación de áreas de motores y componentes eléctricos / 8.1.1.24	5.1.24			
	Tornillos de elevación de la carcasa / 8.1.3.13	5.3.13			
	Tamaño, clase y terminación de boquillas ^a / Dibujo dimensional, 8.1.4.1.1, 8.1.4.2	Outline drawing, 5.4.1.1, 5.4.2			
	Requisitos de la base y patín común / 8.2.3.1, 8.2.3.2, 8.2.3.3, 8.2.3.4, 8.2.3.7, 8.2.3.8, 8.2.3.9, 8.2.3.10, 8.2.3.11, 8.2.3.13, 8.2.3.14, 8.2.3.15, 8.2.3.17, 8.2.3.18	6.3.1, 6.3.2, 6.3.3, 6.3.4, 6.3.7, 6.3.8, 6.3.9, 6.3.10, 6.3.11, 6.3.13, 6.3.14, 6.3.15, 6.3.17, 6.3.18			
	Prueba hidrostática certificada / 8.3.3.2.1	7.3.2.1			
	Prueba de comportamiento dentro de tolerancias (<i>certificada</i>) / 8.3.3.4 c)	7.3.3.4 c)			
	Prueba de NPSHR dentro de tolerancias (<i>certificada</i>) / 8.3.3.4.2.3	7.3.4.2.3			
	Vibraciones dentro de tolerancias / 8.3.3.4 a)	7.3.3.4 a)			
	Flecha de rotación / 8.1.13.4	5.13.4			
	Dimensiones totales y localización de conexiones ^a / Dibujo dimensional	Dibujos dimensionales			
	Disposición y tamaño de pernos de anclaje ^a / Dibujo dimensional	Dibujos dimensionales			
	Diagrama de flujo de tubería auxiliar Anexo 12.2	Anexo B			

Tabla 12.5.1.- * Inspector: Personal designado por PEMEX

	Fabricación e instalación de tuberías / 8.2.5.1.1	6.5.1			
	Placa de datos de identificación del equipo / 8.1.13.2	5.13.2			
	Sujeción del rotor / 8.3.4.1	7.4.1			
	Instrucciones de la preservación del almacenaje / 8.3.4.2	7.4.2			
	Prevención de moho 8.3.4.3.4, 8.3.4.3.5, 8.3.4.3.10	7.4.3.4, 7.4.3.5, 7.4.3.10			
	Pintura / 8.3.4.3.3	7.4.3.3			
	Preparación para el embarque / 8.3.4.1, 8.3.4.3.6, 8.3.4.3.7	7.4.1, 7.4.3.6, 7.4.3.7			
	Documentos del embarque y etiquetas / 8.3.4.3.9, 8.3.4.4, 8.3.4.6	7.4.3.9, 7.4.4, 7.4.6			
	Nivel 2 – Intermedio (adicionar los requisitos del nivel 1)				
	Copias de la orden de compra				
	Certificación de materiales / 8.1.12.1.8	5.12.1.8			
	Pruebas no destructivas (componentes) / 8.1.12.1.5, 8.3.2.2.1	5.12.1.5, 7.2.2.1			
	Prueba hidrostática atestiguada / 8.3.3.2.1	7.3.2.1			
	Expedientes de fabricación (excentricidades y claros) / 8.1.6.6, 8.1.6.8, 8.1.6.10, 8.1.6.13, 8.1.7.4, 8.4.2.2.4, 8.4.3.3.2, 8.4.3.4.2, 8.4.3.8.2.1, 8.4.3.12.2.d	5.6.6, 5.6.8, 5.6.10, 5.6.13, 5.7.4, 8.2.2.4, 8.3.3.2, 8.3.4.2, 8.3.8.2.1, 8.3.12.2.d			
	Prueba de comportamiento atestiguada / 8.3.3.3, 8.3.3.4.2	7.3.3, 7.3.4.2			
	Nivel 3 – Especial (adicionar los requisitos del nivel 1 y 2)				
	Aprobación de los procedimientos de soldadura / 8.1.12.3.1	5.12.3.1			
	Aprobación de reparaciones por soldadura / 8.1.12.3.2	5.12.3.2			
	Mapa de las reparaciones por soldadura / Ninguno	None			
	Balanceo de impulsores y rotor / 8.1.9.4, 8.4.2.4.2	5.9.4, 8.2.4.2			
	Inspección de cojinetes después de las pruebas / 8.4.2.7.5	8.2.7.5			
	Prueba de fuerzas y momentos en boquillas / 8.2.3.6	6.3.6			
	Prueba de la unidad completa / 8.3.3.4.3	7.3.4.3			
	Prueba de nivel de sonido / 8.3.3.4.4	7.3.4.4			
	Prueba de equipo auxiliar / 8.3.3.4.5	7.3.4.5			
	Prueba de resonancia (alojamiento de cojinetes) / 8.3.3.4.6, 8.4.3.9.2	7.3.4.6, 8.3.9.2			
a Verificar contra el dibujo dimensional certificado.					

Tabla 12.5.1.- Lista de verificación del inspector (continuación).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 151 DE 233
---	---------------------------	---

12.6 Anexo F.- Criterios para diseño de tuberías (Normativo)

F.1 Bombas Horizontales

F.1.1 Los arreglos de tuberías aceptables no deben causar excesivo desalineamiento entre la bomba y el accionador. Los arreglos de tubería que producen componentes de cargas falsas en las boquillas dentro de los límites del rango de cargas especificadas en la Tabla 4, limita la distorsión de la carcasa a un medio del criterio de diseño del proveedor (ver numeral 8.1.3.3) y aseguran el desplazamiento de la flecha de la bomba a menos de 250 µm (0,010 pulg.)

F.1.2 Los arreglos de tuberías que producen cargas fuera del rango especificado en la Tabla 4, son aceptables sin la consulta con el vendedor de la bomba si las condiciones especificadas en los numerales F.1.2 inciso a) al c) siguientes, son satisfechas. La satisfacción de estas condiciones aseguran que cualquier distorsión de la carcasa de la bomba estará dentro de los criterios de diseño del vendedor (ver numeral 8.1.3.3) y que el desplazamiento de la flecha de la bomba sea menor que 380 µm (0,015 pulg.).

- El componente individual de las fuerzas y los momentos que actúan en cada brida de las boquillas de la bomba no debe exceder el rango especificado en la Tabla 4 (T4) por un factor de más de 2.
- La fuerza aplicada resultante (F_{RSA} , F_{RDA}) y el momento aplicado resultante (M_{RSA} , M_{RDA}) actuando sobre cada brida de las boquillas de la bomba deben satisfacer la iteración apropiada de las ecuaciones de abajo:

$$[F_{RSA} / (1,5 \times F_{RST4})] + [M_{RSA} / (1,5 \times M_{RST4})] \leq 2 \quad (F.1)$$

$$[F_{RDA} / (1,5 \times F_{RDT4})] + [M_{RDA} / (1,5 \times M_{RDT4})] \leq 2 \quad (F.2)$$

- Los componentes de las fuerzas y momentos aplicados que actúan en cada brida de las boquillas de la bomba deben trasladarse al centro de la bomba. La magnitud de la fuerza aplicada resultante (F_{RCA}), del momento aplicado resultante (M_{RCA}), y del momento aplicado, el cual será limitado por la ecuación (F.3), ecuación (F.4) y ecuación (F.5) (la convención del signo mostrado en las Figuras 20 a 24 y la regla de la mano derecha serán utilizados en la evaluación de estas ecuaciones).

$$F_{RCA} \leq 1,5 (F_{RST4} \pm F_{RDT4}) \quad (F.3)$$

$$|M_{YCA}| \leq 2,0 (M_{YST4} \pm M_{YDT4}) \quad (F.4)$$

$$M_{RCA} \leq 1,5 (M_{RST4} \pm M_{RDT4}) \quad (F.5)$$

Donde:

$$F_{RCA} = [(F_{XCA})^2 + (F_{YCA})^2 + (F_{ZCA})^2]^{0,5}$$

Donde:

$$F_{XCA} = F_{XSA} \pm F_{XDA}$$

$$F_{YCA} = F_{YSA} \pm F_{YDA}$$

$$F_{ZCA} = F_{ZSA} + F_{ZDA}$$

$$M_{RCA} = [(M_{XCA})^2 + (M_{YCA})^2 + (M_{ZCA})^2]^{0.5}$$

Donde:

$$M_{XCA} = M_{XSA} + M_{XDA} - [(F_{YSA})(zS) + (F_{YDA})(zD) - (F_{ZSA})(yS) - (F_{ZDA})(yD)]/1\ 000$$

$$M_{YCA} = M_{YSA} + M_{YDA} + [(F_{XSA})(zS) + (F_{XDA})(zD) - (F_{ZSA})(xS) - (F_{ZDA})(xD)]/1\ 000$$

$$M_{ZCA} = M_{ZSA} + M_{ZDA} - [(F_{XSA})(yS) + (F_{XDA})(yD) - (F_{YSA})(xS) - (F_{YDA})(xD)]/1\ 000$$

En unidades del sistema ingles, la constante 1 000 será cambiado por 12. Esta constante es el factor de conversión para cambiar milímetros a metros o pulgadas a pies.

F.1.3 Los arreglos de tuberías que produzcan cargas mayores que los permitidos en F.1.2 deben ser aprobadas por PEMEX y el proveedor.

F.2 Bombas verticales en línea

Las bombas verticales en línea que están apoyadas únicamente por tubería unida, pueden estar sujetas a los componentes de cargas en tuberías que son mayores que el doble de los valores mostrados en la Tabla 4 si estas cargas no causan a tensión principal mayor que 41 N/mm² (5 950 lb./pulg²) en cualquier boquilla. Para propósitos de cálculo, las características de la sección de las boquillas de la bomba deben estar basadas en las de la tubería cédula 40 cuyo tamaño nominal sea igual a la de la boquilla de la bomba. Las ecuaciones (F.6), (F.7) y (F.8) se pueden utilizar para evaluar el esfuerzo principal, esfuerzo longitudinal y esfuerzo de corte, respectivamente, en las boquillas.

Para las unidades del SI, aplican las ecuaciones siguientes:

$$\sigma_p = (\sigma/2) + (\sigma^2/4 + \tau^2)^{0.5} < 41 \quad (F.6)$$

$$\sigma_l = [1,27 \times F_y / (D_o^2 - D_i^2)] + [10\ 200 \times D_o (M_x^2 + M_z^2)^{0.5}] / (D_o^4 - D_i^4) \quad (F.7)$$

$$\tau = [1,27 \times (F_x^2 + F_z^2)^{0.5}] / (D_o^2 - D_i^2) + [5100 \times D_o (|My|)] / (D_o^4 - D_i^4) \quad (F.8)$$

Para las unidades del sistema ingles, aplican las ecuaciones siguientes:

$$\sigma_p = (\sigma/2) + (\sigma^{2/4} + \tau^2)^{0.5} < 5950 \quad (F.9)$$

$$\sigma_l = [1,27 \times F_y / (D_o^2 - D_i^2)] + [122 \times D_o (M_x^2 + M_z^2)^{0.5}] / (D_o^4 - D_i^4) \quad (F.10)$$

$$\tau = [1,27 \times (F_x^2 + F_z^2)^{0.5}] / (D_o^2 - D_i^2) + [61 \times D_o (|My|)] / (D_o^4 - D_i^4) \quad (F.11)$$

Donde:

σ_p Es el esfuerzo principal, expresado en MPa (lbf/in²);

σ_l Es el esfuerzo longitudinal, expresado en MPa (lbf/in²);

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 153 DE 233
---	---------------------------	---

τ	Es el esfuerzo de corte, expresado en MPa (lbf/in ²);
F_X	Es la fuerza aplicada en el eje de X;
F_Y	Es la fuerza aplicada en el eje de Y;
F_Z	Es la fuerza aplicada en el eje de Z;
M_X	Es el momento aplicado en el eje de X;
M_Y	Es el momento aplicado en el eje de Y;
M_Z	Es el momento aplicado en el eje de Z;
D_i, D_o	Son los diámetros interno y externo de las boquillas, expresados en milímetros (pulgadas).

F_X, F_Y, F_Z, M_X, M_Y , y M_Z representan la acción de las cargas aplicadas en las boquillas de succión y descarga; los subíndices S_A y D_A se han omitido para simplificar las ecuaciones. El signo de F_Y es positivo si la carga pone en tensión la boquilla, el signo es negativo si la carga pone en compresión la boquilla. Uno debe referirse a la Figura 20 y a las cargas aplicadas para determinar si la boquilla está en tensión o compresión. El valor absoluto de M_Y se debe utilizar en las ecuaciones (F.8) a (F.11).

F.3 Nomenclatura

Las definiciones siguientes aplican a los ejemplos de problemas en F.4

Donde:

C	Es el centro de la bomba. Para las bombas del tipo OH2 y BB2 con dos pedestales de soporte, el centro se define por la intersección de la línea central de la flecha de la bomba y de un plano vertical que pase a través del centro de los dos pedestales (ver Figura 20 incisos d y e). Para las bombas del tipo BB1, BB3, BB4 y BB5 con cuatro pedestales de soporte, el centro se define por la intersección de la línea central de la flecha de la bomba y de un plano vertical que pasa a la mitad de la distancia entre los cuatro pedestales (ver Figura 20 inciso c);
D	Es la boquilla de descarga;
D_i	Es el diámetro interior de la tubería cédula 40 cuyo tamaño nominal es igual al de la boquilla de la bomba en cuestión, expresado en mm (pulg).
D_o	Es el diámetro exterior de la tubería cédula 40 cuyo tamaño nominal es igual al de la boquilla de la bomba en cuestión, expresado en mm (pulg).
F	Es la fuerza, expresada en Newton (lb fuerza);
F_R	Es la fuerza resultante. (F_{RSA} y F_{RDA} son calculadas por la raíz cuadrada de la suma de los métodos cuadrados usando los componentes de las fuerzas aplicadas que actúan en la brida de la boquilla. F_{RST4} y F_{RDT4} se extraen de la Tabla 4, usando el tamaño apropiado de boquilla).
M	Es el momento, expresado en newton metros (lb-pie fuerza);
M_R	Es el momento resultante. (M_{RSA} y M_{RDA} son calculados por la raíz cuadrada de la suma de los métodos cuadrados usando los componentes de los momentos aplicados que actúan en la brida de la boquilla. M_{RST4} y M_{RDT4} se extraen de la Tabla 4, usando el tamaño apropiado de boquilla).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 154 DE 233
---	---------------------------	---

σ_p Es el esfuerzo principal, expresado en MPa (lbf/pulg²);

σ_l Es el esfuerzo longitudinal, expresado en MPa (lbf/ pulg²);

τ Es el esfuerzo de corte, expresado en MPa (lbf/ pulg²);

S Es la boquilla de succión;

x, y, z Son las coordenadas de localización de las bridas de boquillas con respecto al centro de la bomba, expresado en mm (pulg);

X, Y, Z Son las direcciones de la carga (ver Figura 20 incisos a al d);

Subíndice A Es una carga aplicada:

Subíndice T4 Es una carga extraída de la Tabla 4.

F.4 Ejemplos de problemas

F.4.1 Ejemplo A1 (unidades del SI)

F.4.1.1 Problema

Para una bomba de proceso de succión en el extremo y en voladizo (OH2), los tamaños de las boquillas y las coordenadas de localización están dados en la Tabla F.1. Las cargas aplicadas a las boquillas están dadas en la Tabla F.2. El problema es determinar si las condiciones especificadas en los numerales F.1.2 a), F.1.2 b) y F.1.2 c) son cumplidas.

F.4.1.2 Solución

F.4.1.2.1 Una verificación de la condición F.1.2 a) es como sigue:

Para la boquilla de succión en el extremo de 250 DN,

$$|F_{XSA} / F_{XST4}| = | + 12\,900 / 6\,670 | = 1,93 < 2,00$$

$$|F_{YSA} / F_{YST4}| = | 0 / 5\,340 | = 0 < 2,00$$

$$|F_{ZSA} / F_{ZST4}| = | - 8\,852 / 4\,450 | = 1,99 < 2,00$$

$$|M_{XSA} / M_{XST4}| = | - 1\,356 / 5\,020 | = 0,27 < 2,00$$

$$|M_{YSA} / M_{YST4}| = | - 5\,017 / 2\,440 | = 2,06 > 2,00$$

$$|M_{ZSA} / M_{ZST4}| = | - 7\,458 / 3\,800 | = 1,96 < 2,00$$

Puesto que M_{YSA} excede el valor especificado en la Tabla 4 (en unidades del SI) por más de un factor de 2, no es satisfactorio. Asuma que M_{YSA} puede ser reducido a - 4 879. Entonces,

$$|M_{YSA} / M_{YST4}| = | - 4\,879 / 2\,440 | = 1,999 < 2,00$$

Para la boquilla superior de descarga de DN 200,

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 155 DE 233
---	---------------------------	---

$$|F_{XDA} / F_{XDT4}| = | + 7\,117 / 3\,780 | = 1,88 < 2,00$$

$$|F_{YDA} / F_{YDT4}| = | - 445 / 3\,110 | = 0,14 < 2,00$$

$$|F_{ZDA} / F_{ZDT4}| = | 8\,674 / 4\,890 | = 1,77 < 2,00$$

$$|M_{XDA} / M_{XDT4}| = | 678 / 3\,530 | = 0,19 < 2,00$$

$$|M_{YDA} / M_{YDT4}| = | - 3\,390 / 1\,760 | = 1,93 < 2,00$$

$$|M_{ZDA} / M_{ZDT4}| = | - 4\,882 / 2\,580 | = 1,89 < 2,00$$

A condición de que M_{YSA} se pueda reducir a $- 4\,879$, las cargas aplicadas a la tubería que actúan en cada boquilla satisfacen la condición especificada en el numeral F.1.2 a).

Tabla F.1. Tamaños de boquillas y localización de coordenadas para el ejemplo 1A

Boquilla	Tamaño DN	x mm	y mm	z mm
Succión	250	+267	0	0
Descarga	200	0	-311	+381

Tabla F.2. Cargas aplicadas a boquillas para el ejemplo 1A

Fuerza	Valor N	Momento	Valor N · m
F_{XSA} F_{YSA} F_{ZSA}	+12 900 0 - 8 852	Succión M_{XSA} M_{YSA} M_{ZSA}	- 1 356 - 5 017 ^a - 7 458
F_{XDA} F_{YDA} F_{ZDA}	+ 7 117 - 445 + 8 674	Descarga M_{XDA} M_{YDA} M_{ZDA}	+ 678 - 3 390 - 4 882
^a ver F.4.1.2.1			

F.4.1.2.2 Una verificación de la condición del numeral F.1.2 b) es como sigue:

Para la boquilla de succión, F_{RSA} y M_{RSA} se determinan usando la raíz cuadrada de la suma de los métodos cuadrados:

$$F_{RSA} = [(F_{XSA})^2 + (F_{YSA})^2 + (F_{ZSA})^2]^{0,5} = [(+12\,900)^2 + (0)^2 + (-8\,852)^2]^{0,5} = 15\,645$$

$$M_{RSA} = [(M_{XSA})^2 + (M_{YSA})^2 + (M_{ZSA})^2]^{0,5} = [(-1\,356)^2 + (-4\,879)^2 + (-7\,458)^2]^{0,5} = 9\,015$$

Refiriendo a la ecuación (F.1),

$$F_{RSA} / (1,5 \times F_{RST4}) \times M_{RSA} / (1,5 \times M_{RST4}) \leq 2$$

$$15\,645 / (1,5 \times 9\,630) + 9\,015 / (1,5 \times 6\,750) \leq 2$$

$$1,96 \leq 2$$

Para la boquilla de descarga, F_{RDA} y M_{RDA} son determinados por el mismo método usado para encontrar F_{RSA} y M_{RSA} :

$$F_{RDA} = [(F_{XDA})^2 + (F_{YDA})^2 + (F_{ZDA})^2]^{0,5} = [(+7\,117)^2 + (-445)^2 + (+8\,674)^2]^{0,5} = 11\,229$$

$$M_{RDA} = [(M_{XDA})^2 + (M_{YDA})^2 + (M_{ZDA})^2]^{0,5} = [(+678)^2 + (-3\,390)^2 + (-4\,882)^2]^{0,5} = 5\,982$$

Refiriendo a la ecuación (F.2):

$$F_{RDA} / (1,5 \times F_{RDT4}) + M_{RDA} / (1,5 \times M_{RDT4}) \leq 2$$

$$11\,229 / (1,5 \times 6\,920) + 5\,982 / (1,5 \times 4\,710) \leq 2$$

$$1,93 \leq 2$$

Las cargas que actúan en cada boquilla satisfacen la interacción apropiada de la ecuación, luego entonces la condición especificada en el numeral F.1.2 b) está satisfecha.

F.4.1.2.3 Una verificación de la condición del numeral F.1.2 c) es como sigue:

Para verificar esta condición, los componentes de las fuerzas y momentos aplicados se trasladan y se resuelven al centro de la bomba. F_{RCA} se determina Como sigue [ver numeral F.1.2 c)]:

$$F_{XCA} = F_{XSA} + F_{XDA}$$

$$F_{YCA} = F_{YSA} + F_{YDA}$$

$$F_{ZCA} = F_{ZSA} + F_{ZDA}$$

$$F_{RCA} = [(F_{XCA})^2 + (F_{YCA})^2 + (F_{ZCA})^2]^{0,5}$$

$$F_{XCA} = (+12\,900) + (+7\,117) = +20\,017$$

$$F_{YCA} = (0) + (-445) = -445$$

$$F_{ZCA} = (-8\,852) + (+8\,674) = -178$$

$$F_{RCA} = [(20\,017)^2 + (-445)^2 + (-178)^2]^{0,5} = 20\,023$$

Refiriendo a la ecuación (F.3):

$$F_{RCA} \leq 1,5 \times (F_{RST4} + F_{RDT4})$$

$$20\,023 \leq 1,5 \times (9\,630 + 6\,920)$$

$$20\,023 \leq 24\,825$$

M_{YCA} es determinado como sigue [ver numeral F.1.2 c)]:

$$\begin{aligned} M_{YCA} &= M_{YSA} + M_{YDA} [(F_{XSA})(zS) + (F_{XDA})(zD) - (F_{ZSA})(xS) - (F_{ZDA})(xD)] / 1\,000 \\ &= (-4\,879) + (-3\,390) + [(+12\,900)(0,00) + (+7\,117)(+381) - (-8\,852)(+267) - (+8\,674)(0,00)] / 1\,000 \\ &= -3\,194 \end{aligned}$$

Refiriendo a la ecuación (F.4):

$$|M_{YCA}| \leq 2,0 (M_{YST4} + M_{YDT4})$$

$$|-3\,194| \leq 2,0 (2\,440 + 1\,760)$$

$$3\,194 \leq 8\,400$$

M_{RCA} es determinado como sigue [ver numeral F.1.2 c)]:

$$M_{XCA} = M_{XSA} + M_{XDA} [(F_{YSA})(zS) + (F_{YDA})(zD) - (F_{ZSA})(yS) - (F_{ZDA})(yD)] / 1\,000$$

$$M_{YCA} = M_{YSA} + M_{YDA} [(F_{XSA})(zS) + (F_{XDA})(zD) - (F_{ZSA})(xS) - (F_{ZDA})(xD)] / 1\,000$$

$$M_{ZCA} = M_{ZSA} + M_{ZDA} [(F_{XSA})(yS) + (F_{XDA})(yD) - (F_{YSA})(xS) - (F_{YDA})(xD)] / 1\,000$$

$$M_{RCA} = [(M_{XCA})^2 + (M_{YCA})^2 + (M_{ZCA})^2]^{0,5}$$

$$M_{XCA} = (-1356) + (+678) - [(0)(0,00) + (-445)(+381) - (-8852)(0,00) - (+8674)(-311)] / 1000 = -3\,206$$

$$M_{YCA} = -3\,194 \text{ (ver cálculos anteriores)}$$

$$M_{ZCA} = (-7\,458) + (-4\,882) - [(+12\,900)(0,00) + (+7\,117)(-311) - (0)(+267) - (-445)(0,00)] / 1000 = -10\,127$$

$$M_{RCA} = [(-3\,206)^2 + (-3\,194)^2 + (-10\,127)^2]^{0,5} = 11\,092$$

Refiriendo a la ecuación (F.5):

$$M_{RCA} \leq 1,5 \times (M_{RST4} + M_{RDT4})$$

$$11\,092 \leq 1,5 \times (6\,750 + 4\,710)$$

$$11\,092 \leq 17\,190$$

Así, todos los requerimientos del numeral F.1.2 c) se han satisfecho.

F.4.2 Ejemplo 2A (Unidades del SI)

F.4.2.1 Problema

Para una bomba vertical en línea de DN 100 x DN 80 x 178 mm (OH3 hasta OH6), las cargas propuestas aplicadas a la boquilla están dadas según la Tabla F.3. Por inspección, F_{ZSA} , M_{ZSA} , y M_{XDA} son dos veces

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 158 DE 233
---	---------------------------	---

mayores que los valores mostrados en la Tabla 4 (unidades del SI). Como se establece en el numeral F.2, estos componentes de carga son aceptables a condición de que el esfuerzo principal calculado sea menor que 41 MPa. El problema es determinar el esfuerzo principal para la boquilla de succión y la boquilla de descarga.

Tabla F.3. Propuestas de cargas aplicadas a boquillas para el ejemplo 2A

Fuerza	Valor N	Momento	Valor N · m
		DN 100 succión	
F_{XSA}	- 2 224	M_{XSA}	+ 136
F_{YSA}	- 5 338	M_{YSA}	- 2 034
F_{ZSA}	+ 1 334	M_{ZSA}	+ 1 356
		DN 80 descarga	
F_{XDA}	+ 1 334	M_{XDA}	+ 2 712
F_{YDA}	- 2 224	M_{YDA}	+ 271
F_{ZDA}	+ 445	M_{ZDA}	+ 136

F.4.2.2 Solución

F.4.2.2.1 Los cálculos de la boquilla de succión son como sigue:

Para tubería cédula 40 con un tamaño nominal de DN 100, $D_o = 114$ mm y $D_i = 102$ mm. Por lo tanto,

$$D_o^2 - D_i^2 = (114)^2 - (102)^2 = 2\,592$$

$$D_o^4 - D_i^4 = (114)^4 - (102)^4 = 6,065 \times 10^7$$

$$[(F_{XSA})^2 + (F_{ZSA})^2]^{0.5} = [(-2\,224)^2 + (+1\,334)^2]^{0.5} = 2\,593$$

$$[(M_{XSA})^2 + (M_{ZSA})^2]^{0.5} = [(+136)^2 + (+1\,356)^2]^{0.5} = 1\,363$$

La ecuación (F.7) se utiliza para determinar el esfuerzo longitudinal para la boquilla de succión, σ_s .

La carga aplicada F_{YSA} que actúa en la boquilla de succión está en la dirección negativa de Y, y produce un esfuerzo de compresión; por lo tanto, el signo negativo en F_{YSA} es usado.

$$\begin{aligned}\sigma_s &= [1,27 \times F_{YSA} / (D_o^2 - D_i^2)] \pm [10\,200 \times D_o (M_{XSA}^2 + M_{ZSA}^2)^{0.5} / (D_o^4 - D_i^4)] \\ &= [1,27 \times (-5\,338) / 2\,592] \pm [10\,200 \times 114 \times 1\,363 / (6,065 \times 10^7)] = 23,52\end{aligned}$$

La ecuación (F.8) se usa para determinar el esfuerzo de corte para la boquilla de succión, τ_s

$$\begin{aligned}\tau_s &= [1,27(F_{XSA})^2 + (F_{ZSA})^2]^{0.5} / (D_o^2 - D_i^2) \pm [0,51 \times 10^4 D_o (|M_{YSA}|)] / (D_o^4 - D_i^4) \\ &= (1,27 \times 2\,593 / 2\,592) \pm [5\,100 \times 114 \times (|-2\,034|)] / (6,065 \times 10^7) = 20,77\end{aligned}$$

El esfuerzo principal para la boquilla de succión, $\sigma_{p,s}$, se calcula usando la ecuación (F.6):

$$\begin{aligned}\sigma_{p,s} &= (\sigma_s / 2) \pm (\sigma_s^2 / 4 + \tau_s^2)^{0,5} < 41 \\ &= (+23,52 / 2) \pm [(+23,52)^2 / 4 + (+20,77)^2]^{0,5} < 41 \\ &= \pm 35,63 < 41\end{aligned}$$

Así, las cargas de la boquilla de succión son satisfactorias.

