

	ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA		Nº: ET-3010.00-1200-456-PPC-001						
	CLIENT: PETROBRAS							FOLHA: 1 de 19	
	PROGRAM: GAXETAS PARA PERMUTADORES À PLACAS								
	AREA:								
CENPES/PDEP/TPP	TITLE: GAXETAS PARA PERMUTADORES DE CALOR DO TIPO PLACAS GAXETADAS – TIPOS EPDM, HNBR E NBR								
ÍNDICE DE REVISÃO									
REV.	DESCRIÇÃO DAS MODIFICAÇÕES								
0	ORIGINAL								
A	REVISADO								
	REV. 0	REV. A	REV. B	REV. C			REV. F	REV. G	REV. H
DATA	25/04/2019	22/07/2019							
PROJETO	CENPES	CENPES							
EXECUÇÃO	ANDRE SAMPAIO	ANDRE SAMPAIO							
VERIFICAÇÃO	ZOGHBI	ZOGHBI							
APROVAÇÃO	DILMA	DILMA							
AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE.									
FORMULÁRIO PERTENCENTE A NORMA PETROBRAS N-381 REV. H ANEXO A – FIGURA A-1									

1. INTRODUÇÃO

Essa especificação técnica (ET) estabelece os requisitos técnicos para fornecimento de gaxetas dos tipos EPDM, NBR e HNBR para permutadores de calor do tipo placas gaxetadas (PHE – *Plate Heat Exchanger*).

Essa ET foi elaborada para ser utilizada em permutadores de calor do tipo placas gaxetadas de grande porte.

São classificados como permutadores de grande porte aqueles cujo diâmetro do bocal excede 200 mm.

Permutadores de menor criticidade e/ou de menor porte podem ter requisitos técnicos diferenciados para avaliação das gaxetas.

O objetivo dessa ET foi estabelecer testes (e critérios de aceitação) para avaliação de gaxetas, independente do modelo de PHE.

Os requisitos para gaxetas de permutadores de calor do tipo placas gaxetadas, conforme esta Especificação Técnica, visam a aplicações internas ao Sistema Petrobras. A Petrobras não se responsabiliza quanto ao uso, fora do Sistema Petrobras, dos equipamentos qualificados conforme este documento.

2. DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA

ISO-23936-2 Petroleum, petrochemical and natural gas industries — Non-metallic materials in contact with media related to oil and gas production;

ISO-34 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of tear strength Part 1: Trouser, angle and crescent test pieces;

ISO-37 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of tensile stress-strain properties

ISO-48 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of hardness (hardness between 10 IRHD and 100 IRHD);

ISO-815 Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of compression set;

ISO-1817 Rubber Rubber, vulcanized or thermoplastic — Determination of the effect of liquids;

3. SIGLAS OU ABREVIações

PHE	<i>Plate Heat Exchanger</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
NBR	<i>Nitrile Butadiene Rubber</i>
EPDM	<i>Ethylene Propylene Diene Methylene Rubber</i>
HNBR	<i>Hydrogenated Nitrile Butadiene Rubber</i>
RM	<i>Requisição de Material</i>
FD	<i>Folha de Dados</i>
ET	<i>Especificação Técnica</i>

4. REQUISITOS TÉCNICOS

Os requisitos técnicos descritos neste documento são referentes a testes ou comprovações documentais.

Os requisitos técnicos apresentados nessa especificação técnica são aplicáveis apenas para as gaxetas de permutadores fabricadas em EPDM, NBR e HNBR.

Os requisitos técnicos apresentados nessa especificação técnica são aplicáveis para qualquer geometria de gaxeta, referente a qualquer modelo de permutador.

Para atender os requisitos dessa especificação, não é necessário que o Fabricante submeta a análise todas as possíveis geometrias e materiais das gaxetas. Entretanto, caso deseje fornecer uma gaxeta de um determinado material e para uma geometria referente à um modelo de permutador específico, essa gaxeta específica deverá estar qualificada conforme todos os requisitos descritos neste documento.

