

Condições requeridas para a dispensa do teste hidrostático em Tanque de Armazenamento existente

1. Introdução

Tanques de armazenamento são equipamentos estáticos, em pressão interna, aproximadamente, atmosférica e destinados, frequentemente, ao armazenamento de petróleo e seus derivados, encontrados em refinarias de petróleo, petroquímicas, terminais, bases de distribuição, termoelétricas, indústrias química, etc..

Esses tanques são projetados e construídos conforme a Norma API Std 650 *Welded Steel Tanks for Oil Storage*, do API-American Petroleum Institute, podendo ser atmosféricos ou de pequena pressão interna, cilíndricos, verticais, não enterrados, de fabricação soldada e construídos com chapas de aço Carbono, Inoxidável e Alumínio.

Quando os tanques de armazenamento são fabricados e montados, devem ser testados, para a comprovação da integridade física, de acordo com o padrão pelo qual são construídos.

O teste, normalmente, requerido pela Norma API Std 650, para tanques novos, é o de pressão hidrostática, que visa detectar possíveis vazamentos e verificar a resistência mecânica do tanque, antes da entrada em serviço.

Para os tanques existentes que já operaram, quando entram em manutenção, a integridade dos reparos e alterações executados requer também que seja realizado um outro teste hidrostático, antes do início da operação, conforme os ditames da Norma API Std 653 *Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction*.

No entanto, a mesma Norma API Std 653 permite a isenção ou não realização do teste hidrostático, quando os reparos/alterações são realizados com procedimentos de execução e controles específicos, definidos pela própria norma.

2. Objetivo

Este trabalho visa determinar as condições de execução de reparos e/ou alterações, durante os trabalhos de manutenção de tanques de armazenamento atmosférico e de pequena pressão interna, de teto fixo ou flutuante, projetados e construídos conforme a Norma API Std 650, que permitam dispensar a execução do Teste de Pressão Hidrostática, de verificação da integridade física/estrutural do tanque.

O procedimento proposto é baseado nas Normas API Std 653 e API Std 650, colocado de uma forma fácil de consulta, sobre as condições de execução e inspeção de reparos/alterações, que possibilitem a dispensa do Teste Hidrostático, após a manutenção de tanques de armazenamento.

3. Referências consultadas

3.1. Normas Petrobras

- **N-2318** - Inspeção em Serviço de Tanque de Armazenamento Atmosférico

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a inspeção em serviço de tanques de armazenamento atmosférico cobertos pela Petrobras N-270.

Esta Norma não se aplica a: a) tanques refrigerados; b) tanques não metálicos; c) tanques em plataformas "offshore"; d) tanques de costado não circular.

- **N-271** - Montagem de Tanques de Armazenamento

Esta Norma fixa as condições exigíveis para a montagem de tanques de armazenamento atmosférico, montados conforme a API Std 650 e complementados por esta Norma.

Nota:

Petrobras - Normas Técnicas Públicas

<https://canalprovedor.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/#especificacoes-tecnicas>

3.2. Norma ABNT NBR 7505 - 1 Armazenagem de líquidos inflamáveis e combustíveis Parte 1: Armazenagem em tanques estacionários

Esta parte da NBR 7505 fixa as condições exigíveis para projetos de instalações de armazenagem de líquidos inflamáveis e combustíveis contidos em tanques estacionários com capacidade superior a 250 L, à pressão manométrica igual ou inferior a 103,4 kPa (15 psig), medida no topo do tanque.

3.3. Normas API

- **API Std 650** - Welded Tanks for Oil Storage

Esta Norma estabelece os requisitos mínimos para material, projeto, fabricação, montagem e teste para tanques de armazenamento soldados verticais, cilíndricos, acima do solo, fechados e abertos,

em vários tamanhos e capacidades para pressões internas próximas da pressão atmosférica (pressões internas que não excedam a peso das placas do teto), mas uma pressão interna mais alta é permitida quando os requisitos adicionais do Anexo Annex F- *Design of Tanks for Small Internal Pressures* são atendidos.

Esta Norma aplica-se apenas a tanques cujo fundo inteiro é suportado uniformemente e a tanques em serviço não refrigerado que tenham uma temperatura máxima de projeto de 93°C (200°F), porém o Anexo Annex M - *Requirements for Tanks Operating at Elevated Temperatures* apresenta requisitos adicionais para tanques com temperatura máxima superior a 93°C (200°F), mas não superior a 260°C (500°F).

São abordados os tanques dos tipos:

- a) teto fixo: projeto como “Corpo de Norma” ou “Annex” F;
- b) teto flutuante externo: conforme “Annex” C;
- c) teto fixo com flutuante interno: conforme “Annex” H;
- d) cobertura geodésica (domo em alumínio estruturalmente suportado) de teto flutuante: conforme “Annex” G;
- e) sem teto: conforme “Corpo de Norma”.

- **API Std 653** - Tank Inspection, Repair, Alteration, and Reconstruction

Este padrão abrange tanques de armazenamento de aço construídos de acordo com a Norma API Std 650 e sua predecessora API Std 12C *Specification for Welded Oil Storage Tanks*

Ele fornece requisitos mínimos para manter a integridade desses tanques depois de colocados em serviço e aborda inspeção, reparo, alteração, realocação e reconstrução.

O escopo é limitado à fundação do tanque, fundo, costado, estrutura, teto, acessórios e bocais.

Os requisitos de projeto, soldagem, exame e de material da Norma API Std 650 podem ser aplicados na inspeção de manutenção, reparo, alteração e testes de tanques em serviço.

Esta norma emprega os princípios da API Std 650; no entanto, se pode aplicar esta norma a qualquer tanque de aço construído de acordo com uma especificação de tanque.

- **API RP 575** - Inspection of Atmospheric & Low-Pressure Storage Tanks

Esta norma fornece informações úteis e práticas recomendadas para manutenção e inspeção de tanques de armazenamento atmosférico e de baixa pressão. Embora essas diretrizes de manutenção e inspeção possam aplicar-se a outros tipos de tanques, essas práticas destinam-se principalmente a tanques existentes que foram construídos por um dos quatro padrões a seguir: API Std 12A, API Spec 12C, API Std 620 e API Std 650.

Esta prática recomendada destina-se a complementar a Norma API Std 653, que fornece requisitos mínimos para manter a integridade dos tanques de armazenamento, depois de colocados em serviço, e aborda o seguinte:

- a) descrições e ilustrações dos vários tipos de tanques de armazenamento;
- b) novos padrões de construção de tanques;
- c) práticas de manutenção;
- d) motivos da fiscalização;
- e) causas de deterioração;
- f) frequência de inspeção;
- g) métodos de inspeção;
- h) inspeção de reparos;
- i) preparação de registros e relatórios;
- j) operação segura e eficiente;
- k) métodos de prevenção de vazamentos.

3.4. Norma Regulamentadora

NR-13 CALDEIRAS, VASOS DE PRESSÃO, TUBULAÇÕES E TANQUES METÁLICOS DE ARMAZENAMENTO (www.gov.br)

Esta Norma Regulamentadora - NR estabelece requisitos mínimos para gestão da integridade estrutural de caldeiras a vapor, vasos de pressão, suas tubulações de interligação e tanques metálicos de armazenamento, nos aspectos relacionados à instalação, inspeção, operação e manutenção, visando à segurança e à saúde dos trabalhadores.

4. Definições

- **Reparo**

É o trabalho de manutenção necessário para manter ou restaurar a integridade de um tanque de armazenamento existente, a uma condição adequada para operação segura.

São trabalhos que visam limpeza, degaseificação, correção de defeitos, falhas, deteriorações, troca de componentes com corrosão/erosão acentuada, que possam afetar adversamente o desempenho ou a integridade estrutural de um tanque existente.

Os reparos incluem tanto os grandes reparos como os mais simples,

- **Grande reparo**

É um reparo que envolve trabalho de grande proporção ou em região crítica do tanque, que inclua qualquer uma das seguintes atividades:

- a) remoção/substituição de parte de teto, costado ou fundo, incluindo metal de solda;
- b) instalação/substituição de chapas de reforço (ou partes delas) de aberturas (bocais, bocas de visita e portas de limpeza) existentes no costado;
- c) instalar bocal no costado abaixo do nível de líquido de projeto;
- d) instalar bocal no fundo;
- e) remover/substituir ou adicionar chapa do costado, abaixo do nível de líquido de projeto;
- f) remover/substituir parte do anel da chapa anular do fundo;
- g) remoção completa ou parcial e substituição de solda vertical ou de solda circunferencial das chapas do costado, ou do anel da chapa anular do fundo;
- h) instalação de novo fundo;
- i) remoção completa ou parcial e substituição da solda de ligação entre o costado e o fundo;
- j) reparo de defeitos, como trincas, poros ou sulcos, por esmerilhamento e/ou goivagem seguido de soldagem;
- k) içamento de costado, fundo ou teto de tanque, para renivelamento e/ou execução de serviços no fundo;
- l) mudança de serviço em relação ao projeto original (novo produto, temperatura mais elevada, nível operacional diferente, densidade maior do produto);
- m) realocação do tanque.

- **Alteração**

É qualquer trabalho em um tanque existente que altere suas dimensões físicas ou configuração, como troca de chapas do costado, bocais, troca de teto ou de fundo.

- **Zona crítica**

É a parte do fundo do tanque ou da chapa anular dentro de 76 mm (3 pol.) da borda interna do costado, medida radialmente para dentro do tanque.

- **Sketch plates**

São as chapas da periferia do fundo do tanque, da ligação soldada costado x fundo, de formatos variados, acompanhando a circunferência do costado, cortadas de chapas retangulares.

- **Chapas anulares annular plates**

São as chapas da periferia do fundo do tanque, da ligação soldada costado x fundo, que formam um anel de chapas com soldas de topo radiais entre as chapas.

- **Tanque atmosférico**

Tanque atmosférico é um tanque vertical projetado para operar com pressão manométrica interna, desde a pressão atmosférica até 6,9 kPa (1 psig), medida no topo do tanque.

- **Tanque de baixa pressão interna**

Tanque de baixa pressão é um tanque vertical projetado para operar com pressão manométrica interna, superior a 6,9 kPa (1 psig) até 18,0 kPa (2,5 psig), medida no topo do tanque, quando projetado conforme API Std 650, "Annex" F *Design of Tanks for Small Internal Pressures*.

- **Porta temporária para acesso ao interior do tanque door sheet**

É uma chapa (ou chapas) cortada e removida do costado de um tanque existente, para criar uma abertura de acesso temporário para pessoal, material, máquinas e ferramentas, durante os trabalhos de manutenção e reparos. Depois que o trabalho previsto é concluído, a(s) chapa(s) do costado deve(m) ser reinstalada(s) ou substituída(s).

5. Grande reparo ou alteração em tanque de armazenamento existente, que requer a execução do Teste Hidrostática ou Hidroteste

Durante os trabalhos de manutenção do tanque acontecem os simples reparos, os grandes reparos e as alterações, no costado, teto, fundo e nos diversos acessórios, como bocais, bocas de visita e portas de limpeza.

De acordo com a Norma Regulamentadora NR 13 Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento, qualquer reparo ou alteração, a ser executado em um tanque de armazenamento, deve ser analisado por um PH - Profissional Habilitado, com experiência em projeto e construção de tanques.

Referência: NR 13 <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/aceso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/arquivos/normas-regulamentadoras/nr-13.pdf>

Este profissional define a natureza do trabalho, isto é, se enquadrado em simples reparo, grande reparo ou alteração.

Os seguintes trabalhos são exemplos classificados como grandes reparos e/ou alterações em tanques de armazenamento, conforme a Norma API Std 653:

- a. Montagem de bocal maior que DN 12" no costado, abaixo do nível máximo operacional de enchimento;
- b. Abertura no fundo a menos de 300 mm do costado;
- c. Remoção e substituição de chapas do costado, abaixo do nível máximo operacional de enchimento;
- d. Remoção e substituição de trecho da chapa anular *annular plate* do fundo, em que a maior dimensão é superior a 300 mm;
- e. Remoção e reparo da espessura total, ou mais que meia espessura, de solda de junta vertical do costado, ou mais que 300 mm de solda radial da chapa anular do fundo *annular plate*;
- f. Reparo de defeitos, como trincas, poros ou sulcos, por esmerilhamento e/ou goivagem seguido de soldagem;
- g. Quando houver dúvida quanto à existência de vazamento pelo fundo;
- h. Instalação de novo fundo;
- i. Remoção e reparo da solda de rodo, que é a ligação do costado X fundo;
- j. Transporte de tanque existente para relocação;
- k. Sempre que a avaliação técnica indicar necessidade de teste hidrostático, devido ao aumento da severidade de serviço: aumento da densidade do fluido armazenado, aumento ou redução da temperatura de serviço;
- l. Içamento de costado, fundo ou teto de tanque, para renivelamento e/ou execução de serviços no fundo;
- m. Reutilização de tanque descartado ou avariado após os reparos requeridos;
- n. Em caso de troca do produto armazenado, com propriedades diferentes, tais como, densidade, corrosividade e temperatura diferentes;
- o. Reconstrução de tanque.

A princípio, os grandes reparos e/ou alterações devem ter a verificação de integridade, com a execução de teste hidrostático, porém a própria Norma API Std 653 permite a não realização do teste hidrostático, se determinadas condições específicas de execução e controle dos serviços são empregadas.

6. Condições para execução de grandes reparos e/ou alterações que autorizam a dispensa do teste hidrostático

As condições para o projeto e a execução de grande reparo ou alteração, que autorizem a dispensa do teste hidrostático, devem atender aos itens estabelecidos pela Norma API Std 653 *Section 12.3.2 Hydrostatic Testing Exemptions (Major Repairs/Alterations)*, listados nos itens a seguir.

Primeiramente, é importante que o executante dos reparos/alterações prepare, previamente, um documento chamado de PIT-Plano de Inspeção e Testes.