F.4.2.2.2 Los cálculos de la boquilla de descarga son como sigue:

Para tubería cédula 40 con un tamaño nominal de 80 mm, $D_o = 89$ mm y $D_i = 78$ mm. Por lo tanto,

$$D_o^2 - D_i^2 = (89)^2 - (78)^2 = 1\,837$$

$$D_o^4 - D_i^4 = (89)^4 - (78)^4 = 2,573 \times 10^7$$

$$[(F_{XDA})^2 \pm (F_{ZDA})^2]^{0,5} = [(+1\,334)^2 \pm (+445)^2]^{0,5} = 1\,406$$

$$[(M_{XDA})^2 \pm (M_{ZDA})^2]^{0,5} = [(+2\,712)^2 \pm (+136)^2]^{0,5} = 2\,715$$

La ecuación (F.7) se utiliza para determinar el esfuerzo longitudinal para la boquilla de descarga, σ_D

La carga aplicada de F_{YDA} que actúa en la boquilla de descarga está en la dirección negativa de Y, y produce un esfuerzo de tensión; por lo tanto, el signo positivo en F_{YDA} es usado.

$$\begin{aligned}\sigma_D &= [1,27 F_{YDA} / (D_o^2 - D_i^2)] \pm [10\,200 D_o (M_{XDA}^2 \pm M_{ZDA}^2)^{0,5} / (D_o^4 - D_i^4)] \\ &= [1,27(+2\,224) / 1\,837] \pm [10\,200 (89) (2\,715)] / 2,573 \times 10^7 = 97,33\end{aligned}$$

La ecuación (F.8) se usa para determinar el esfuerzo de corte para la boquilla de descarga, τ_D

$$\begin{aligned}\tau_D &= [1,27(F_{XDA})^2 \pm (F_{ZDA})^2]^{0,5} / (D_o^2 - D_i^2) \pm [5\,100 D_o (|M_{YDA}|)] / (D_o^4 - D_i^4) \\ &= [1,27 \times 1\,406 / 1\,837] \pm [5\,100 \times 89 \times (271) / (2,573 \times 10^7)] = 5,75\end{aligned}$$

El esfuerzo principal para la boquilla de descarga, $\sigma_{p,D}$, se calcula usando la ecuación (F.6):

$$\begin{aligned}\sigma_{p,D} &= (\sigma_D / 2) \pm (\sigma_D^2 / 4 + \tau_D^2)^{0,5} < 41 \\ &= (+97,33/2) \pm [(+97,33)^2 / 4 + (5,75)^2]^{0,5} \\ &= \pm 97,67 > 41\end{aligned}$$

Así, las cargas de la boquilla de descarga son demasiado grandes. Por inspección, si M_{XDA} es reducido al 50 por ciento a 1356 N.m, el esfuerzo principal resultante excederá 41 MPa. Por lo tanto, el valor máximo para M_{XDA} es dos veces M_{XDT4} , o 1 900 N.m.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 160 DE 233
---	---------------------------	---

F.4.3 Ejemplo 1B (unidades del sistema ingles)

F.4.3.1 problema

Para una bomba de proceso de succión al extremo y en voladizo (OH2), los tamaños de las boquillas y las coordenadas de localización están dados en la Tabla F.4. Las cargas aplicadas a las boquillas están dadas en la Tabla F.5. El problema es determinar si las condiciones especificadas en los numerales F.1.2 a), F.1.2 b), y F.1.2 c) son cumplidas.

Tabla F.4. Tamaños de boquillas y localización de coordenadas para el ejemplo 1B

Dimensiones en pulgadas				
Boquilla	Tamaño	x	y	z
Succión	10	+10,50	0	0
Descarga	8	0	-12.25	+ 15

Tabla F.5. Cargas aplicadas a boquillas para el ejemplo 1B

Fuerza	Valor lbf	Momento	Valor Ft.lbf
F_{XSA} F_{YSA} F_{ZSA}	+ 2 900 0 - 1 990	Succión M_{XSA} M_{YSA} M_{ZSA}	- 1 000 - 3 700 ^a - 5 500
F_{XDA} F_{YDA} F_{ZDA}	+ 1 600 - 100 + 1 950	Descarga M_{XDA} M_{YDA} M_{ZDA}	+ 500 - 2 500 - 3 600
^a Ver numeral F.4.1.2.1			

F.4.3.2 Solución

F.4.3.2.1 Una verificación de la condición F.1.2 a) es como sigue:

Para la boquilla de succión en el extremo de 10 pulgadas,

$$|F_{XSA}/F_{XST4}| = | +2\,900/1\,500| = 1,93 < 2,00$$

$$|F_{YSA}/F_{YST4}| = |0/1\,200| = 0 < 2,00$$

$$|F_{ZSA}/F_{ZST4}| = | -1\,990/1\,000| = 1,99 < 2,00$$

$$|M_{XSA}/M_{XST4}| = | -1\,000/3\,700| = 0,27 < 2,00$$

$$|M_{YSA}/M_{YST4}| = | -3\,700/1\,800| = 2,06 > 2,00$$

$$|M_{ZSA}/M_{ZST4}| = |-5\,500/2\,800| = 1,96 < 2,00$$

Puesto que M_{YSA} excede el valor especificado en la Tabla 4 (unidades del sistema ingles) por más de un factor de 2, no es satisfactorio. Asuma que M_{YSA} puede ser reducido a - 3 599. Entonces,

$$|M_{YSA}/M_{YST4}| = |-3\,599/1\,800| = 1,999 < 2,00$$

Para la boquilla superior de descarga de 8 pulgadas,

$$|F_{XDA}/F_{XDT}| = |+1\,600/850| = 1,88 < 2,00$$

$$|F_{YDA}/F_{YDT}| = |-100/700| = 0,14 < 2,00$$

$$|F_{ZDA}/F_{ZDT4}| = |+1\,950/1\,100| = 1,77 < 2,00$$

$$|M_{XDA}/M_{XDT4}| = |+500/2\,600| = 0,19 < 2,00$$

$$|M_{YDA}/M_{YDT4}| = |-2\,500/1\,300| = 1,93 < 2,00$$

$$|M_{ZDA}/M_{ZDT4}| = |-3\,600/1\,900| = 1,89 < 2,00$$

A condición de que M_{YSA} se pueda reducir a - 3 599, las cargas aplicadas a la tubería que actúan en cada boquilla satisfacen la condición especificada en numeral F.1.2. a).

F.4.3.2.2 Una verificación de la condición del numeral F.1.2 b) es como sigue:

Para la boquilla de succión, F_{RSA} y M_{RSA} se determinan usando la raíz cuadrada de la suma de los métodos cuadrados:

$$F_{RSA} = [(F_{XSA})^2 + (F_{YSA})^2 + (F_{ZSA})^2]^{0,5} = [(+2\,900)^2 + (0)^2 + (-1\,990)^2]^{0,5} = 3\,517$$

$$M_{RSA} = [(M_{XSA})^2 + (M_{YSA})^2 + (M_{ZSA})^2]^{0,5} = [(-1\,000)^2 + (-3\,599)^2 + (-5\,500)^2]^{0,5} = 6\,649$$

Refiriendo a la ecuación (F.1),

$$F_{RSA}/(1,5 \times F_{RST4}) + M_{RSA}/(1,5 \times M_{RST4}) \leq 2$$

$$3\,517/(1,5 \times 2\,200) + 6\,649/(1,5 \times 5\,000) \leq 2$$

$$1,95 < 2$$

Para la boquilla de descarga, F_{RDA} y M_{RDA} son determinados por el mismo método usado para encontrar F_{RSA} y M_{RSA} :

$$F_{RDA} = [(F_{XDA})^2 + (F_{YDA})^2 + (F_{ZDA})^2]^{0,5} = [(+1\,600)^2 + (-100)^2 + (+1\,950)^2]^{0,5} = 2\,524$$

$$M_{RDA} = [(M_{XDA})^2 + (M_{YDA})^2 + (M_{ZDA})^2]^{0,5} = [(+500)^2 + (-2\,500)^2 + (-3\,600)^2]^{0,5} = 4\,411$$

Refiriendo a la ecuación (F.2):

$$F_{RDA}/(1,5 \times F_{RDT4}) \pm M_{RDA}/(1,5 \times M_{RDT4}) \leq 2$$

$$2\,524/(1,5 \times 1\,560) \pm 4\,411 / (1,5 \times 3\,500) \leq 2$$

$$1,93 \leq 2$$

Las cargas que actúan en cada boquilla satisfacen la interacción apropiada de la ecuación, luego entonces la condición especificada en el numeral F.1.2 b) está satisfecha.

F.4.3.2.3 Una verificación de la condición del numeral F.1.2 c) es como sigue:

Para verificar esta condición, los componentes de las fuerzas y momentos aplicados se trasladan y se resuelven al centro de la bomba. F_{RCA} se determina como sigue [ver numeral F.1.2 c)]:

$$F_{XCA} = F_{XSA} \pm F_{XDA}$$

$$F_{YCA} = F_{YSA} \pm F_{YDA}$$

$$F_{ZCA} = F_{ZSA} \pm F_{ZDA}$$

$$F_{RCA} = [(F_{XCA})^2 \pm (F_{YCA})^2 \pm (F_{ZCA})^2]^{0,5}$$

$$F_{XCA} = (+2\,900) \pm (+1\,600) = \pm 4\,500$$

$$F_{YCA} = (0) \pm (-100) = -100$$

$$F_{ZCA} = (-1\,990) \pm (+1\,950) = -40$$

$$F_{RCA} = [(+4\,500)^2 \pm (-100)^2 \pm (-40)^2]^{0,5} = 4\,501$$

Refiriendo a la ecuación (F.3):

$$F_{RCA} \leq 1,5 \times (F_{RST4} \pm F_{RDT4})$$

$$4\,501 \leq 1,5 \times (2\,200 \pm 1\,560)$$

$$4\,501 \leq 5\,640$$

M_{YCA} es determinado como sigue [ver numeral F.1.2 c)]:

$$M_{YCA} = M_{YSA} \pm M_{YDA} \pm [(F_{XSA})(zS) \pm (F_{XDA})(zD) - (F_{ZSA})(xS) - (F_{ZDA})(xD)]/12$$

$$= (-3\,599) \pm (-2\,500) \pm [(+2\,900)(0,00) \pm (+1\,600)(+15) - (-1\,990)(+10,5) - (+1\,950)(0,00)]/12$$

$$= -2\,358$$

Refiriendo a la ecuación (F.4):

$$|M_{YCA}| \leq 2,0 \times (M_{YST4} \pm M_{YDT4})$$

$$|-2358| \leq 2,0 \times (1800 \pm 1300)$$

$$2358 \leq 6200$$

M_{RCA} es determinado como sigue [ver numeral F.1.2 c)]:

$$M_{XCA} = M_{XSA} \pm M_{XDA} - [(F_{YSA})(zS) \pm (F_{YDA})(zD) - (F_{ZSA})(yS) - (F_{ZDA})(yD)]/12$$

$$M_{YCA} = M_{YSA} \pm M_{YDA} \pm [(F_{XSA})(zS) \pm (F_{XDA})(zD) - (F_{ZSA})(xS) - (F_{ZDA})(xD)]/12$$

$$M_{ZCA} = M_{ZSA} \pm M_{ZDA} - [(F_{XSA})(yS) \pm (F_{XDA})(yD) - (F_{YSA})(xS) - (F_{YDA})(xD)]/12$$

$$M_{RCA} = [(M_{XCA})^2 \pm (M_{YCA})^2 \pm (M_{ZCA})^2]^{0,5}$$

$$\begin{aligned} M_{XCA} &= (-1000) \pm (+500) - [(0)(0,00) \pm (-100)(\pm 15,00) - (-1990)(0,00) - (+1950)(-12,25)]/12 \\ &= -2366 \end{aligned}$$

$$M_{YCA} = -2358 \text{ (ver cálculos anteriores)}$$

$$\begin{aligned} M_{ZCA} &= (-5500) \pm (-3600) - [(+2900)(0,00) \pm (+1600)(-12,25) - (0)(+10,50) - (-100)(0,00)]/12 = \\ &= -7467 \end{aligned}$$

$$M_{RCA} = [(-2366)^2 \pm (-2358)^2 \pm (-7467)^2]^{0,5} = 8180$$

Refiriendo a la ecuación (F.5):

$$M_{RCA} \leq 1,5 \times (M_{RST4} \pm M_{RDT4})$$

$$8180 \leq 1,5 \times (5000 \pm 3500)$$

$$8180 \leq 12750$$

Así, todos los requerimientos del numeral F.1.2 c) se han satisfecho.

F.4.4 Ejemplo 2B (Unidades del sistema ingles)

F.4.4.1 Problema

Para una bomba vertical en línea de 3 NPS x 4 NPS x 7 pulg (OH3 hasta OH6), las cargas propuestas aplicadas a la boquilla están dadas según la Tabla F.6. Por inspección, F_{ZSA} , M_{ZSA} , y M_{XDA} son dos veces mayores que los valores mostrados en la Tabla 4 (unidades del sistema ingles). Como se establece en el numeral F.2, estos componentes de carga son aceptables a condición de que el esfuerzo principal calculado sea menor que 41 MPa. El problema es determinar el esfuerzo principal para la boquilla de succión y la boquilla de descarga.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 164 DE 233
---	---------------------------	---

Tabla F.6. Propuestas de cargas aplicadas a boquillas para el ejemplo 2B

Fuerza	Valor lbf	Momento	Valor Ft lbf
F_{XSA} F_{YSA} F_{ZSA}	- 500 - 1 200 + 300	succión 4 NPS M_{XSA} M_{YSA} M_{ZSA}	+ 100 - 1 500 + 1 000
F_{XDA} F_{YDA} F_{ZDA}	+ 300 - 500 + 100	Descarga 3 NPS M_{XDA} M_{YDA} M_{ZDA}	+ 2 000 + 200 + 100

F.4.4.2 Solución

F.4.4.2.1 Los cálculos de la boquilla de succión son como sigue:

Para tubería cédula 40 con un tamaño nominal de 4 pulgadas, $D_o = 4,500$ pug y $D_i = 4,026$ pulg. Por lo tanto,

$$D_o^2 - D_i^2 = (4,500)^2 - (4,026)^2 = 4,04$$

$$D_o^4 - D_i^4 = (4,500)^4 - (4,026)^4 = 147,34$$

$$[(F_{XSA})^2 + (F_{ZSA})^2]^{0,5} = [(-500)^2 + (300)^2]^{0,5} = 583$$

$$[(M_{XSA})^2 + (M_{ZSA})^2]^{0,5} = [(+100)^2 + (+1\,000)^2]^{0,5} = 1\,005$$

La ecuación (F.10) se utiliza para determinar el esfuerzo longitudinal para la boquilla de succión, $\sigma_{l,s}$.

La carga aplicada F_{YSA} que actúa en la boquilla de succión está en la dirección negativa de Y, y produce un esfuerzo de compresión; por lo tanto, el signo negativo en F_{YSA} es usado.

$$\begin{aligned}\sigma_{l,s} &= [1,27 \times F_{YSA} / (D_o^2 - D_i^2)] \pm [122 \times D_o (M_{XSA}^2 + M_{ZSA}^2)^{0,5} / (D_o^4 - D_i^4)] \\ &= [1,27 \times (-1\,200) / 4,04] \pm [122 \times 4,500 \times 1\,005 / 147,34] = 3\,367\end{aligned}$$

La ecuación (F.11) se usa para determinar el esfuerzo de corte para la boquilla de succión, τ_s

$$\begin{aligned}\tau_s &= [1,27 \times (F_{XSA}^2 + F_{ZSA}^2)^{0,5} / (D_o^2 - D_i^2)] \pm [61 \times D_o (|M_{YSA}|) / (D_o^4 - D_i^4)] \\ &= (1,27 \times 583 / 4,04) \pm [61 \times 4,500 \times (|-1\,500|) / 147,34] = 2\,978\end{aligned}$$

El esfuerzo principal para la boquilla de succión, $\sigma_{p,s}$, se calcula usando la ecuación (F.9):

$$\begin{aligned}\sigma_{p,s} &= (\sigma_s / 2) \pm (\sigma_s^2 / 4 + \tau_s^2)^{0,5} \leq 5\,950 \\ &= (+3\,367 / 2) \pm [(+3\,367)^2 / 4 + (+2\,978)^2]^{0,5}\end{aligned}$$

$$\pm 5\,105 \leq 5\,950$$

Así, las cargas de la boquilla de succión son satisfactorias.

F.4.4.2.2 Los cálculos de la boquilla de descarga son como sigue:

Para tubería cédula 40 con un tamaño nominal de 3 pulgadas, $D_o = 3,500$ y $D_i = 3,068$ pulgadas. Por lo tanto,

$$D_o^2 - D_i^2 = (3,500)^2 - (3,068)^2 = 2,84$$

$$D_o^4 - D_i^4 = (3,500)^4 - (3,068)^4 = 61,47$$

$$[(F_{XDA})^2 + (F_{ZDA})^2]^{0,5} = [(+300)^2 + (+100)^2]^{0,5} = 316$$

$$[(M_{XDA})^2 + (M_{ZDA})^2]^{0,5} = [(2\,000)^2 + (100)^2]^{0,5} = 2\,002$$

La ecuación (F.10) se utiliza para determinar el esfuerzo longitudinal para la boquilla de descarga, $\sigma_{l,D}$.

La carga aplicada de F_{YDA} que actúa en la boquilla de descarga está en la dirección negativa de Y, y produce un esfuerzo de tensión; por lo tanto, el signo positivo en F_{YDA} es usado.

$$\sigma_{l,D} = [1,27 F_{YDA}/(D_o^2 - D_i^2)] + [122 D_o (M_{XDA}^2 + M_{ZDA}^2)^{0,5}]/(D_o^4 - D_i^4)$$

$$= [1,27(+500)/2,84] + [122(3,5) (2\,002)]/61,47 = 14\,131$$

La ecuación (F.11) se usa para determinar el esfuerzo de corte para la boquilla de descarga, τ_D

$$\tau_D = [1,27(F_{XDA}^2 + F_{ZDA}^2)^{0,5}]/(D_o^2 - D_i^2) + [61 D_o (|M_{YDA}|)]/(D_o^4 - D_i^4)$$

$$= (1,27 \times 316/2,84) + [61 \times 3,500 \times (200)]/61,47 = 836$$

El esfuerzo principal para la boquilla de descarga, $\sigma_{p,D}$, se calcula usando la ecuación (F.9):

$$\sigma_{p,D} = (\sigma_D)^2 + (\sigma_D^{2/4} + \tau_D^2)^{0,5} \leq 5\,950$$

$$= [(+14\,131/2) + [(+14\,131)^{2/4} + (836)^2]^{0,5}] = +14\,181 > 5\,950$$

Así, las cargas de la boquilla de descarga son demasiado grandes. Por inspección, si M_{XDA} es reducido al 50 por ciento a 1000 pies · lbf, el esfuerzo principal resultante excederá 5 950 lb/pulg². Por lo tanto, el valor máximo para M_{XDA} es dos veces M_{XDT4} , o 1 400 pies·lbf.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 166 DE 233
---	---------------------------	---

12.7 Anexo G.- Guía de selección de la clase de materiales (Informativo)

La Tabla G.1 intenta proporcionar una guía general para la selección de la clase de materiales para bombas centrífugas de las plantas de procesos y servicios de transferencia y carga. No será utilizado sin una revisión a conciencia de los servicios específicos involucrado.

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.	<120	<250	Todo	I-1 o I-2	a
	120-175	250-350	Todo	S-5	a
	>175	>350	Todo	S-6, C-6	a
Agua de alimentación a calderas, Carcasa dividida axialmente. Carcasa doble (barril)	>95	>200	Todo	C-6	
	>95	>200	Todo	S-6	
Rehervidor.	>95	>200	Todo	C-6	
Agua sucia, agua de reflujo, agua de drenes e hidrocarburos conteniendo estos tipos de agua, incluyendo corrientes de flujo.	<175	<350	Todo	S-3 o S-6	b
	>175	>350	Todo	C-6	
Propano, butano, gas LP y amoniaco, etileno, servicios de baja temperatura (temperatura mínima del metal)	230	<450	Todo	S-1	
	> -46	> -50	Todo	S-1(LCB)	h
	> -73	> -100	Todo	S-1(LC2)	h
	> -100	> -150	Todo	S-1(LC3)	h, i
	> -196	> -320	Todo	A-7 o A-8	h, i
Diesel; gasolina; nafta; kerosina, gasoleo; aceite lubricante ligero, medio y pesado; combustóleo; residuo, petróleo crudo; asfalto; residuos de crudo sintético.	<230	<450	Todo	S-1	
	230-370	450-700	Todo	S-6	b, c
	>370	>700	Todo	C-6	b
Hidrocarburos no corrosivos, por ejemplo: reformado catalítico, isomaxato; aceite desulfurado.	230-370	450-700	Todo	S-4	c
Xileno, tolueno, acetona, benceno, furfural, metil etilcetona, cumeno.	<230	<450	Todo	S-1	
Carbonato de sodio	<175	<350	Todo	I-1	
Cáustica (Hidróxido de sodio), concentraciones < 20 por ciento	<100	<212	Todo	S-1	d
	>100	>200	Todo	-	e
Agua de mar	<95	<200	Todo	-	f
Agua amarga	<260	<470	Todo	D-1	
Salmueras	Todo	Todo	Todo	D-1 o D-2	f
Azufre (líquido).	Todo	Todo	Todo	S-1	
Lodos FCC.	<370	<700	Todo	C-6	

Tabla G-1. Guía de selección de la clase de materiales para bombas centrífugas.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 167 DE 233
---	---------------------------	---

SERVICIO	Rango de temperatura		Rango de presión	Clase de material	Nota de referencia
	°C	(°F)			
Carbonato de potasio	<175	<350	Todo	C-6	
	<370	<700	Todo	A-8	
MEA, DEA, TEA - Solución madre	<120	<250	Todo	S-1	
DEA, TEA - Soluciones pobres	<120	<250	Todo	S-1 o S-8	d, g
MEA - Solución pobre (CO ₂ únicamente)	80 a 150	175 a 300	Todo	S-9	d
MEA - Solución pobre (CO ₂ y H ₂ S)	80 a 150	175 a 300	Todo	S-8	d, g
MEA, DEA, TEA - Soluciones ricas	<80	175	Todo	S-1 o S-8	d
Ácido sulfúrico concentración >85 por ciento. concentración 85 por ciento a < 1por ciento	<38	<100	Todo	S-1	b
	<230	<450	Todo	A-8	b
Ácido fluorhídrico en concentraciones superiores > 96 por ciento	<38	<100	Todo	S-9	b

Notas generales:

Los materiales de las partes de la bomba para cada clase de material están dados en la Tabla H-1.

Obtener recomendaciones de materiales diferentes para servicios no identificados claramente en la lista de esta tabla.

Las carcasas de hierro fundido, cuando se recomienden para servicios químicos, únicamente deben localizarse 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.

Notas de referencia:

a.- Considerar el contenido de oxígeno y las variaciones de pH del agua al seleccionar el material.

b.- La corrosividad de aguas sucias, hidrocarburos por arriba de 230 °C (450°F), ácidos y lodos ácidos pueden variar ampliamente. Puede obtenerse recomendaciones de materiales para cada servicio. La clase de material indicada en esta tabla satisface muchos de estos servicios, pero debe verificarse. Los materiales de la clase S-8 pueden considerarse para temperaturas de operación por abajo de 95 °C (200 °F).

c.- Si la corrosividad del fluido es baja, los materiales de la clase S-4 se pueden usar para temperaturas de 231 a 370 °C (451 a 700°F). Obtener una recomendación de materiales por separado para cada caso.

d.- Todas las soldaduras deben relevarse de esfuerzos.

e.- Puede usar UNS N08007 o aleación Ni-Cu como material de la bomba.

f.- Para servicios de agua de mar o salmueras PEMEX y el proveedor deben establecer los materiales adecuados para el servicio.

g.- El proveedor debe considerar los efectos de expansión del material entre la carcasa y el rotor y confirmar que es adecuado si las temperaturas de operación son o exceden 95 °C (200 °F).

h.- Los materiales seleccionados para servicios de baja temperatura deben cubrir los requisitos de 8.1.12.4 y 8.1.12.1.6. Las aleaciones fundidas ASTM A 352 Grados LCB, LC2 y LC3 se indican sólo como referencia. Use materiales equivalentes para aleaciones forjadas.

i.- Pueden considerarse materiales aleados con base en aluminio, bronce, bronce al aluminio y níquel para temperaturas tan bajas como -196 °C (-320 °F).

Tabla G-1. Guía de selección de la clase de materiales. (Continuación).

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 168 DE 233
---	---------------------------	---

Anexo 12.8 Materiales y especificación de materiales para partes de bombas (Normativo)

La Tabla H.1 lista las clases de materiales para que el comprador seleccione (ver 8.1.12.1.1). Las Tablas H.2, H.3, H.4 y H.5 pueden ser usadas como guía con respecto a las especificaciones de los materiales. Si estas tablas se usan, no se debe asumir que las características técnicas de los materiales son aceptables sin tomar totalmente en cuenta el servicio al cual serán aplicados. La Tabla H.2 lista materiales correspondientes internacionales que pueden ser aceptables. Estos materiales representan la familia, tipo y grado únicamente. La condición final requerida o nivel de dureza (donde sea apropiado) no es especificado. Estos materiales no pueden ser intercambiables para todas las aplicaciones.