As gaxetas de permutadores devem atender os Requisitos Gerais (disposto no item 4.1) e os Requisitos Específicos (item 4.2). Além disso, o fabricante deverá emitir o relatório de inspeção das gaxetas a serem fornecidas, atendendo aos requisitos do item 4.3 (Inspeção das gaxetas).

A Petrobras informa que em qualquer momento após a conclusão do processo de compra de gaxetas (quando as mesmas já estiverem sob a responsabilidade da Petrobras), poderá realizar inspeções e/ou avaliações no produto entregue pelo Fabricante. Se verificado algum defeito ou desvio com relação aos requisitos exposto nessa ET, o Fabricante estará sujeito às sanções previstas em contrato.

4.1. Requisitos Gerais:

- 4.1.1. Cada gaxeta deverá ser uma peça única, inteira (à exceção da placa inicial e onde indicado pela Petrobras) e de geometria compatível e adequada às placas do modelo de permutador referente aquela gaxeta;
- 4.1.2. As gaxetas deverão ser fabricadas de modo que a contaminação cruzada pelas gaxetas não poderá ocorrer sem que antes apareça a evidência de vazamentos externos;
- 4.1.3. Não será aceito o fornecimento de gaxetas já utilizadas ou recondicionadas. As gaxetas fornecidas devem ser virgens;
- 4.1.4. As gaxetas fornecidas devem estar completamente limpas e ausentes de quaisquer defeitos e/ou imperfeições superficiais (rasgos, marcas, deformações e outras anomalias) ao longo de sua extensão;
- 4.1.5. As gaxetas fornecidas devem ser íntegras, sem a presença de qualquer tipo de porosidade ao longo de sua extensão.
- 4.1.6. Todas as gaxetas fornecidas devem encaixar perfeitamente nas placas de modelo referente aquela gaxeta, sem que seja observado (ao longo de toda a extensão da gaxeta) nenhum deslocamento da gaxeta em relação à base da canaleta.
- 4.1.7. Não serão aceitas gaxetas do tipo NBR e HNBR que tenham sido fabricadas utilizando o processo de cura por enxofre. Para gaxetas NBR e HNBR, apenas a cura por peróxido é aceita.
- 4.1.8. É vedado o fornecimento de gaxetas com data de fabricação anterior à um ano da data da aprovação do pedido de compra.

- 4.1.9. As gaxetas fornecidas devem estar embaladas de modo a garantir que não haja deterioração das mesmas durante o transporte e armazenamento.
- 4.1.10. O lote de gaxetas fornecidas deve ter uma numeração que permita associar o controle de qualidade associados ao lote. Não é necessária que as gaxetas venham identificadas com a numeração do lote gravada nas gaxetas, porém alguma documentação deve existir, no momento da entrega das gaxetas, que permita rastrear todas as informações solicitadas. O fornecedor deve informar o código de identificação utilizado, e esse código deve constar no certificado do material.
- 4.1.11. O fabricante deve garantir que as gaxetas fornecidas em material EPDM ou HNBR resistam à operação contínua na temperatura de 160 °C, sem a ocorrência de falhas por deterioração das gaxetas, num período mínimo de um ano.
- 4.1.12. O fabricante deve garantir que as gaxetas fornecidas em material NBR resista à operação contínua na temperatura de 140 °C, sem a ocorrência de falhas por deterioração das gaxetas, num período mínimo de um ano.
- 4.1.13. O Fabricante deve fabricar as gaxetas a serem fornecidas levando em contas as condições de processo informadas pela Petrobras: pressão de operação, fluidos e temperatura de operação.

4.2. Requisitos Específicos:

4.2.1. *Requisitos Específicos de desempenho:*

Para atendimento aos requisitos específicos de desempenho, o Fabricante deve comprovar que sua gaxeta foi aprovada em todos os testes listados na seção 5 (Testes de Avaliação de Gaxetas), ou então que o Fabricante da gaxeta seja o mesmo fabricante original do modelo de permutador para qual essa gaxeta se destina.

