

Utilização de cobertura de domos geodésicos em tanques de armazenamento

1. Objetivo

Os domos geodésicos são muito utilizados como cobertura de tanques de armazenamento atmosférico, de teto fixo, de teto fixo com flutuante interno e de flutuante externo.

A cobertura com domos geodésicos é uma estrutura pré-fabricada, de vigas "I" de Alumínio, cobertas com painéis, fabricados de chapas também de Alumínio, de forma esférica e auto-suportada, isto é, se apoiando apenas, localizadamente, na periferia do costado do tanque, e dispensando as colunas de suportaçã do teto fixo cônico convencional.

Não necessitando das colunas de suportaçã se evita a carga pontual sobre o fundo do tanque, que leva às falhas nas soldas da chaparia do fundo e corrosão localizada, responsáveis pelo vazamento de produto e contaminaçã do sub-solo.

São construídos em estrutura modular de Alumínio (alloy 3003-H16), padronizados, completamente pré-fabricados em oficina, sem serviço de solda ou de radiografia no campo, sendo montados por ligações aparafusadas, promovendo uma instalaçã rápida.

O uso do Alumínio (alloy 3003-H16) em lugar do aço carbono, para a construçã da cobertura, permite maior vida útil, sem necessidade de pintura ou revestimento interno de proteçã contra a corrosã.

A construçã em liga de Alumínio produz uma vida útil longa, praticamente sem custos de manutençã.

A Norma API 650 Annex G regula o projeto e a fabricaçã dos domos geodésicos.

O teto de cobertura geodésica de gomos de Alumínio pode ser usado:

- Em tanque de teto fixo;
- Em cobertura de tanque de teto flutuante externo;
- Em tanque de teto flutuante interno com teto fixo;

2. Normas de referênci

- API Std 650-Welded Tanks for Oil Storage
 - API RP 545-Recommended Practice for Lightning Protection of Aboveground Storage Tanks for Flammable or Combustible Liquids
 - API RP 2003-Protection Against Ignitions Arising Out of Static, Lightning, and Stray Currents
 - API Std 2015-Requirements for Safe Entry and Cleaning of Petroleum. Storage Tanks...
 - API RP 2021-Management of Atmospheric Storage Tank Fires
 - API RP 2350-Overfill Protection for Storage Tanks in Petroleum Facilities

 - ABNT NBR 5419-Proteçã contra descargas atmosféricas
 - ABNT NBR 17505 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis

 - Norma Petrobras N-270-Projeto de Tanque de Armazenamento Atmosférico
 - Norma Petrobras N-2318-Inspeçã em serviço de Tanques de Armazenamento Atmosférico
 - Norma Petrobras N-1203-Projeto de Sistemas Fixos de Proteçã Contra Incêndio em Instalações Terrestres com Hidrocarbonetos
- Obs.: Site de localizaçã das Normas Técnicas da Petrobras públicas

<https://canalforneceador.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/>

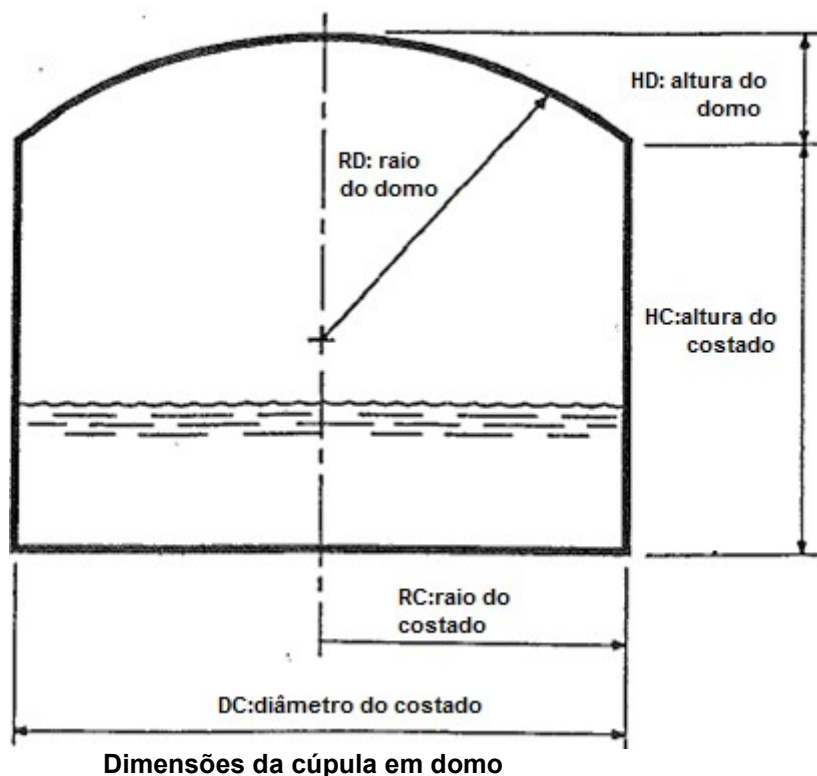
- NFPA-11 - Standard for Low-, Medium-, and High-Expansion Foam
- NFPA 780-Standard for the Installation of Lightning Protection Systems

3. Geometria do teto ou cobertura em domo geodésico

O raio máximo da cúpula geodésica deve ser 1,2 vezes o diâmetro do tanque e o raio mínimo deve ser 0,7 vezes o diâmetro do tanque, a menos que especificado de outra forma pelo Comprador.