PARTE	Cumpli- miento total de materiales ^b	CLASE DE MATERIALES Y SUS ABREVIATURAS ^a				
		I - 1	I - 2	S - 1	S - 3	S - 4
		FF ^a	FF BR	AC FF	AC NI-RESIST	AC
CARCASA	SI	HIERRO FUNDIDO	HIERRO FUNDIDO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO
PARTES DE CARCASA INTERNA (TAZONES, DIFUSORES, DIAFRAGMAS)	NO	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	NI-RESIST	HIERRO FUNDIDO
IMPULSOR	SI	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	NI-RESIST	ACERO AL CARBONO
ANILLOS DE DESGASTE DE CARCASA ^k	NO	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	NI-RESIST	HIERRO FUNDIDO
ANILLOS DE DESGASTE DEL IMPULSOR ^k	NO	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	NI-RESIST	HIERRO FUNDIDO
FLECHA ^d	SI	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO
BUJES GARGANTA ^k	NO	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	NI-RESIST	HIERRO FUNDIDO
MANGAS DE INTERETAPAS ^k	NO	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	NI-RESIST	HIERRO FUNDIDO
BUJES DE INTERETAPAS ^k	NO	HIERRO FUNDIDO	BRONCE	HIERRO FUNDIDO	NI-RESIST	HIERRO FUNDIDO
TORNILLOS DE CARCASA Y PRENSAESTOPA	SI	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AISI 4140	ACERO AISI 4140	ACERO AISI 4140
JUNTA DE LA CARCASA	NO	AI AUS, arrollamiento en espiral ^g	AI AUS, arrollamiento en espira ^g	AI AUS, arrollamiento en espiral ^g	AI AUS, arrollamiento en espiral ^g	AI AUS, arrollamiento en espiral ^g
CABEZAL DE DESCARGA / LATA DE SUCCIÓN.	SI	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO
BUJES DE FLECHA: COLUMNA / TAZÓN.	NO	NITRILO BUTADIENO ^h	BRONCE	CARBONO RELLENO	NITRILO BUTADIENO ^h	CARBONO RELLENO
ASEGURADORES EN CONTACTO CON EL FLÚIDO (PERNOS)	SI	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO

Tabla H-1. Clases de materiales para partes de bombas centrífugas.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 169 DE 233
---	---------------------------	---

PARTE	Cumpli- miento total de materiales ^b	CLASE DE MATERIALES Y SUS ABREVIATURAS ^a				
		S - 5	S - 6	S - 8 ^l	S - 9 ^l	C - 6
		AC 12% CR	AC 12% CR	AC AI AUS 316	AC Aleación Ni-Cu	12% CR 12% CR
CARCASA	SI	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	12% CROMO
PARTES DE CARCASA INTERNA (TAZONES, DIFUSORES, DIAFRAGMAS)	NO	ACERO AL CARBONO	12% CROMO	AI AUS 316	Aleación Ni-Cu	12% CROMO
IMPULSOR	SI	ACERO AL CARBONO	12% CROMO	AI AUS 316	Aleación Ni-Cu	12% CROMO
ANILLOS DE DESGASTE DE CARCASA ^k	NO	12% CROMO ENDURECIDO	12% CROMO ENDURECIDO	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	Aleación Ni-Cu	12% CROMO ENDURECIDO
ANILLOS DE DESGASTE DEL IMPULSOR ^k	NO	12% CROMO ENDURECIDO	12% CROMO ENDURECIDO	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	Aleación Ni-Cu	12% CROMO ENDURECIDO
FLECHA ^d	SI	ACERO AISI 4140	ACERO AISI 4140 ^f	AI AUS 316	Aleación Ni-Cu	12% CROMO
BUJES GARGANTA ^k	NO	12% CROMO ENDURECIDO	12% CROMO ENDURECIDO	AI AUS 316	Aleación Ni-Cu	12% CROMO ENDURECIDO
MANGAS DE INTERETAPAS ^k	NO	12% CROMO ENDURECIDO	12% CROMO ENDURECIDO	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	Aleación Ni-Cu	12% CROMO ENDURECIDO
BUJES DE INTERETAPAS ^k	NO	12% CROMO ENDURECIDO	12% CROMO ENDURECIDO	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	Aleación Ni-Cu	12% CROMO ENDURECIDO
TORNILLOS DE CARCASA Y PRENSAESTOPA	SI	HACERO AISI 4140	ACERO AISI 4140	ACERO AISI 4140	Aleación Ni-Cu ENDURECIDO ⁱ	ACERO AISI 4140
JUNTA DE LA CARCASA	NO	AI AUS arrollamiento en espiral ^g	AI AUS arrollamiento en espiral ^g	AI AUS 316 arrollamiento en espiral ^g	Aleación Ni-Cu, arrollamiento en espiral, PTFE relleno ^g	AI AUS arrollamiento en espiral ^g
CABEZAL DE DESCARGA / LATA DE SUCCIÓN.	SI	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	ACERO AL CARBONO	AI AUS
BUJES DE FLECHA: COLUMNA / TAZÓN.	NO	CARBONO RELLENO	CARBONO RELLENO	CARBONO RELLENO	CARBONO RELLENO	CARBONO RELLENO
ASEGURADORES EN CONTACTO CON EL FLUÍDO (PERNOS)	SI	AI AUS 316	AI AUS 316	AI AUS 316	Aleación Ni-Cu	AI AUS 316

Tabla H-1. Clases de materiales para partes de bombas centrífugas. (Continuación)

PARTE	Cumpli- miento total de materiales ^b	CLASE DE MATERIALES Y SUS ABREVIATURAS ^a			
		A - 7	A - 8	D - 1 ^j	D - 2 ^j
		AI AUS AI AUS ^{c, d}	AI AUS 316 AI AUS 316 ^d	Duplex Duplex	Super Duplex Super Duplex
CARCASA	SI	AI AUS	AI AUS 316	DUPLEX	SUPER DUPLEX
PARTES DE CARCASA INTERNA (TAZONES, DIFUSORES, DIAFRAGMAS)	NO	AI AUS	AI AUS 316	DUPLEX	SUPER DUPLEX
IMPULSOR	SI	AI AUS	AI AUS 316	DUPLEX	SUPER DUPLEX
ANILLOS DE DESGASTE DE CARCASA ^k	NO	AI AUS ^e CARA ENDURECIDA	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA	SUPER DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA
ANILLOS DE DESGASTE DEL IMPULSOR ^k	NO	AI AUS ^e CARA ENDURECIDA	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA	SUPER DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA
FLECHA ^d	SI	AI AUS	AI AUS 316	DUPLEX	SUPER DUPLEX
BUJES GARGANTA ^k	NO	AI AUS	AI AUS 316	DUPLEX	SUPER DUPLEX
MANGAS DE INTERETAPAS ^k	NO	AI AUS ^e CARA ENDURECIDA	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA	SUPER DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA
BUJES DE INTERETAPAS ^k	NO	AI AUS ^e CARA ENDURECIDA	AI AUS 316 ^e CARA ENDURECIDA	DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA	SUPER DUPLEX ^e CARA ENDURECIDA
TORNILLOS DE CARCASA Y PRENSAESTOPA	SI	ACERO AISI 4140	ACERO AISI 4140	DUPLEX ⁱ	SUPER DUPLEX ⁱ
JUNTA DE LA CARCASA	NO	AI AUS arrollamiento en espiral ^g	AI AUS 316 arrollamiento en espiral ^g	AI DUPLEX arrollamiento en espiral ^g	AI DUPLEX arrollamiento en espiral ^g
CABEZAL DE DESCARGA / LATA DE SUCCIÓN.	SI	AI AUS	AI AUS 316	DUPLEX	SUPER DUPLEX
BUJES DE FLECHA: COLUMNA / TAZÓN.	NO	CARBONO RELLENO	CARBONO RELLENO	CARBONO RELLENO	CARBONO RELLENO
ASEGURADORES EN CONTACTO CON EL FLUÍDO (PERNOS)	SI	AI AUS 316	AI AUS 316	DUPLEX	SUPER DUPLEX

Tabla H-1. Clases de materiales para partes de bombas centrífugas. (Continuación)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 171 DE 233
---	---------------------------	---

Notas de la Tabla H -1:

- a) *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 como sigue: BR = Bronce; AC = Acero al Carbono; 12 por ciento CR = 12 por ciento cromo; AI AUS = Acero Inoxidable austenítico; FF = Hierro Fundido; AI AUS 316 = Acero inoxidable austenítico tipo 316.*
- b) *Ver 8.1.12.1.4*
- c) *Los aceros inoxidables austeníticos incluyen los ISO tipos 683-13-10/19 (estándar AISI tipos 302, 303, 304, 316, 321 y 347). PEMEX indicará si requiere algún tipo específico.*
- d) *Para bombas verticalmente suspendidas donde la flecha esté expuesta al líquido y girando en un buje, el material de la flecha será de 12 por ciento cromo, excepto en las clases S-9, A-7, A-8 y D-1. El material de la flecha en bombas con impulsor en voladizo (tipo VS5) será AISI 4140 si el servicio lo permite (ver Anexo G, Tabla G-1).*
- e) *A menos que otra cosa se especifique, el proveedor debe determinar la necesidad de tener materiales con cara endurecida e indicarlos en su propuesta. Alternativas a las caras endurecidas pueden incluir apertura de claros (8.1.7.4) o el uso de materiales que no tienden a pegarse o materiales no metálicos, dependiendo de la corrosividad del líquido bombeado.*
- f) *Para la clase S-6, el material de la flecha para servicios de alimentación a calderas y para líquidos con temperatura mayor a 175 °C (350°F) será de 12 por ciento cromo (ver Anexo G Tabla G-1).*
- g) *Si la bomba suministrada es de carcasa dividida axialmente, se acepta la utilización de juntas adecuadas para el servicio.*
- h) *Los materiales alternativos pueden sustituirse para líquidos con temperaturas mayores a 45 °C (110°F) o para servicios especiales.*
- i) *A menos que otra cosa se especifique, el acero AISI 4140 puede usarse para birlos de carcasas y prensaestopas que no estén en contacto con el fluido.*
- j) *Algunas aplicaciones pueden requerir aleaciones de grado superior que los materiales Duplex indicados en la Tabla H-2.*

Materiales grado “Super Duplex” con Resistencia Equivalente a Picarse (PRE) mayores que 40 pueden ser necesarios.

PRE ≥ 40, cuando PRE este basado en el análisis químico actual.

PRE = % Cr_{libre} + (3.3 x porcentaje de molibdeno) + (2 x porcentaje de cobre) + (2 x porcentaje de tungsteno) + (16 x porcentaje de nitrógeno)

PRE = [(porcentaje de cromo) – (14,5 x porcentaje de carbono)] + (3,3 x porcentaje de molibdeno) + (2 x porcentaje de cobre) + (2 x porcentaje de tungsteno) + (16 x porcentaje de nitrógeno)

Note que materiales alternativos tales como “Súper austeníticos” pueden ser considerados.

- k) *Parte de desgaste del material no metálico pueden proponerse, probando que es compatible con el fluido de proceso dentro de los límites indicados en la Tabla H.4. Ver también 8.1.7.4.inciso c.*
- l) *El proveedor debe considerar los efectos de expansión entre la carcasa y el rotor, y confirmar la conveniencia de operar a temperaturas que excedan a 95 °C (200 °F).*

Clase de material	Aplicaciones	Inter nacional ISO	Estados Unidos de América (USA)		Europa			Japón JIS
			ASTM	UNS ^a	EN ^b	Grado	No. de material	
Hierro fundido	Fundiciones sujetas a presión	185 / Gr. 250	A 278 Class 30	F12401	EN1561	EN-GJL-250	JL 1040	G 5501, FC 300
	Funciones para uso general	185 / Gr. 300	A 48 Class 25/30/40	F11701/ F.12101	EN 1561	EN-GJL-250 EN-GJL-300	JL 1040 JL 1050	G 5501, FC 250/300
Acero al carbono	Fundiciones sujetas a presión	4991 C23-45 AH	A 216 Gr WCB	J03002	EN 10213-2	GP 240 GH	1.0619	G 5151, CI SCPH 2
	Labrado / Forja	683-18-C25	A 266 Class 2	K03506	EN 10222-2	P 280 GH	1.0426	G 3202, CI SFVC 2A
	Barra a presión	683-18-C25	A 696 Gr B40	G10200	EN 10273	P 295 GH	1.0481	G 4051, CI S25C
	Barra en general	683-18-C45e	A 576 Gr 1045	G10450	EN 10083-2	C 45	1.0503	G 4051, CI S45C
	Pernos y tornillos (en general)	2604-2-F31	A 193 Gr B7	G41400	EN 10269	42 Cr Mo4	1.7225	G 4107, Class 2, SNB7
	Tuercas (en general)	683-1-C35e	A 194 Gr 2H	K04002	EN 10269	C 35 E	1.1181	G 4051, CI S45C
	Placa	9328-4 P 355 TN/PL 355 TN	A 516 Gr 65/70	K02403/ K02700	EN 10028-3	P 355 N P 355 NL1	1.0562 1.0566	G 3106, Gr SM400B
	Tubería	9329-2 PH26	A 106 GrB	K03006	EN 10208-1	L245 GA	1.0459	G 3456, Gr. STPT 370/410
	Accesorios de tubería		A 105	K03504				G 4051, CI S25C G 3202, CI SFVC 2A, SFVC2B
Acero AISI 4140	Barra		A 434 Class BB A 434 Class BC	G41400 ^c	EN 10083-1	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4105, CI SCM 440
	Pernos y tornillos		A 193 Gr B7	G41400	EN 10269	42 Cr Mo 4	1.7225	G 4107, Class 2 SNB7
	Tuercas	2604-2-F31	A 194 Gr 2H	K04002	EN 10269	C 45 E	1.1191	G 4051, CI S45C

Tabla H-2. Especificación de materiales para partes de bombas

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 173 DE 233
---	---------------------------	---

Clase de material	Aplicaciones	Inter nacional ISO	Estados Unidos de América (USA)		Europa			Japón JIS
			ASTM	UNS ^a	EN ^b	Grado	No. de material	
Acero al 12 por ciento de cromo	Fundiciones sujetas a presión		A 217 Gr CA 15	J91150	EN 10213-2	GX 8 Cr Ni 12	1.4107	G 5121, C1 SCS 1
			A 487 Gr CA6NM	J91540	EN 10213-2	GX 4 Cr Ni 13-4	1.4317	G 5121, C1 SCS 6
	Fundiciones para uso general		A 743 Gr CA 15	J91150	EN 10283	GX 12 Cr 12	1.4011	
			A 743 Gr CA6NM	J91540	EN 10283	GX 4 Cr Ni 13-4	1.4317	
	Labrado / Forja: presión	683-13-3	A 182 Gr F6a CI 1 A182 Gr F 6 NM	S41000 S41500	EN 10250-4 EN 10222-5	X12 Cr13 X3 Cr NiMo 13-4-1	1.4006 1.4313	G 3214, Gr. SUS 410-A G 3214, CI SUS F6 NM
	Labrado / Forja: general	683-13-2	A 473 Type 410	S41000	EN 10088-3	X12 Cr 13	1.4006	G 3214, Gr. SUS 410-A
	Barra: presión	683-13-3	A 479 Type 410	S41000	EN 10272	X12 Cr 13	1.4006	G 4303, Gr. SUS 410 or 403
	Barra: general	683-13-3	A 276 Type 410	S41400	EN 10088-3	X12 Cr 13	1.4006	G 4303, Gr. SUS 403 or 410
	Barra: forjas ^c	683-13-4	A 276 Type 420 A473 Type 416 A 582 Type 416	S42000 S41600 S41600	EN 10088-3	X20 Cr 13 X20 Cr S 13 X20 Cr S 13	1.4021 1.4005 1.4005	G 4303, Gr. SUS 420J1 or 420J2
	Pernos y tornillos ^d	3506-1, C4-70	A 193 Gr B6	S41000	EN 10269	X22CrMoV 12-1	1.4923	G 4303, Gr. SUS 403 or 410
	Tuercas ^d	3506-2 C4-70	A 194 Gr 6	S41000	EN 10269	X22CrMoV 12-1	1.4923	G 4303, Gr. SUS 403 or 410
	Placa	683-13-3	A 240 Types 410	S41000	EN 10088-2	X12 Cr 13	1.4006	G 4304/4305, Gr. SUS 403 or 410

Tabla H-2. Especificación de materiales para partes de bombas. (Continuación)

Clase de material	Aplicaciones	Inter nacional ISO	Estados Unidos de América (USA)		Europa			Japón JIS
			ASTM	UNS ^a	EN ^b	Grado	No. de material	
Acero inoxidable austenítico	Fundiciones sujetas a presión	683-13-10	A 351 Gr CF3	J92500	EN 10213-4	GX2 Cr Ni 19-11	1.4309	G 5121, CI SCS 13A
		683-13-19	A 351 Gr CF3M	J92800	EN 10213-4	GX2 Cr Ni Mo 19-11-2	1.4409	G 5121, CI SCS 14A
	Fundiciones para uso general		A 743 Gr CF3	J92500	EN 10283	GX2 Cr Ni 19-11	1.4309	G5121. CI SCS 13A
			A 743 Gr CF3M	J92800	EN 10283	GX2 Cr Ni Mo 19-11-2	1.4409	G 5121, CI SCS 14A
	Labrado / Forja	9327-5 XCrNi 18-10	A 182 GrF 304L	S30403	EN 10222-5	X2 Cr Ni 19-11	1.4306	G3214, Gr. SUS F 304 L
		9327-5 XcrNi Mo17-12	A 182 GrF 316L	S31603	EN 10222-5 EN 10250-4	X2 Cr Ni Mo 17-12-2	1.4404	G 3214, C1SUS F 316 L
	Barra ^e	9327-5 X2CrNi 18-10	A 479 Type 304L	S30403	EN 10088-3	X2 Cr Ni 19-11	1.4306	G 4303, Gr. SUS 304 L
		9327-5 X2CrNi-Mo17-12	A 479 Type 316L	S31603	EN 10088-3	X2 Cr Ni Mo 17-12-2	1.4404	G 4303, Gr. SUS 316 L
			A 479 Type XM19	S20910				
	Placa	9328-5 X2CrNi-Mo17-12-2	A 240 Gr, 304L/316L	S30403 S31603	EN 10028-7 EN 10028-7	X2 Cr Ni 19-11 X2 Cr Ni Mo 17-12-2	1.4306 1.4404	G 4304/4305, Gr. SUS 304 L / 316 L
	Tubería	683-13-10 683-13-19	A 312 Type 304L 316L	S30403 S31603				G 3459, Gr. SUS 304 LTP/316 LTP
	Accesorios para tuberías	9327-5 X2CrNi18-10 9327-5 X2CrNi-Mo17-12	A 182 Gr F304L Gr 316L	S30403 S31603	EN 10222-5	X2 Cr Ni 19-11 X2 Cr Ni Mo 17-12-2	1.4306 1.4404	G 3214, Gr. SUS F 304 L/F 316 L
	Pernos y tornillos	3506-1 A4-70	A 193 Gr B 8 M	S31600	EN 10250-4	X6 Cr Ni Mo Ti 17-12-2	1.4571	G 4303, Gr. SUS 316
	Tuercas	3506-2 A4-70	A 194 Gr B 8 M	S31600	EN 10250-4	X6 Cr Ni Mo Ti 17-12-2	1.4571	G 4303, Gr. SUS 316

Tabla H-2. Especificación de materiales para partes de bombas. (Continuación)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 175 DE 233
---	---------------------------	---

Clase de material	Aplicaciones	Inter nacional ISO	Estados Unidos de América (USA)		Europa			Japón JIS
			ASTM	UNS ^a	EN ^b	Grado	No. de material	
Acero inoxidable Duplex	Fundiciones sujetas a presión		A 351 Gr CD4 MCu A 890 Gr 1 B	J93370 J93372	EN 10213-4	GX2 CrNiMo CuN- 25-6-3-3	1.4517	
			A 890 Gr 3 ^c	J93371				G 5121, Gr. SCS 11
			A 890 Gr 4 ^c	J92205	EN 10213-4	GX2 CrNiMo CuN- 25-6-3-3	1.4517	G 5121, Gr. SCS 10
	Labrado / Forja	9327-5 X2CrNi- MoN22-5- 3	A182 Gr F 51	S31803	EN 10250-4 EN 10222-5	X2CrNi MoN- 22-5-3	1.4462	
			A 479	S32550	EN 10088-3	X2CrNi MoCuN- 25-6-3	1.4507	
	Barra	9327-5 X2CrNi- MoN22-5- 3	A 276- S31803	S31803	EN 10088-3	X2CrNi MoN- 22-5-3	1.4462	G 4303, Gr. SUS 329 J3L
	Placa		A 240- S31803	S31803	EN 10028-7	X2CrNi MoN- 22-5-3	1.4462	G 4304/G 4305, Gr. SUS 329 J3L
	Tubería		A 790- S31803	S31803				G 3459, Gr. SUS 329 J3LTP
	Accesorios para tuberías	9327-5 X2CrNi- MoN22-5- 3	A 182 Gr F51	S31803	EN 10250-4 EN 10222-5	X2CrNi MoN- 22-5-3	1.4462	B 2312/B 2316, Gr. SUS 329 J3L
	Pernos y tornillos		A 276- S31803	S31803	EN 10088-3	X2CrNi MoN- 22-5-3	1.4462	G 4303, Gr. SUS 329 J3L
	Tuercas		A 276- S31803	S31803	EN 10088-3	X2CrNi MoN- 22-5-3	1.4462	G 4303, Gr. SUS 329 J3L

Tabla H-2. Especificación de materiales para partes de bombas. (Continuación)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 176 DE 233
---	---------------------------	---

Clase de material	Aplicaciones	Inter nacional ISO	Estados Unidos de América (USA)		Europa			Japón JIS
			ASTM	UNS ^a	EN ^b	Grado	No. de material	
Acero Inoxidable Super Duplex ^f	Fundiciones sujetas a presión		A 351 Gr CD3MW CuN	J93380				
			A 890 Gr 5A	J93404	EN 10213-4	GX2CrNi MoN-26-7-4	1.4469	
			A 890 Gr 6A	J93380				
	Labrado / Forja		A 182 Gr 55	S32760	EN 10250-4 EN 10088-3	X2CrNiMo Cu-WN 25-7-4	1.4501	G 4303, Gr. SUS 329 J4L
	Barra		A 276-S32760 A 479-S32760	S32760	EN 10088-3	X2CrNiMo Cu-WN 25-7-4	1.4501	G 4304/G 4305, Gr. SUS 329 J4L
	Placa		A 240-S32760	S32760	EN 10028-7	X2CrNiMo Cu-WN 25-7-4	1.4501	
	Tubería		A 790-S32760	S32760				G 3459, Gr. SUS 329 J4LTP
	Accesorios para tubería		A 182 Gr. F55	S32760	EN 10250-4 EN 10088-3	X2CrNiMo Cu-WN 25-7-4	1.4501	B 2312/B 2316, Gr. SUS 329 J4L
	Pernos y tornillos		A 276-S32760	S32760	EN 10088-3	X2CrNiMo Cu-WN 25-7-4	1.4501	G 4303, Gr. SUS 329 J4L
	Tuercas		A 276-S32760	S32760	EN 10088-3	X2CrNiMo Cu-WN 25-7-4	1.4501	G 4303, Gr. SUS 329 J4L

a UNS (Sistema de Numeración Unificado) designación solo para composición química.

b Donde el número europeo (EN por sus siglas en ingles) no exista, los estándares nacionales europeos son valederos, por ejemplo, AFNOR, BS, DIN, entre otros.

c No usar para flechas en la condición de dureza superior a 302 Rc.

d Solo para casos especiales, use normalmente AISI 4140.

e Para flechas, los grados estándar del 304 y 316 pueden sustituirse en lugar del acero al carbono (L) de bajo grado.

f Acero inoxidable clasificado como Súper Duplex con Resistencia Equivalente a Picarse (PRE) mayor o igual a 40

PRE = por ciento de Cr_{libre} + (3,3 x por ciento de molibdeno) + (2 x por ciento de cobre) + (2 x por ciento de tungsteno) + (16 x por ciento de nitrógeno)

= [(por ciento de cromo) – (14,5 x por ciento de carbono)] + (3,3 x por ciento de molibdeno) + (2 x por ciento de cobre) + (2 x por ciento de tungsteno) + (16 x por ciento de nitrógeno)

Tabla H-2. Especificación de materiales para partes de bombas. (Continuación)

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 177 DE 233
---	---------------------------	---

MATERIAL	DESCRIPCIÓN
Babbitt.	ASTM B 23, grados 1-9, como requiera el proveedor de acuerdo a las condiciones de servicio.
Bronce.	UNS C87200 (bronce-silicio), C90700 ó C92200 (estaño-bronce), C95200 (bronce-aluminio) ó C95800 (níquel- aluminio- bronce), o sus equivalentes.
Cara endurecida.	3 tipos de carburo de tungsteno, entre otros; capa-soldada depósito de 8 mm (0,030 plg) espesor mínimo de acabado o, si dispone, una parte fundida sólida de materiales iguales puede ser sustituida. Carburo de tungsteno tipo 1 es requerido para condiciones de servicio, con cobalto aglutinante (parte sólida, no incrustada) Carburo de tungsteno tipo 2 es requerido para condiciones de servicio, con níquel aglutinante (parte sólida, no incrustada) Carburo de tungsteno tipo 3 con capa de aspersión es requerido para condiciones de servicio
Aleación Ni-Mo-Cr con bajo carbono.	ASTM B 564 (forja) o equivalente. ASTM B 574 (barra) o equivalente. ASTM B 575 (placa) o equivalente. ASTM A 494 grado CW-2M (fundición soldable)
Aleación níquel-cobre.	ASTM B 564 (forja) o equivalente. ASTM B 164 clase A (barra) o equivalente. ASTM B 127 (placa) o equivalente. ASTM A 494 grado M30C (fundición soldable) o equivalente.
Ni-resist.	ASTM A 436 tipo 1, 2, ó 3 (hierro fundido austenítico) o equivalente. ASTM A 439 tipo D2 (hierro dúctil austenítico) o equivalente.
Aleación de níquel endurecida por precipitación.	ASTM B 637 (forja) o equivalente. ASTM B 670 (placa) o equivalente.
Acero inoxidable endurecido por precipitación.	ASTM A 564, Grado 630, UNS S 17400 ó grado 631, UNS 17700 (forjado) ASTM A 747, Grado CB7Cu-1, UNS J92180 (fundición)
Hoja de empaque.	Material de fibras largas con hule sintético como aglutinante para condiciones de servicio, o espirales de acero inoxidable y empaquetadura del mismo material.

Material	Límite de temperatura		Límite de presión diferencial	Aplicación
	Mínimo	Máximo		

Tabla H-3. Especificaciones de materiales misceláneos.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 178 DE 233
---	---------------------------	---

Materiales	Límites de temperatura		Presión diferencial fija	Aplicación
	min.	máx.		
Poliéter éter cetona (PEEK) Fibra de carbono cortada empastada	- 30 °C (- 20 °F)		135 °C (275 °F)	2000 kPa (20 bar) (300 psi) Partes estacionarias
Poliéter éter cetona (PEEK) Fibra de carbón enrollado continuo	- 30 °C (- 20 °F)		230 °C (450 °F)	3500 kPa (35 bar) (500 psi) o 14000 kPa (140 bar) (2000 psi) si esta apoyada adecuadamente Estacionarias o rotatorias
Poliamida	Se requiere información relativa a la experiencia			
Carbón grafitado(Grafito) Resina impregnada Babbit impregnado Níquel impregnado Cobre impregnado	- 50 °C (- 55 °F) - 100 °C (- 150 °F) - 195 °C (- 320 °F) -266 °C (-450 °F)		285 °C (550 °F) 150 °C (300 °F) 400 °C (750 °F)	2000 kPa (20 bar) (300 psi) 2 750 kPa (27,5 bar) (400 psi) 3 500 kPa (35 bar) (500 psi) Partes estacionarias

Materiales de desgaste en partes no-metálicas, los cuales han sido probadas para ser compatibles con el fluido de proceso especificado, puede ser propuesto dentro de los límites mencionados arriba. Ver 8.1.7.4.c.

Tales materiales pueden ser seleccionados como componentes de desgaste para ser compatibles contra un componente metálico seleccionado adecuadamente tal como Acero endurecido al 12 por ciento Cr, o acero inoxidable austenítico de cara endurecida. Los materiales pueden ser usados mas allá de estos límites si se comprueba y proporciona evidencia de la experiencia en su aplicación, y si son aprobadas por PEMEX.