A comprovação de que sua gaxeta foi aprovada em todos os testes listados na seção 5 (Testes de Avaliação de Gaxetas) será realizada pela apresentação de um relatório contendo os resultados dos testes e a identificação do laboratório e profissional executante dos testes.

Relatórios apresentados em idioma diferente do Português e Inglês deverão ser acompanhados por tradução para o Português ou Inglês.

4.2.2. *Requisitos Específicos de geometria:*

Todas as gaxetas fornecidas devem encaixar perfeitamente nas placas de modelo referente aquela gaxeta, sem que seja observado (ao longo de toda a extensão da gaxeta) nenhum deslocamento da gaxeta em relação à base da canaleta.

A Figura 1 apresenta as dimensões principais gerais de uma gaxeta. Já a Figura 2 apresenta dimensões da seção transversal de diferentes modelos de gaxetas.

Para atendimento aos requisitos específicos de geometria, o Fabricante deverá preencher a Tabela 1 com os valores nominais e tolerâncias de fabricação referente ao modelo de gaxeta a ser fornecido para a Petrobras, ou então que

o Fabricante da gaxeta seja o mesmo fabricante original do modelo de permutador para qual essa gaxeta se destina.

Os valores dos dimensionais devem estar de acordo com os valores referentes ao modelo de placa em questão.

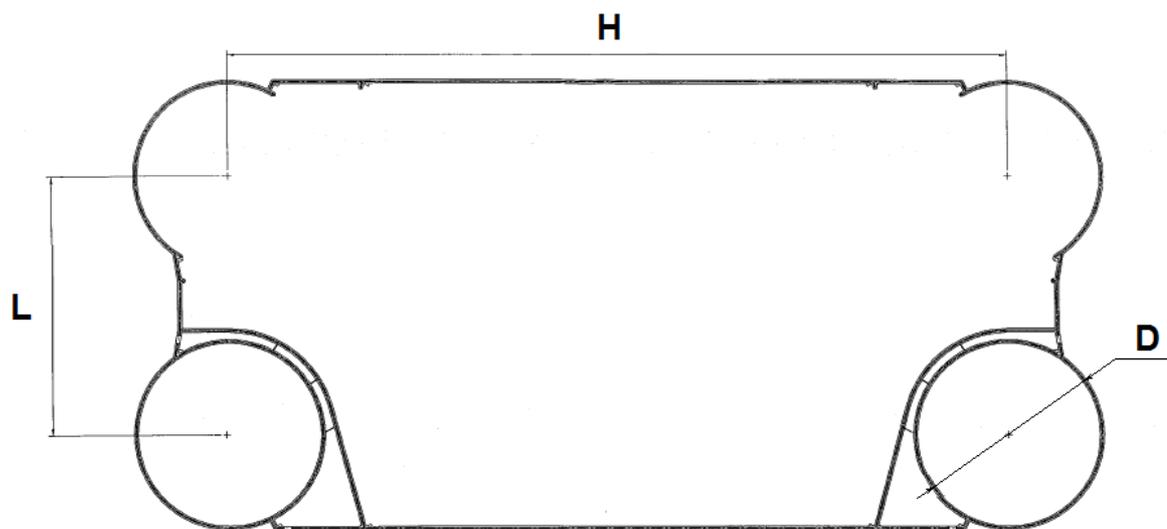


Figura 1 - Dimensões principais de uma gaxeta.