Neste documento devem ser relacionadas todas as etapas de execução e de controle de qualidade dos trabalhos a serem realizados, desde a especificação técnica da matéria prima, a ser adquirida, os procedimentos de soldagem, a pré-fabricação de partes e componentes, os procedimentos de reparo/alteração, os ENDS-Exames Não Destrutivos em cada fase do reparo/alteração.

6.1. Soldagem e ENDS- Ensaio Não Destrutivo dos reparos e alterações

Todas as soldas, para os reparos em metal existente, devem ser executadas com procedimentos de soldagem qualificados, utilizando amostras do próprio material ou com material similar, com base na composição química e resistência mecânica do metal existente.

Incluir no procedimento, necessariamente, a execução de teste de impacto, na temperatura mínima de metal especificada no projeto original ou da água do teste hidrostático, a que for menor, conforme Norma API Std 650 *Section 9.2.2 Impact Tests* .

Para reduzir o potencial de distorção de um tanque existente, devido à soldagem de uma chapa de substituição no costado, o procedimento de soldagem deve contemplar os requisitos especiais para ajuste *fit-up*, aporte térmico *heat input* e sequência de soldagem *welding sequence*.

Também deve ser preparado o documento “mapa de soldas”, onde são definidos os chanfros e processos de soldagem a serem utilizados, os parâmetros das soldas e os ENDS a serem aplicados, com os procedimentos de execução e os critérios de aceitação.

Por outro lado, os trabalhos de soldagem devem ser executados por soldadores e operadores de solda qualificados e certificados.

Quaisquer defeitos devem ser removidos por meios mecânicos ou processos de goivagem térmica. Os sinais de abertura de arco sobre ou adjacentes às juntas soldadas devem ser reparados por esmerilhamento e soldagem, se necessário, nivelados com a chapa, e reexaminados com partículas magnéticas ou líquido penetrante.

Os dispositivos auxiliares dos trabalhos de soldagem devem ser removidos, a área nivelada com a superfície da chapa e examinada com partículas magnéticas ou líquido penetrante.

Quando a solda executada resultar em uma espessura menor que o mínimo exigido, para condições de projeto, ela deve ser removida, refeita e examinada conforme a original.

Quando a solda resultar mais espessas do que o mínimo, deve ser feito o adoçamento na proporção de pelo menos 4:1

Todas as áreas de goivagem ou esmerilhamento de soldas devem ser inspecionadas com exame visual e por partículas magnéticas ou líquido penetrante e as áreas defeituosas reparadas e reexaminadas.

Após o passe final, a solda completa, em toda a extensão, deve ter exame visual e por partículas magnéticas ou líquido penetrante, sendo que as soldas de topo entre chapas do costado e entre chapas anulares devem ser totalmente radiografadas.

É importante que novas soldas ou de reparos em soldas existentes, de topo ou de filete, sejam executadas com o mínimo de dois passes, para prover o revenimento da junta soldada.

Em caso de se empregar o exame por ultrassom para substituir o exame radiográfico, os requisitos da Norma API Std 650 *Section 8.3 Ultrasonic Examination* devem ser cumpridos.

Os ENDS-Exames Não Destrutivos a serem aplicados às soldas novas e existentes devem estar de acordo com a Norma API Std 653 *Section 12 - Examination and Testing - Non Destructive Examination (NDE)* e os critérios de execução e aceitação dos ENDS devem ser conforme a seguir:

- Visual (VT)
Norma API Std 650 *Section 8.5 Visual Examination*
- Partículas magnética (MT)
Norma API Std 650 *Section 8.2 Magnetic Particle Examination*
- Líquido penetrante (PT)
Norma API Std 650 *Section 8.4 Liquid Penetrant Examination*
- Radiografia (RT)
Norma API Std 650 *Section 8.1 Radiographic Method*
- Ultrassom (UT)
Norma API Std 650 *Section 8.3 Ultrasonic Examination*

6.2. Grandes reparos e/ou alterações em costado

Norma API Std 653 Section 12.3.2.3 Shell Repair

Para a execução dos reparos ou alterações, devem ser considerados os requisitos dos materiais a empregar, os procedimentos de soldagem e as opções para substituição ou reposição de chapas.

6.2.1. Requisitos de materiais construtivos existentes e novos para o costado

Para os reparos/alterações no costado devem ser usados materiais de mesma especificação da parte do tanque a ser reparada.

Em caso de utilização para o reparo/alteração de novo material, este deve ter composição química, resistência mecânica e tenacidade (teste de impacto na temperatura mínima de metal) similares ao material existente, e deve atender à edição, da época do reparo/alteração, da Norma API Std 650 *Section 4 - Materials*.

Os materiais de tanques existentes, na região do reparo, e que são reaproveitados, devem atender a pelo menos um dos seguintes requisitos, para prevenir o risco de fratura frágil *brittle fracture* e verificar a adequação para operação contínua.

1º- Seja utilizado dentro da região de “uso seguro” da curva de utilização segura do tanque: temperatura X espessura, da Norma API Std 653 *Figure 5-2 Exemption Curve for Tanks Constructed from Carbon Steel of Unknown Material Specification*, a seguir reproduzida.

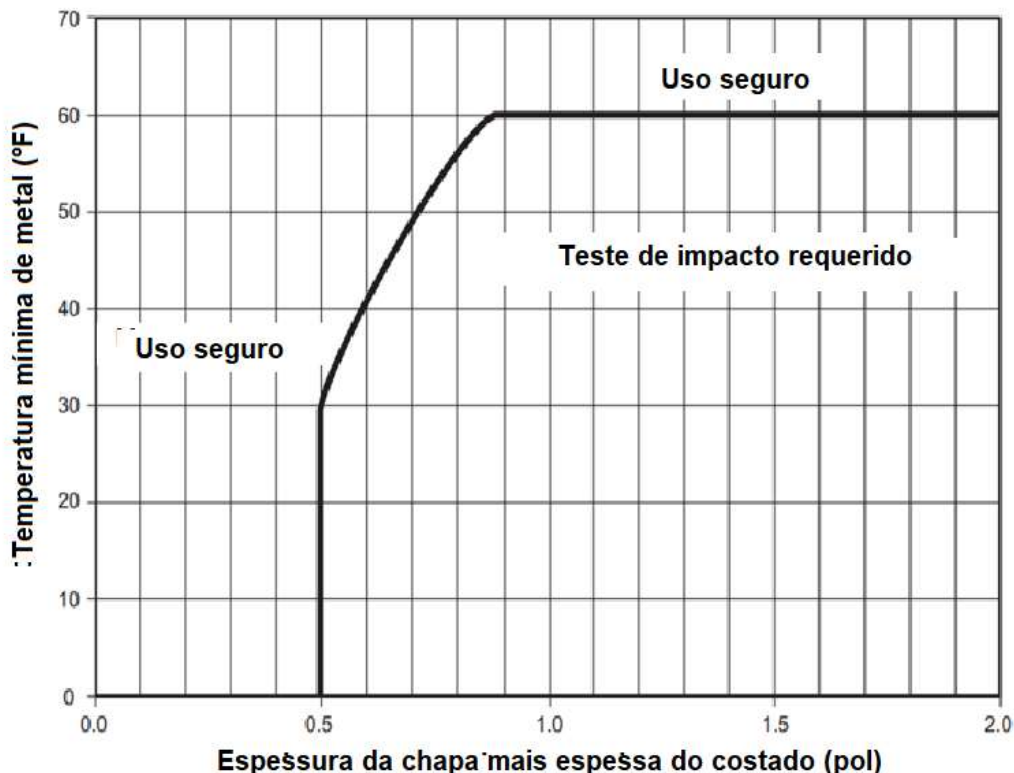


Figura - Curva de utilização segura do tanque: temperatura de metal X espessura
 Norma API Std 653 *Figure 5-2 Exemption Curve for Tanks Constructed from Carbon Steel of Unknown Material Specification*

Caso não se enquadre na região de “uso seguro”, o material do costado deve ser testado e aprovado em um teste de impacto *Charpy test*, conforme Norma API Std 650 Seção *Section 9.2.2 Impact Tests*, na temperatura mínima de metal do projeto do costado, em uma chapa com a espessura mais espessa do material do tanque.

2º- A tensão atuante no costado na região do reparo não pode exceder a 7 000 psi, calculando-se com a seguinte expressão:

$$S = \frac{2.6 H D G}{t}$$

S = tensão atuante calculada em lbf/in²,

H = altura de enchimento do tanque acima do fundo do reparo em ft;

t = espessura do tanque, na região do reparo, excluindo-se a margem para sobresspessura de corrosão/erosão em in;

D = diâmetro médio do tanque na região do reparo em ft;

G = densidade do fluido armazenado..

6.2.2. Requisitos para as novas soldas entre chapas do costado

As novas soldas no costado, verticais e horizontais, de substituição parcial ou total do anel do costado, entre chapas novas ou entre chapas novas e chapas existentes ou entre chapas existentes, devem ter penetração e fusão completas, exame visual e por partículas magnéticas ou líquido penetrante e pelo método radiográfico (RT 100%), conforme as diretrizes das Normas API Std 653 *Section 12.2 Radiographs* e API Std 650 *Section 8.1 Radiographic Method*.

Em complementação, para chapas de espessura maior que 25 mm (1 in) a região da goivagem do passe de raiz e o passe final (de cada lado) devem ser examinados, de ambos os lados, pelo método de partículas magnéticas (MT) ou de líquido penetrante (PT) em toda a extensão, conforme Norma

API Std 650, respectivamente, *Section 8.2 Magnetic Particle Examination* e *Section 8.4 Liquid Penetrant Examination*, e a solda concluída totalmente radiografada (RT 100%) conforme API Std 650 *Section 8.1 Radiographic Method*.

Em chapas do costado que tiveram tratamento térmico de alívio de tensões, as novas soldas devem atender aos requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.

6.2.3. Requisitos para remoção e substituição/reposição de chapa do costado Norma API Std 653 *Section 9.2 Removal and Replacement of Shell Plate Material*

Para as situações de remoção de chapa do costado, a dimensão mínima para a chapa de substituição é de 12 pol. ou 12 vezes a espessura da chapa de substituição, o que for maior.

A espessura mínima da chapa de reposição de costado deve ser calculada de acordo com a Norma API Std 650 *Section 5.6 Shell Design*, da edição original do projeto do tanque.

Quaisquer alterações das condições originais do projeto, como densidade do produto, pressão de projeto, nível de líquido e altura do costado, devem ser consideradas para o cálculo.

Porém, a espessura da chapa de substituição do costado não deve ser menor que a espessura nominal de chapa adjacente, no mesmo anel, exceto quando a chapa adjacente for uma chapa de inserção *insert plate* espessa.

A Norma API Std 653 *Figure 9.1 Acceptable Details for Replacement of Shell Plate Material* apresenta os detalhes típicos aceitáveis e os requisitos de espaçamento mínimo, especificados para as chapas de substituição.

6.2.4. Requisitos para novas chapas de substituição do costado circulares ou quadradas ou retangulares

A chapa de substituição pode ser circular, oblonga, quadrada com cantos arredondados ou retangular com cantos arredondados, exceto quando toda ela abrange uma seção com a mesma altura do anel do costado.

Para chapas de substituição circulares, deve ser feita no mínimo uma radiografia independente da espessura.

Quando a chapa de substituição circular estiver localizada em uma chapa do costado com espessura superior a 1 pol., a solda deve ser totalmente radiografada (RT 100%).

Para chapas de substituição quadradas e retangulares, pelo menos uma radiografia deve ser feita em uma junta vertical, e pelo menos uma em junta horizontal e uma em cada canto.

Quando a chapa de substituição quadrada ou retangular estiver localizada em uma chapa do costado com espessura superior a 1 pol., as juntas verticais devem ser totalmente radiografadas (RT 100%).

6.2.5. Requisitos para novas chapas de substituição do costado de altura igual ao anel do costado

Para a chapa de substituição, de altura igual a do anel do costado, é aceitável cortar/remover a chapa a ser substituída, e soldar a nova chapa, ao longo de juntas horizontais existentes, mas para as novas juntas verticais devem ser mantidos os requisitos de espaçamento mínimo das existentes, especificados na Norma API Std 653 *Figure 9.1 - Acceptable Details for Replacement of Shell Plate Material*.

Antes de soldar as novas juntas verticais, as soldas horizontais existentes devem ser cortadas em uma distância mínima de 12 pol, de cada lado das novas juntas verticais, e as novas juntas verticais devem ser soldadas antes de soldar as juntas horizontais.

As chapas de substituição do costado devem ser soldadas com juntas de topo de penetração e fusão completas, com projeto conforme Norma API Std 650 *Section 5.1.5 Typical Joints*

Consultar a Norma 653 *Figure 9.1 Acceptable Details for Replacement of Shell Plate Material* para obter as distâncias mínimas às soldas existentes.

As soldas de chapas novas de substituição no costado do tanque devem ser totalmente radiografadas (RT 100%), como também as junções entre soldas novas e soldas existentes devem ser radiografadas (RT 100%).

Se forem encontrados defeitos, reexecutar radiografia total (RT 100%) na solda reparada.

6.2.6. Requisitos para reparos de chapas do costado com depósito de metal de solda

As áreas de chapas do costado, a serem recuperadas com depósito de solda, devem ter exame visual e partícula magnética ou líquido penetrante, após a remoção de trincas e pites, para confirmar a ausência de trincas e poros.

Depois de a deposição do revestimento com solda, as áreas reparadas devem ser reexaminadas pelo método de partículas magnéticas ou de líquido penetrante.