Tabla H.4 – Materiales de partes de desgaste no-metálicos

Componentes	Fluido					
	Fluido auxiliar de proceso		Vapor		Agua de enfriamiento	
	Categoría		Presión manométrica		Tamaño nominal	
	No inflamable / No peligroso	Inflamable / peligroso	≤ 500 kPa (5 bar) (75 lb/pulg²)	> 500 kPa (5 bar) (75 lb/pulg²)	Estándar ≤ DN 25 (1 NPS)	Opcional ≥ DN 40 (1 ½ NPS)
Tubo	Sin costura ^a	Sin costura ^a	Sin costura ^a	Sin costura ^a	—	Acero al carbón (ASTM A269 sin costura tipo 316)
Tubing ^b	Acero inoxidable (ASTM A269 Tipo 316 sin costura)	Acero inoxidable (ASTM A269 Tipo 316 sin costura)	Acero inoxidable (ASTM A269 Tipo 316 sin costura)	Acero inoxidable (ASTM A269 Tipo 316 sin costura)	Acero inoxidable (ASTM A269 Tipo 316 sin costura)	—
Todas las válvulas	Clase 800	Clase 800	Clase 800	Clase 800	Bronce Clase 200	Bronce Clase 200
Válvula de compuerta y globo	Con brida	Con brida	Con brida	Con brida	—	—

Tabla H.5 – Materiales para tuberías

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 179 DE 233
---	---------------------------	---

Accesorios de tuberías y uniones	Clase 3000 Forjado	Clase 3000 Forjado	Clase 3000 Forjado	Clase 3000 Forjado	Hierro maleable (ASTM A338 y A197 clase 150) galvanizado para ASTM A153	Hierro maleable (ASTM A338 y A197 clase 150) galvanizado para ASTM A153
Accesorios de tuberías	Estándar del fabricante	Estándar del fabricante	Estándar del fabricante	Estándar del fabricante	Estándar del fabricante	—
Juntas fabricadas ≤ DN 25 (1 NPS)	Roscado	Caja soldable	Roscado	Caja soldable	Roscado	—
Juntas fabricadas ≥ DN 40 (1-½ NPS)	—	—	—	—	—	Especificar por PEMEX
Empaquetaduras	—	Acero inoxidable Tipo 304 o 316 espiral enrollado	—	Acero inoxidable Tipo 304 o 316 espiral enrollado	—	—
Pernos de bridas	—	Acero de baja aleación (ASTM A193 grado B7 ASTM A194 grado 2H)	—	Acero de baja aleación (ASTM A193 grado B7 ASTM A194 grado 2H)	—	—

Las designaciones en ASTM mencionadas son ejemplos de materiales aceptables para cada tipo. Materiales alternativos pueden ser utilizados si son aprobados por PEMEX (la Tabla H-2 puede ser utilizada como guía).

Ejemplos de materiales aceptables son:

Tubo de acero al carbón: ASTM A53, Grado B; ASTM A106, Grado B; ASTM A524; o API Spec 5L, Grado A o B.

Accesorios, válvulas y componentes bridados de acero al carbón: ASTM A 105 y ASTM A181.

Tubo de acero inoxidable: ASTM A312, Tipo 316L.

Accesorios, válvulas y componentes bridados de acero inoxidable: ASTM A182, Tipo 316L.

^a Se debe usar Cédula 80 para tamaños de tubos de DN 15 a DN 40 (NPS ½ a NPS 1 ½); Cédula 40 para tamaños DN 50 (2NPS) y mayores.

^b Los tamaños aceptables para tubing son (ISO 4200); 12,7 mm. de diámetro x 1,66 mm., de espesor (1/2 plg. diámetro x 0,065 plg. de espesor), 19mm. de diámetro x 2,6 mm. de espesor (3/4 plg. de diámetro v 0,095 plg. de espesor), 25 mm. de diámetro x 2,9 mm. de espesor (1 plg. de diámetro x 0,109 plg. de espesor)

Tabla H.5 – Materiales para tuberías (Continuación)

12.9 Anexo I.- Análisis lateral (Normativo)

I.1 Análisis lateral

I.1.1 Generalidades

Si un análisis lateral es requerido (ver numeral 8.4.2.4.1), el método y la evaluación de resultados debe estar de acuerdo con lo especificado en los numerales I.1.2 hasta I.1.5. La Tabla I.1 ilustra el proceso del análisis. El método y la evaluación especificados son peculiares para turbo maquinas manejando líquidos.

Paso	Si...	Entonces...
1	La bomba es idéntica o similar a una bomba existente...	El análisis no es necesario
2	El rotor es clásicamente rigidizado...	El análisis no es necesario
3	Ni 1 ni 2 son verdaderos...	El análisis es requerido

Tabla I.1 - Diagrama lógico del análisis lateral del rotor

I.1.2 Frecuencias naturales

El informe debe establecer lo siguiente:

- a) La primera, segunda y tercera velocidades críticas “secas” del rotor (ver numeral 8.1.6.15);

Nota: Estas sirven como puntos de referencia útiles para el análisis subsecuente de las frecuencias naturales amortiguadas.

- b) Todas las frecuencias naturales amortiguadas del rotor dentro del intervalo de frecuencia cero a 2,2 veces la velocidad máxima continua, todas las frecuencias naturales del rotor deben ser calculadas para el intervalo de velocidad nominal del 25 por ciento al 125 por ciento, tomando en cuenta lo siguiente:

- 1) Rigidez y amortiguamiento en los siguientes claros internos en la temperatura esperada:

- Claros como-nuevos, con agua;
- Claros como-nuevos, con el líquido bombeado;
- Dos veces (2×) los claros como-nuevos, con el líquido bombeado.

- 2) Rigidez y amortiguamiento en los sellos de la flecha (si son del tipo laberinto);

- 3) Rigidez y amortiguamiento dentro de los cojinetes para los claros y temperatura de aceite promedios. El efecto de rigidez en los cojinetes y amortiguamiento en bombas es generalmente menor en comparación al de los claros internos de funcionamiento; por lo tanto, es suficiente analizar los cojinetes en su claro y temperatura de aceite promedios;

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 181 DE 233
---	---------------------------	---

- 4) Masa y rigidez de la estructura del soporte de cojinetes;
- 5) Inercia de de la mitad del cubo del cople de la bomba y de la mitad del espaciador del cople;
- c) Valores o coeficientes en base de la rigidez y amortiguamiento usados en el cálculo.

I.1.3 Márgenes de separación y amortiguamiento

Para ambos claros como-nuevo y 2 veces como-nuevo, el factor de amortiguamiento contra el margen de separación entre cualquier frecuencia natural de flexión y la línea síncrona del funcionamiento deben estar dentro de la región indicada como "aceptable" en la Figura I.1. Si esta condición no puede ser satisfecha, la respuesta amortiguada al desbalanceo, la cual será la determinada (ver numeral I.1.4).

NOTA: En turbomáquinas que manejan líquidos, la primera evaluación de las características dinámicas de un rotor se basa en el amortiguamiento contra el margen de separación, más que el factor de amplificación contra el margen de separación. Dos factores explican este fundamento. Primero, las frecuencias naturales del rotor aumentan con la velocidad de giro, una consecuencia de la presión diferencial a través de los claros internos es que también aumenta con la velocidad de giro. En un diagrama de Campbell, Figura I.2, esto significa que las separaciones más cercanas están entre la velocidad de funcionamiento y las frecuencias naturales más que entre la velocidad de funcionamiento y las velocidades críticas. Porque el factor de amplificación en las separaciones más cercanas no se relaciona con la excitación síncrona (del desbalanceo) del rotor, puede ser desarrollado solamente por un cálculo aproximado basado en el amortiguamiento. En segundo lugar, el empleo de amortiguamiento permite que un valor mínimo sea especificado para la frecuencia natural a las relaciones de la velocidad de funcionamiento desde 0,8 hasta 0,4, de esta manera se asegura que el rotor este libre de vibraciones subsíncronas significativas.

El factor de amortiguamiento se relaciona con el decremento logarítmico por la ecuación:

$$\sigma = (2 \pi \xi) / (1 - \xi^2)^{0,5120}$$

Donde:

ξ Es el decremento logarítmico

σ Es el factor de amortiguamiento

Para σ mayores de 0,4 la siguiente relación de aproximación entre ξ , σ y un factor de amplificación, F_a , son suficientemente exactos para propósitos prácticos:

$$\xi = \delta / 2 \pi = 1/2 F_a$$

Las condiciones de críticamente amortiguado corresponden a lo siguiente:

$$\xi > 0,2$$

$$\delta > 1,2$$

$$F_a < 2,5$$

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 182 DE 233
---	---------------------------	---

I.1.4 Análisis de respuesta del desbalanceo amortiguado

Si el factor de amortiguamiento contra el margen de separación para un modo o los modos no es aceptable por los criterios de la Figura I.1, la respuesta amortiguada del rotor al desbalanceo, la cual será la determinada para el modo (s) en la proposición sobre la base siguiente:

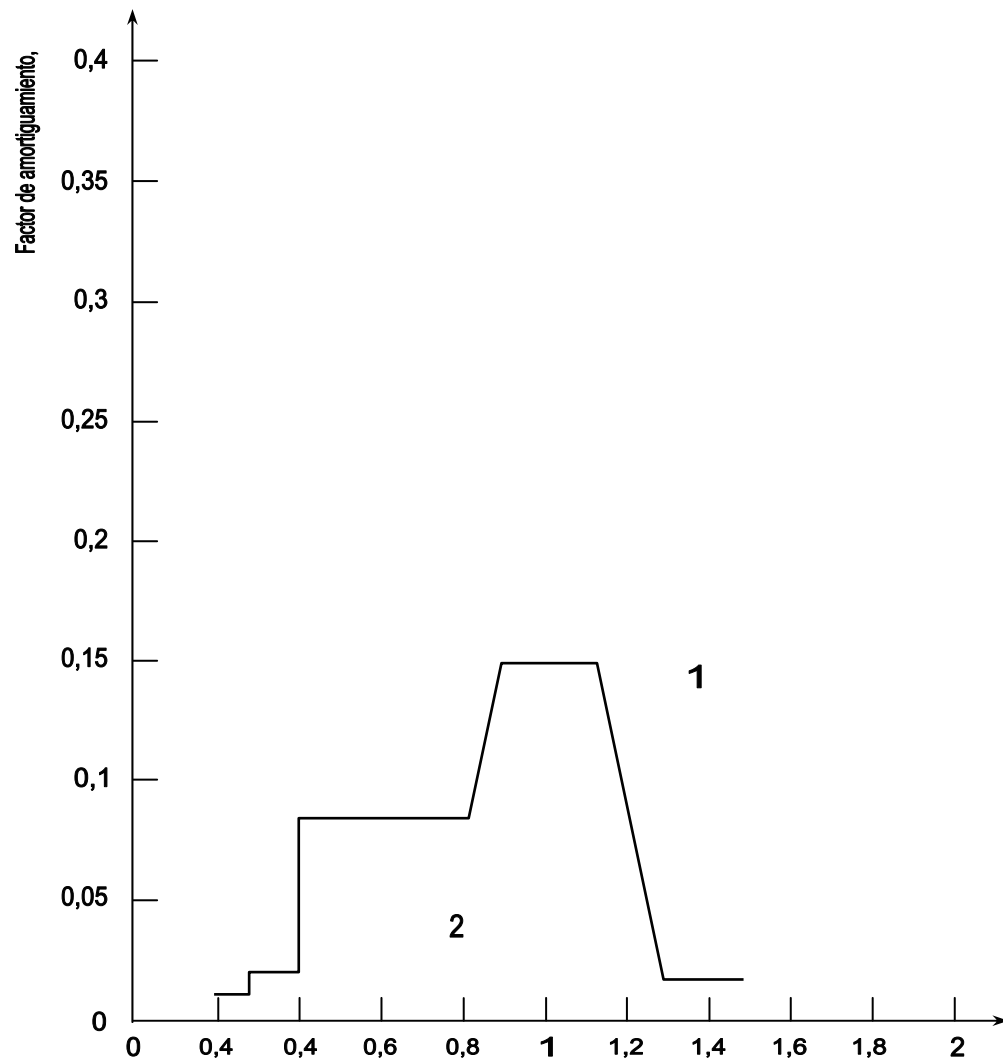
- a) el líquido bombeado;
- b) condición (es) de claro (s), como-nuevo o 2× como-nuevo, causando inadecuado margen de separación contra amortiguamiento;
- c) El desbalanceo total de cuatro veces (4×) el valor permisible (ver numeral 8.4.2.4.2.1) total en unos o más puntos para excitar el modo (s) que se está investigado.

Solamente un modo será investigado en cada corrida de la computadora.

I.1.5 Desplazamiento permisible

El desplazamiento pico a pico del rotor desbalanceado en el (los) punto (s) del desplazamiento máximo no debe exceder 35 por ciento del claro diametral de funcionamiento en ese punto.

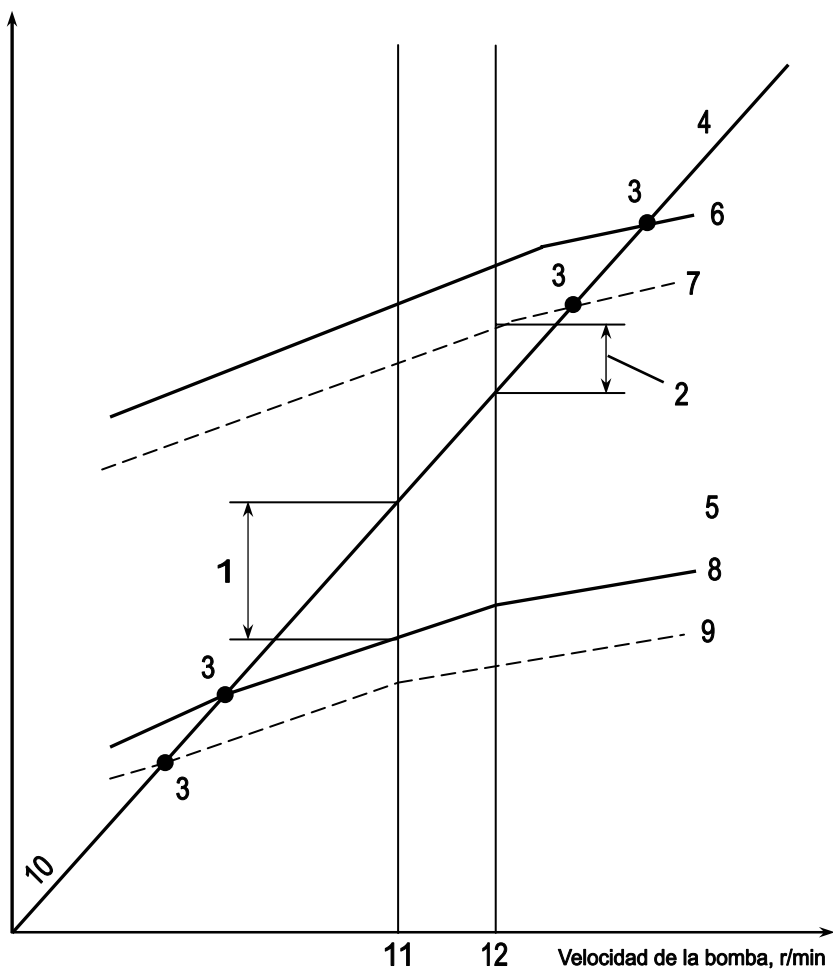
NOTA: En bombas centrífugas, la respuesta amortiguada típica al desbalanceo no demuestra un pico en desplazamiento de la resonancia lo bastante grande para determinar el factor de evaluación. Con esta limitación, la evaluación de la respuesta al desbalanceo amortiguado se restringe a comparar el desplazamiento del rotor a la separación disponible.



Clave:

1. Región aceptable
2. Región no aceptable

Figura I.1 – Factor de amortiguamiento contra relación de frecuencia



Clave:

1. Margen mínimo de separación, 1^{era} f_n .
2. Margen mínimo de separación, 2^{da} f_n .
3. Velocidades críticas.
4. Segunda flexión.
5. Primera flexión.
6. Claro "como-nuevo"
7. Dos veces 2x el claro.
8. Claro "como-nuevo".
9. Dos veces 2x el claro.
10. Línea de funcionamiento
11. Mínimo.
12. Máximo.

Figura I.2 – Diagrama típico de Campbell

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 185 DE 233
---	---------------------------	---

I.2 Verificación en fábrica de las características dinámicas del rotor

I.2.1 Si son especificadas, las características dinámicas del rotor deben ser verificadas durante la prueba en fábrica. La respuesta real del rotor al desbalanceo será la base para confirmar la validez del análisis lateral amortiguado. Esta respuesta se mide durante la operación de la variable-velocidad desde la disminución de la velocidad nominal hasta el 75 por ciento de la primera velocidad crítica o durante cuesta-abajo. Si la respuesta amortiguada al desbalanceo no se determina en el análisis original del rotor (ver numeral I.1.4), ésta respuesta será determinada para una bomba con los nuevos claros manejando agua antes de proceder con la verificación en fábrica. Las pruebas del desbalanceo vectorial deben ser sumadas en fase con el desbalanceo residual, en las localizaciones determinadas por el fabricante (generalmente en el collar del cople y/o el de empuje).

NOTA: El objetivo principal de la verificación en fábrica por respuesta al desbalanceo es verificar la existencia de una velocidad crítica (pico de vibración) dentro de la tolerancia del valor calculado o, si el análisis pronosticó una velocidad crítica altamente amortiguada, la ausencia de un pico de vibración dentro de la tolerancia del valor calculado. La verificación en fábrica con este método es factible solamente para las bombas que tienen cojinetes de manga y son suministradas con pares de probetas de proximidad en cada cojinete de empuje.

I.2.2 La magnitud y localización de las pruebas del desbalanceo (s) deben ser determinadas de una calibración de la sensibilidad del rotor al desbalanceo. La calibración será realizada para obtener las órbitas de vibración en cada cojinete, filtrando la velocidad del rotor ($1\times$), durante dos pruebas efectuadas como sigue:

- a) con el rotor tal y como se construyo;
- b) con los pesos de prueba agregados 90° del desplazamiento máximo en la prueba a).

La magnitud de las pruebas de desbalanceo deben ser tal que el desplazamiento máximo calculado de la flecha causada por el desbalanceo total resultante (residual más la prueba) es 150 por ciento a 200 por ciento del desplazamiento permisible de la Tabla 7 o de la Tabla 8 en las probetas del cojinete, pero no debe exceder ocho veces el desbalanceo máximo permitido del rotor.

I.2.3 Durante la prueba, la velocidad del rotor, el desplazamiento de vibración y el ángulo correspondiente de la fase, filtrado a la velocidad del rotor ($1\times$), deben ser medidos y registrados.

I.2.4 Las características del rotor se consideran verificadas si se cubren los requisitos siguientes:

- a) conservar la (s) velocidad (es) críticas (pico distinto de la vibración y desplazamiento de fase apropiado) dentro del ± 10 por ciento del valor (es) calculado;
- b) Las amplitudes medidas de la vibración estan dentro del 135 por ciento de los valores calculados.

Las velocidades críticas altamente amortiguadas pueden no ser observables, por lo tanto la ausencia de respuesta del rotor en la región de una velocidad crítica altamente amortiguada calculada es verificación del análisis.

I.2.5 Si los criterios de aceptación dados en el numeral I.2.4 no se cubren, la rigidez o los coeficientes de amortiguamiento o ambas, usados en el cálculo de la frecuencia natural deben ser ajustados para que exista acuerdo entre los resultados calculados y los medidos. Los coeficientes de un tipo de elemento con claros anulares de $L/D < 0,15$, la interacción del impulsor y los cojinetes deben ser ajustados con el mismo factor de corrección. Una vez que se alcance el acuerdo, los mismos factores de corrección deben ser aplicados al cálculo de las frecuencias naturales y de amortiguamiento del rotor para el líquido bombeado, y a los márgenes de separación del rotor contra los factores amortiguamiento re verificados para su aceptación.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 186 DE 233
---	---------------------------	---

De los coeficientes usados en el análisis lateral del rotor, los usados para amortiguamiento en claros anulares tienen mayor incertidumbre y son por lo tanto los primeros que se deben de ajustar. Los coeficientes de rigidez de claros anulares tienen típicamente incertidumbre baja y por lo tanto, se deben ajustar solamente con base en datos corroborados. Los ajustes de los coeficientes del cojinete requieren justificación específica porque los valores típicos están basados en datos empíricos confiables.

I.2.6 Métodos alternativos de verificación de las características dinámicas del rotor, por ejemplo, frecuencia de excitación variable con la bomba a la velocidad de operación para determinar las frecuencias naturales del rotor, están disponibles. El uso de métodos alternos y la interpretación de resultados deben ser acordados entre PEMEX y el fabricante.

I.3 Documentación

El informe sobre un análisis lateral debe incluir lo siguiente:

- a) Resultados de la evaluación inicial (ver numeral 8.4.2.4.1.1);
- b) Datos fundamentales del rotor usados para el análisis;
- c) Diagrama de Campbell (ver Figura I.2);
- d) Diagrama de la relación amortiguamiento contra margen de separación;
- e) Forma del modo a la (s) velocidad (es) crítica (S) para el cual la respuesta amortiguada al desbalanceo fue determinada (ver numeral I.1.4);
- f) Diagrama pronóstico de la verificación en fábrica del desbalanceo (ver numeral I.2.3);
- g) resumen de las correcciones del análisis para alcanzar el acuerdo con la verificación en fábrica (ver numeral I.2.5).

Los incisos e) a g) deben ser suministrados solamente si la actividad documentada fue requerida por el análisis o especificada por PEMEX.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 187 DE 233
---	---------------------------	---

12.10 Anexo J.- Determinación del desbalanceo residual. (Normativo)

J.1 Generalidades

Este anexo describe el procedimiento que debe utilizarse para determinar el desbalanceo residual en rotores de máquinas. Aunque el balanceo de algunas máquinas se puede fijar hasta haber leído la cantidad exacta del desbalanceo, la calibración puede estar errónea. El único método seguro para determinar el desbalanceo residual es probar el rotor con una cantidad conocida de desbalanceo.

J.2 Términos y definiciones

J.2.1 Desbalanceo residual. Cantidad de desbalanceo restante en un rotor después del balanceo

NOTA: Salvo que se especifique lo contrario, el desbalanceo residual se expresa en gramo por milímetro (g-mm) u onza por pulgadas (oz-in).

J.3 Máximo desbalanceo residual permitido

J.3.1 El máximo desbalanceo residual permitido por plano será determinado de la Tabla 21.

J.3.2 Si la carga estática real en cada chumacera no se conoce, asumir que la masa total del rotor es igualmente soportada por los cojinetes. Por ejemplo, un rotor de dos cojinetes con una masa de 2 700 kg (6 000 lb) debe asumir una masa de 1 350 kg (3 000 lb) sobre cada cojinete.

J.4 Verificación del desbalanceo residual

J.4.1 Generalidades

J.4.1.1 Cuando las lecturas de la máquina balanceadora indican que el rotor se ha balanceado dentro de la tolerancia especificada, una verificación del desbalanceo residual será realizada antes de que el rotor se quite de la máquina balanceadora.

J.4.1.2 Para verificar el desbalanceo residual, una masa de balanceo conocida se agrega al rotor secuencialmente en 6 (o 12, si es especificado por PEMEX) posiciones radiales igualmente espaciadas, cada una en la misma distancia radial. La verificación se lleva a cabo en cada plano de la corrección y las lecturas en cada plano se trazan en un gráfico usando el procedimiento especificado en J.4.2.

J.4.2 Procedimiento

J.4.2.1 Seleccione una masa y radio de prueba que proporcione entre uno y dos veces el desbalanceo residual máximo permitido [es decir, si U_{max} es 1 440 g.mm (2 onzas por pulg), la masa de balanceo debe causar 1 440 g.mm a 2 880 g.mm (2 a 4 onzas por pulg) del desbalanceo].

J.4.2.2 Inicie en el último punto pesado conocido en cada plano de la corrección, marque realizado el número especificado de posiciones radiales (6 ó 12) en incrementos (60° ó 30°) iguales alrededor del rotor. Agregue la masa de balanceo al último punto pesado conocido en un plano. Si el rotor se ha balanceado con cierta exactitud y el punto pesado final no puede ser determinado, agregue la masa de balanceo a cualquiera de las posiciones radiales marcadas.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 188 DE 233
---	---------------------------	---

J.4.2.3 Para verificar que se haya seleccionado una masa de balanceo apropiada, haga funcionar la máquina balanceadora y observe la lectura en el medidor. Si la lectura está en el límite superior del rango del medidor, una pequeña masa de balanceo será utilizada. Si es pequeña o no hay lectura en el medidor, una masa más grande de balanceo será utilizada. Poca o nada de lectura del medidor indica generalmente que el rotor o no fue balanceado correctamente, o que la máquina balanceadora no es lo bastante sensible, o la máquina que balancea esta defectuosa (por ejemplo, un transductor defectuoso). Por lo que el error, será corregido antes de proceder con la verificación residual.

J.4.2.4 Localice la masa alternadamente en cada una de las posiciones igualmente espaciadas y registre la cantidad de desbalanceo indicada en el medidor para cada posición. Repita la posición inicial como una verificación. Toda la verificación será realizada usando solamente un rango de la sensibilidad en la máquina balanceadora.

J.4.2.5 Anote las lecturas en la hoja de trabajo del desbalanceo residual y calcule la cantidad del desbalanceo residual (ver las Figuras J.1 y J.2). La lectura máxima de medidor ocurre cuando la masa de balanceo se agrega en el punto pesado del rotor; la lectura mínima ocurre cuando la masa de ensayo está situada enfrente del punto pesado. Así, las lecturas anotadas deben formar un círculo aproximado (ver Figuras J.3 y J.4). Un promedio de las lecturas máximas y mínimas del medidor representa el efecto de la masa de balanceo. La distancia del centro del círculo desde el origen del diagrama polar representa el desbalanceo residual en ese plano.

J.4.2.6 Repita los pasos descritos en J.4.2.1 hasta J.4.2.5 para cada plano de balanceo. Si el desbalanceo residual máximo permitido especificado se ha excedido en cualquier plano de balanceo, el rotor será balanceado con más precisión y comprobarse otra vez. Si se hace una corrección a cualquier plano de balanceo, la verificación del desbalanceo residual será repetida en todos los planos.

J.4.2.7 Para los rotores progresivamente balanceados, se debe realizar una verificación del desbalanceo residual después de la adición y balanceo del primer componente del rotor, así como al final del balanceo del rotor completo, como un mínimo.

NOTA: Esto asegura que el tiempo no se pierda y los componentes del rotor no estén sujetos a remosiones innecesarias de material en el intento de balancear un rotor del múltiples componentes con una máquina balanceadora defectuosa.

Equipo (rotor) No.: _____

Orden de compra de PEMEX No.: _____

Plano de corrección (entrada, extremo del accionador, entre otros – use el dibujo): _____

Velocidad de balanceo: _____

_____ r/min

n = velocidad máxima permisible del rotor: _____

_____ r/min

m (o W) = masa de trabajo (lo más cerca posible al plano de corrección): _____

_____ kg (lb)

$U_{\max}$ = máximo desbalanceo residual permisible = $6\,350\, m/n$ ($4\, W/n$)

$6\,350 \times$ _____ kg/ _____ r/min; ($4 \times$ _____ lb / _____ r/min)

_____ g.mm (oz-pulg)

Desbalanceo de prueba ($2 \times U_{\max}$)

_____ g.mm (oz-pulg)

R = radio de localización de la masa: _____

_____ mm (pulg)

Masa del desbalanceo de prueba = desbalanceo de prueba/ R

_____ g.mm / _____ mm (_____ oz-pulg/ _____ pulg)

_____ g (oz)

Información para conversión: 1 onza = 28,350 g

Datos de prueba

Dibujo del rotor

Posición	Localización angular de la masa de prueba	Amplitud de lectura de la máquina balanceadora
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

Datos de la prueba – Análisis gráfico

Paso 1: Anote los datos en la carta polar (Figura J.2). Escale la carta para que las amplitudes mas grande y mas pequeñas entren convenientemente.

Paso 2: Con un compás dibuje un círculo donde abarque mejor los seis puntos y marque el centro del círculo.