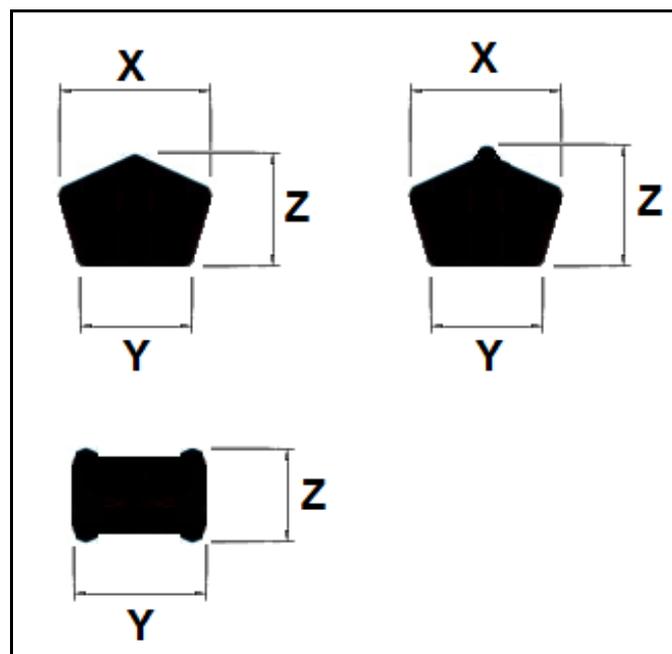


Figura 2 - Dimensões da seção transversal de diferentes modelos de gaxetas.

Tabela 1

Dimensionais da gaxeta (valor nominal e tolerância de fabricação).

Dimensionais			Descrição da medida
L	nominal	mm	Distância horizontal entre centro dos furos.
	tolerância	± mm	
H	nominal	mm	Distância vertical entre centro dos furos.
	tolerância	± mm	
D	nominal	mm	Diâmetro dos furos (medido pelo lado externo da gaxeta).
	tolerância	± mm	
X	nominal	mm	Largura maior da gaxeta.
	tolerância	± mm	
Y	nominal	mm	Largura da base da gaxeta.
	tolerância	± mm	
Z	nominal	mm	Altura da gaxeta.
	tolerância	± mm	

O Fabricante deve informar na Folha de Dados (FD) disponibilizada pela Petrobras, os valores nominais e tolerância de fabricação dos dimensionais apresentados na Tabela 1

NOTA: Se houver alguma variação da geometria da gaxeta ao longo da extensão da placa, o Fabricante deverá informar as dimensões características da gaxeta para todas as variações encontradas.

4.3. Inspeção das gaxetas:

O fabricante deverá selecionar 5% das gaxetas fornecidas ou em 10 gaxetas, o que apresentar maior valor, para realizar a verificação dos valores apresentados na Tabela 2.

O Fabricante deverá emitir um relatório de inspeção das gaxetas, indicando os valores mensurados para cada uma das variáveis apresentadas na Tabela 2, para todas as gaxetas inspecionadas.

Para medição da dureza, para cada placa selecionada, o fabricante deve medir a propriedade em pelo menos cinco pontos em diferentes posições ao longo da extensão da gaxeta. Todas as medidas de dureza para a placa selecionada deverão estar de acordo com os requisitos dessa ET e constar no relatório de inspeção.

O relatório de inspeção deverá ser entregue juntamente com as gaxetas fornecidas.

Tabela 2

Parâmetros a serem inspecionados pelo Fabricante para as gaxetas selecionadas.

Parâmetro	Valor	Descrição da medida
T		Dureza da gaxeta medida na posição central (Figura 3).

5. TESTES DE AVALIAÇÃO DE GAXETAS

O desempenho de uma determinada gaxetas em testes de avaliação das suas propriedades físico-químicas é muito influenciado pelas condições nas quais esses testes são realizados (ex.: temperatura, tipo de fluido em contato com a gaxeta, etc). E a definição das condições nas quais os testes serão realizados deve levar em consideração a condição operacional do PHE no qual as gaxetas estarão instaladas.