6.3. Instalação ou substituição de acessórios em aberturas no costado

Os reparos de acessórios em aberturas no costado, como bocais, bocas de visita e portas de limpeza, de tanques existentes, devem ser conforme os requisitos da Norma API Std 653 *Section 4.3.9 Shell Penetrations*, a saber:

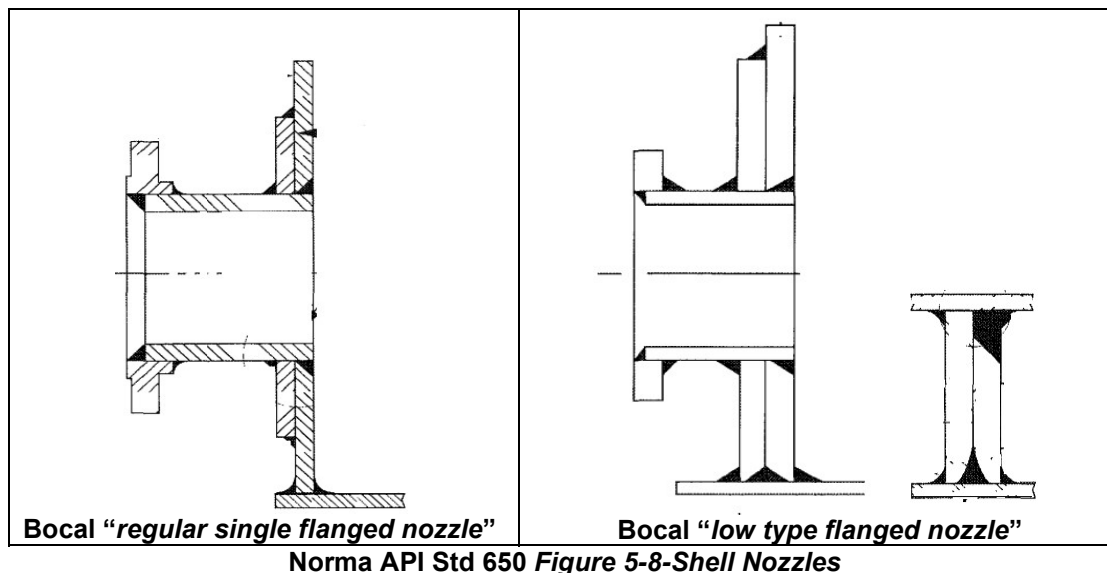
- a. Os bocais, bocas de visita, portas de limpeza existentes no costado devem ser inspecionados para avaliar a condição da integridade do tanque existente.
- b. O detalhe principal a ser inspecionado é a espessura dos componentes (chapa de reforço, pescoço, flange, tampa da boca de visita e da porta de limpeza), quanto à perda de espessura e corrosão por pites, e as espessuras das soldas.
- c. No caso particular de conexões ou bocais do tipo rente ao fundo *flush-type shell connection* devem ser inspecionados:
 - As soldas do bocal e da chapa de reforço ao costado do tanque, e as soldas da chapa de reforço ao fundo devem ser examinadas em seu comprimento completo por exame visual e de partícula magnética ou líquido penetrante.
 - A espessura corroída do pescoço do bocal e da peça de transição, não deve ser inferior a 16 mm (5/8 pol.), porém os esforços externos aplicados à conexão podem exigir que a espessura corroída seja maior que 16 mm (5/8 pol.). Portanto verificar com o projeto qual deve ser a espessura mínima, após corroída, e comparar com a espessura medida, para definir pela substituição ou não do bocal e da peça de transição.
 - As soldas de reparo devem ser executadas conforme os requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.
- d. As soldas existentes no costado do tanque devem ser inspecionadas com exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante, para verificar ocorrências de defeitos rejeitáveis.
- e. O esmerilhamento de defeitos superficiais é permitido se o perfil resultante preservar os requisitos do projeto de espessura do componente e o tamanho de solda.
- f. Qualquer outra não conformidade ou deterioração devido à corrosão/erosão ou deformação localizada deve ser avaliada e os procedimentos apropriados de reparo estabelecidos.
- g. Os reparos de solda não podem ser usados se resultarem em espaçamentos entre soldas mais próximos do que o permitido pela Norma API Std 650 *Section 5.7.3 Spacing of Welds around Connections*.
- h. Para a situação de reparos em soldas de portas de limpeza existentes, todas as soldas que foram reparadas ou refeitas devem ser de penetração e fusão completas e totalmente radiografadas, e os trechos de 150 mm de soldas, de cada lado do reparo, também devem ser totalmente radiografados. Se forem encontrados defeitos, após a remoção dos defeitos e nova soldagem, tornar a radiografar 100% as soldas reparadas.

Além disso, para espessuras de chapa maiores que 1 pol., a superfície goivada do passe de raiz e a do passe final (cada lado) devem ser examinadas em seu comprimento completo por partícula magnética ou líquido penetrante.

As juntas soldadas da chapa do costado que contém a porta de limpeza, normalmente, sofreram tratamento térmico de alívio de tensões, de fábrica, portanto as novas soldas ou reparos de soldas existentes devem atender aos requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.

6.3.1. Requisitos para novos bocais no costado

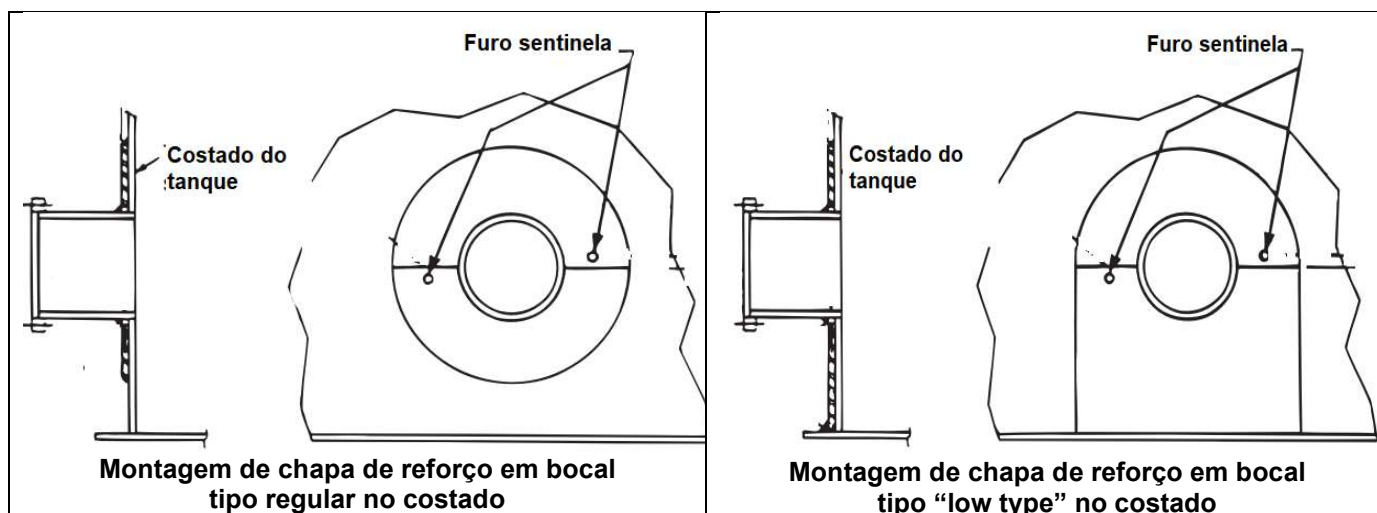
No caso instalação de novos bocais ou substituição de bocais existentes no costado há os tipos “regular flanged nozzles” e “low type flanged nozzles”, conforme Norma API Std 650 *Figure 5-8-Shell Nozzles*



As aberturas no costado de tanques correspondentes a bocais de diâmetro nominal maior que NPS 2 flangeado ou rosqueado, devem ser reforçadas, conforme Norma API Std 650 *Section 5.7.2 Reinforcement and Welding*.

A instalação de novos bocais no costado devem estar de acordo com os requisitos de material, projeto e alívio de tensão da Norma API Std 650 *Section 5.7 Shell Openings* e conforme Norma API 653 *Section 9.8 Addition or Replacement of Shell Penetrations*

A montagem da chapa de reforço deve ser em duas metades, conforme os seguintes esquemas, da Norma API Std 653 *Figure 9.7 - Typical Details for Addition of Reinforcing Plate to Existing Shell Penetration*, para bocal regular, e da Norma API Std 653 *Figure 9.8 - Typical Details for Addition of "Tombstone" Shape Reinforcing Plate to Existing Shell Penetration* para bocal tipo "low type".



As chapas de reforço novas ou alteradas de bocais devem ser submetidas a um teste de vazamento com ar, de acordo com a Norma API Std 650 *Section 7.3.4 Inspection of Reinforcing-Plate Welds*, injetado pelo furo sentinela. Após o teste, o furo sentinela não deve ser tampado, a fim de acusar algum vazamento durante o teste hidrostático e após a entrada em operação do tanque.

Antes do corte no costado para novo bocal e para adicionar uma chapa de reforço em bocal existente, realizar o exame por ultrassom na superfície da chapa do costado, para verificar a ocorrência de dupla laminação.

Se a espessura da chapa do costado for igual ou menor que 1/2 pol. ou o novo bocal no costado for igual ou menor que NPS 2 pol, devem ser atendidos os seguintes requisitos:

- a. A solda de chapa de reforço x pescoço do bocal e a solda do pescoço do bocal x chapa do costado devem ter penetração e fusão totais.

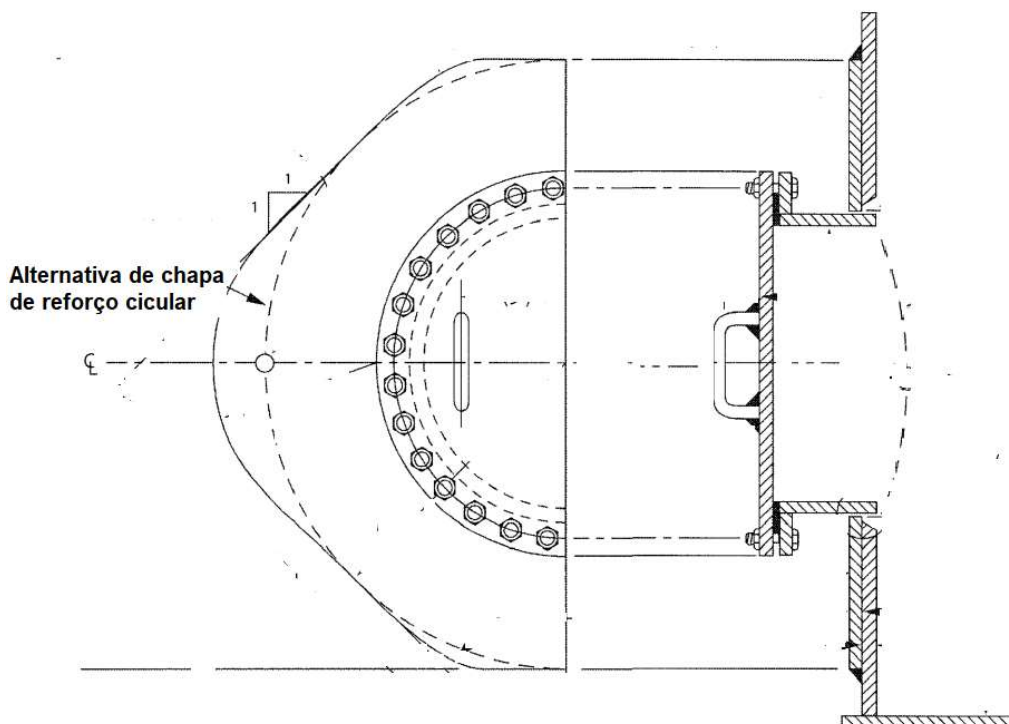
- b. O passe de raiz da solda do pescoço x costado deve ser goivado e examinado por método de partículas magnéticas ou de líquido penetrante.
- c. As soldas concluídas devem ser examinadas pelo método de partículas magnéticas ou de líquido penetrante e pelo método ultrassônico.

Se a espessura da chapa do costado for maior que 1/2 pol., os novos bocais no costado, com diâmetro nominal maior que NPS 2 pol, devem ser instalados com o uso de uma chapa de inserção *insert plate*,

- a. Para a instalação de nova chapa no costado, devem ser atendidos requisitos da Norma API Std 653 *Section 9.2 Removal and Replacement of Shell Plate Material*.
- b. O diâmetro mínimo da chapa de inserção deve ser pelo menos o maior valor entre duas vezes o diâmetro da abertura ou este diâmetro mais 12 pol.
- c. Quando for utilizada chapa de reforço, o diâmetro mínimo da chapa de inserção deve ser igual ao diâmetro da chapa de reforço mais 12 pol.
- d. A solda entre a chapa de inserção e a chapa existente no costado deve ser de topo, com fusão e penetração totais e após concluída totalmente radiografada (RT 100%).
- e. Quando é usada chapa de inserção *insert plate*, o conjunto do novo bocal deve ser pré-fabricado em oficina, incluindo o tratamento térmico, se necessário, de modo que a única solda a executar no tanque é a da chapa de inserção com a chapa existente no costado. Se houver o tratamento térmico na oficina, na solda ao costado devem ser atendidos os requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.

6.3.2. Requisitos para novas bocas de visita no costado

As novas bocas de visita *manholes* ou para reposição de existente devem ser conforme a Norma API Std 650 *Section 5.7.5 Shell Manholes* e *Figures 5-7A and 5-7B Shell Manhole and Details of Shell Manholes and Nozzles*.



Boca de visita no costado do tanque
Norma API Std 650 Figure 5-7 A and 5-7 B -Shell Manhole

A instalação de novas bocas de visita no costado deve estar de acordo com os requisitos de material, projeto e alívio de tensão da Norma API Std 650 *Section 5.7 Shell Openings* e conforme Norma API 653 *Section 9.8 Addition or Replacement of Shell Penetrations*

As chapas de reforço novas ou alteradas de bocais e bocas de visita devem ser submetidas a um teste de vazamento com ar. de acordo com a Norma API Std 650 *Section 7.3.4 Inspection of Reinforcing-Plate Welds*, injetado pelo furo sentinela. Após o teste, o furo sentinela não deve ser tampado, a fim de acusar algum vazamento durante o teste hidrostático e após a entrada em operação do tanque.

Antes do corte no costado para nova boca de visita e para adicionar uma chapa de reforço em boca de visita existente, realizar o exame por ultrassom na superfície da chapa do costado, para verificar a ocorrência de dupla laminação.