Paso 3: Mida el diámetro del círculo en las unidades de la escala elegida en el paso 1 y regístrelo.

_____ unidades

Paso 4: Registre el desbalanceo de prueba de arriba.

_____ g.mm (oz-pulg)

Paso 5: Duplique el desbalanceo de prueba del paso 4 (puede utilizar dos veces el desbalanceo residual real)

_____ g.mm (oz-pulg)

Paso 6: Divida el resultado del paso 5 entre el resultado del paso 3.

_____ Factor de escala

Ahora usted tiene una correlación entre las unidades de la carta polar y el balanceo actual.

Figura J.1. Hoja de trabajo del desbalanceo residual.

El círculo dibujado debe contener el origen de la carta polar. Si no, el desbalanceo residual del rotor excede el desbalanceo de prueba aplicado.

NOTA: Algunas posibilidades por las que el círculo dibujado no incluya el origen de la carta polar son: error del operador durante el balanceo, un transductor o un cable dañado de la máquina balanceadora o una máquina balanceadora sin sensibilidad suficiente.

Si el círculo contiene el origen de la carta polar, la distancia entre el origen de la carta y el centro de su círculo es el desbalanceo residual real presente en el plano de la corrección del rotor. Mida la distancia en las unidades de la escala que eligió en el paso 1 y multiplique este número por el factor de escala determinado en el paso 6. La distancia en unidades de tiempo de la escala entre el origen y el centro del círculo del factor escalar es igual al desbalanceo residual real.

Registro del desbalanceo residual actual _____ g.mm (oz-pulg)

Registro del desbalanceo residual actual permisible _____ g.mm (oz-pulg)

Plano de corrección _____ para el rotor No. _____ (ha / no ha) pasado

Por _____ fecha _____

Figura J.1. Hoja de trabajo del desbalanceo residual (continuación)

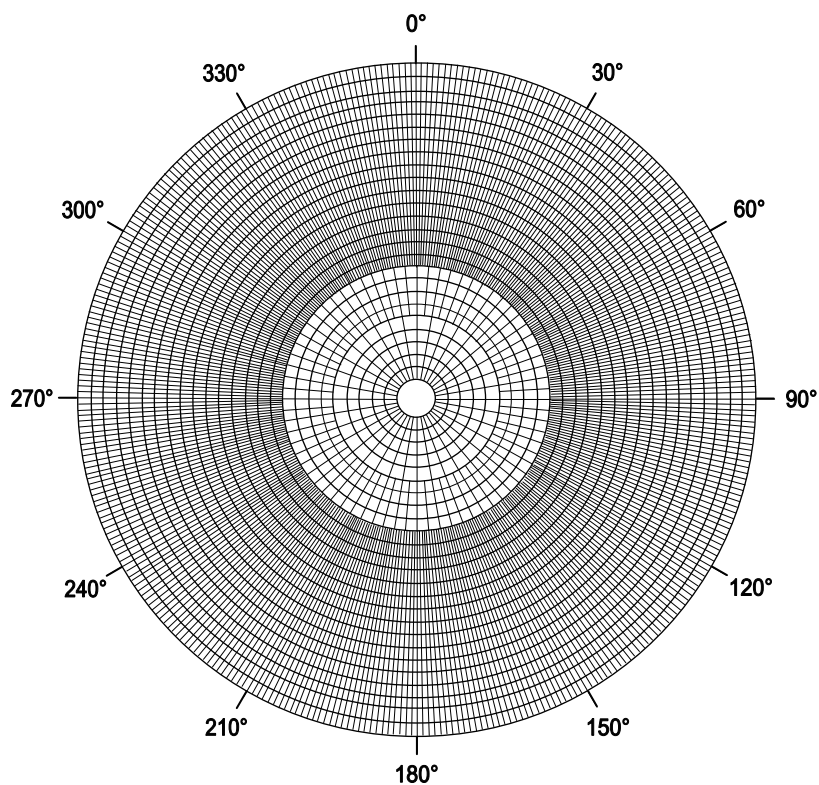


Figura J.2. Hoja de trabajo del desbalanceo residual – carta polar.

Equipo (rotor) No.: C-101

Orden de compra de PEMEX No.: _____

Plano de corrección (entrada, extremo del accionador, entre otros – use el dibujo): A

Velocidad de balanceo: 800 r/min

n = velocidad máxima permisible del rotor: 10 000 r/min

m (o W) = masa de trabajo (lo más cerca posible al plano de corrección): 908 kg (lb)

$U_{\max}$ = máximo desbalanceo residual permisible = $6\,350\, m/n$ ($4\, W/n$)

$6\,350 \times$ kg/ r/min; ($4 \times$ 908 lb / 10\,000 r/min) 0,3 ~~g-mm~~ (oz-pulg)

Desbalanceo de prueba ($2 \times U_{\max}$) 0,72 ~~g-mm~~ (oz-pulg)

R = radio de localizacion de la masa: 6,875 mm (pulg)

Masa del desbalanceo de prueba = desbalanceo de prueba/ R

 g-mm / mm (0,72 oz-pulg/ 6,875 pulg) 0,10 ~~g~~ (oz)

Información para conversión: 1 onza = 28,350 g

Datos de prueba

Posición	Localizacion angular de la masa de prueba	Amplitud de lectura de la máquina balanceadora
1	0°	14,0
2	60°	12,0
3	120°	14,0
4	180°	23,5
5	240°	23,0
6	300°	15,5
7	0°	13,5

Dibujo del rotor

Datos de la prueba – Análisis gráfico

Paso 1: Anote los datos en la carta polar (Figura J.2). Escale la carta para que las amplitudes mas grande y mas pequeñas entren convenientemente.

Paso 2: Con un compás dibuje un círculo donde abarque mejor los seis puntos y marque el centro del círculo.

Paso 3: Mida el diámetro del círculo en las unidades de la escala elegida en el paso 1 y regístrelo.

35 unidades

Paso 4: Registre el desbalanceo de prueba de arriba.

0,72 ~~g-mm~~ (oz-pulg)

Paso 5: Duplique el desbalanceo de prueba del paso 4 (puede utilizar dos veces el desbalanceo residual real)

1,44 ~~g-mm~~ (oz-pulg)

Paso 6: Divida el resultado del paso 5 entre el resultado del paso 3.

0,041 Factor de escala

Ahora usted tiene una correlacion entre las unidades de la carta polar y el balanceo actual.

Figura J.3. Ejemplo de llenado de la hoja de trabajo del desbalanceo residual.

El círculo dibujado debe contener el origen de la carta polar. Si no, el desbalanceo residual del rotor excede el desbalanceo de prueba aplicado.

NOTA: Algunas posibilidades por las que el círculo dibujado no incluya el origen de la carta polar son: error del operador durante el balanceo, un transductor o un cable dañado de la máquina balanceadora o una máquina balanceadora sin sensibilidad suficiente.

Si el círculo contiene el origen de la carta polar, la distancia entre el origen de la carta y el centro de su círculo es el desbalanceo residual real presente en el plano de la corrección del rotor. Mida la distancia en las unidades de la escala que eligió en el paso 1 y multiplique este número por el factor de escala determinado en el paso 6. La distancia en unidades de tiempo de la escala entre el origen y el centro del círculo del factor escalar es igual al desbalanceo residual real.

Registro del desbalanceo residual actual 6,5 (0,041) = 0,27 g.mm (oz-pulg)

Registro del desbalanceo residual actual permisible 0,36 g.mm (oz-pulg)

Plano de corrección A para el rotor No. C-101 (ha / no ha) pasado

Por Inspector Juan Pérez fecha 2002-04-30

Figura J.3. Ejemplo de llenado de la hoja de trabajo del desbalanceo residual (continuación)

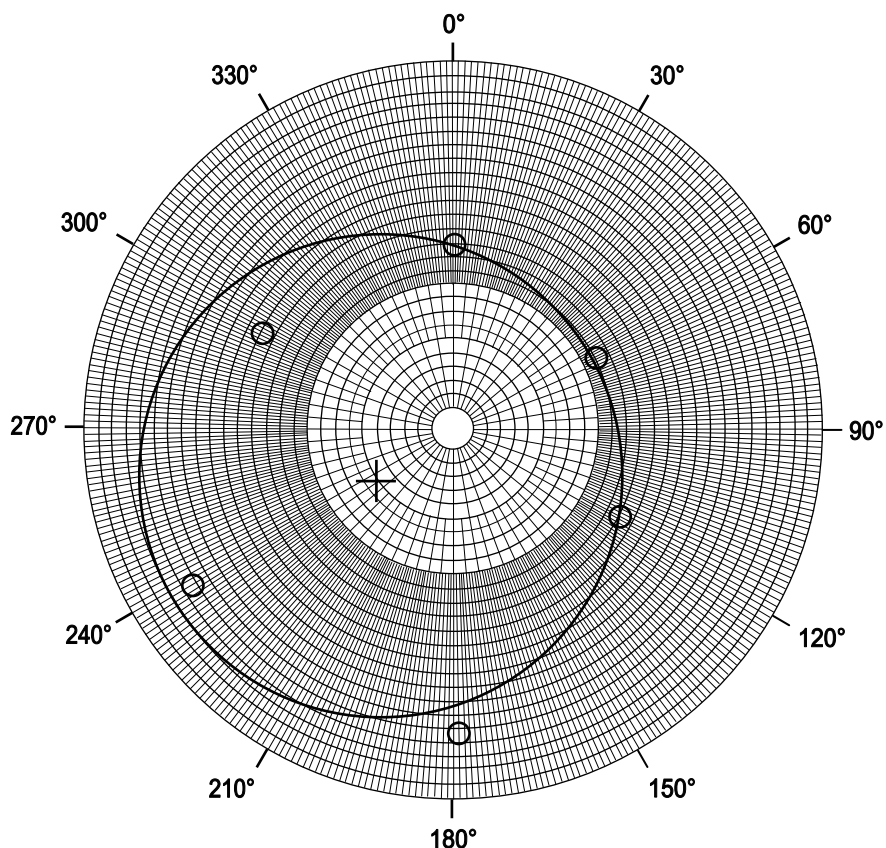


Figura J.4. Ejemplo Hoja de trabajo del desbalanceo residual – carta polar.

Anexo 12.11 Ilustraciones de excentricidad de la cámara del sello
(Normativo)

Los diagramas esquemáticos en este anexo ilustran la localización de las mediciones requeridas, no el método o la orientación.

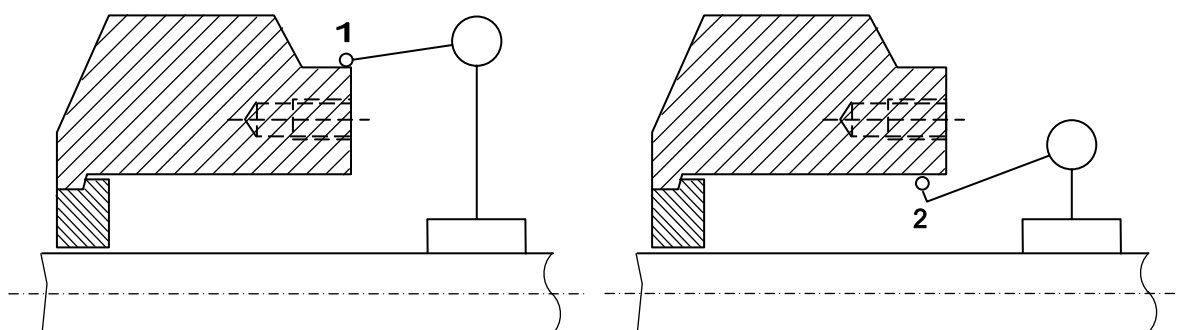
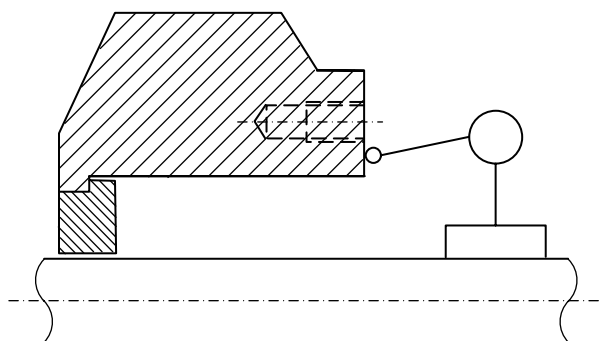


Figura K.1. Concentricidad de la cámara del sello (numeral 8.1.8.4)



Clave:

- 1 Localización de la medición de la cara de la excentricidad

Figura K.2. Excentricidad de la cara de la cámara del sello (numeral 8.1.8.5)

Firma _____

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 196 DE 233
---	---------------------------	---

L.2 Descripción

L.2.1 Bomba

- a) Dibujo de dimensiones generales (dimensional) certificado, incluyendo:
 - 1) tamaño, clase y localización de todas las conexiones de PEMEX;
 - 2) masas totales y direcciones aproximadas;
 - 3) dimensiones totales y claros de mantenimiento y desmantelamiento;
 - 4) altura de la línea central de la flecha;
 - 5) dimensiones de la base (si es suministrado) complementado con diámetros, número y localizaciones de los agujeros para pernos y espesores de las secciones a través de las cuales los pernos deben pasar;
 - 6) detalles de mampostería;
 - 7) fuerzas y momentos para las boquillas de succión y de descarga;
 - 8) centro de gravedad y puntos de izaje;
 - 9) datos de la separación y de alineación final de la flecha;
 - 10) dirección de rotación;
 - 11) detalles del acondicionamiento para invierno, tropicalización y/o atenuación del ruido, si es requerido.
- b) dibujos de corte transversal y listas de materiales;
- c) dibujo del sello mecánico y lista de materiales;
- d) dibujo del montaje del cople y lista de materiales, incluyendo tolerancias permisibles del desalineamiento y el tipo de protección del acoplador;
- e) diagrama esquemático de sellado, primario y auxiliares y lista de materiales, incluyendo líquido de sello, flujos, presión, tamaños de tuberías y válvulas, instrumentación, y tamaños de orificios;
- f) diagrama esquemático y lista materiales de enfriamientos o calefacciones, incluyendo medios de enfriamiento o de calefacción, flujos, presión, tamaños de tubería y válvulas, instrumentación, y tamaños de orificios;
- g) diagrama esquemático del aceite lubricante y lista de materiales, incluyendo lo siguiente:
 - 1) flujo de aceite, temperaturas y presiones en cada punto señalado;
 - 2) puntos de ajuste del control, alarmas y disparos (presión y temperaturas recomendadas);
 - 3) cargas totales;
 - 4) requisitos de los servicios auxiliares, incluyendo electricidad, agua y aire;
 - 5) tamaños de tubería, válvulas y orificios;
 - 6) instrumentación, dispositivos de seguridad, esquemas del control y diagramas de cableado.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 197 DE 233
---	---------------------------	---

- h) dibujo del arreglo del sistema de aceite lubricante, incluyendo tamaño, clase y localización de todas las conexiones de PEMEX;
- i) dibujos y datos de componentes del sistema de aceite lubricante, incluyendo lo siguiente:
 - 1) bombas y accionadores;
 - 2) enfriadores, filtros y depósitos;
 - 3) instrumentación;
 - 4) listas de partes de repuesto y recomendaciones.
- j) diagramas eléctricos y de instrumentos y diagramas de cableado y listas de materiales, incluyendo lo siguiente:
 - 1) límites de vibración, alarma y paro;
 - 2) límites de temperatura en cojinetes, alarma y paro;
 - 3) límites de temperatura del aceite lubricante, alarma y paro;
 - 4) accionador.
- k) dibujo de arreglo eléctrico y de instrumentación, y lista de conexiones;
- l) curvas de comportamiento;
- m) datos del análisis de vibración;
- n) análisis de respuesta del desbalanceo amortiguado;
- o) análisis lateral de velocidad crítica: el número requerido de informes del análisis lateral crítica, en un tiempo no mayor a 3 meses después de la fecha de la orden de compra. Los informes deben estar conforme a lo requerido en I.3.1.
- p) análisis torsional de velocidad crítica: el número requerido de informes del análisis torsional, en un tiempo no mayor a 3 meses después de la fecha de la orden de compra. Los informes deben estar conforme a lo requerido en 5.9.2.6.
- q) datos certificados de la prueba hidrostática;
- r) certificación de materiales: datos físicos y químicos del proveedor de informes de fábrica (o certificación) de piezas sujetas a presión, impulsores y flechas;
- s) informes de avance de los trabajos detallando las causas de cualquier retraso: los informes deben incluir la ingeniería, compra, fabricación y programa de pruebas para todos los componentes mayores. Fechas planeadas y reales, y el porcentaje de avance, será el indicado en cada parte del programa.
- t) procedimientos de soldadura;
- u) datos de la prueba de comportamiento: registros certificados de prueba de comportamiento en fábrica. Un expediente de los datos de prueba en fábrica (el cual el proveedor debe mantener por lo menos 20 años

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 198 DE 233
---	---------------------------	---

después de la fecha del embarque). El proveedor enviar las copias certificadas de los datos de prueba a PEMEX antes del embarque.

- v) informes y datos de pruebas opcionales: los informes y datos de pruebas opcionales incluyendo las pruebas de NPSHR, de unidad completa, de nivel de sonido, del equipo auxiliar, de resonancia del soporte de cojinetes, y cualquier otra prueba acordada entre PEMEX y el proveedor;
- w) datos certificados del balanceo del rotor para bombas multietapas;
- x) verificación del desbalanceo residual;
- y) excentricidad mecánica y eléctrica del rotor de las bombas diseñadas para utilizar probetas de vibración del tipo no contacto;
- z) hojas de datos aplicables a la oferta, adquisición y como quedo construido;
- aa) hojas de datos del ruido;
- bb) claros de como quedo construido;
- cc) manuales de instrucción que describan los procedimientos de instalación, operación y mantenimiento. Cada manual debe incluir las secciones siguientes:
 - 1) Sección 1 — Instalación:
 - i) almacenaje;
 - ii) cimentación;
 - iii) mampostería;
 - iv) montaje del equipo, procedimientos de izaje, diagrama de masas y componentes de elevación;
 - v) alineación;
 - vi) recomendaciones de tuberías;
 - vii) dibujo dimensional compuesto por la bomba y el tren accionador, incluyendo localizaciones de los pernos de anclaje;
 - viii) claros de desmantelamiento.
 - 2) Sección 2 — Operación:
 - i) arranque, incluyendo pruebas y verificaciones antes del arranque;
 - ii) procedimientos operacionales de rutina;
 - iii) recomendaciones del aceite lubricante.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 199 DE 233
---	---------------------------	---

- 3) Sección 3 — montaje y desmontaje:
 - i) rotor en la carcasa de la bomba;
 - ii) chumacera;
 - iii) cojinetes de empuje (incluyendo claros y precarga en cojinetes antifricción);
 - iv) sellos;
 - v) collares del empuje, si es aplicable;
 - vi) desgaste permisible de claros de operación;
 - vii) ajustes y claros del para reconstrucción;
 - viii) procedimientos e intervalos del mantenimiento de rutina.
- 4) Sección 4 — curvas de comportamiento, incluyendo carga diferencial, eficiencia, NPSHR con agua y potencia al freno contra flujo nominal para todas las condiciones de operación especificadas en las hojas de datos.
- 5) Sección 5 — datos de vibración:
 - i) datos del análisis de vibración;
 - ii) análisis lateral de la velocidad crítica;
 - iii) análisis torsional de la velocidad crítica.
- 6) Sección 6 — datos de como quedó construido:
 - i) hojas de datos de como quedó construido;
 - ii) claros de como quedó construido;
 - iii) datos del balanceo del rotor para bombas multietapas;
 - iv) hojas de datos del ruido;
 - v) datos de comportamiento.
- 7) Sección — 7 requerimientos de datos y dibujos:
 - i) dibujo de dimensiones generales certificados y lista de conexiones;
 - ii) dibujo de sección transversal y lista de materiales;
 - iii) dibujo del sello mecánico y lista de materiales;

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 200 DE 233
---	---------------------------	---

- iv) dibujo del arreglo del aceite lubricante y lista de conexiones;
 - v) dibujos y datos de componentes del aceite lubricante y listas de materiales;
 - vi) diagramas esquemáticos eléctrico y de instrumentos, diagramas eléctricos y listas de materiales;
 - vii) dibujo del arreglo eléctrico e instrumentación y lista de conexiones;
 - viii) dibujo de montaje del cople y lista de materiales;
 - ix) diagramas esquemáticos del sello primario y auxiliar, y lista de materiales;
 - x) tubería del sello primario y auxiliar, instrumentación, arreglo y lista de conexiones;
 - xi) diagrama esquemático del sistema de enfriamiento y calefacción y lista de materiales;
 - xii) tubería de enfriamiento y calefacción, arreglo de instrumentación y lista de conexiones.
- dd) lista de parte de repuesto recomendadas y lista de precios;
- ee) procedimiento de preservación, empaquetado y embarque;
- ff) hojas de datos de seguridad de materiales.

L.2.2 Motor

- a) dibujo de dimensiones generales certificado para el motor y todo el equipo auxiliar, incluyendo lo siguiente:
- 1) tamaño, localización, y propósito de todas las conexiones de PEMEX, incluyendo conductos, instrumentación, y cualquier tubería o conducto;
 - 2) clase y tipo ASME para cualquier conexión bridada;
 - 3) tamaño y localización de agujeros para perno de anclaje y espesor de las secciones a través de las cuales los pernos deben pasar;
 - 4) masa total de cada concepto del equipo (motor y equipo auxiliar) más diagramas de cargas, masa y nombre de la pieza más pesada;
 - 5) dimensiones totales y todos los claros horizontales y verticales necesarios para desmantelamiento, y localización aproximada de los puntos de elevación;
 - 6) altura de la línea central de la flecha;
 - 7) dimensiones del extremo de la flecha, más las tolerancias para el cople;
 - 8) dirección de la rotación.
- b) dibujo seccionado transversal y lista de materiales, incluyendo la flotación axial del rotor;

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 201 DE 233
---	---------------------------	---

- c) hojas de datos aplicables a la oferta, adquisición, y como quedó construido;
- d) hojas de datos del ruido;
- e) datos de comportamiento incluyendo lo siguiente:
 - 1) para los motores de inducción de 150 kW (200 HP) y menores:
 - i) eficiencia y factor de potencia a la mitad, tres cuartos, y carga plena;
 - ii) curvas de torque - velocidad.
 - 2) para los motores de inducción de 150 kW (200 HP) y mayores, informes de prueba certificados para todas las pruebas de comportamiento y curvas del comportamiento como sigue:
 - i) curva de calentamiento tiempo-corriente;
 - ii) curvas de torque - velocidad a 70, 80, 90 y 100 por ciento del voltaje nominal;
 - iii) curvas de eficiencia y factor de potencia desde 0 al factor de servicio nominal;
 - iv) curvas de corriente carga desde 0 al factor de servicio nominal;
 - v) curvas de corriente contra velocidad desde 0 al 100 por ciento de la velocidad nominal.
- f) dibujos certificados de sistemas auxiliares, incluyendo diagramas de cableado, para cada sistema auxiliar suministrado. Los dibujos deben indicar claramente el alcance del sistema que debe suministrar el fabricante o proveedor y el alcance que se debe suministrar por otros;
- g) manuales de instrucción del motor describiendo los procedimientos de instalación, operación y mantenimiento. Cada manual debe incluir las secciones siguientes:
 - 1) Sección 1— Instalación:
 - i) almacenaje;
 - ii) anclaje del motor, procedimientos de izaje, componentes pesados y diagrama de elevación;
 - iii) recomendaciones para instalar tubos y conductos;
 - iv) dibujo de dimensiones generales del motor, incluyendo localizaciones de los agujeros de los pernos de anclaje;
 - v) claros de desmantelamiento.
 - 2) Sección 2 — Operación:
 - i) arranque, incluyendo verificación antes del arranque;
 - ii) paro normal;

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 202 DE 233
---	---------------------------	---

- iii) límites de operación, incluyendo número sucesivo de arranques;
- iv) recomendaciones del aceite lubricante.
- 3) sección 3 — instrucciones de montaje y desmontaje:
 - i) rotor en motor;
 - ii) chumacera;
 - iii) sellos;
 - iv) procedimientos e intervalos del mantenimiento de rutina.
- 4) Sección 4 — datos de comportamiento requeridos por L.2.2 e).
- 5) Sección 5 — hojas de datos:
 - i) hojas de datos como quedó construido;
 - ii) hojas de datos del ruido.
- 6) Sección 6 — requerimientos de datos y dibujos:
 - i) dibujo de dimensiones certificado para el motor y todo el equipo auxiliar, con lista de conexiones;
 - ii) dibujos de sección transversal y lista de materiales.
 - h) lista de partes de repuesto recomendadas y lista de precios;
 - i) hojas de datos de seguridad de materiales.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 203 DE 233
---	---------------------------	---

12.13 Anexo M.- Resumen de datos de prueba (Informativo)

RESUMEN DE DATOS DE PRUEBA				
Cliente:		Número de curva:		
Comprador:		Fecha de prueba:		
No. de orden de compra:				
Clave del equipo:		Certificado por:		
No. de serie de la bomba.		(Representante del proveedor)		
Tamaño y tipo:		Atestiguado por.		
No. de etapas:		(representante de PEMEX)		
Comportamiento total de la bomba (Tabla 14)				
	Nominal	Prueba	Desviación actual +/- por ciento	Tolerancia aceptable +/- por ciento
Flujo				
Carga				
Potencia				
NPRHR				
Carga al cierre				
Velocidad, r/min				
Características de construcción de la bomba				
Etapa 1		Etapas en serie		
Diámetro del impulsor	mm (pulg)	Diámetro del impulsor	mm (pulg)	
No. de modelo del impulsor		No. de modelo del impulsor		
Numero de alabes		Numero de alabes		
No. de modelo voluta/difusor		No. de modelo voluta/difusor		
Claro en la punta del alabe	por ciento	Claro en la punta del alabe	por ciento	

Figura M.1. Formato del resumen de datos de prueba.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 204 DE 233
---	---------------------------	---

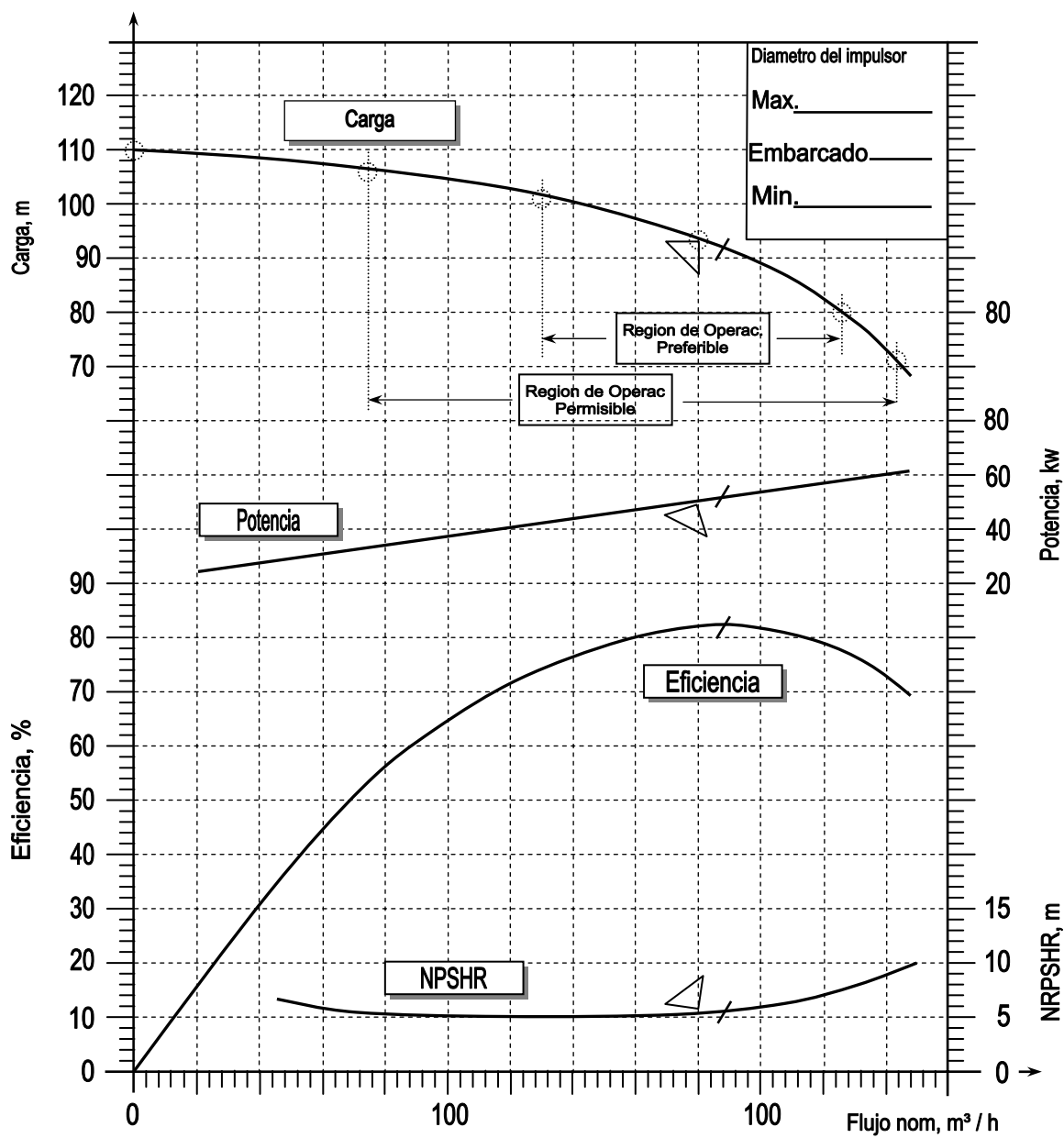
Comportamiento mecánico						
Niveles máximos de vibración registrados dentro de la región del flujo especificado						
	FLUJO NOMINAL		REGIÓN DE OPERACIÓN PREFERIDA		REGIÓN DE OPERACIÓN PERMISIBLE	
	Prueba	Especificado	Prueba	Especificado	Prueba	Especificado
<u>Velocidad: en alojamientos</u>						
Extremo accionador						
Total / filtrado						
Extremo opuesto al accionador.						
Total / filtrado						
<u>Desplazamiento: de la flecha</u>						
Extremo accionador:						
Total / filtrado						
Extremo opuesto al accionados						
Total / filtrado						
Temperaturas en cojinetes ° C (°F)						
Sistemas de lubricación presurizada			Lubricación por anillo de aceite o salpicado			
Temperatura ambiente			Temperatura ambiente			
Aumento de la temp. del aceite			Aumento de la temp. del aceite			
Temp. del aceite de retorno			Temp. del aceite de retorno			
Máx. Temp. Del metal en cojinetes						
Chumacera extremo accionador						
Chum. opuesto al accionador						
Cojinete de empuje						
Este resumen de comportamiento mecánico está para el registro de los niveles de la prueba para cada región de comportamiento en relación a los valores especificados. No intenta sustituir los registros de los datos de prueba en fábrica. Las unidades de medida deben ser mm/s (pulg/s) RMS para velocidad, mm (milésimas de pulgada) pico a pico para el desplazamiento, y ° C (°F) para la temperatura.						