Entretanto, podem existir inúmeras diferentes condições de operação para os PHEs que são contemplados por essa especificação técnica e, por isso, ficaria praticamente inviável avaliar cada tipo de gaxeta, de cada fornecedor, para cada condição operacional. Por isso, definiu-se uma condição operacional para o teste de cada tipo de gaxeta (EPDM, NBR e HNBR), como sendo a mais crítica para a aplicação daquele tipo de gaxeta nos PHEs utilizados pela Petrobras.

Essa decisão também evita que a Petrobras possua em seu estoque gaxetas de um mesmo tipo, mas com limites de aplicação distintos (em função da condição operacional do PHE).

Nesta seção serão apresentados os testes de avaliação da gaxeta, que fazem parte do Requisito Específico para fornecimento de gaxetas para permutadores. Os testes requeridos são:

- **Dureza;**
- **Resistencia à tração e alongamento;**
- **Teste de *Compression Set*;**
- **Teste de resistência ao rasgamento (*Tear Strength*);**
- **Teste de efeito dos líquidos;**

Os testes deverão ser realizados em amostras de gaxetas idênticas a aquelas que serão fornecidas, ou seja, mesma geometria, mesmo material, mesma formulação e mesmo processo de fabricação (salvo quando indicado o contrário por essa ET).

O lote de gaxetas fornecidas para a PETROBRAS (já coladas nas placas ou avulsas) deve ter uma numeração que permita associar os testes de controle de qualidade associados ao lote. Não é necessária que as gaxetas venham identificadas com a numeração do lote gravada nas gaxetas, porém alguma documentação deve existir, no momento da entrega das gaxetas, que permita rastrear todas as informações solicitadas.

O fornecedor deve informar o código de identificação utilizado, e esse código deve constar no certificado do material.

5.1. Teste de Dureza:

A dureza deverá ser mensurada de acordo com o método exposto pela **ISO-48** (exceto onde indicado nessa especificação).

Os critérios de aprovação para a dureza da gaxeta são apresentados Tabela 3. O resultado apresentado deve ser uma média de pelo menos três corpos de prova ensaiados.

A dureza deverá ser medida na gaxeta moldada na geometria final, no ponto central da mesma, conforme ilustra a Figura 3.

Tabela 3

Faixa de dureza permitida em função do tipo de gaxeta.

Tipo de Gaxeta	Faixa de dureza permitida (ISO-48)
EPDM	75 – 85 IRHD
NBR	72 – 85 IRHD
HNBR	75 – 85 IRHD



Figura 3 – Ponto para medição da dureza da gaxeta.

5.2. Teste de Tensão/Alongamento

A ISO-37 estabelece procedimento para avaliação das propriedades de tensão em borrachas vulcanizadas ou termoplásticas. As propriedades que podem ser determinadas são resistência à tração, alongamento na ruptura, tensão em um alongamento específico e alongamento em uma tensão específica.

A configuração do corpo de prova utilizado deve ser de acordo com o tipo 1A, especificado pela ISO-37. O resultado apresentado deve ser uma média de pelo menos três corpos de prova ensaiados.

Para os Testes de Tensão/Alongamento, o critério de aceitação deve ser que o valor de resistência à tração seja maior que 15 MPa e que o alongamento na ruptura seja maior que 170%.

Alternativamente ao teste com o corpo de prova em formato de haltere (padrão ISO-37), o teste de tração pode ser executado com a gaxeta moldada na geometria final.

5.3. Teste de Compression Set

O ensaio de *compression set* deve ser realizado de acordo com a **ISO-815** (exceto nos pontos indicados nesta especificação técnica). A norma abrange o teste de borrachas que serão submetidas à esforços de compressão, num meio líquido ou gasoso, em sua aplicação. Neste teste a deformação residual do corpo de prova é mensurada depois da remoção do mesmo do dispositivo de compressão em foi colocado durante um tempo específico sofrendo uma deformação constante.

A compressão aplicada no corpo de prova deve sempre ser de 25%, mesmo nos casos em que a dureza do elastômero for maior que 80 IRHD.