Se a espessura da chapa do costado for igual ou menor que 1/2 pol. devem ser atendidos os seguintes requisitos:

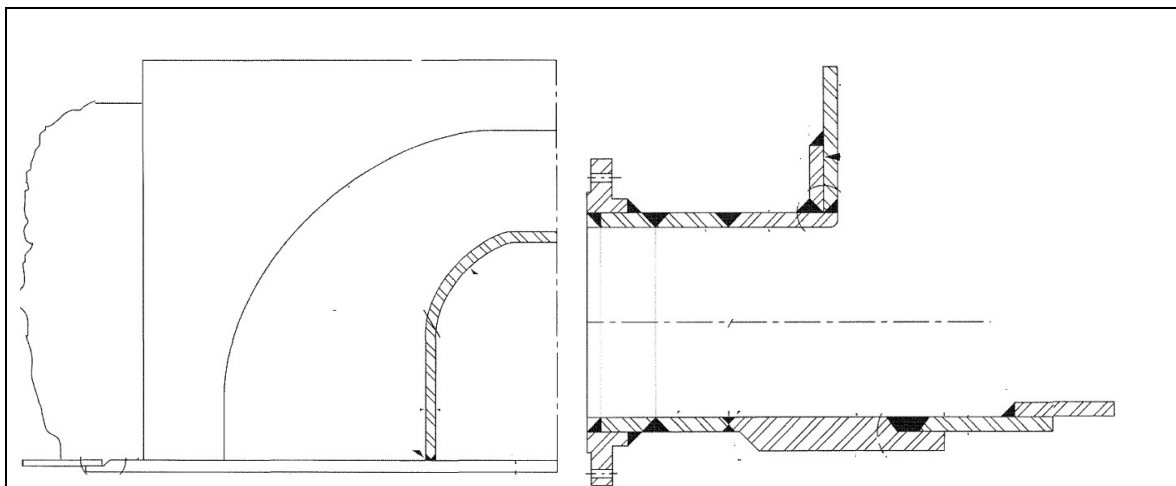
- Para a instalação de novas chapas no costado, devem ser atendidos requisitos da Norma API Std 653 *Section 9.2 Removal and Replacement of Shell Plate Material*.
- A solda de chapa de reforço x pescoço da boca de visita e a solda do pescoço da boca de visita x chapa do costado devem ter penetração e fusão totais.
- O passe de raiz da solda do pescoço x costado deve ser goivado e examinado por método de partículas magnéticas ou de líquido penetrante.
- As soldas concluídas devem ser examinadas pelo método de partículas magnéticas ou de líquido penetrante e pelo método ultrassônico.

Se a espessura da chapa do costado for maior que 1/2 pol., as novas bocas de visita no costado devem ser instalados com o uso de uma chapa de inserção *insert plate*.

- O diâmetro mínimo da chapa de inserção deve ser pelo menos o maior valor entre duas vezes o diâmetro da abertura ou este diâmetro mais 12 pol.
- Quando for utilizada chapa de reforço, o diâmetro mínimo da chapa de inserção deve ser igual ao diâmetro da chapa de reforço mais 12 pol.
- A solda entre a chapa de inserção e a chapa existente no costado deve ser de topo, com fusão e penetração totais e após concluída totalmente radiografada (RT 100%).
- Quando for usada chapa de inserção *insert plate*, o conjunto da nova boca de visita deve ser pré-fabricado em oficina, incluindo o tratamento térmico, se necessário, de modo que a única solda a executar no tanque é a da chapa de inserção com a chapa existente no costado. Se houver o tratamento térmico na oficina, na solda ao costado devem ser atendidos os requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.

6.3.3. Requisitos para novos bocais especiais do tipo rente ao fundo *Flush-Type Shell Connection* no costado

O bocal ou conexão no costado do tipo nivelado com o fundo *flush-type shell connection* é um tipo especial de bocal montado tangenciando a chapa do fundo, permitindo a saída ou descarga de produto armazenado até o nível do fundo do tanque, por isso, sempre instalado no 1º anel de chapas do costado.



**Bocal ou conexão tipo rente ao fundo em costado de tanque
Norma API Std 650 Figure 5-14-Flush-Type Shell Connection**

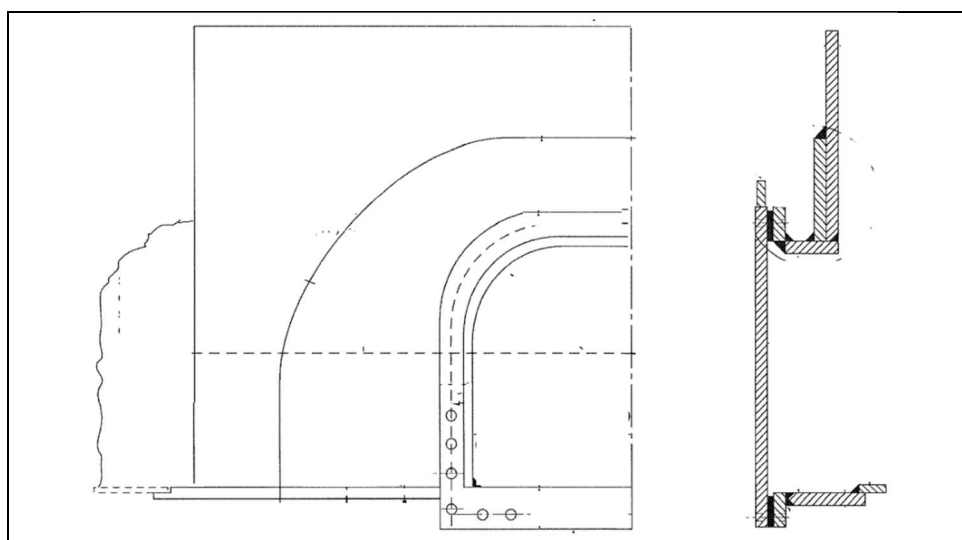
A seguir, são descritos os requisitos para fabricação e inspeção do novo bocal rente ao fundo.

- O bocal rente ao fundo deve ser pré-fabricado, em oficina, de chapa de inserção *insert plate* no costado, devendo incluir a chapa de reforço, a seção anular do fundo, a peça de transição, e o pescoço flangeado
- Para a instalação de novas chapas no costado, devem ser atendidos requisitos da Norma API Std 653 *Section 9.2 Removal and Replacement of Shell Plate Material*.

- c. Os detalhes e as dimensões de novos bocais do tipo rente ao fundo devem estar de acordo com os mostrados na Norma API Std 650 *Figure 5-14-Flush-Type Shell Connection*.
- d. O material de construção da chapa que contém o bocal rente ao fundo, da chapa de reforço, da chapa do pescoço, do flange e do tampo, deve ter limite de escoamento e resistência à tração iguais ou maiores que as chapas existentes do anel costado e a tenacidade ao entalhe similar.
- e. Todas as soldas de fabricação do bocal devem ser de topo, com fusão e penetração totais e facilmente radiografáveis.
- f. As soldas longitudinais no pescoço do bocal e na peça de transição, as soldas circunferenciais, incluindo a solda pescoço-flange, e as soldas na chapa de inserção *insert plate* devem ser inspecionadas com exame radiográfico total (RT 100%) ou ultrassom (UT 100%).
- g. Após totalmente fabricado, o bocal rente ao fundo deve ser submetido ao tratamento térmico de alívio de tensões, como um conjunto único, que inclui a chapa *insert plate* que contém o bocal, antes da instalação no costado do tanque, independentemente da espessura ou resistência do material.
Após o alívio térmico de tensões, realizar exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante em todas as soldas.
- h. Para o material aço Carbono, o alívio de tensão deve ser realizado dentro de uma faixa de temperatura de 600°C - 650°C (1 100°F - 1200°F), durante 1 hora a cada 25 mm (1 pol.) de espessura do costado.
Para aços Carbono temperados e revenidos consultar a Norma API Std 650 *Section 5.7.4.3*.
- i. A montagem no costado da chapa de inserção com o bocal pré-fabricado deve ser somente com soldas verticais e horizontais e devem ser atendidos os requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.
- j. As novas soldas no costado devem ser de topo, com fusão e penetração completas, executadas de ambos os lados. O passe de raiz das soldas da chapa de inserção *insert plate* ao costado e ao fundo deve ser inspecionado com exame visual e de partículas magnéticas ou líquido penetrante, enquanto as soldas são feitas.
Depois de as soldas serem concluídas devem ter exame visual, de partículas magnéticas ou líquido penetrante e por radiografia total (RT 100%).
- k. Quando a chapa que contém o bocal tem a mesma altura do anel do costado, as novas juntas soldadas horizontais podem ser feitas com a remoção das soldas horizontais existentes, porém as novas juntas soldadas verticais devem estar espaçadas das soldas verticais existentes, conforme definido na Norma API Std 653 *Figure 9.1 Acceptable Details for Replacement of Shell Plate Material*.

6.3.4. Requisitos para novas portas de limpeza *flush-type cleanout fittings*

A porta de limpeza *flush-type cleanout fitting* é uma abertura permanente de acesso ao interior do tanque, para os serviços de manutenção e reparo, instalada no 1º anel de chapas do costado.



Porta de limpeza soldada de topo em costado de tanque
Norma API Std 650 *Figure 5-12-Flush-Type Cleanout Fittings*

Para os casos de instalação ou substituição de porta de limpeza, a seguir, são descritos os requisitos a serem atendidos.

- a. A porta de limpeza deve ser pré-fabricada, em oficina, em uma chapa de inserção *insert plate* no costado, devendo incluir a chapa de reforço, a seção anular do fundo, o pescoço flangeado e a tampa.
- b. Para a instalação de novas chapas no costado, devem ser atendidos requisitos da Norma API Std 653 *Section 9.2 Removal and Replacement of Shell Plate Material*.
- c. As novas portas de limpeza devem estar em conformidade com os detalhes e dimensões mostrados na Norma API Std 650 *Figures 5-12 and 5-13 e Tables 5-9a through 5-11 b*.
- d. O material de construção da chapa que contém a porta de limpeza, da chapa de reforço, da chapa do pescoço, do flange e do tampo, deve ter limite de escoamento e resistência à tração iguais ou maiores que as chapas existentes do anel costado e a tenacidade ao entalhe similar.
- e. Após totalmente fabricada, a porta de limpeza deve sofrer tratamento térmico de alívio de tensões, como um conjunto único, que inclui a chapa que contém a porta de limpeza, antes da instalação no costado do tanque, independentemente da espessura ou resistência do material. Para o material aço Carbono, o alívio de tensão deve ser realizado dentro de uma faixa de temperatura de 600°C - 650°C (1 100°F - 1200°F), durante 1 hora a cada 25 mm (1 pol.) de espessura do costado.
Para os aços Carbono temperados e revenidos consultar a Norma API Std 650 *Section 5.7.4.3*.
- f. A instalação no costado deve ser somente com soldas verticais e horizontais e devem ser atendidos os requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.
- g. As novas soldas devem ser executadas de ambos os lados e examinadas visualmente, após o passe de raiz e após a solda pronta com partículas magnéticas e líquido penetrante.
- h. Quando a chapa que contém a porta de limpeza tem a mesma altura do anel do costado, as juntas soldadas horizontais podem ser feitas com a remoção das soldas horizontais existentes, e as novas juntas soldadas verticais devem estar espaçadas das soldas verticais existentes, conforme definido na Norma API Std 653 *Figure 9.1 Acceptable Details for Replacement of Shell Plate Material*.
- i. Todas as novas soldas no costado, ligando chapas existentes a novas chapas e entre chapas novas, devem ser de penetração e fusão completas e totalmente radiografadas, incluindo os trechos de 150 mm, de cada lado da solda existente ligados à solda nova,. Se forem encontrados defeitos, após a remoção dos defeitos e nova soldagem, tornar a radiografar 100% as soldas reparadas.
- j. Além disso, para espessuras de chapa maiores que 1 pol., a superfície goivada do passe de raiz e a do passe final (cada lado) devem ser examinadas em seu comprimento completo por partícula magnética ou líquido penetrante

6.4. Instalação de abertura temporária para acesso ao interior do tanque *door sheet*

A depender do volume dos trabalhos a serem executados no interior dos tanque, pode ser conveniente instalar a abertura provisória no costado, para possibilitar e facilitar a entrada de máquinas, materiais e pessoas.



Abertura temporária no costado para acesso de material, máquinas e pessoal ao interior do ytanque

A abertura no costado deve atender aos requisitos da Norma API Std 653 *Section 9.2 Removal and Replacement of Shell Plate Material* e *Figure 9.4 - Details for Door Sheet in Butt Weld Shell Seam Tank - No Vertical Seam Offset*, não sendo permitido cortar a junta soldada do fundo ao costado.

Após o término dos trabalhos, a abertura é novamente fechada, com a reinstalação da mesma chapa removida, se for possível o reaproveitamento, ou de nova chapa do mesmo material original, calandrada e com as bordas preparadas para a soldagem de topo ao costado.

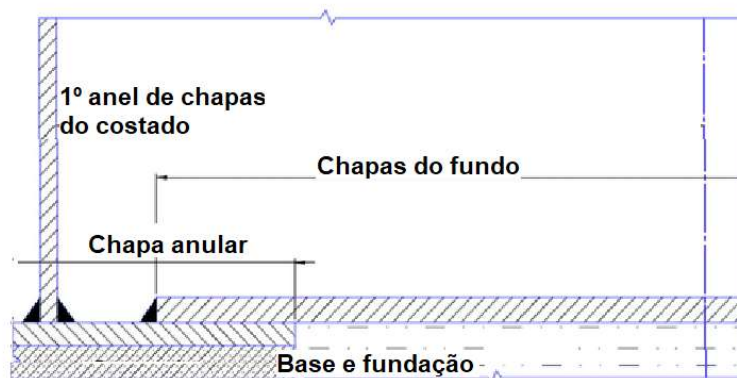
O fechamento da abertura temporária deve atender aos requisitos:

- As novas soldas das chapas do costado devem ser juntas de topo com penetração e fusão totais e 100% radiografadas em toda a extensão.
- Todas as junções com as soldas existentes também devem ser radiografadas.
- Se forem encontrados defeitos, a radiografia total (RT100%) deve ser novamente executada após a solda ser reparada.