Figura M.1. Formato del resumen de datos de prueba (Continuación)

No. de serie de la bomba: _____
Tamaño y tipo: _____
Número de etapas: _____
Velocidad, r/min _____
Número del impulsor: _____

Líquido bombeado: _____
Densidad relativa: _____
Temperatura: _____ °C
Viscosidad cinemática: _____ mm²/s
Área del ojo del impulsor: _____ mm²

Número de curva: _____
Punto nominal
Flujo nominal m³/h = 180.0
Carga m = 94
NPSHR m = 6.3
Potencia kW = 55.9
Eficiencia calculada % 82.3 Ref.

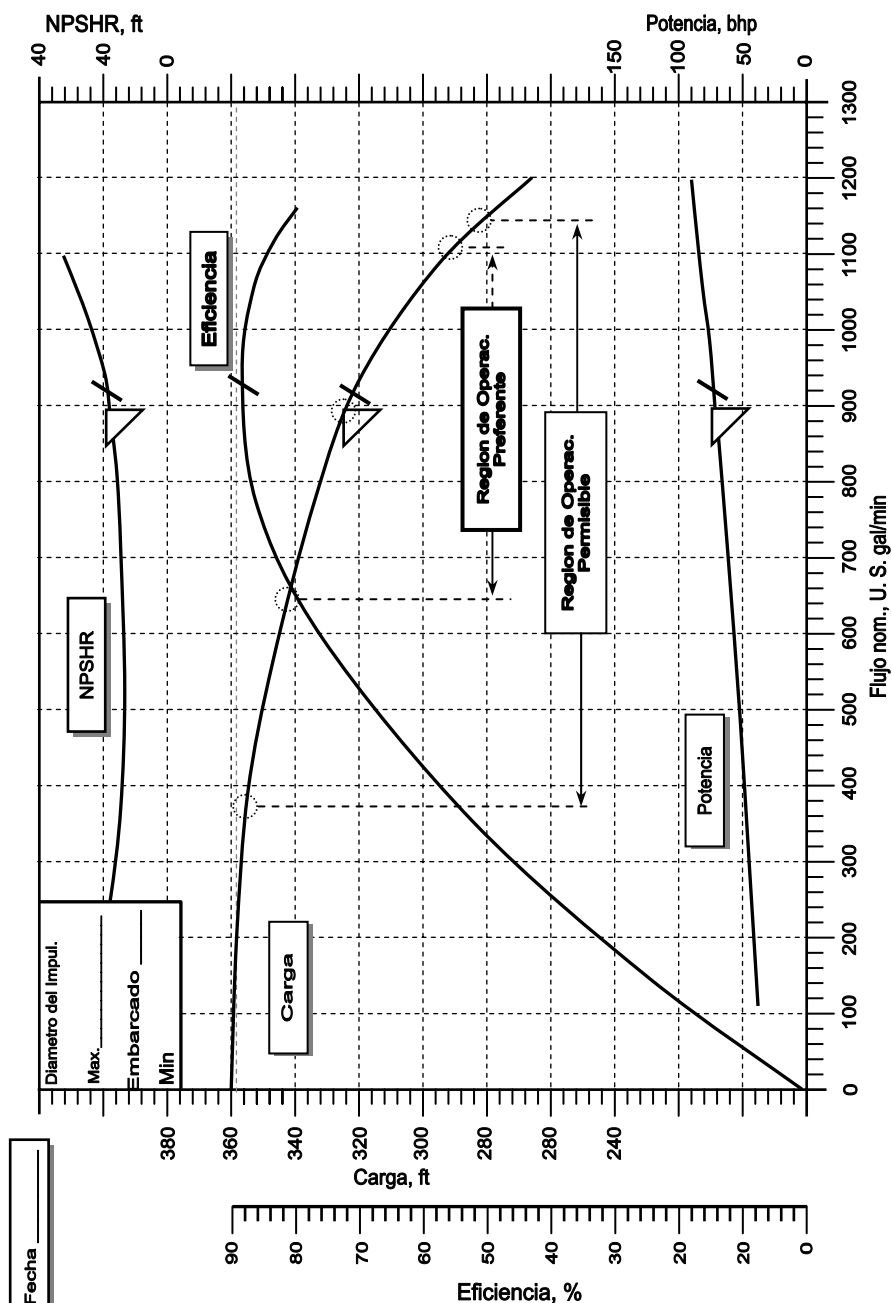


Fecha _____

No. de serie de la bomba: _____
Tamaño y tipo: _____
Número de etapas: _____
Velocidad, r/min _____
Número del impulsor: _____

Líquido bombeado: _____
Densidad relativa: _____
Temperatura: _____ °F
Viscosidad cinemática: _____ cSt
Área del ojo del impulsor: _____ pulg²

Número de curva: _____
Punto nominal
Flujo nominal gal/min = 900.0
Carga ft = 325
NPSHR ft = 17,
Potencia bhp = 77.4
Eficiencia calculada % 88.3 Ref.



**12.14 Anexo N.-Hoja
de datos**



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRIFUGAS DE PROCESO

PROYECTO No. _____ REQUISICIÓN No. _____ PARTIDA _____ FECHA _____
O. DE COMP. No. _____ COMP. POR: _____ ESPECIALIDAD _____ PAGINA 1 DE _____

1	APLICABLE A:	☐ PROPUESTAS	☐ COMPRA	☒ COMO QUEDÓ CONSTRUIDO
2	PLANTA:	CLAVE DE LA UNIDAD: _____		
3	LOCALIZACIÓN:	SERVICIO: _____		
4	NOTA: LA INFORMACION SIGUIENTE DEBE SER COMPLETADA ☐ POR PEMEX ☐ POR EL PROVEEDOR ☒ POR EL PROVEEDOR O PEMEX			
5	☐ HOJAS DE DATOS			
6	CLAVE	ANEXADA	CLAVE	ANEXADA
7	BOMBA	☐		
8	MOTOR	☐		
9	CAJA DE ENGRANES	☐		
10	TURBINA	☐		
11	NORMA (S) APLICABLE (S):			
12	☐ CONDICIONES DE OPERACION (8.1.1.3)			
13	FLUJO NORMAL	(m³/h)	NOMINAL	(m³/h)
14	OTRO:	(m³/h)		
15	PRESION DE SUCCION: MAXIMA / NOMINAL	/	(MPa)	
16	PRESION DE DESCARGA:	(MPa)		
17	PRESION DIFERENCIAL:	(MPa)		
18	CARGA DIFERENCIAL	(m)	NPSHA	(m)
19	VARIACIONES DEL PROCESO (8.1.1.4)			
20	CONDICIONES DE ARRANQUE (8.1.1.4)			
21	SERVICIO:	☐ CONTINUO	☐ INTERMITENTE (ARRANQUES / DIA)	
22	☐ OPERACIÓN EN PARALELO REQUERIDO (8.1.1.13)			
23	☐ DATOS DE UBICACIÓN (8.1.1.3)			
24	LOCALIZACIÓN: (8.1.1.30)			
25	☐ INTERIOR ☐ COBERTIZO ☐ INTEMPERIE ☐ PLATAF. MARINA			
26	☐ CLASIFICACION ELECTRICA DEL AREA (8.1.1.24 / 8.2.1.4)			
27	CLASE: _____ GRUPO: _____ DIVISIÓN: _____			
28	☐ PROTECCIÓN AL AMB. REQUERIDO ☐ TROPICALIZACION REQUERIDA			
29	DATOS DEL SITIO (8.1.1.30)			
30	ALTITUD	(m)	BAROMETRO	(MPa)
31	RANGO DE TEMP. AMBIENTE: MINIMA / MÁXIMA	/	(°C)	
32	HUMEDAD RELATIVA: MIN. / MAX.	/	(%)	
33	CONDICIONES INUSUALES: (8.1.1.30) ☐ POLVO ☐ VAPORES			
34	☐ OTRAS			
35				
36				
37	☐ TIPO DEL ACCIONADOR			
38	☐ MOTOR DE INDUCCION ☐ TURBINA DE VAPOR ☐ ENGRANAJE			
39	☐ OTRO			
40	☐ NORMA (S) APLICABLE (S):			
41	☐ ACCIONADOR MOTOR ELÉCTRICO (8.2.1.1 / 8.2.1.4)			
42	☒ FABRICANTE			
43	POTENCIA	(kW)	VELOCIDAD	(r/min)
44	ARMAZON	☒ ENCLAUSTRAMIENTO		
45	HORIZONTAL	☒ VERTICAL	FACTOR DE SERVICIO	
46	VOLTS/FASES/HERTZ	/		
47	☐ TIPO			
48	☐ VOLTAJE MINIMO DE ARRANQUE (8.2.1.5)			
49	☒ AISLAMIENTO ☐ INCREMENTO DE TEMP.			
50	CORRIENTE A PLENA CARGA	AMP		
51	CORRIENTE A ROTOR BLOQUEADO	AMP		
52	MÉTODO DE ARRANQUE			
53	LUBRICACIÓN: GRASA. ACEITE:			
54				
55	COJINETES: (TIPO / NUMERO):			
56	☐ RADIALES			
57	☐ DE EMPUJE			
58	☐ CAPACIDAD DE EMPUJE VERTICAL:			
59	HACIA ARRIBA		(N) HACIA ABAJO	
60				
61				

☐ LIQUIDO (8.1.1.3)		
TIPO DE LIQUIDO O NOMBRE		
☐ PELIGROSO	☐ INFLAMABLE	☐ (8.1.1.5)
MIN.	NORMAL	MAX.
TEMP. DE BOMBEO (°C)		
PRESION DE VAPOR (MPa)		
DENSIDAD RELAT. (Sp. Gr.):		
VISCOSIDAD (mPa·s)		
CALOR ESPECIFICO, Cp	(kJ/kg·K)	
☐ CONCENTRACION DE CLORUROS (8.2.5.2.4)	(mg/kg)	
☐ CONCENTRACION DE H ₂ S	(fracción mol)	HÚMEDO (8.1.12.1.12c)
☐ AGENTE CORROSIVO / EROSIVO (8.1.12.1.9)		

MATERIALES (8.1.12.1.1)		
☐ CLASE SEGÚN ANEXO H (8.1.12.1.1)		
☐ TEMP. MIN. DE DISEÑO DEL METAL (8.1.12.4.1)		
☐ RED. DE DUREZA DE MATERIALES REQ. (8.1.12.1.12)		
☐ BARRIL / CARCASA	IMPULSOR	
☐ ANILL. DE DESGAS. PARA: CARCASA / IMPULSOR	/	
☐ FLECHA		
☐ DIFUSORES		

COMPORTAMIENTO:		
NO DE CURVA PROPUESTA: _____ r/min		
☐ DIAM. DEL IMPULSOR: NOMINAL	MAX.	MIN. (mm)
☐ TIPO DE IMPULSOR:		
☐ POTENCIA NOMINAL	(kW)	EFICIENCIA: (%)
☐ FLUJO MINIMO CONTINUO:		
TERMICO	(m³/h)	ESTABLE (m³/h)
☐ REGION DE OPERACIÓN PREFERENTE:	A.	(m³/h)
☐ REGION DE OPERACIÓN PERMISIBLE:	A.	(m³/h)
☐ CARGA MAXIMA @ IMPULSOR NOMINAL	(m)	
☐ POTENCIA MAX. @ IMPULSOR NOMINAL	(kW)	
☐ NPSH REQ. A CAPACIDAD NOMINAL	(m)	(8.1.1.10)
☒ MÁXIMA VEL. ESPECIFICA DE SUCCION:	(8.1.1.11)	
☒ MÁXIMO NIVEL DE RUIDO REQUERIDO	(dBA)	(8.1.1.16)
☒ NIVEL MAX DE PRESIÓN DE RUIDO ESTABLECIDO	(dBA)	(8.1.1.16)
☒ POTENCIA MAX DE RUIDO ESTABLECIDA	(dBA)	(8.1.1.16)

CONDICIONES DE LOS SERVICIOS (8.1.1.3)			
ELECTRICIDAD	VOLTAGE	FASES	HERTZ
ACCIONADORES			
CALENTADORES			
VOLTAJE DE INMERSION DEL SISTEMA ☐ 80% ☐ OTROS (8.2.1.5)			
VAPOR	PRES. MAX	TEMP. MAX.	PRES. MIN. TEMP. MIN
ACCIONADORES			
CALENTADORES			
AGUA PARA ENFRIAMIENTO: (8.1.1.19) FUENTE			
TEMP. ENTRADA	(°C)	TEMP. MAX. DE RETORNO	(°C)
PRESION NORMAL	(MPa)	PRESION DE DISEÑO	(MPa)
PRESION MIN DE RETORNO	(MPa)	ΔP. MAX PERM.	(MPa)
CONCENTRACION DE CLORUROS: (mg/kg)			



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE PROCESO

PROYECTO No. _____ REQUISICIÓN No. _____ PARTIDA No. _____ FECHA _____
ORD. DE COMPRA. No. _____ H. D. COMPLETADA POR _____ ESPECIALIDAD _____ HOJA 2 DE _____

OBSERVACIONES

☐ CONDICIONES DE LOS SERVICIOS:

ELECTRICIDAD	ACCIONADOR	CALENTADOR	CONTROL
VOLTAJE			
HERTZ			
FASES			

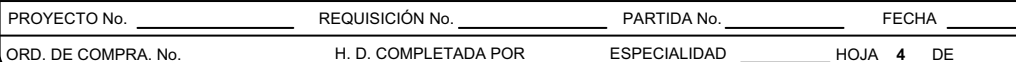
☐ AIRE DE INSTRUMENTOS

PRESION MAX / MIN /(kPa)

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63



CONSTRUCCIÓN		PREPARACIÓN DE LAS SUPERFICIES Y PINTURA																
ROTACIÓN: (VISTA DESDE EL EXTREMO DEL COPLER) ☐ CW ☐ CCW TIPO DE BOMBA: (6.57.2) ☐ OH2 ☐ OH3 ☐ OH6 ☐ OTHER		☐ ESTÁNDAR DEL FABRICANTE ☐ OTRO (VER LA SIGUIENTE) ☐ ESPECIFICACIÓN No.																
MONTAJE DE LA CARCASA: ☐ EN LINEA DE CENTROS ☐ EN LINEA (IN-LINE) ☐ OTRA.....		BOMBA: ☐ PRIMARIO (PRIMER) ☐ RECUBRIMIENTO (CAPA) FINAL.....																
TIPO DE CARCASA: ☐ VOLUTA SENCILLA ☐ VOLUTA MULTIPLE ☐ DIFUSOR PRESION DE DISEÑO DE LA CARCASA: ☐ BOMBA OH6, REGIÓN DE SUCCION DISEÑADA PARA MAWP (8.1.3.6) ☐ PRESION MAXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE (MAWP)(MPa) @.....(°C) ☐ PRESION DE PRUEBA HIDROSTÁTICA.....(MPa) ☐ BOQUILLAS DE CONEXIONES: (8.1.4.2)		BASE COMÚN: (8.2.3.17) ☐ PRIMARIO (PRIMER) ☐ RECUBRIMIENTO (CAPA) FINAL..... ☐ DETALLES DEL DISPOSITIVO DE ELEVACION (6.3.20)..... EMBALAJE: (8.3.4.1) ☐ NACIONAL ☐ EXPORTACIÓN ☐ EMPAQUE DE EXPORT. REQUERIDO ☐ PARA ALMACENAJE A LA INTEMPERIE POR MAS DE 6 MESES ENSAMBLE Y EMBALAJE DEL ROTOR DE REPUESTO: ☐ ALMACENAJE HORIZONTAL ☐ ALMACENAJE VERTICAL ☐ TIPO DE PREPARACION DEL EMBALAJE:																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th>TAMAÑO</th> <th>BRIDA CLASE</th> <th>CARA</th> <th>POSICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCCION</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESCARGA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>					TAMAÑO	BRIDA CLASE	CARA	POSICION	SUCCION					DESCARGA				
	TAMAÑO	BRIDA CLASE	CARA	POSICION														
SUCCION																		
DESCARGA																		
CONEXIONES AUXILIARES DE LA CARCASA: (8.1.4.3)																		
☐ DREN ☐ VENTEO ☐ CALENTAMIENTO		<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>NO.</th> <th>TAMAÑO (DN)</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </tbody> </table>		NO.	TAMAÑO (DN)	TIPO												
NO.	TAMAÑO (DN)	TIPO																
☐ CONEXIONES MAQUINADAS Y ROSCADAS (8.1.4.3.8) ☐ ROSCAS CILINDRICA REQUERIDAS (8.1.4.3.3)																		
ROTOR: ☐ COMPONENTE BALANCEADO A G1.0 DE ISO 1940 (8.1.9.4.4)																		
COPLER: (8.2.2.2) ☐ MARCA ☐ MODELO.....																		
☐ DISEÑO DEL COPLER (kW por 100 r/min)..... ☐ LONGITUD DEL ESPACIADOR.....(mm) ☐ FACTOR DE SERVICIO..... ☐ COPLER BALANCEADO A G6.3 DE ISO 1940-1 (8.2.2.3) ☐ COPLER CON DISPOSITIVO DE SUGESIÓN DEL PROPIETARIO (8.2.2.11) ☐ COPLER POR ISO 14691 (8.2.2.4) ☐ COPLER POR ISO 10441 (8.2.2.4) ☐ COPLER POR API 671 (8.2.2.4) ☐ ASME B15.1 ☐ GUARDA COPLER ANTI CHISPAS (8.2.2.14c) ☐ GUARDA COPLER ESTANDAR POR..... (8.2.2.14 a)																		
BASE COMÚN: ☐ NUMERO API DE LA BASE.....(ANEXO D) ☐ CONSTRUCCIÓN NO PARA CIMENTACIÓN (8.2.3.13) ☐ OTRO..... SELLO MECANICO: (8.1.8.1) ☐ VER HOJA DE DATOS ANEXA DE ISO 21049 / API 682																		
ENFRIAMIENTO Y CALENTAMIENTO ☐ CHAQUETAS DE CALENTAMIENTO REQUERIDAS (8.1.8.9) ☐ ENFRIAMIENTO REQUERIDO ☐ PLAN DE LA TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO (A. E.) (8.2.5.3.1) TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO: ☐ TUBERÍA ☐ TUBING; ACCESORIOS..... MATERIALES DE LA TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO: ☐ ACERO INOX. ☐ ACERO AL CARBONO ☐ GALVANIZADO REQUERIMIENTOS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO: ☐ SOPORTE DE COJINETES(m³/h) INTERCAMBIADOR DE CALOR(m³/h) TOTAL DE AGUA DE ENFRIAMIENTO(m³/h) MEDIO DE CALENTAMIENTO: ☐ VAPOR ☐ OTRO TUBERIA DE CALENTAMIENTO: ☐ TUBING ☐ TUBERÍA																		
COJINETES Y LUBRICACION COJINETES (TIPO / NUMERO) (8.1.10.1) ☐ RADIAL/..... ☐ EMPUJE/..... LUBRICACION (8.1.11.3, 8.1.11.4): ☐ GRASA ☐ ACEITE ☐ LUB. POR NIEBLA PURGA ☐ LUB. POR NIEBLA PURA ☐ SE PREFIERE ACEITERA DE NIVEL CONSTANTE (8.1.10.2.2) ☐ VISC. DEL ACEITE..... GRADO ISO.....																		
INSTRUMENTACION ☐ ACCELEROMETRO (8.2.4.2.1)..... ☐ PROVISIONES PARA MONTAJE SOLAMENTE (8.1.10.2.11) ☐ SUPERFICIES PLANAS REQ. (8.1.10.2.11) ☐ TERMOMETROS (CON TERMOPOZO) (8.4.1.3.6) ☐ TIPO DE MANÓMETROS (INDICADOR DE PRESION)..... OBSERVACIONES:.....																		
PESOS (kg) BOMBA BASE COMÚN..... ACCIONADOR..... TOTAL																		

[illegible]



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE PROCESO MONTADAS ENTRE COJINETES (TIPO BB)

PROYECTO No. _____ REQUISICIÓN No. _____ PARTIDA No. _____ FECHA _____
ORD. DE COMPRA. No. _____ H. D. COMPLETADA POR _____ ESPECIALIDAD _____ HOJA **3** DE _____