O teste deve ser realizado à temperatura de 150 °C (para gaxetas HNBR e EPDM) e à temperatura de 120 °C (para gaxetas NBR), com uma margem de variação de ± 2 °C na temperatura. A humidade relativa deve estar entre 40-60%.

Os testes devem ser realizados com um trecho de 10 mm de extensão da gaxeta moldada na geometria final. O resultado apresentado deve ser uma média de pelo menos três corpos de prova ensaiados.

Para os tempos de 72h e 336h, as amostras devem repousar por 24 horas à temperatura ambiente antes do aperto ser removido.

Os valores de *compression set* devem ser mensurados nos seguintes períodos: **24h, 72h e 336h**. Depois de realizar as medições em um corpo de prova, o mesmo deve ser descartado, e não retornar novamente para o dispositivo de compressão para medições nos períodos subsequentes.

Para os Testes de *Compression Set*, o critério de aceitação para os Testes de Qualificação são de que os valores nunca sejam maiores que: 25% (em 24 horas), 50% (em 72 horas) e 60% (em 336 horas). Adicionalmente, os valores de dureza também devem ser mensurados nos períodos de 24h, 72h e 336h, e a variação com relação à medição de dureza à temperatura ambiente não deve exceder 10 IRHD.

5.4. Teste de Resistência ao Rasgamento

A **ISO-34** deve ser utilizada como base para a realização de testes de resistência ao rasgamento de elastômeros vulcanizados. O rasgamento de um elastômero é um processo de ruptura mecânica iniciado e propagado numa região de alta concentração de tensão, causada por um rasgo, defeito ou deformação localizada.

Somente o método C (apresentado na ISO-34) deve ser utilizado. O tapete utilizado para fabricar o corpo de prova deve ter uma espessura de $2 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$, e o entalhe deve ter uma profundidade de $1 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$ (de acordo com a ISO-34 – método C).

O teste deve ser executado na temperatura padrão de laboratório (23°C).

Para a resistência ao rasgamento, o critério de aceitação deve ser o que valor seja maior que 25 kN/m.

5.5. Teste de efeito dos líquidos (teste de imersão)

A **ISO-1817** descreve os métodos de avaliação da resistência de elastômeros à ação de líquidos, através da medição das propriedades dos mesmos antes e depois da imersão em líquidos de testes. Esta norma deve ser utilizada como base para os ensaios de imersão, exceto nos pontos indicados pela PETROBRAS nesta especificação técnica.

O corpo de prova deve ser imerso com todas as suas superfícies em contato com o fluido. O aparato para imersão deve ser projetado de modo a possuir, pelo menos, 15 vezes o volume do corpo de prova. O aparato também deve evitar a evaporação do fluido de teste e o ingresso de ar. Uma descrição mais detalhada é encontrada na ISO-1817.

Os corpos de prova devem ser da própria gaxeta moldada, com um comprimento de 10 mm de uma gaxeta já moldada.

Devem ser realizados dois testes de imersão um com o óleo padrão ASTM IRM-903 e outro com água destilada, ambos na temperatura de 100 °C. Quando a gaxeta a ser avaliada for do tipo EPDM, apenas o teste com água destilada deverá ser realizado.

A dureza e o volume devem ser medidos antes e depois da imersão no líquido de teste. Os critérios de aprovação no teste para as duas propriedades estão apresentados na Tabela 4, independente da geometria utilizada para o corpo de prova.

Tabela 4

Critério para aprovação.

Propriedade	Critérios de aceitação	
	Para teste com óleo IRM-903	Para teste com água destilada
Dureza	+ 0/-12 unidades	+ 3/-3 unidades
Volume	+18 % / -0 %	+3 % / -3 %

A medição das propriedades deve acontecer após 72 horas do início do teste. O resultado apresentado deve ser uma média de pelo menos três corpos de prova ensaiados.

Após a medição das propriedades em um corpo de prova, o mesmo não deve ser imerso novamente para medição das propriedades em períodos subsequentes, e sim descartado.