6.5. Chapas que compõem o fundo do tanque

Os tipos de chapas utilizadas na fabricação do fundo do tanque são: chapas retangulares/*sketch plates* e chapas anulares.

O material das chapas deve ser conforme as especificações da Norma API Std 650 *Section 4.2 Plates*.



6.5.1. Chapas retangulares *rectangular plates* e da periferia *sketch plates* do fundo do tanque

Norma API Std 650 *Section 5.4 Bottom Plates*

Todas as chapas do fundo devem ter uma espessura corroída não inferior a 6mm (0,236 pol.)

As chapas *sketch plates* do fundo devem ser de tamanho suficiente, de modo que pelo menos 50 mm (2 pol.) se projetem para fora do costado, para garantir um mínimo de 13 mm (1/2 pol.) distante do pé da solda de ângulo com o costado.

As chapas do fundo devem ser soldadas com soldas de filete.

A superfície do fundo do tanque deve ter, normalmente, uma declividade mínima de 1:120 do centro em direção ao costado.

6.5.2. Chapas anulares da periferia do fundo

Norma API Std 650 *Section 5.5 Annular Bottom Plates*

As chapas anulares do fundo devem ter uma largura radial com pelo menos 600 mm (24 pol.) entre o interior do costado e qualquer junta soldada por sobreposição no restante do fundo.

A projeção das chapas anulares, para fora do costado, deve ser pelo menos de 50 mm (2 pol.), para garantir um mínimo de 13 mm (1/2 pol.) distante do pé da solda de ângulo com o costado.

A espessura das chapas anulares do fundo não deve ser menor que a maior espessura determinada usando a Norma API Std 650 *Tables 5-1a-(SI) e 5-1b (USC) Annular Bottom-Plate Thicknesses*, mais a sobresspessura para corrosão especificada.

6.6. Reparos das soldas das chapas do fundo e entre costado e fundo

Os procedimentos de inspeção e para execução de reparos no fundo do tanque dependem se a região é dentro ou fora da Zona Crítica do fundo

A Zona Crítica é a porção do fundo do tanque dentro de 76 mm (3 pol.), a partir da superfície interna do costado, medidos radialmente na direção do centro do tanque.

6.6.1. Reparos das soldas entre as chapas do fundo do tanque fora da Zona Crítica

As soldas existentes de ligação das chapas do fundo, entre si e com as chapas anulares *annular plates* ou om as chapas *sketch plates*, devem ter exame visual e por partículas magnéticas ou líquido penetrante, em todo o comprimento, para garantir a integridade das soldas e confirmar a ausência de trincas e poros.

- As soldas existentes, encontradas com defeitos durante a inspeção interna, devem ser restauradas com deposição de solda e em seguida ter inspeção por exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante.
- No caso de uso de chapas de reparo tipo remendo, sobre as chapas existentes do fundo, as novas soldas de reparo e um comprimento adicional de 6 pol., de cada lado da chapa de remendo soldada, devem ser inspecionadas com exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante.
- As regiões com mossas, devido às sobreposições de três chapas devido ao remendo; de remoção de soldas temporárias e de abertura do arco de solda; devem ter exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante.

Os reparos com remoção e substituição total ou parcial das chapas retangulares de fundo de tanque, que estão fora da Zona Crítica do fundo do tanque, são permitidos quando a base do tanque, sob essas chapas, está em boas condições, conforme parecer do inspetor autorizado, e uma das seguintes condições acontece:

- Para tanques com anel de chapas anulares

As chapas anulares e o trecho da base do tanque (fundação de concreto ou solo compactado) sob essas chapas estão em bom estado e as novas chapas não são soldadas dentro da Zona Crítica.

- Para tanques sem anel de chapa anular, ou seja, com *sketch plates* na periferia

As chapas *sketch plates* da periferia do fundo existente e o trecho da base do tanque (fundação de concreto ou solo compactado), sob essas chapas, estão em bom estado e as novas chapas não são soldadas ao fundo existente dentro da Zona Crítica.

Após os reparos necessários, as áreas reparadas devem ser testadas quanto a vazamentos, usando um dos métodos especificados na Norma API Std 650 *Section 7.3.3 Examination and Testing of the Tank Bottom*, sendo normalmente utilizado o teste com caixa de vácuo.

As áreas que apresentarem vazamento no teste devem ser reparadas por esmerilhamento, ressoldadas e inspecionadas com exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante, e a área reparada deve ser testada novamente

O teste com caixa de vácuo *right-angle vacuum box* é um teste não destrutivo para detectar vazamentos em junta soldada. Enquanto uma solução detergente é aplicada na área de teste, uma caixa de vácuo e um compressor produzem um vácuo de alta potência. As caixas de vácuo são usadas para inspecionar e identificar vazamentos nas soldas costado-fundo e soldas entre as chapas de fundo dos tanques de armazenamento existentes e durante a montagem de tanques novos. À medida que o detergente borbulha, os vazamentos dentro da caixa são identificados para os reparos. As inspeções são realizadas de acordo com os requisitos do Código ASME Section V, Article 10, Appendix II Bubble Test - Vacuum Box Technique.

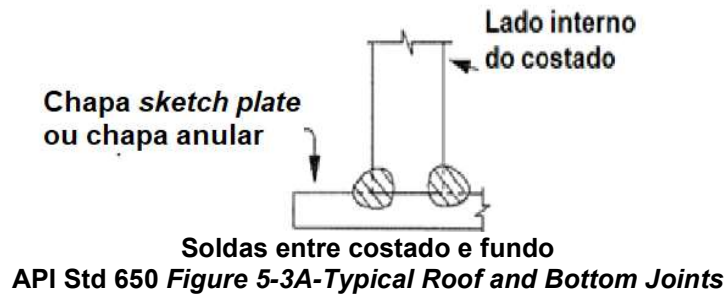


Fonte Vacuum Box Testing (VBT)

<https://www.eiwaasaudi.com/ndt-test-ndt-inspection-service-non-destructive-inspection-vacuum-box-test/>

Teste com caixa de vácuo *right-angle vacuum box* das soldas do fundo de tanque

6.6.2. Reparos das soldas entre as chapas do fundo do tanque dentro da Zona Crítica Norma API Std 653 *Section 12.3.2.5 Shell-to-bottom Weld Repair*



As soldas existentes de ligação do costado, ao anel de chapa anular *annular plate* do fundo do tanque, ou às chapas *sketch plates* do fundo, devem ser inspecionadas conforme os seguintes procedimentos:

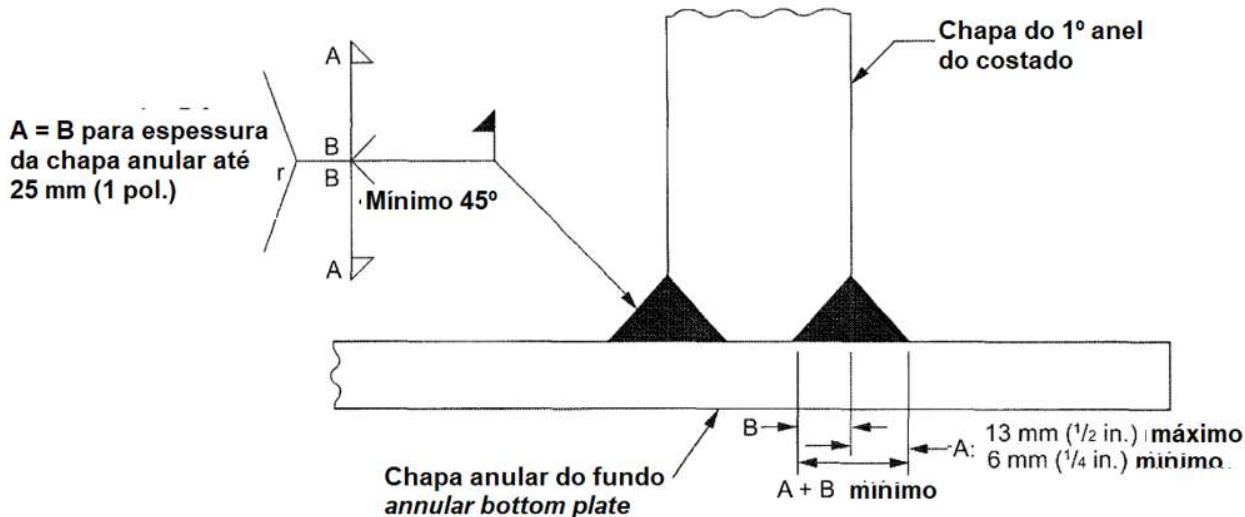
- a. As soldas existentes na ligação costado-fundo devem ter exame visual e de partículas magnéticas ou líquido penetrante, em todo o comprimento, pelos lados interno e externo do costado do tanque.
- b. Os trechos da solda de ligação costado-fundo, comprometidos e reprovados na inspeção, devem ser, primeiramente, inteiramente removidos, por goivagem e/ou esmerilhamento para os devidos reparos.

Os reparos das soldas de ligação do costado às chapas anulares ou às chapas *sketch plates*, dentro da Zona Crítica do fundo do tanque, devem obedecer aos seguintes requisitos da Norma API Std 653 *Section 12.3.2.4 Bottom Repair within the Critical Zone* e *Section 12.3.2.5 Shell-to-bottom Weld Repair*:

- Uma parte da solda existente, a ser reparada (de qualquer comprimento), pode ser removida e refeita, atendendo aos requisitos de tamanho da Norma API Std 650 *Section 5.1.5.7 Shell-to-Bottom Fillet Welds*, desde a parte refeita não represente mais de 50% da área requerida da seção transversal de solda existente.
- Quando as soldas a ser refeitas são para repor mais de 50% da área requerida da seção transversal de solda existente, elas não devem estar mais próximas que 300 mm (12 pol) de outra solda, incluindo reparos no lado oposto do costado.
- A solda de um lado do costado pode ser completamente removida e substituída quando o seu comprimento não excede a 300 mm (12 pol).
- A região dos reparos deve ser examinada antes da soldagem, após o passe de raiz e após o passe final pelos métodos visual, partículas magnéticas ou líquido penetrante.
- As novas soldas na ligação costado-fundo devem ser conforme Norma API Std 650 *Section 5.1.5.7 Shell-to-Bottom Fillet Welds*.
- O primeiro passe dessas soldas ou passe de raiz deve ter exame visual e líquido penetrante.
- Antes de se prosseguir com a soldagem o líquido deve ser removido, assim como, toda a escória e não metais sobre a superfície, e ter exame visual.
- Para as chapas do fundo com espessura nominal igual ou menor que 13 mm (1/2 pol), conforme Norma API Std 650 *Section 5.1.5.7 Shell-to-Bottom Fillet Welds*, a solda de ligação entre o fundo e o costado deve ser de filete contínuo, de cada lado da chapa do costado. O tamanho de cada solda não deve ser maior que 13 mm (1/2 pol) e não deve ser menor que a espessura nominal da chapa mais fina (entre as chapas do costado e do fundo) ou ainda não menor que os seguintes valores da tabela:

Espessura nominal da chapa do costado		Tamanho mínimo da solda de filete	
5 mm	0,1875 pol	5 mm	3/16 pol
5 a 20 mm	0,1875 a 0,75 pol	6 mm	¼ pol
20 a 3220	0,75 a 1,25 pol	8 mm	5/16 pol
32 a 45	1,25 a 1,75 pol	10 mm	3/8 pol

- Para as chapas do fundo com espessura nominal maior que 13 mm (1/2 pol), a solda de ligação costado x fundo deve ser de filete contínuo, de cada lado da chapa do costado, e dimensionada de modo a atender à Norma API Std 650 *Section 5.1.5.7 Shell-to-Bottom Fillet Welds* e *Figure 5-3C-Detail of Double Fillet-Groove Weld for Annular Bottom Plates with a Nominal Thickness Greater Than 13 mm (1/2 in.)*, mas não exceder a espessura da chapa do 1º anel do costado.



Ligação soldada entre o costado e o fundo de chapas anulares
Norma API Std 650 Figure 5-3C-Detail of Double Fillet-Groove Weld for
Annular Bottom Plates with a Nominal Thickness Greater Than 13 mm (1/2 in.)

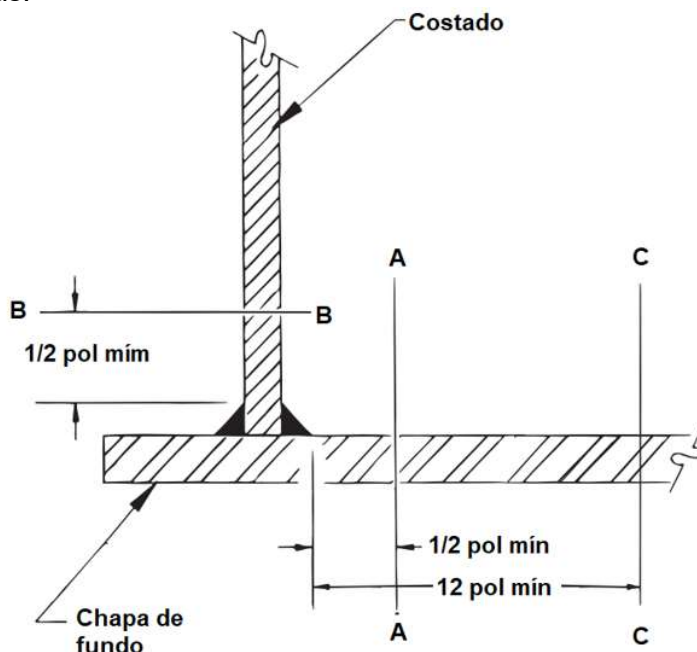
Notas:

- a. A = Tamanho do filete de solda limitado a 13 mm (1/2 pol.)
 - b. A + B = Espessura da chapa mais fina entre o costado e a chapa anular do fundo.
 - c. A solda de chanfro B pode exceder o tamanho de filete A somente quando a chapa anular for mais espessa que 25 mm (1 pol.).
- Após a conclusão das soldas dos reparos, realizar exame visual e de partículas magnéticas ou líquido penetrante, em todo o comprimento da solda, incluindo o trecho da fusão com soldas existentes.
 - Em seguida fazer teste de vazamento, usando caixa de vácuo *right-angle vacuum box*, e um filme de solução reveladora, conforme Norma API Std 650 Section 7.3.3 *Examination and Testing of the Tank Bottom*.
 - As áreas que apresentarem vazamento no teste devem ser reparadas por esmerilhamento, ressoldadas e inspecionadas com exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante, e a área reparada deve ter teste com caixa de vácuo novamente

6.7. Reaproveitamento parcial do fundo existente de tanque

Quando somente parte das chapas do fundo existente for reaproveitada, sendo mantida a ligação do fundo com o costado, as chapas da periferia do fundo soldadas ao costado e o 1º anel do costado devem estar em bom estado e sem corrosão localizada.