CONSTRUCCION					PREPARACION DE LAS SUPERFICIES Y PINTURA																													
ROTACION (VISTA DESDE EL EXTREMO DEL COPLER) ☐ CW ☐ CCW TIPO DE BOMBA: (6.57.2) ☒ BB1 ☒ BB2 ☒ BB3 ☒ BB5					☐ ESTANDAR DEL FABRICANTE ☐ OTRO (VER LA SIGUIENTE) ☐ ESPECIFICACIÓN No.																													
MONTAJE DE LA CARCASA: ☐ EN LINEA DE CENTROS ☐ CERCA DE LA LINEA DE CENTROS ☐ PIE					BOMBA: ☐ PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA BOMBA..... ☐ PRIMARIO (PRIMER)..... ☐ RECUBRIMIENTO (CAPA) FINAL.....																													
CORTE DE LA CARCASA: ☒ AXIAL ☒ RADIAL					BASE COMÚN: (8.2.3.17) ☐ PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA BASE..... ☐ PRIMARIO (PRIMER) ☐ RECUBRIMIENTO (CAPA) FINAL..... ☐ DETALLES DEL DISPOSITIVO DE ELEVACION (8.2.3.20).....																													
TIPO DE CARCASA: ☐ VOLUTA SENCILLA ☐ VOLUTA MULTIPLE ☐ DIFUSOR ☐ ENTRE COJINETES ☒ BARRIL					EMBALAJE: (8.3.4.1) ☐ NACIONAL ☐ EXPORTACIÓN ☐ EMBALAJE DE EXPORT. REQ. ☐ PARA ALMACENAJE A LA INTEMPERIE POR MAS DE 6 MESES																													
PRESION DE DISEÑO DE LA CARCASA: ☐ PRESION MAXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE (MAWP):(MPa) @.....(°C) ☐ PRESION DE PRUEBA HIDROSTÁTICA.....(MPa) ☐ LAS REGIONES DE LA SUCCIÓN DEBEN SER DISEÑADAS POR PRESIÓN PARA LA PRESIÓN MAXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE (MAWP) (8.1.3.6)					ENSAMBLE Y EMBALAJE DEL ROTOR DE REPUESTO: ☐ EMPACAR EN CONTENEDOR (8.4.2.8.3) ☐ ALM. VERTICAL(8.4.2.8.2) ☐ TIPO DE PREPARACIÓN DEL EMBALAJE..... ☐ PURGA DE N ₂ (8.4.2.8.4)																													
☐ BOQUILLAS DE CONEXION: (8.1.4.2)					CALEFACCIÓN Y ENFRIAMIENTO ☐ REQ. CHAQUETA DE CALEFACCION (8.1.8.9) ☒ ENFRIAMIENTO REQ. ☒ PLAN DE LA TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAM. (8.2.5.3.1)																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>TAMAÑO</th> <th>CLASE DE BRIDA</th> <th>CARA</th> <th>POSICION</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>SUCCIÓN</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>DESCARGA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>TAMBOR DE BALANCE</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						TAMAÑO	CLASE DE BRIDA	CARA	POSICION	SUCCIÓN					DESCARGA					TAMBOR DE BALANCE					TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO: ☒ TUBERIA ☒ TUBING: ACCESORIOS..... MATERIALES DE LA TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO: ☒ ACERO INOXIDABLE ☒ ACERO AL CARBONO ☒ GALVANIZADO									
	TAMAÑO	CLASE DE BRIDA	CARA	POSICION																														
SUCCIÓN																																		
DESCARGA																																		
TAMBOR DE BALANCE																																		
CONEXIONES AUXILIARES DE LA CARCASA: (8.1.4.3)					REQUERIMIENTOS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO ☐ SOPORTE DE COJINETES(m ³ /h) @.....(MPa) ☐ INTERCAMBIADOR DE CALOR(m ³ /h) @.....(MPa)																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>NO.</th> <th>TAMAÑO (DN)</th> <th>TIPO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>☒ DREN</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>☒ VENTEO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>☒ MANÓMETROS</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>☒ TERMÓMETROS</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>☒ CALENTAMIENTO</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>☒ BALANCE / FUGAS</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						NO.	TAMAÑO (DN)	TIPO	☒ DREN				☒ VENTEO				☒ MANÓMETROS				☒ TERMÓMETROS				☒ CALENTAMIENTO				☒ BALANCE / FUGAS				TUBERÍA DE VAPOR: ☐ TUBING ☐ TUBERÍA	
	NO.	TAMAÑO (DN)	TIPO																															
☒ DREN																																		
☒ VENTEO																																		
☒ MANÓMETROS																																		
☒ TERMÓMETROS																																		
☒ CALENTAMIENTO																																		
☒ BALANCE / FUGAS																																		
☒ CONEXIONES MAQUINADAS Y ROSCADAS (8.1.4.3.8) ☐ ROSCAS CILINDRICAS REQUERIDAS (8.1.4.3.3)					COJINETES Y LUBRICACION COJINETES (TIPO / NUMERO) (8.1.10.1) ☐ RADIAL/..... ☐ EMPUJE/.....																													
ROTOR: ☐ COMPONENTE BALANCEADO A G1.0 DE ISO 1940 (8.1.9.4.4) ☐ MONTAJE EN CALIENTE DE IMPULSORES P/ LIMITAR MOV. (8.4.2.2.3)					LUBRICACIÓN (8.1.11.3, 8.1.11.4): ☒ ANILLO DE ACEITE ☒ HIDRODINAMICO ☐ LUB. POR NIEBLA PURGA ☐ LUB. POR NIEBLA PURA ☐ SE PREF. ACEIT. DE NIV. CONST. (8.1.10.2.2) ☐ SIST. DE LUB. PRESUR. ISO 10438-3 ☐ ISO 10438-2 (8.4.2.6.1/8.4.2.6.5)																													
COPLES: (8.2.2.2) ☐ MARCA ☒ MODELO..... ☐ DISEÑO DEL COPLER (kW per 100 r/mm)..... ☒ LONGITUD DEL ESPACIADOR.....(mm)..... ☒ FACTOR DE SERVICIO.....					☐ VISC. DEL ACIETE: GRADO ISO: ☐ PRESION DE ACEITE MAYOR A LA PRESION DEL LIQ. REFRIGERANTE ☐ REV. Y APROB. DEL TAMAÑO DEL COJINETE DE EMPUJE (8.4.2.5.2d) ☒ CALENTADOR DE ACEITE REQUERIDO. ☐ VAPOR ☐ ELÉCTRICO																													
MEDIO COPLER DEL ACCIONADOR MONTADO POR: ☐ FAB. DE BOMBA. ☐ FAB. DEL ACCIONADOR ☐ PEMEX ☐ ACOPLAMIENTO CON COPLER HIDRAULICO (8.2.2.10) ☐ COPLER BALANCEADO A G6.3 DE ISO 1940-1 (8.2.2.3) ☐ COPLAMIENTO POR ISO 14691 (8.2.2.4) ☐ COPLER POR ISO 10441 (8.2.2.4) ☐ COPLER POR API 671 (8.2.2.4) ☐ GUARDA COPLER ANTI CHISPAS (8.2.2.14c) ☐ GUARDA COPLER ESTANDAR POR..... (8.2.2.14a)					INSTRUMENTACION (8.2.4.2) ☐ VEA HOJA DE DATOS DEL API 670 ANEXO..... ☐ ACELEROMETRO (S) (8.2.4.2.1)..... ☐ PREVISIONES PARA PROBETAS DE VIBRACIÓN (8.2.4.2.2) ☐ RADIAL. POR. COJINETE ☐ AXIAL POR COJINETE ☐ PROVISIONES PARA MONTAJE SOLAMENTE (8.1.10.2.11) ☐ SUPERFICIES PLANAS REQ. (8.1.10.2.12) TEMP. DEL METAL: ☐ DEL COJINETE RAD. ☐ DEL COJINETE DE EMPUJE ☐ TERMÓMETROS (CON TERMOPOZO)..... ☐ MONITORES Y CABLES SUMINISTRADOS POR (8.2.4.2.4) OBSERVACIONES:																													
BASE COMÚN ☐ NÚMERO API DE LA BASE.....(ANEXO D) ☐ CONSTRUCCIÓN NO PARA CIMENTACIÓN (8.2.3.13) ☐ OTRO					PESOS(kg) BOMBA..... BASE COMÚN ACCIONADOR..... TOTAL CAJA DE ENGRANES																													
SELLO MECÁNICO: (5.8.1) ☐ VEA HOJA DE DATOS ANEXA ISO 21049 / API 682																																		

[illegible]



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE PROCESO VERTICALMENTE SUSPENDIDAS (TIPO VS)

PROYECTO No. _____ REQUISICIÓN No. _____ PARTIDA No. _____ FECHA _____
ORD. DE COMPRA. No. _____ H. D. COMPLETADA POR _____ ESPECIALIDAD _____ HOJA 3 DE _____

CONSTRUCCIÓN					PREPARACION DE SUPERFICIES Y PINTURA	
ROTACION: (VISTA DESDE EL EXTREMO DEL COPLE) ☐ CW ☐ CCW					☒ ESTANDAR DEL FABRICANTE ☐ OTRO (VER LA SIGUIENTE)	
TIPO DE BOMBA: (1.3)					☐ ESPECIFICACIÓN No.	
☒ VS1 ☐ VS2 ☐ VS3 ☐ VS4 ☐ VS5 ☐ VS6 ☐ VS7					BOMBA:	
MONTAJE DE LA CARCASA: ☐ PLACA DE COLECTOR DE ACEITE					☐ PREPARACION DE LA SUPERFICIE DE LA BOMBA.....	
☐ EN LINEA (IN LINE) ☐ BRIDA DE MONTAJE SEPARADA (8.4.3.8.3.1)					☒ PRIMARIO (PRIMER).....	
☐ PLACA DE BASE SEPARADA (8.4.3.8.3.3)					PLACA BASE / COLUMNA: (8.2.3.17)	
CORTE DE LA CARCASA:					☐ PREPARACIÓN DE LA SUPERFICIE DE LA PLACA BASE	
☐ AXIAL ☐ RADIAL					☐ PRIMARIO (PRIMER)	
TIPO DE CARCASA:					☐ RECUBRIMIENTO (CAPA) FINAL	
☐ VOLUTA SENCILLA ☐ VOLUTA MULTIPLE ☐ DIFUSOR					EMBALAJE: (8.3.4.1)	
PRESION DE DISEÑO DE LA CARCASA:					☐ NACIONAL ☐ EXPORTACION ☐ EMBALAJE DE EXPORT. REQ.	
☐ PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE(MPa)					☐ PARA ALMACENAJE A LA INTEMPERIE POR MAS DE 6 MESES	
@.....(°C)					ENSAMBLE Y EMBALAJE DEL ROTOR DE REPUESTO:	
☐ PRESION DE PRUEBA HIDROSTATICA.....(MPa)					☐ ALMACENAJE HORIZONTAL ☐ ALMACENAJE VERTICAL	
☐ LAS REGIONES DE LA SUCCION DEBEN SER DISEÑADAS POR PRESION PARA LA PRESIÓN MÁXIMA DE TRABAJO PERMISIBLE (MAWP) (8.1.3.6)					☐ TIPO DE PREPARACION DEL EMBALAJE.....	
☐ BOQUILLA DE CONEXION: (8.1.4.2)					CALENTAMIENTO Y ENFRIAMIENTO	
					☐ CHAQUETA DE CALENT. REQ. (8.1.8.9) ☒ ENFRIAMIENTO REQUERIDO	
					☒ PLAN DE LA TUB. DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO (8.2.5.3.1)	
					TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO	
					☒ TUBERIA ☒ TUBING: ACCESORIOS.....	
					MATERIALES DE LA TUBERIA DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO	
					☒ ACERO INOXIDABLE ☒ ACERO AL CARBONO ☒ GALVANIZADO	
					REQUERIMIENTOS DEL AGUA DE ENFRIAMIENTO:	
					☐ SOPORTE DE COJINETES(m³/h) @.....(MPa)	
					☐ INTERCAMBIADOR DE CALOR.....(m³/h) @.....(MPa)	
					TUBERIA DE VAPOR: ☐ TUBING ☐ TUBERÍA	
					COJINETES Y LUBRICACION	
					COJINETES (TIPO / NUMERO)	
					☐ RADIAL.....	
					☐ DE EMPUJE	
					LUBRICACION (8.1.11.3, 8.1.11.4):	
					☒ GRASA ☒ INUNDADO ☐ LUB. POR NIEBLA PURGA	
					☒ A CHORRO ☐ LUB. POR NIEBLA PURA	
					☐ SE PREFIERE ACEITERA DE NIVEL CONST.(8.1.10.2.2).....	
					☒ VISC. DEL ACEITE GRADO ISO	
					☐ REV. Y APROB. DEL DIMENSIONADO DEL COJINETE DE EMPUJE	
					☒ CALENTADOR DE ACEITE REQ.: ☐ VAPOR ☐ ELECTRICO	
					INSTRUMENTACION	
					☐ ACELEROMETROS (8.2.4.2.1).....	
					☐ PREVISIONES PARA MONTAJE SOLAMENTE (8.1.10.2.11)	
					☐ SUPERFICIES PLANAS REQ. (8.1.10.2.11)	
					☐ TIPO DE MANÓMETROS	
					OBSERVACIONES	
					PESOS (kg)	
					BOMBA	
					ACCIONADOR	
					ENGRANAJE	
					PLACA BASE	
					TOTAL	



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE PROCESO VERTICALMENTE SUSPEND. (TIPO VS) CONT..

PROYECTO No. _____ REQUISICIÓN No. _____ PARTIDA No. _____ FECHA _____
ORD. DE COMPRA. No. _____ H. D. COMPLETADA POR _____ ESPECIALIDAD _____ HOJA **4** DE _____

PARTES DE REPUESTO (TABLA No. 22)		BOMBAS VERTICALES (CONTINUACIÓN...)			
☐ ARRANQUE ☐ MANTENIMIENTO NORMAL ☐ ESPECIFICAR		☐ ANÁLISIS DINÁMICO DE LA BOMBA Y ESTRUCTURA (8.4.3.5) ☐ TUEBERÍA DE DRENADO HACIA LA SUPERFICIE (8.4.3.13.5)			
OTROS REQUERIMIENTOS DE PEMEX		INSPECCION DEL ASEGURAMIENTO DE CALIDAD Y PRUEBAS (CONT.)			
☐ JUNTAS DE COORDINACIÓN REQUERIDAS (8.5.1.3) ☐ INCLUIR PARA PRESION MAXIMA DE DESCARGA (8.1.3.2) ☐ MAXIMA DENSIDAD RELATIVA ☐ DIAMETRO MAX. DE IMPULSORES Y/O NO. DE ETAPAS ☐ OPERACIÓN A VELOCIDAD DE DISPARO ☐ APROBACIÓN DEL DISEÑO DE CONEXIONES (8.1.12.3.4) ☐ ANALISIS TORSIONAL REQUERIDO (8.1.9.2.1) ☐ REPORTE DEL ANALISIS TORSIONAL (8.1.9.2.6) ☐ REPORTES DE AVANCES (8.5.3.3) ☐ PROCEDIMIENTOS PRELIM. PARA PRUEBAS OPCIONALES (8.5.2.5) ☐ REQ. DE CONSERVAR 20 AÑOS LOS DATOS ADICIONALES (8.3.2.2.1f) MULTIPLE DE TUBERIA A CONEXIÓN SIMPLES (8.2.5.1.6) ☒ VENTEO ☒ DRENADO ☒ AGUA DE ENFRIAMIENTO ☒ MONTAJE DEL DEPOSITO DE SELLOS FUERA DE LA BASE (8.2.5.1.4) ☒ SE REQUIEREN BRIDAS EN LUGAR DE UNIONES SOLDADAS (8.2.5.2.8) CONEXIONES ROSCADAS ☐ RECUB. DE PTFE ☐ ACERO INOXIDABLE ☐ PINTADO ☐ GALVANIZADO ASTM 153 ☒ LISTA DE INSTALACIONES SIMILARES EN LA PROPUESTA (8.5.2.3f)		☐ INSPECCIÓN EN FÁBRICA (8.3.1.4) ☐ APROB. DE LA CURVA DE COMPORT. ☒ PRUEBA CON SELLOS SUBSTITUTOS (8.3.3.3.2b)			
		PRUEBA	NO ATEST.	ATESTIGUADA	OBSERVADA
		☐ PBA. HIDROSTÁTICA DE TAZONES Y DE COLUMNA (8.4.3.13.2)	☐	☐	☐
		☐ HIDROSTÁTICA (8.3.3.2)	☐	☐	☐
		☐ COMPORTAMIENTO (8.3.3.3)	☐	☐	☐
		☐ REPETIR PRUEBA POR FUGA EN SELLOS (8.3.3.3.2d)	☐	☐	☐
		☐ NPSH (8.3.3.4.2)	☐	☐	☐
		☐ PRUEBA DE UNIDAD COMPLETA (8.3.3.4.3)	☐	☐	☐
		☐ PRUEBA DE NIVEL DE RUIDO (8.3.3.4.4)	☐	☐	☐
		☐ LIMPIEZA ANTES DEL ENSAMBLE FINAL (8.3.2.2.2)	☐	☐	☐
		☐ PRUEBA DE CARGAS EN BOQUILL. (8.2.3.6)	☐	☐	☐
		☐ PBA. DE FUNTO. MEC. POR 4h (8.3.3.4.7.2)	☐	☐	☐
		☐ PBA. DE FUNTO. MEC. HASTA ESTABIL. LA TEMP. DEL ACEITE (8.3.3.4.7.1)	☐	☐	☐
		☐ PBA. DE FUNTO. MEC. POR 4h DESPUES DE EST. LA TEMP DEL ACEITE (8.3.3.4.7.3)	☐	☐	☐
		☐ DATOS VERÍDICO DE VELOCIDAD PICO (8.3.3.3.4d)	☐	☐	☐
		☐ PRUEBA DE RESONANCIA (8.4.3.9.2)	☐	☐	☐
		☐ PRUEBA DEL EQUIPO AUXILIAR (8.3.3.4.5)	☐	☐	☐
		☒ PBA. DE IMPACTO (8.1.12.4.3) ☐ POR EN 13445 ☐ POR ASME VIII			
		☐ EL PROV. DEBE MANTENER REGISTRO DE REPARACIONES Y PBAS. (8.3.2.1.1c)			
		☐ EL PROV. DEBE SOMETER A APROB. LOS PROC. DE PRUEBA (8.3.3.1.2 / 8.5.2.5)			
		☐ EL PROV. SOMETE A APROB. LOS PROCED. DE PRUEBA 24 h ANTES (8.3.3.3.3e)			
		☐ INCLUIR DIBUJO DEL ESPECTRO DE VIBRACION (8.1.9.3.3)			
		☐ REGISTROS FINALES DEL ENSAMBLAJE CON CLAROS DE FUNCIONAMIENTO			
		☐ COMPLETAR LA LISTA DE VERIFICACIÓN DEL INSPECTOR (8.3.1.6)			
		☐ CERTIFICACIÓN DE MATERIALES REQUERIDO (8.1.12.1.8) ☐ CARCASA ☐ IMPULSORES ☐ FLECHA ☐ OTROS			
		☐ REQ. DE APROB. DE PROCED. DE REPARAC. DE FUNDICIONES (8.1.12.2.5)			
		☒ INSPECCIÓN REQUERIDA PARA CONEXIONES SOLDADAS (8.1.12.3.4) ☒ PART. MAGNÉTICAS ☒ LIQUIDOS PENETRANTES ☒ RADIOGRAFIADO ☒ ULTRASONIDO			
		☒ INSPECCION REQ. PARA LAS FUNDICIONES (8.3.2.1.3 / 8.1.12.1.5) ☒ PART. MAGNETICAS ☒ LIQUIDOS PENETRANTES ☒ RADIOGRAFIADO ☒ ULTRASONIDO			
		☐ PRUEBAS DE DUREZA REQUERIDAS: (8.3.2.2.3).			
		☐ INSPECCIÓN ADICIONAL DE SUPERFICIES 7.2.1.3 PARA MÉTODO			



HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE PROCESO VERTICALMENTE SUSPEND. (TIPO VS) CONT..

PROYECTO No. _____ REQUISICIÓN No. _____ PARTIDA No. _____ FECHA _____

ORD. DE COMPRA. No. _____ H. D. COMPLETADA POR _____ HOJA **4 A** DE _____

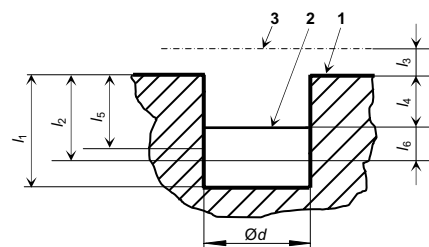
ARREGLO DEL SUMIDERO

CLAVE

- 1 Nivel de referencia
- 2 Nivel bajo del líquido
- 3 Línea de centro de la descarga
- l_1 Profundidad del sumidero
- l_2 Longitud de la bomba
- l_3 Altura de la línea de centros de la descarga
- l_4 Altura del nivel de referencia arriba del nivel bajo del líquido
- l_5 Nivel de elevación del impulsor de la 1^{ra} etapa
- l_6 Sumergencia requerida
- $\varnothing d$ Diámetro del sumidero

Referirse al estándar del Instituto de Hidráulica para las definiciones

- | | |
|---|--|
| ☐ l_1 _____ m | ☐ l_2 _____ m |
| ☐ $\varnothing d$ _____ m | ☐ l_6 _____ m |
| ☐ l_4 _____ m | ☐ l_3 _____ m |





HOJA DE DATOS

BOMBAS CENTRÍFUGAS DE PROCESO VERTICALMENTE SUSPEND. (TIPO VS) CONT..

PROYECTO No. _____ REQUISICIÓN No. _____ PARTIDA No. _____ FECHA _____

ORD. DE COMPRA No. _____ H. D. COMPLETADA POR _____ HOJA 5 DE _____

- ☐ CÓDIGOS PARA DISEÑO A PRESIÓN
☐ REQUERIMIENTOS DE SOLDADURA
☒ INSPECCIONES DE MATERIALES DEFINIDOS POR PEMEX

1	APLICABLE A: ☐ PROPUESTAS ☐ COMPRA ☒ COMO QUEDÓ CONSTRUIDO			
2	PLANTA:.....		CLAVE DE LA UNIDAD:.....	
3	LOCALIZACIÓN:.....		SERVICIO:.....	
4	NOTA: LA INFORMACION SIGUIENTE DEBE SER COMPLETADA ☐ POR PEMEX ☐ POR EL PROVEEDOR ☒ POR EL PROVEEDOR O PEMEX			
5				
6	CÓDIGOS DE DISEÑO DE REFERENCIA PARA RECIPIENTES A PRESIÓN.			
7	☐ ESTAS REFERENCIAS DEBEN SER LISTADAS POR EL PROVEEDOR			
8	FACTORES DE FUNDICIÓN USADOS EN EL DISEÑO (8.1.3.4) (TABLA No. 4)		☐	
9	PROPIEDADES DE LOS MATERIALES ORIGINALES		☐	
10	SOLDADURAS Y REPARACIONES (8.1.12.3)			
11	ESTAS REFERENCIAS DEBEN SER LISTADAS POR PEMEX (SI PEMEX NO ESTABLECE LAS PREFERENCIAS APLICA LA TABLA No.12)			
12	☐ CÓDIGOS Y NORMAS ALTERNATIVAS PARA SOLDADURAS (8.1.12.3.1)			
13	Requerimientos de soldaduras (Código o norma aplicable)			
14	Soldador/operador calificado		Definido por PEMEX	Por omisión aplicar Tabla No. 12
15	Procedimiento de soldadura calificado		☐	☐
16	Soldadura a estructuras no sujetas a presión, tales como placa de base o soportes		☐	☐
17	Pruebas por partículas magnéticas o líquidos penetrantes a contornos de placas		☐	☐
18	Tratamiento térmico después de soldaduras		☐	☐
19	Tratamiento térmico después de soldaduras de carcasas fabricadas por soldadura		☐	☐
20				
21	INSPECCIÓN DE MATERIALES (8.3.2.2.1) (8.3.2.1.3)			
22	ESTAS REFERENCIAS DEBEN SER LISTADAS POR PEMEX (SI PEMEX NO ESTABLECE LAS PREFERENCIAS APLICA LA TABLA No. 17)			
23	☐ INSPECCIONES Y CRITERIOS DE ACEPTACIÓN ALTERNATIVOS (VER TABLA No. 17)			
24	Tipo de inspección	Métodos	Para fabricaciones	Fundiciones
25	Radiografiado	☐	☐	☐
26	Ultrasonido	☐	☐	☐
27	Partículas magnéticas	☐	☐	☐
28	Líquidos penetrantes	☐	☐	☐
29	OBSERVACIONES			
30				
31				
32				
33				
34				
35				
36				
37				
38				
39				
40				
41				
42				
43				
44				
45				
46				
47				
48				
49				
50				
51				
52				
53				
54				
55				
56				

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 217 DE 233
---	---------------------------	---

12.15 Anexo O.- Grouting a base de cemento y epóxicos.

(Normativo)

O.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.

O.2 Grouting a base de cemento.

O.2.1 Características mínimas.

O.2.1.1 El “grouting” a base de cemento, será no sangrado (sin escurrimiento de agua) durante el transporte o su colado.

O.2.1.2 El “grouting” no debe contraerse y debe estar de acuerdo con la norma PEMEX 3.135.09.

O.2.1.3 El “grouting” será de una resistencia mínima a la compresión de 34,5 MPa (5000 lb/pulg²) a los 28 días de colado.

O.2.2 Tipos.

O.2.2.1 Morteros de muy alta fluidez.

O.2.2.2 Mortero fluido, como lo define el estándar C-109 de ASTM debe estar dentro del rango de 124-145 por ciento con cinco muestras.

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

O.2.3 Colocación.

O.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 será 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.

O.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.

O.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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 218 DE 233
---	---------------------------	---

O.2.4 Aplicación.

O.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.

O.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.

O.2.4.3 Se debe remover toda el agua y materiales extraños de las fundas de las anclas antes de colar el relleno.

O.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.

O.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. El cual 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.

O.3 Grouting a base de epóxicos.

O.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.

O.3.2 Requerimientos mínimos.

O.3.2.1 El deslizamiento del “grouting” epóxico será menor a 5µm/mm (0.005 pulg/pulg) cuando sea probado con el método del ASTM C 1181 o equivalente, en un rango de temperaturas de 21-60 °C (70-140 °F) y con una carga de 2,8 Mpa (400 lb/pulg²).

O.3.2.2 El “grouting” epóxico debe tener una contracción lineal menor a 0.08 por ciento y una expansión térmica menor a 54×10^{-6} mm/mm/°C (3×10^{-5} pulg/pulg/°F), cuando se pruebe con el método del ASTM C 531 o equivalente.

O.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 equivalente.

O.3.2.4 La fuerza de unión del “grouting” epóxico con el “grouting” de cemento será mayor a 13,8 MPa (2000 lb/pulg²), cuando se use el método de prueba del ASTM C 882 o equivalente.

O.3.2.5 El “grouting” epóxico debe pasar la prueba de compatibilidad térmica del ASTM C 884 o equivalente, cuando este sobrepuesto al “grouting” de cemento.

O.3.2.6 El “grouting” epóxico debe tener una contracción lineal menor a 0.08 por ciento y una expansión térmica menor a 54×10^{-6} mm/mm/°C (3×10^{-5} pulg/pulg/°F), cuando se pruebe con el método del ASTM C 531 o equivalente.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 219 DE 233
---	---------------------------	---

O.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 $12,4 \times 10^3$ MPa ($1,8 \times 10^6$ lb/pulg²). Ambas propiedades se deben determinar en base al ASTM D 638 o equivalente.

O.3.3 Colocación.

O.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.

O.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.

O.3.3.3 No se debe utilizar rodillos, cadenas o vibradores para la colocación del “grouting” epóxico.

O.3.4 Aplicación.

O.3.4.1 El “grouting” epóxico se debe aplicar cuando la temperatura ambiente este en el rango de 16 a 32 °C (60 a 90 °F).

O.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.

O.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.

O.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”.

O.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.

O.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.

O.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.

O.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.

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 220 DE 233
---	---------------------------	---

12.16 Anexo P.- Código de clasificación para sellos mecánicos.

(Informativo)

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, será 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 "N").

PARTE CUARTA LETRA	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 P-1. Cuarta letra del código de clasificación del sello mecánico.

QUINTA LETRA	PARTE	CARA ESTACIONARIA	CARA GIRATORIA
L		Carbón.	Carburo de tungsteno 1.
M		Carbón.	Carburo de tungsteno 2.
N		Carbón.	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 será 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 será "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 será sólida y no sobrepuesta por aspersión. 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.			

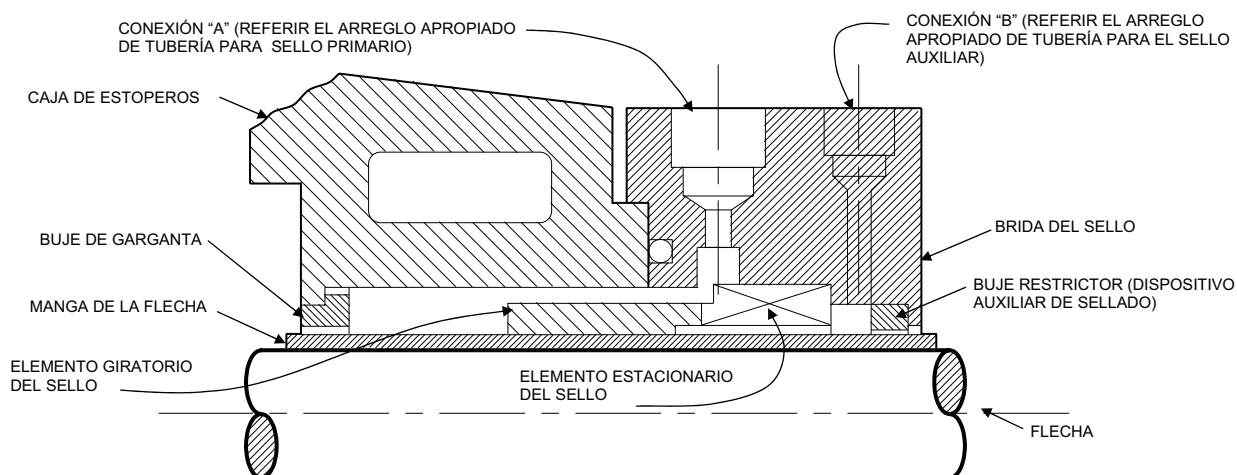
Tabla P-2. Quinta letra del código de clasificación del sello mecánico.

MATERIAL DEL EMPAQUE	TEMPERATURA AMBIENTE O DE BOMBEO °C (°F)	
	MÍNIMA	MÁXIMA
TEFLON (PTFE)	-73 (– 100)	205 (400)
NITRILO	-40 (– 40)	121 (250)
NEOPRENO	-18 (0)	93 (200)
FLUOROELASTOMERO (FKM)	-18 (0)	205 (400)
FUELLE METÁLICO ^(a)		
FFKM	-12 (10)	260 (500)
GRAFITO LAMINADO	-240 (– 400)	399 (750) ^(b)
TFE CON VIDRIO	-212 (-350)	232 (450)
MICA/GRAFITO	-204 (-400)	704 (1300)
ETILEN PROPILEN	-57 (-70)	177 (350)
(a). Consultar al proveedor.		
(b). La temperatura máxima es 871 °C (1600 °F) para atmósferas no oxidantes; consultar al proveedor.		

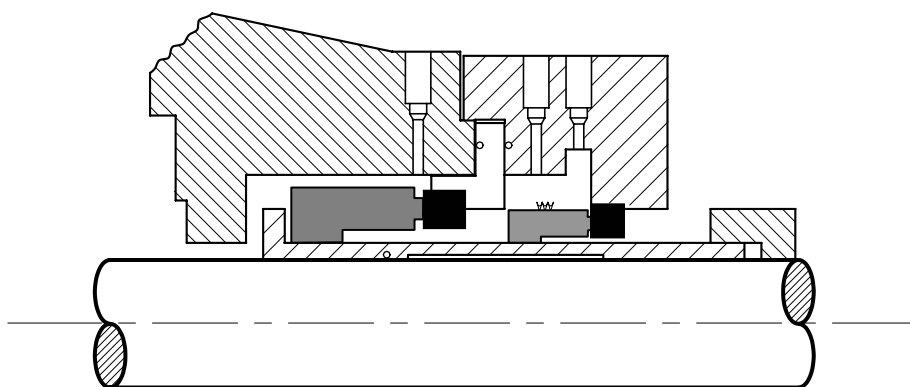
Tabla P-3. Límites de temperatura para empaques de sellos mecánicos y fuelles metálicos.

12.17 Anexo Q.- Sellos mecánicos y arreglos de tuberías.

(Normativo)

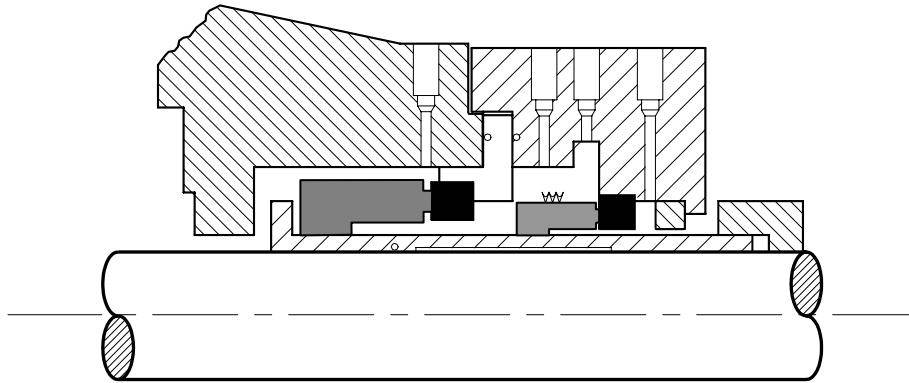


SELLO SENCILLO



SELLO DUAL NO PRESURIZADO

Figura Q-1. Arreglos típicos de sellos mecánicos.



SELLO DUAL PRESURIZADO

**Figura Q-1. Arreglos típicos de sellos mecánicos.
(Continuación)**

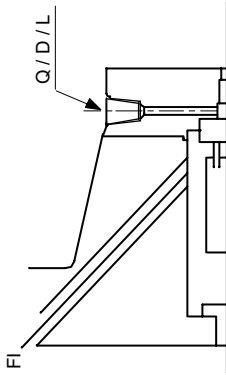
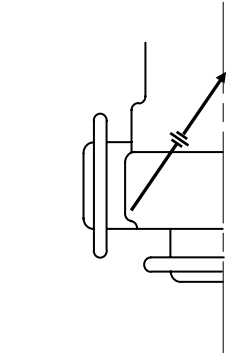
 Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 225 DE 233
---	---------------------------	---

Plan 1 (Para líquidos limpios).

ESQUEMÁTICO

HORIZONTAL

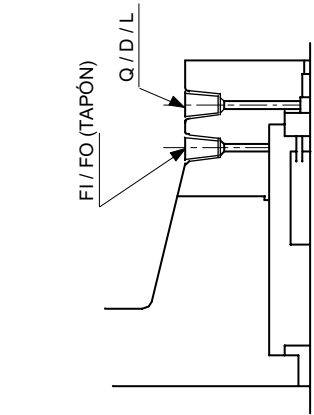
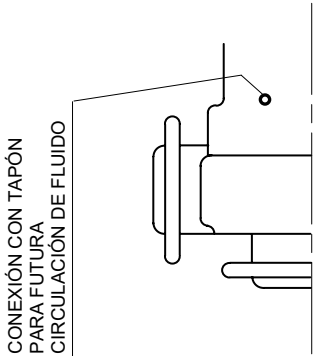
VERTICAL



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).



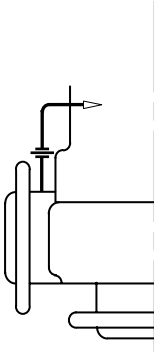
No
recomendable
para bombas
verticales

Cámara de sello sin circulación de fluido.

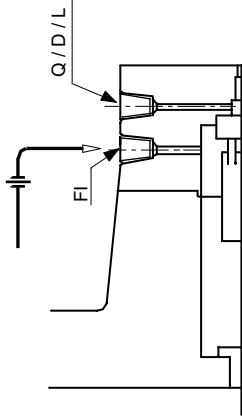
Figura Q-2.- Tubería para sellos simples y sellos primarios de arreglo dual no presurizado.

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

ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL

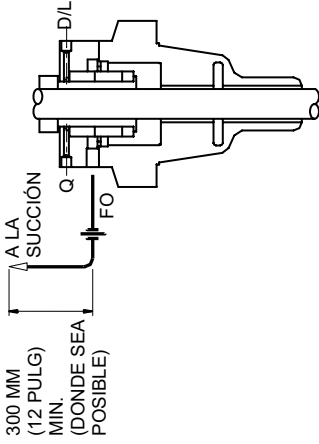
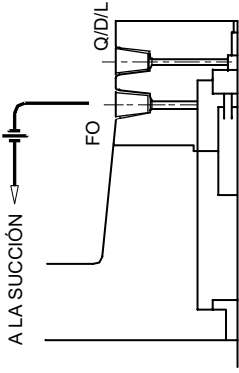
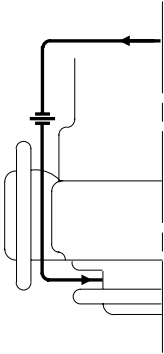


VERTICAL

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).

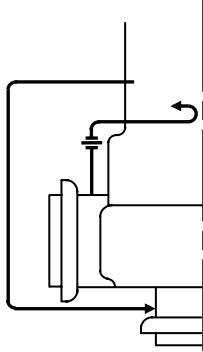


Recirculación de la cámara de sello a través de un orificio de control de flujo (si se requiere) y se envía a la succión de la bomba.

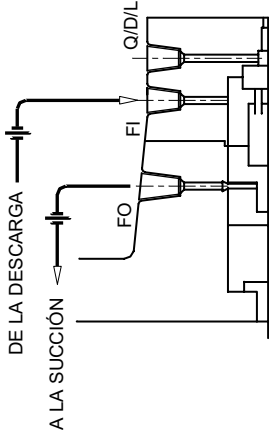
Figura Q-2.- Tubería para sellos simples y sellos primarios
(continuación)

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

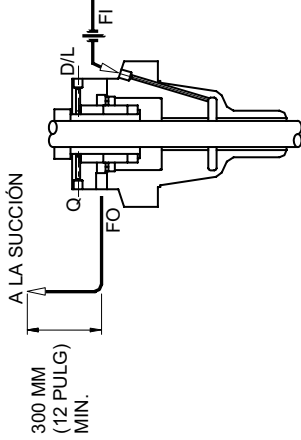
ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL

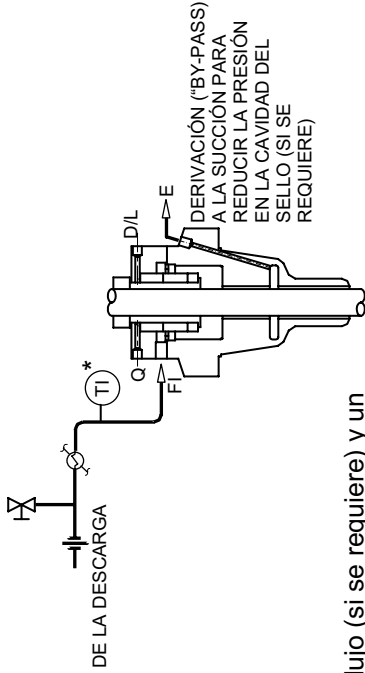
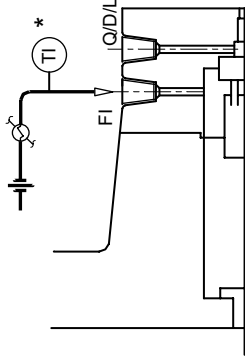
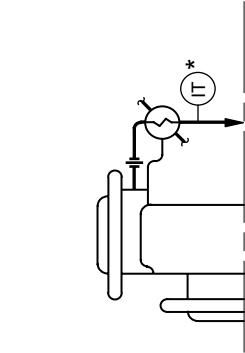


VERTICAL



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.

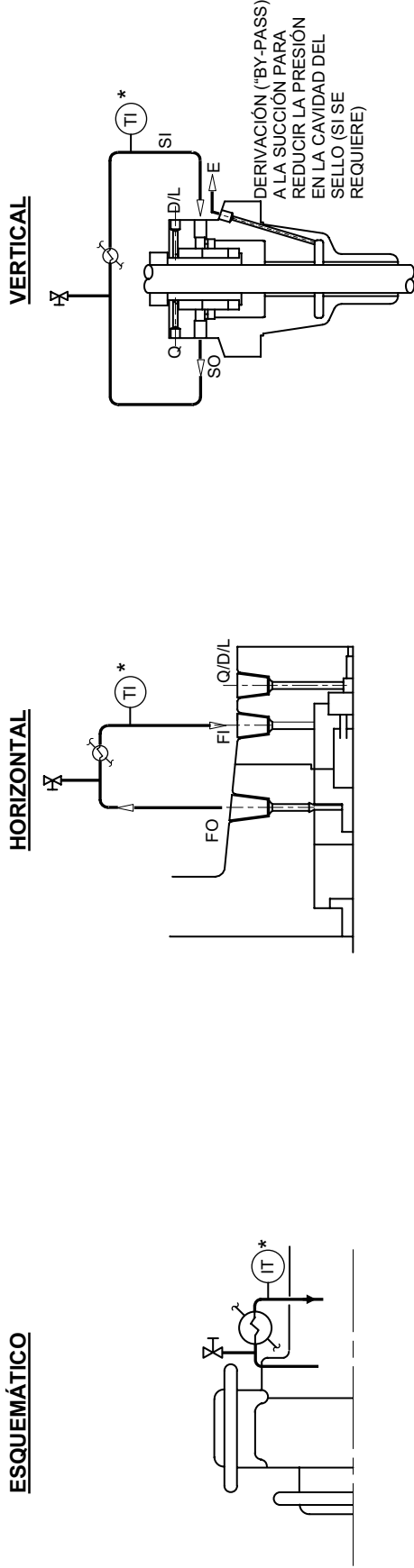
Plan 21 (Tubería para sello sencillo y primario de sellos duales no presurizados).



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).

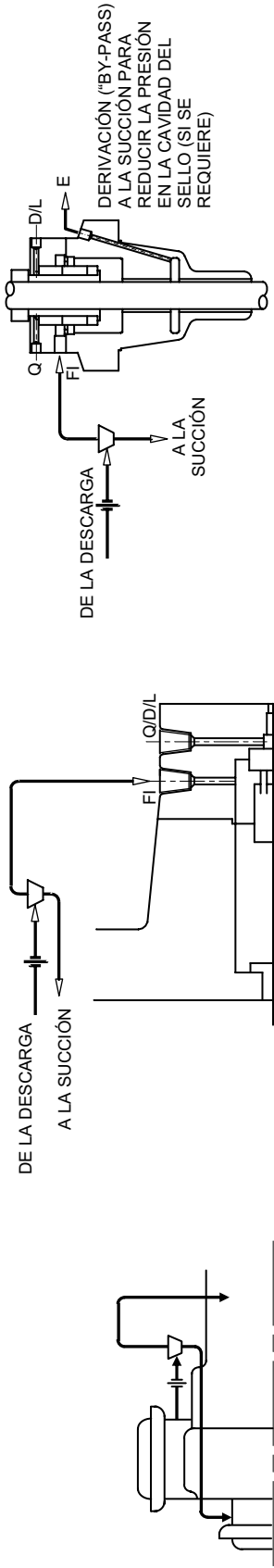
Figura Q-2.- Tubería para sellos primarios
(Continuación)

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



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).

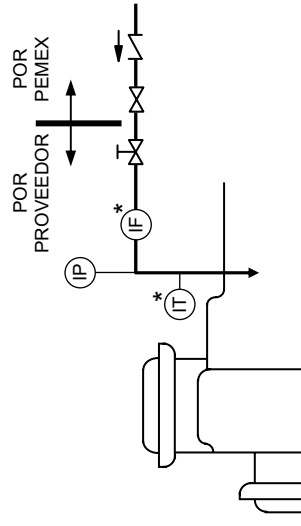


Recirculación desde la descarga de la bomba a través de un orificio (si se requiere) a un separador ciclónico para enviar fluido limpio a la cámara de sello. Los sólidos son enviados a la succión de la bomba.

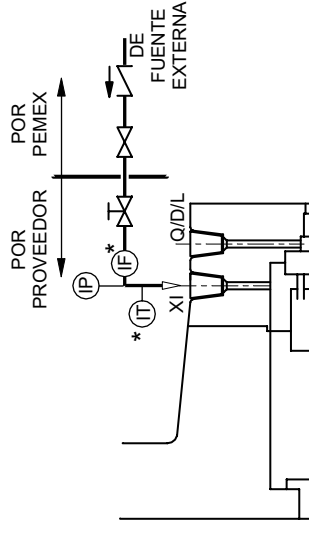
Figura Q-2.- Tubería para sellos primarios
(Continuación)

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

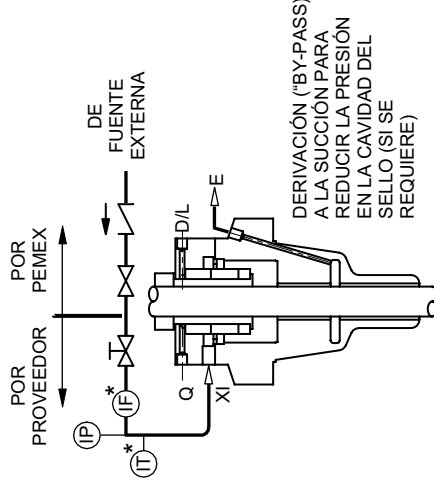
ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL

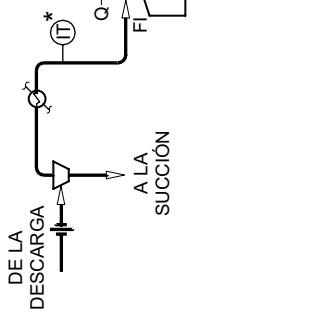
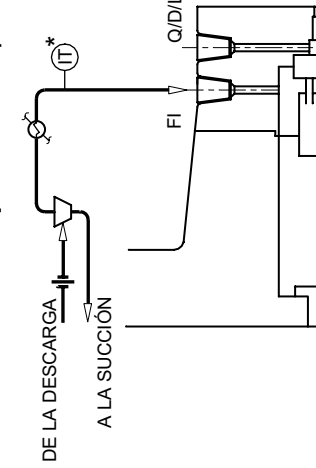
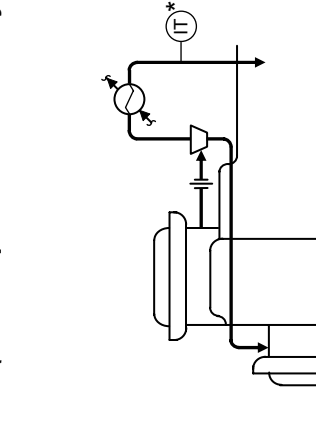


VERTICAL



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).



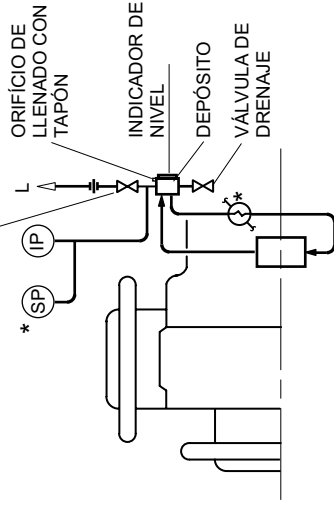
Recirculación desde la descarga de la bomba a través de un orificio (si se requiere) a un separador ciclónico para enviar fluido limpio a la cámara de sello. Los sólidos se envían a la succión de la bomba (* opcional).

Figura Q-2.- Tubería para sellos primarios
(Continuación)

Plan 52

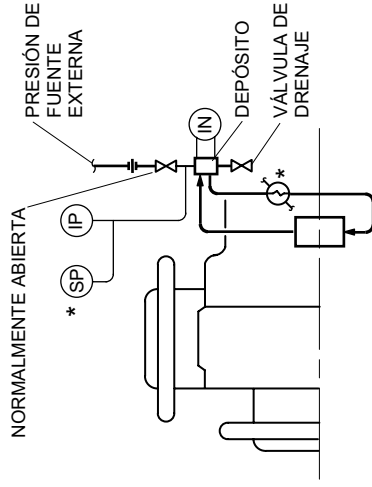
ESQUEMÁTICO

NORMALMENTE ABIERTA



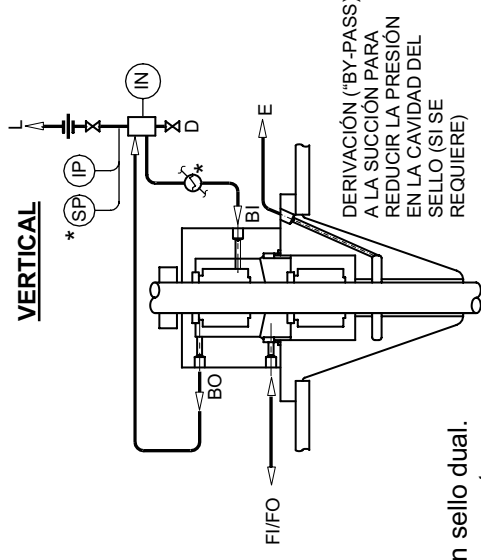
Uso de un recipiente externo no presurizado para suministrar líquido buffer al sello externo de un sello dual. Durante la operación, la circulación se mantiene por un anillo interno de la bomba. El recipiente se ventea continuamente a un sistema de recuperación de vapores y se mantiene a una presión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

Plan 53

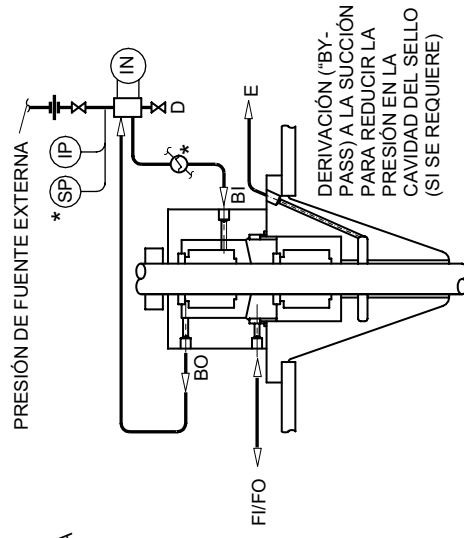


Uso de un recipiente externo de fluido de barrido a presión, para suministrar fluido limpio a la cámara de sello. La circulación es por un anillo interno de la bomba. La presión en el recipiente será mayor que la del sello. Se usa comúnmente para un arreglo de 3 sellos duales presurizados (* opcional).

VERTICAL



DERIVACIÓN ("BY-PASS")
A LA SUCCIÓN PARA
REDUCIR LA PRESIÓN
EN LA CAVIDAD DEL
SELLO (SI SE
REQUIERE)



DERIVACIÓN ("BY-PASS")
A LA SUCCIÓN
PARA REDUCIR LA
PRESIÓN EN LA
CAVIDAD DEL SELLO
(SI SE REQUIERE)

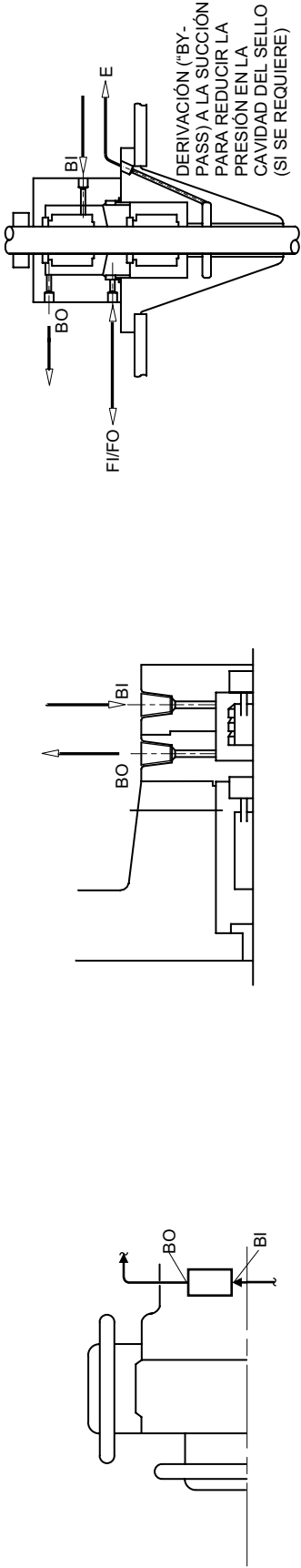
Figura Q-3.- Tubería para buje restrictor, dispositivo auxiliar de sellado y sellos duales.

 Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 231 DE 233
---	---------------------------	---

ESQUEMÁTICO

HORIZONTAL

VERTICAL

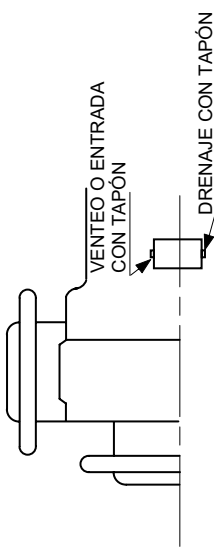


Uso de un recipiente o sistema a presión externo para fluido de barrido, que suministre fluido limpio para la cámara del sello. La circulación es por un sistema presurizado externo. La presión en el recipiente es mayor que la del proceso a sellarse. Se usa comúnmente con un arreglo de 3 sellos duales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

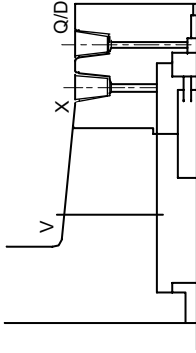
**Figura Q-3.- Tubería para buje restrictor, dispositivo auxiliar de sellado y sellos duales
(continuación)**

Plan 61

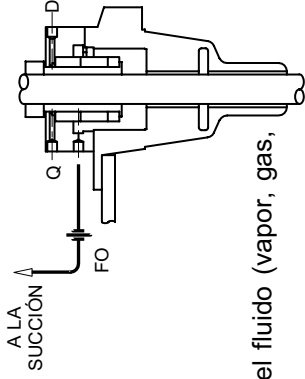
ESQUEMÁTICO



HORIZONTAL

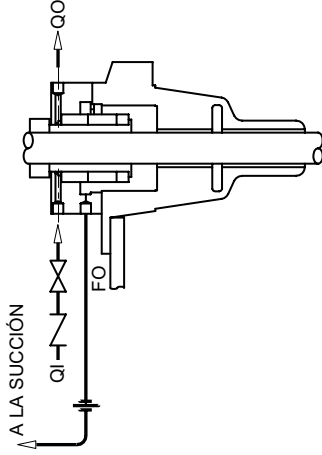
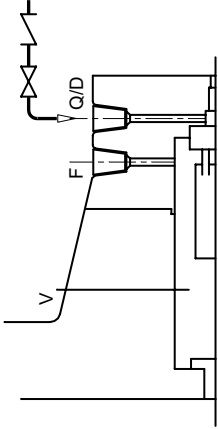
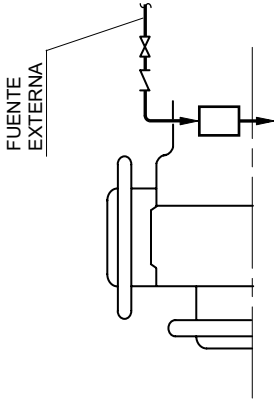


VERTICAL



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 m³/hr (GPH) y la presión requerida, cuando apliquen.
- 3.- Ver la Figura A-4 para el significado de los símbolos.

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

 PEMEX Comité de Normalización de Petróleos Mexicanos y Organismos Subsidiarios	BOMBAS CENTRÍFUGAS	NRF-050-PEMEX-2007 Rev.: 0 PÁGINA 233 DE 233
---	---------------------------	---

12.18 Anexo R.- Presentación de documentos equivalentes.

12.18.1 Si el contratista o proveedor considera que un documento normativo es equivalente a un documento normativo (Norma, Código, Especificación o Estándar extranjero) indicado en esta norma de referencia, debe someterlo a autorización por parte de PEMEX a través de los medios establecidos, anexando los antecedentes y argumentación en forma comparativa, concepto por concepto, demostrando que cumple con los requisitos indicados en 12.18.2 a) y en 12.18.2 b) de esta Norma de Referencia. PEMEX debe responder por escrito a dicha solicitud, indicando si es o no autorizado para utilizarse como documento normativo equivalente.

12.18.2 La leyenda “o equivalente”, que se menciona en esta Norma de Referencia, después de las palabras Normas, Códigos y Estándares Extranjeros, significa lo siguiente:

- a. Las Normas, Códigos y Estándares Extranjeros “equivalentes” deben cumplir o ser superiores a las propiedades mecánicas, físicas, químicas, de seguridad, protección ambiental, de diseño y de operación establecidas en las Normas de Referencia, en las Especificaciones de PEMEX, en las Especificaciones Particulares del Proyecto y en las Normas, Códigos y Estándares Extranjeros ahí referenciados.
- b. No se aceptan como equivalentes las Normas, Códigos, Estándares Extranjeros o Normas Mexicanas, que tengan requerimientos menores a los solicitados por PEMEX en sus documentos, por ejemplo: menores espesores, menores factores de seguridad, menores presiones y/o temperaturas, menores niveles de aislamiento eléctrico, menores propiedades a la temperatura, mayor emisión de humos y características constructivas de los conductores eléctricos, menores capacidades, eficiencias, características operativas, propiedades físicas, químicas y mecánicas, etc., de equipos y de materiales, y todos los casos similares que se puedan presentar en cualquier especialidad dentro del proyecto.

12.18.3 Los criterios anteriores aplican también en relación a los requerimientos señalados en los Documentos Técnicos de los Paquetes de Ingeniería Básica de los Licenciadores (Tecnólogos).

12.18.4 En todos los casos, las características establecidas en las Normas, Códigos, Estándares y en los documentos indicados en esta Norma de Referencia, son requerimientos mínimos a cumplir por el Contratista.

12.18.5 Los documentos señalados en el párrafo anterior, si no son de origen mexicano, deben estar legalizados ante cónsul mexicano o, cuando resulte aplicable, apostillados de conformidad con el “Decreto de Promulgación de la Convención por la que se suprime el requisito de Legalización de los Documentos Públicos Extranjeros”, publicado en el Diario Oficial de la Federación del 14 de agosto de 1995. Los documentos que se presenten en un idioma distinto al español deben acompañarse con su traducción a dicho idioma Español, hecha por perito traductor, considerando la conversión de unidades conforme a la NOM-008-SCFI-2002.

12.18.6 En caso que PEMEX no autorice el uso del documento normativo equivalente propuesto, el contratista o proveedor está obligado a cumplir con la normatividad establecida en esta norma de referencia.