As chapas do fundo não reaproveitadas devem ser cortadas a partir da linha C - C, mostrada na Norma API Std 653 Figure 10.1-Tank Shell and Bottom Cut Locations, para serem removidas e substituídas por novas chapas.



Norma API Std 653 Figure 10.1—Tank Shell and Bottom Cut Locations

O material das novas chapas para o fundo devem ter a mesma especificação do projeto original e os procedimentos de soldagem e inspeção serem executados com os mesmos critérios da construção original.

Antes de montar as chapas novas inspecionar toda a superfície do fundo existente e preencher os vazios na fundação abaixo do antigo fundo com areia, brita de calcário, argamassa ou concreto.

Avaliar e corrigir, se necessário, as condições do sistema de proteção catódica existente e das canaletas na base para detecção e indicação de vazamento por furos no fundo.

As novas chapas devem ser colocadas sobre uma camada ou colchão de material adequado, não corrosivo e impermeabilizante, como areia, cascalho, concreto, asfalto ou betumem, e sobre este material estender uma tela de arame galvanizado.

Analisar a conveniência de montar uma abertura temporária no costado para levar as novas chapas para dentro do tanque.

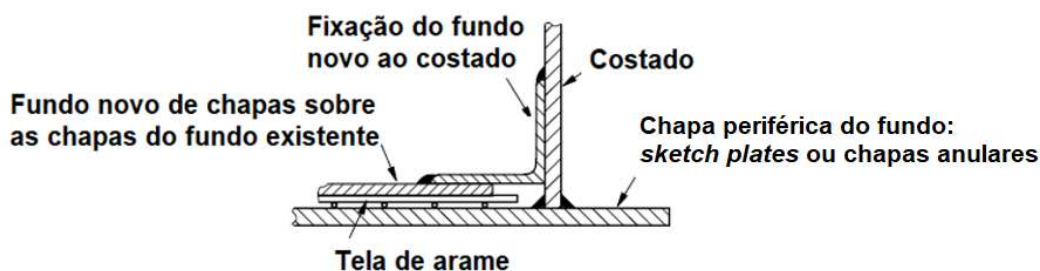
As novas soldas e as áreas reparadas devem ser testadas quanto a vazamentos, usando um dos métodos especificados na Norma API Std 650 *Section 7.3.3 Examination and Testing of the Tank Bottom*, sendo normalmente utilizado o teste com caixa de vácuo.

6.8. Instalação de novo fundo sobre um fundo existente

Quando o fundo de um tanque está muito deteriorado, um novo fundo pode ser sobreposto ao fundo existente, desde que as chapas da periferia, *sketch plates* ou chapas anulares, e a ligação com o costado estejam em bom estado, sem precisar substituição..

Os requisitos que regem a instalação de um novo fundo sobre um fundo existente são dados na Norma API Std 653 *Section 9.10.2 Replacement of Tank Bottom Plates*.

- Primeiramente, inspecionar toda a superfície do fundo existente e preencher os vazios na fundação abaixo do antigo fundo com areia, brita de calcário, argamassa ou concreto.
- Colocar sobre o fundo existente uma camada ou colchão de material adequado, não corrosivo e impermeabilizante, como areia, cascalho, concreto, asfalto ou betumem, e sobre este material estender uma tela de arame galvanizado.
- Prever a montagem de proteção catódica embutida na areia, e abrir canaletas na base para detecção e indicação de vazamento por furos no fundo.
- Providenciar uma abertura temporária no costado para levar máquinas e chapas para dentro do tanque.
- As novas soldas e as áreas reparadas devem ter exame visual e por partículas magnéticas ou líquido penetrante e ser testadas quanto a vazamentos, usando um dos métodos especificados na Norma API Std 650 *Section 7.3.3 Examination and Testing of the Tank Bottom*, sendo normalmente utilizado o teste com caixa de vácuo.
- As aberturas (bocais e bocas de visita) existentes no costado devem ser levantadas ou suas chapas de reforço modificadas, se a elevação do novo fundo resultar em detalhes inadequados do reforço do bocal (ver Norma API Std 650 *Section 5.7.2 Reinforcement and Welding and Figure 9.8 Shell Nozzles*) ou se os requisitos de espaçamento de solda especificados na Norma API Std 650 *Section 5.7.3 Spacing of Welds around Connections* não forem atendidos.
- Para tanques de teto flutuante, o novo perfil de fundo deve manter o teto nivelado, quando apoiado em suas pernas de apoio. O nivelamento do teto flutuante pode ser ajustado alterando-se o comprimento das pernas de apoio, para manter a altura original acima do fundo. As pernas de teto flutuante devem ser apoiadas sobre novas chapas de desgaste, continuamente soldadas ao fundo do tanque, para distribuir as cargas sobre o fundo do tanque. No caso de tetos flutuantes de Alumínio, devem ser Instalados espaçadores de material não metálico (por exemplo, Teflon), para isolar as pernas de Alumínio do contato com as chapas de desgaste do fundo de aço Carbono.
- Para tanque de teto fixo deve ser analisada a necessidade de instalar novas chapas de apoio sob as colunas de sustentação do teto.

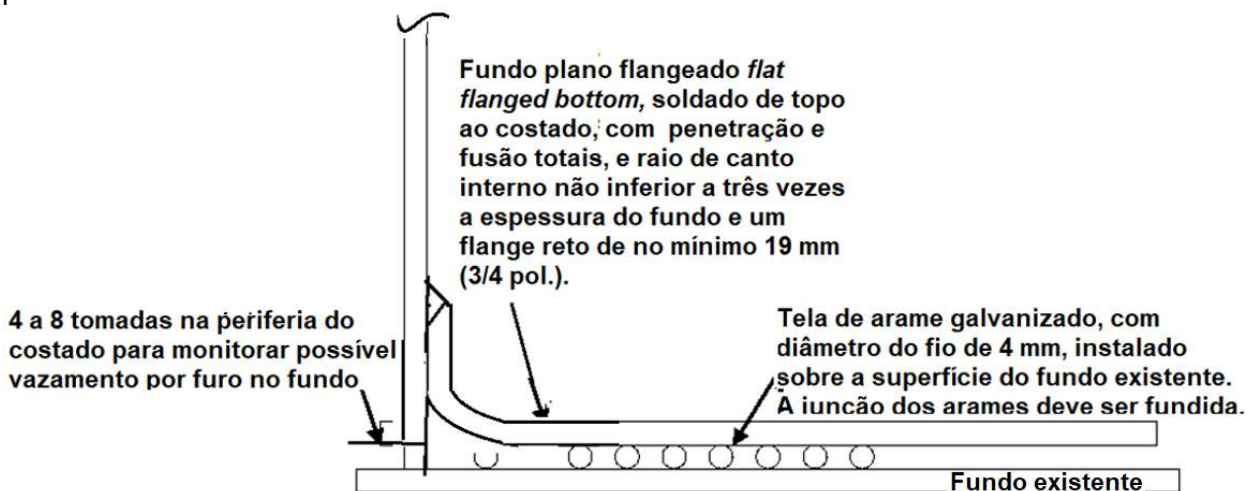


Instalação de fundo novo sobre o fundo existente



Instalação de novas chapas sobre fundo existente de um tanque

Em tanques de armazenamento menores, com diâmetro nominal menor ou igual a 6 m (20 ft), possíveis de fabricação em oficina e transportados por inteiro, a Norma APT Std 650 *Annex J-Shop-Assembled Storage Tanks*, para o fundo novo a ser instalado em tanque existente, permite o tipo fundo flangeado *flat flanged bottom*, com um raio de canto interno não inferior a três vezes a espessura do fundo e um flange reto de no mínimo 19 mm (3/4 pol.), em que as soldas ao costado devem ser de topo com fusão e penetração totais e inspeção com exame visual e partículas magnéticas ou líquido penetrante.



**Instalação de fundo novo sobre o fundo existente em tanques fabricados em oficina
Projeto desenvolvido pelo Consultor Romildo Rudek Junior
da Refinaria do Paraná-REPAR da Petrobras**

6.9. Remoção do fundo existente e substituição por um novo fundo

A troca ou substituição do fundo de um tanque consiste na remoção do fundo existente para sucata e a instalação do novo fundo. As chapas internas são cortadas e retalhadas a frio e, em seguida, a junta soldada entre o costado e o fundo também é cortada e removida.

A substituição ou troca de um fundo existente pode ser devido à corrosão/erosão intensa com furos em toda a superfície, mas também pode ser necessário para reparos na base ou na fundação (recalques excessivos); ou *retrofitting* no sistema de proteção catódica; ou instalação de canaletas para conter e canalizar qualquer vazamento sob o fundo para local onde possa ser facilmente detectado de fora do tanque.

O fundo existente pode ser de chapas da periferia do tipo com chapas *sketch plates* ou do tipo com chapas anulares. Quando essas chapas da periferia devem ser substituídas, é preciso levantar o tanque para a retirada das chapas existentes e troca de todo o fundo.

Nas situações em que há necessidade de remover todo o fundo existente, incluindo as chapas da periferia, um método de substituição ou troca do fundo é sustentar o tanque com macacos hidráulicos montados no costado e realizar um corte em toda a periferia do costado, para permitir que as chapas do fundo deslizem sob o costado do tanque, para remoção e substituição.

O corte do costado é executado com a instalação de uma máquina automática de corte a frio ou com maçarico, dentro do tanque, montada em um trilho, para cortar o costado em toda a circunferência ou periferia do tanque.

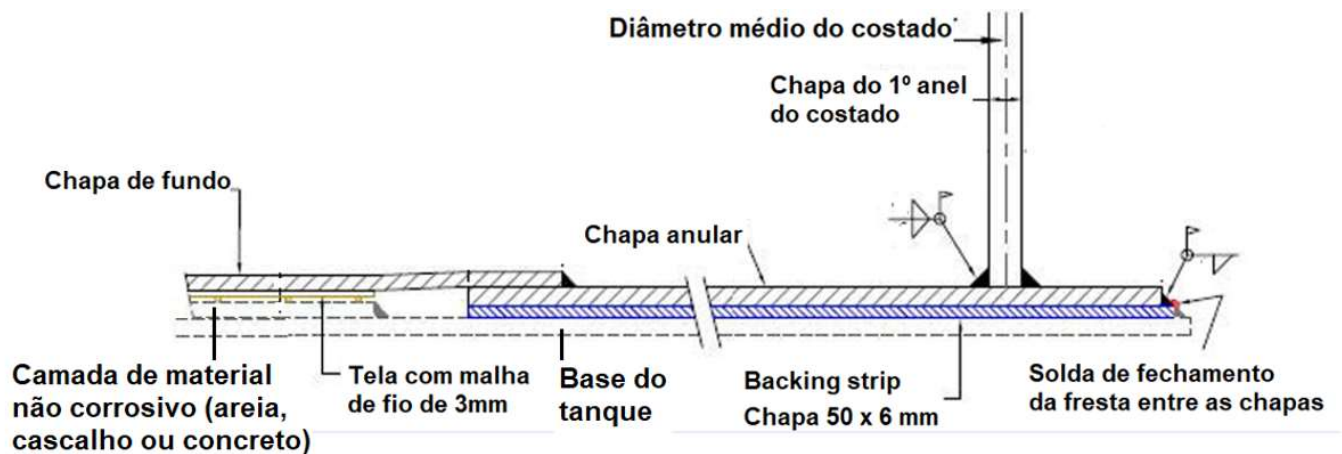
A depender da altura do corte, em relação ao fundo do tanque, avaliar, previamente, a interferência com os acessórios existentes no costado, como bocais, bocas de visita e porta de limpeza, e a necessidade de realocar esses acessórios.

As chapas internas do fundo também são cortadas em pedaços removíveis,

Após remover as chapas do fundo existente e antes de montar as novas chapas, avaliar as condições físicas e necessidade de reparos das fundações e base do tanque, do sistema de proteção catódica e das canaletas na base para detecção e indicação de vazamento por furos no fundo.

Se necessário, preencher os vazios na fundação abaixo do antigo fundo com areia, brita de calcário, argamassa ou concreto; reinstalar o sistema de proteção catódica; refazer as canaletas na base.

As novas chapas devem ser colocadas sobre uma camada ou colchão de material adequado, não corrosivo e impermeabilizante, como areia, cascalho, concreto, asfalto ou betumem, e sobre este material estender uma tela de arame galvanizado.

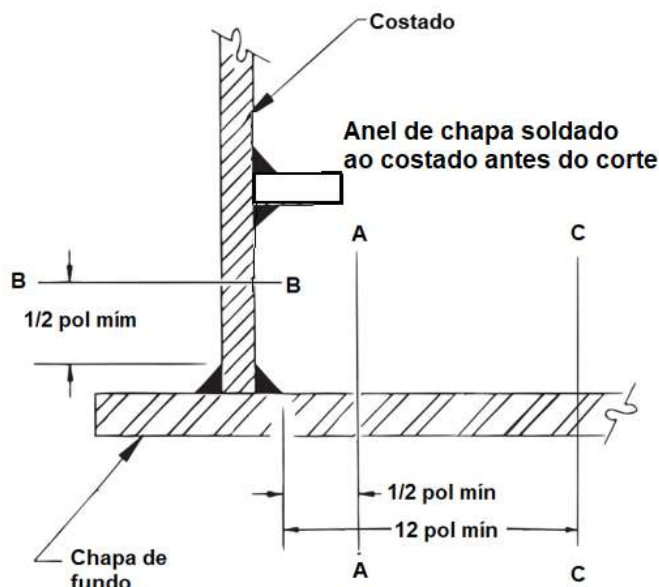


Para remover inteiramente o fundo existente, em primeiro lugar o tanque deve ser sustentado por macacos hidráulicos, instalados no costado.

Os macacos hidráulicos atrapalham a remoção e reposição das chapas do fundo, por isso devem ser instalados o mais distante possível, para permitir maiores espaços entre eles, porém é preciso avaliar, com o projetista do tanque, o risco de se introduzir grandes esforços no costado, pois, pode levar a tensões localizadas elevadas e deformações.

Sequência do procedimento de troca do fundo

- Remover as tubulações interligadas ao tanque e montar uma abertura temporária no costado, para levar máquinas e chapas ao interior do tanque.
- Nos tanques de teto flutuante externo, os acessórios como o selo de vedação, escada deslizante no teto e os drenos do teto, devem ser removidos.
- Antes de cortar do costado, soldar um anel de chapa, na superfície interna do costado, logo acima da linha de corte, em toda a circunferência, para prevenir possíveis distorções nas regiões tensionadas.
- O corte do costado deve ser conforme Norma API Std 653 *Figure 10.1-Tank Shell and Bottom Cut Locations* e o procedimento prevê que a abertura, devida ao corte, entre a extremidade do costado e a base do tanque, permite a retirada das chapas existentes e a entrada, em seções, do novo anel de placas anulares já ajustadas e soldadas.



Norma API Std 653 Figure 10.1-Tank Shell and Bottom Cut Locations

- e. A borda da chapa após o corte no costado deve ser usinada para remover todas as escórias e rebarbas residuais e preparação para a soldagem.
- f. O projeto, fabricação e montagem do novo fundo de tanque, após a remoção do fundo existente, deve atender a todos os requisitos da Norma API Std 650 *Section 5.4 Bottom Plates* e *Section 7.2.2 Bottoms erection*.
- g. A nova chapa do fundo deve estender-se para fora do costado conforme exigido pela Norma API Std 650 *Section 5.4.2 Bottom Plates*
- h. Todas as regras para espaçamento de soldas devem ser seguidas.
- i. A soldagem do costado ao fundo deve ser com eletrodos de baixo Hidrogênio e com procedimentos de soldagem projetados para limitar a distorção e a tensão residual.
- j. Executar as soldas de topo entre as chapas anulares e os ENDS fora do tanque, montando 2 ou 3 conjuntos de chapas de cada vez.
- k. As novas soldas de filete entre as chapas do fundo devem ter exame visual e por partículas magnéticas ou líquido penetrante e ser testadas quanto a vazamentos, usando um dos métodos especificados na Norma API Std 650 *Section 7.3.3 Examination and Testing of the Tank Bottom*, sendo normalmente utilizado o teste com caixa de vácuo.
- l. Os filetes das juntas soldadas devem ser adoçados para minimizar as concentrações de tensões e serem inspecionados com exame visual e por partículas magnéticas ou líquido penetrante antes e depois do teste hidrostático
- m. As novas juntas de solda entre chapas do fundo ou do anel anular devem ser espaçadas de solda vertical existente do anel do costado, do maior valor entre 3 pol. ou 5t ("t" é a espessura do anel inferior do costado em polegadas).
- n. Após o corte do costado, manter travados, com travas mecânicas, os macacos hidráulicos sustentando o tanque e providenciar o posicionamento, ajustagem e soldagem das chapas do novo fundo.
- o. Para os tanques de teto flutuante, basta fazer o corte do costado com 1/2" a 3/4", acima do pé da solda de filete, entre o costado e o fundo, ao redor de todo o tanque.
Se for necessário aumentar o espaçamento entre o tanque e a base, durante os trabalhos de remoção das chapas do fundo existente, o costado pode ser elevado pelos macacos hidráulicos, pois, não há restrições, visto que os acessórios, como o selo de vedação, escada deslizante no teto e os drenos do teto, foram previamente removidos.
Depois de posicionadas e ajustadas as chapas do novo fundo sob o costado, com o auxílio dos macacos hidráulicos descer o costado, sobre as novas chapas do fundo, para a soldagem.
O tanque fica com uma altura ligeiramente menor que a original, antes do corte, mas isso não acarreta inconvenientes ao tanque.
- p. Já, para o caso dos tanques de teto fixo, é necessário fazer o corte do costado com 300 mm, acima do pé da solda de filete, entre o costado e o fundo, ao redor de todo o tanque, pois, a suportação do teto fixo com as colunas não permite elevar o costado.
Depois de posicionadas e ajustadas as chapas do novo fundo sob o costado, para a soldagem ao costado, como não é possível descer o tanque, manter o tanque elevado com o auxílio dos macacos hidráulicos travados, mecanicamente, e soldar um anel de chapas no costado com

altura suficiente para atingir o novo fundo. Com isso se mantém o tanque com a mesma altura original, antes do corte.

- q. As chapas desse novo anel do costado devem ser do mesmo material e espessura do 1º anel e a soldagem ser conforme as especificações originais. É importante que a nova solda, pelos dois lados do costado, seja de topo com penetração e fusão completas e executada com passe de raiz e o mínimo de dois passes, para prover o revenimento da junta soldada. Para inspeção, realizar os exames visual e de partículas magnéticas ou líquido penetrante no passe de raiz, após a goivagem, e a solda completa, depois do último passe, deve ser examinada pelos métodos visual e de partículas magnéticas ou líquido penetrante em toda a extensão, e totalmente radiografada (RT 100%).
- r. A circunferência externa do novo fundo deve ter um anel gotejador conforme Norma API Std 650 *Figure 5-5 - Drip Ring*.

6.10. Anel de chapas anulares de fundo novo

Nas chapas anulares de um novo fundo, as juntas radiais entre as chapas devem ser soldadas de topo, de acordo com a Norma API Std 650 *Section 5.1.5.5 Butt-Welded Bottom Joints*, com penetração e fusão totais e serem examinadas com exame visual e líquido penetrante, na solda de raiz e partículas magnéticas ou líquido penetrante após a solda concluída.

Além desses exames, as soldas de topo das chapas anulares, também devem ser examinadas por método ultrassônico após o passe final.

Para os novos fundos com chapa anular, a fixação entre as chapas do 1º anel do costado com as chapas do fundo deve ser conforme Norma API Std 650 *Section 5.1.5.7 Shell-to-Bottom Fillet Welds* e atendendo aos seguintes requisitos:

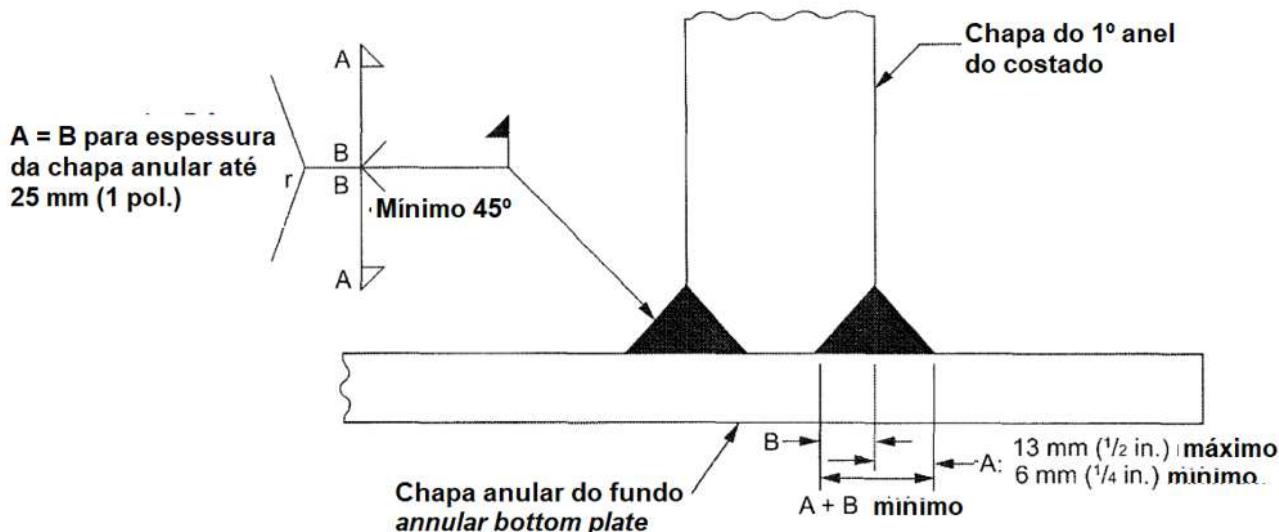
- As chapas anulares devem ter uma largura radial com pelo menos 600 mm (24 pol.) entre a parede interna do costado e qualquer junta soldada por sobreposição no restante do fundo.
- A projeção da chapa anular, externamente ao costado, deve ser pelo menos 25 mm (1 pol.) além do diâmetro externo do costado.
- A espessura das chapas anulares deve ser conforme estabelecido na Norma API Std 650 *Section 5.5.3 Annular Bottom Plate Thicknesses*.
- Para as chapas do fundo com espessura nominal igual ou menor que 13 mm (1/2 pol), conforme Norma API Std 650 *Section 5.1.5.7 Shell-to-Bottom Fillet Welds*, as soldas de ligação entre o fundo e o costado deve ser de filete contínuo, de cada lado da chapa do costado.

O tamanho dessa solda de filete deve ser:

- Não superior a 13 mm (1/2 pol.);
- Não inferior à espessura nominal da chapa mais fina, entre a chapa do costado e a chapa do fundo, sob o costado;
- Não menor que os seguintes valores:

Espessura nominal da chapa do costado		Tamanho mínimo da solda de filete	
(mm)	(in.)	(mm)	(in.)
5	0.1875	5	3/16
> 5 to 20	> 0.1875 to 0.75	6	1/4
> 20 to 32	> 0.75 to 1.25	8	5/16
> 32 to 45	> 1.25 to 1.75	10	3/8

- Para as chapas do fundo com espessura nominal maior que 13 mm (1/2 pol), as soldas de ligação costado x fundo deve ser de filete contínuo, de cada lado da chapa do costado, e dimensionada de modo a atender à Norma API Std 650 *Section 5.1.5.7 Shell-to-Bottom Fillet Welds* e *Figure 5-3C-Detail of Double Fillet-Groove Weld for Annular Bottom Plates with a Nominal Thickness Greater Than 13 mm (1/2 in.)*, mas não exceder a espessura da chapa do 1º anel do costado.



Ligação soldada entre o costado e o fundo de chapas anulares
Norma API Std 650 Figure 5-3C-Detail of Double Fillet-Groove Weld for
Annular Bottom Plates with a Nominal Thickness Greater Than 13 mm (1/2 in.)

Notas:

- A = Tamanho do filete de solda limitado a 13 mm (1/2 pol.)
- A + B = Espessura da chapa mais fina entre o costado e a chapa anular do fundo.
- A solda de chanfro B pode exceder o tamanho de filete A somente quando a chapa anular for mais espessa que 25 mm (1 pol.).

6.11. Interferências do novo fundo com acessórios do costado

O trabalho completo também contempla as modificações e adaptações dos acessórios, presentes no costado, como bocais, bocas de visita, porta de limpeza, passarelas e a escada em espiral de acesso ao teto do tanque.

Nas situações em que é preciso instalar um novo fundo, se deve verificar e respeitar as regras da Norma API Std 650 *Section 5.7.3 Spacing of Welds around Connections* e *Section 5.7.2 Reinforcement and Welding*, sobre o espaçamento entre soldas existentes dos bocais e a nova solda do fundo ao costado, e a interferência com chapas de reforço de aberturas, providenciando as adaptações e modificações, se necessário, como a seguir.

• 1º alternativa

O corte parcial da chapa de reforço do bocal ou boca de visita existente é permitido, para satisfazer os requisitos de espaçamento da solda, desde que o reforço remanescente ainda esteja em conformidade com os requisitos da API Std 650 *Section 5.7.2 Reinforcement and Welding*. Cortar e remover apenas a parte da chapa de reforço existente, suficiente para soldar e testar a nova ligação soldada do fundo ao costado, atendendo todos os requisitos de espaçamento de solda e de reforço de abertura, conforme especificado na API Std 650.

• 2ª alternativa

Se o reforço restante não atender, é necessário alterar a chapa de reforço existente no 1º anel do costado do tanque.

A chapa de reforço existente deve ser removida e uma nova chapa de reforço instalada, desde que atendidos os seguintes detalhes:

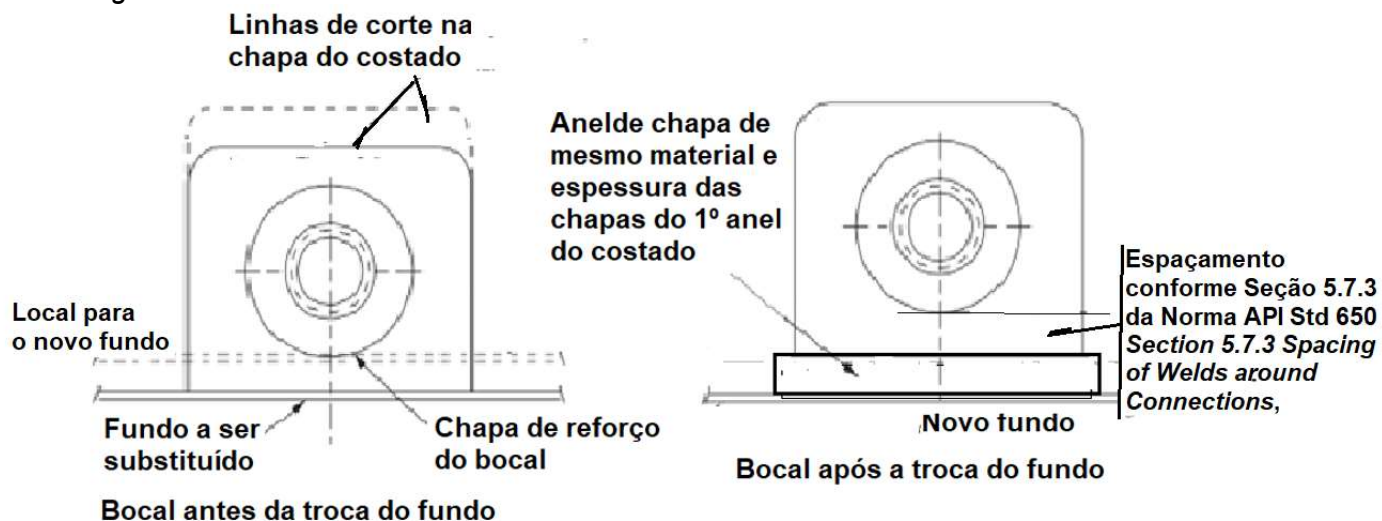
- Deve ter-se cuidado ao remover a chapa de reforço existente para evitar danificar a chapa do costado sob a chapa de reforço.
- As soldas existentes ao redor do perímetro da chapa de reforço e entre a chapa de reforço e o pescoço do bocal ou boca de visita devem ser completamente removidas por goivagem e esmerilhamento, e toda a área deve ter exame visual e com partículas magnéticas ou líquido penetrante.
- A nova chapa de reforço deve ser fornecida com os furos sentinela para o teste pneumático, de acordo com a Norma API Std 653 *Figure 9.7 - Typical Details for Addition of Reinforcing Plate to Existing Shell Penetration*.
- Se necessário para manter o espaçamento da solda, uma chapa de reforço, como a de bocal "low-type", pode ser usada, conforme a Norma API Std 653 *Figure 9.8 - Typical Details for Addition of "Tombstone" Shape Reinforcing Plate to Existing Shell Penetration*.

e. Para as novas soldas de chapas de reforço das aberturas, em chapas de costados que tiveram alívio térmico de tensão, devem ser atendidos os requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.

• 3ª alternativa

Para o caso particular dos acessórios como bocal do tipo rente ao fundo "*flush-type shell connection*" e porta de limpeza *flush-type cleanout fittings*, e eventualmente, para algum bocal ou boca de visita, pode ser preciso elevar o acessório para a adaptação ao novo fundo.

Essa alternativa é deslocar o acessório existente, cortando-se o trecho do costado que contém o acessório e a chapa de reforço, elevando-se todo o conjunto até a cota correta e soldando um novo trecho de chapa no costado sob o bocal, conforme Norma API Std 653 *Section Figure 9.9 - Method for Raising Shell Nozzles*.



Norma API Std 653 Figure 9.9—Method for Raising Shell Nozzles

Em chapas do costado que tiveram tratamento térmico de alívio de tensões, as novas soldas devem atender aos requisitos da Norma API Std 653 *Section 11.3 Preheat or Controlled Deposition Welding Methods as Alternatives to Postweld Heat Treatment (PWHT)*.

6.12. Reparos em teto fixo

Norma API Std 653 Section 12.1.9 Fixed Roofs

Após a inspeção das juntas soldadas do teto fixo, os reparos devem ser executados da seguinte forma:

- Depois da nova solda ser limpa de escória e de outros depósitos deve ser examinada por método visual e por líquido penetrante, em toda a extensão
- Após a conclusão do exame dos reparos, as novas soldas e as áreas reparadas devem ser testadas quanto a vazamentos, por um dos métodos especificados na Norma API Std 650 *Section 7.3.3 Examination and Testing of the Tank Bottom*, sendo normalmente utilizado o teste com caixa de vácuo.

6.13. Reparos em teto flutuante de aço Carbono

Norma API Std 653 Section 12.1.10 Floating Roofs

Após a inspeção das juntas soldadas do teto flutuante, do lençol de chapas e, particularmente, dos compartimentos estanques de flutuação, os reparos devem ser feitos da seguinte forma:

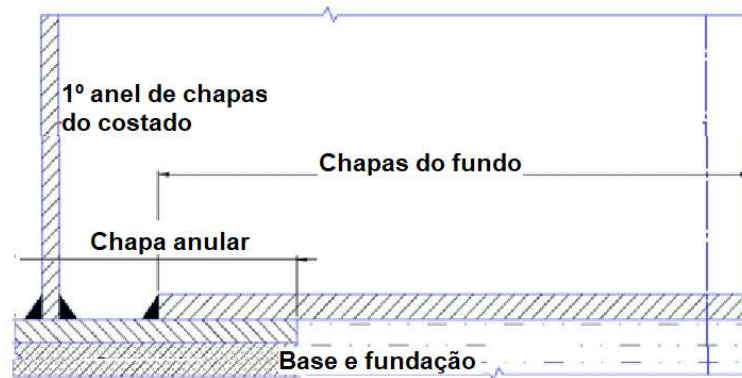
- a. Depois da nova solda ser limpa de escória e de outros depósitos deve ser realizado o exame visual e por líquido penetrante, em toda a extensão.
- b. Em seguida, fazer o teste de vazamento com ar pressurizado ou caixa de vácuo nas áreas de reparo e de novas soldas.

ANEXOS

1. Procedimento para substituição ou troca do fundo de um tanque de armazenamento, de teto flutuante externo, incluindo as chapas anulares, pelo método de levantamento com macacos hidráulicos

API 650 STORAGE TANK, ANNULAR, BOTTOM PLATE REPLACING - JACKING SYSTEM.

<https://www.youtube.com/watch?v=fclDI5r4Ym8>

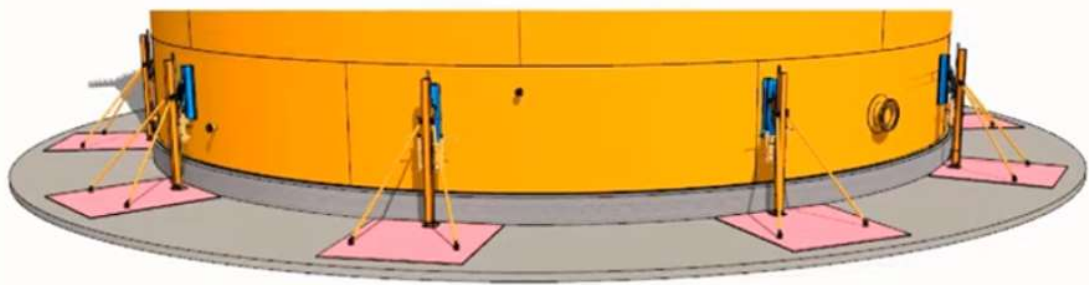


- **Ações básicas**

O tanque em manutenção é primeiro lavado e degaseificado com vapor d'água *steam out* para liberação, em seguida, verificado e certificado pela Área de Segurança para o início dos trabalhos. Dispositivos de combate ao fogo devem ser instalados ao redor do tanque e avisos de perigo, alertando o pessoal envolvido nos trabalhos.

Remover as tubulações conectadas aos bocais do tanque e os acessórios do teto flutuante, como, selo de vedação, sistema de drenagem do teto, escada deslizante sobre o teto.

Instalar chapas grossas, junto à base ao redor da periferia do tanque, para distribuir uniformemente a carga vertical sobre o solo, transmitida pelos cavaletes estruturais de montagem dos macacos hidráulicos



Este procedimento é típico para tanques de teto flutuante e, por isso, deve ser providenciado:

- a. Desmontagem e remoção do selo de vedação do teto;
- b. Desmontagem e remoção da escada deslizante sobre o teto;
- c. Desconectar e remover os drenos do teto.

- **Levantamento do tanque**

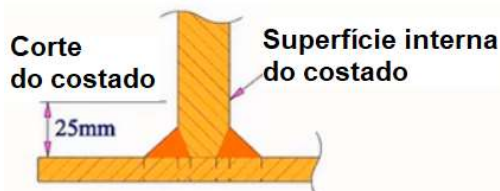
O método de levantamento e corte do costado é convencionalmente usado para o trabalho de substituição das chapas do fundo e envolve a instalação dos dispositivos para montagem dos macacos hidráulicos no costado do tanque e reforços localizados da fundação sob os macacos.



Um anel de reforço com chapa ou viga metálica deve ser instalado ao redor da circunferência interna ou externa do costado, próximo da região em que o costado vai ser cortado. Isso evita qualquer distorção do costado por tensões residuais, que podem ter se acumulado durante a construção e o tempo de operação, mantendo o perfil circular correto durante o trabalho de ressoldagem do costado ao fundo.

- **Corte do costado**

Uma linha de corte é marcada a um mínimo de 1 pol (25 mm) acima do pé da solda entre o costado e o fundo, após o corte as superfícies devem se esmerilhadas e preparadas para futura soldagem



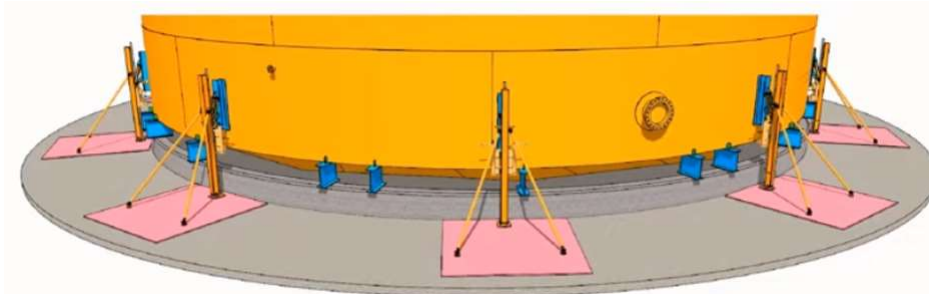
Soldar os reforços do costado onde serão fixados os membros da estrutura da instalação de cada macaco hidráulico.

Depois de erguer e alinhar os cavaletes verticais da estrutura de sustentação dos macacos hidráulicos, montar os macacos e os tubos de condução do fluido de pressão do circuito hidráulico.

Dar partida à bomba hidráulica, mantendo uma pressão que assegure que a carga do peso próprio do tanque é sustentada pelos macacos hidráulicos.

O costado do tanque é então cortado e separado das chapas do fundo

Com a conclusão da operação de corte na periferia do anel do costado, toda a carga do tanque é transferida para os macacos hidráulicos.



- **Levantamento do costado e retirada das chapas anulares**

Após a verificar se a bomba hidráulica está operando, o costado e o fundo são gradualmente separados até a altura necessária para a retirada do fundo, pela ação dos macacos hidráulicos.

Corte e remova as chapas anulares, incluindo a junta soldada de ligação com o costado.

Durante os trabalhos de corte e remoção das chapas do fundo, os macacos hidráulicos devem ser travados, com trava mecânica, ou se for considerado mais seguro, instalar suporte provisórios, externamente no costado, colocados uniformemente ao longo da periferia para apoiar o tanque e se evitar cargas contínuas nos dispositivos de elevação.

- **Remoção das chapas do fundo**

Antes de cortar as chapas do fundo, os suportes tubulares do teto flutuante são removidos depois de se instalar suportes temporários para o teto, internamente em vários locais.

Em seguida, corte e remova as chapas do fundo.

Inspeccionar e reparar com concreto, se necessário, a base do tanque e reinstalar os sistemas de drenagem do fundo e de proteção catódica.

- **Ajuste e soldagem das chapas anulares e das chapas do fundo**

Marcar a linha de centro do costado e o círculo da chapa anular sobre a base do tanque.

Colocar sob o costado as chapas anulares pré-fabricadas, com a inspeção das soldas conforme a Norma API Std 653 já realizada.

Abaixar o tanque, com o auxílio dos macacos hidráulicos, até tocar nas chapas anulares e fazer o ajuste com o costado.

Instalar as novas chapas internas do fundo, fazer a soldagem entre elas e inspecionar as soldas conforme a Norma API Std 653.

Executar a soldagem entre as chapas anulares e a chapa do costado.

Concluir a soldagem entre as chapas anulares e as chapas do fundo.

- **Finalização dos trabalhos**

Remover os macacos hidráulicos e os seus cavaletes de sustentação.

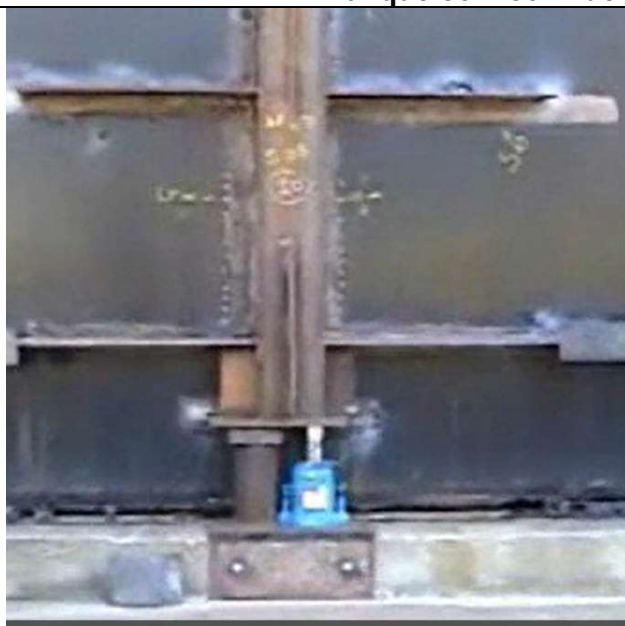
Instalar os suportes do teto flutuante em suas posições de projeto.

Instalar a escada deslizante do teto, o anel de vedação e o conjunto de drenos do teto.

Reconectar as tubulações aos seus bocais no tanque.

2. Sequência de trabalhos de um caso real para suspensão de tanque Terminal de São Francisco do Sul / Santa Catarina – TQ-0304

Suspensão de costado de tanque para troca de fundo Tanque com 86 m de diâmetro x 14 m de altura



30 macacos hidráulicos instalados



Macaco hidráulico típico utilizado



Tanque sendo erguido



Tanque erguido a 100 mm