Assim, considerando o Raio interno do Domo igual ao Diâmetro interno do tanque, tem-se:

- Raio interno da cúpula igual ao diâmetro interno do costado do tanque: $RD=DC$
- Altura da cúpula é calculada pela expressão $HC = 0,134 DC$



4. Proteção contra raios para cúpula geodésica

Devido à baixa espessura das chapas de Alumínio, das coberturas de domos geodésicas, que acarretam riscos de perfuração e ponto quente, se atingidas por raios, se deve utilizar um Sistema de Proteção de Descargas Atmosféricas-SPDA, de proteção suplementar contra raios, para domos geodésicos.

Em paralelo, no caso de tanque com teto flutuante, devem ser usadas as melhores práticas de equalização de potencial elétrico, entre o teto flutuante e o costado, e de vedação do anel periférico, para prevenir os riscos decorrentes da formação de arco ou fâsca de centelhamento eletrostático.

Essa proteção contra as descargas atmosféricas “para-raios” deve ser instalada em tanques com cúpula de domos geodésicos de Alumínio, de teto fixo, de cobertura de tanque de teto flutuante externo e de teto flutuante interno com teto fixo.

- **SPDA-Proteção contra descargas atmosféricas**

A corrente de uma descarga elétrica atmosférica se desloca pela superfície superior do teto metálico, quando ele é eletricamente condutor, isto é, um captor natural de raios.

Pela Norma brasileira ABNT NBR 5419 o teto metálico é um captor natural, no caso de ser atingido por raios, se for fabricado de material metálico, com espessura acima da mínima indicada na Norma e não for revestido de material isolante elétrico.

Quando qualquer dessas condições não são atendidas, é necessário instalar-se um SPDA. O SPDA, sistema de proteção externa contra descargas atmosféricas, é uma estrutura sobre o tanque em que são instalados componentes captadores conectados ao tanque, de forma a evitar que a descarga atmosférica atinja o tanque.

Um SPDA é composto em subsistemas: mastros captadores, descida e aterramento.

O subsistema mastros captadores tem a função de receber a descarga atmosférica, ou seja, impedir que o raio caia sobre a área protegida pelo SPDA.

O subsistema de descida conduz a corrente de descarga dos captadores até o aterramento.

No aterramento, a corrente de descarga é dissipada para a terra.

Os mastros captadores devem ser fixados com boa área de contato com a chapa do teto do tanque e são interligados com o costado.

Do costado as correntes elétricas são drenadas para a malha de aterramento elétrico.

O objetivo é que com a passagem da corrente da descarga atmosférica, não ocorra geração de pontos quentes, perfuração ou danos na chapa.

5. Teto fixo de cobertura com domo geodésico

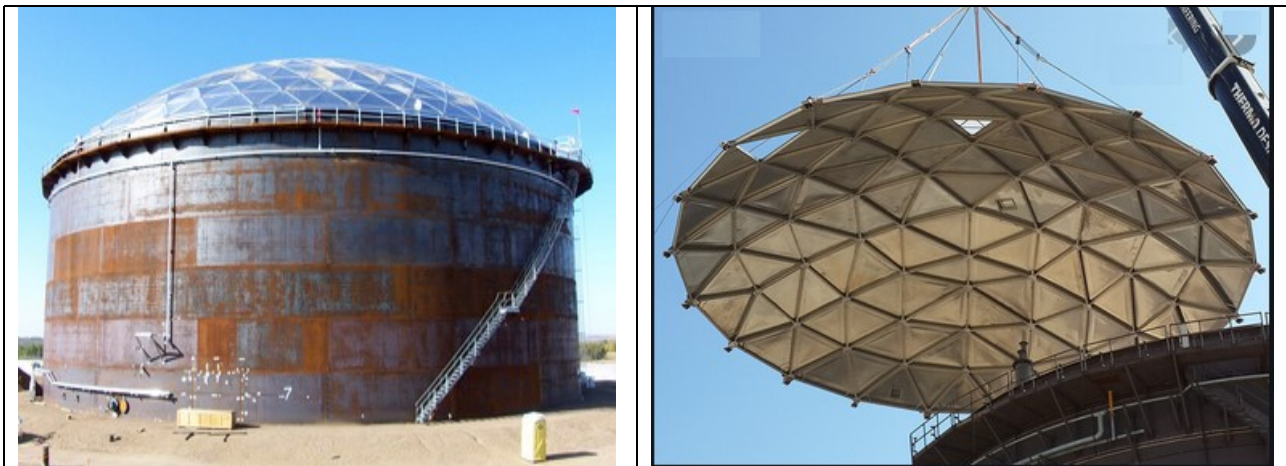
O teto de cúpula geodésica pode substituir os tetos fixos existentes ou converter os tanques de teto flutuantes externos existentes em tanques de teto flutuantes cobertos.

O domo geodésico é recomendado para substituir o Teto Fixo Cônico suportado, em grandes diâmetros (acima de 40 m), para a redução dos custos de manutenção do teto de aço carbono e da estrutura metálica interna, de suportação do teto.

Por causa do uso de seus materiais leves (ligas de Alumínio) na construção, essas cúpulas, é possível essa substituição sem muita dificuldade e economicamente interessante.

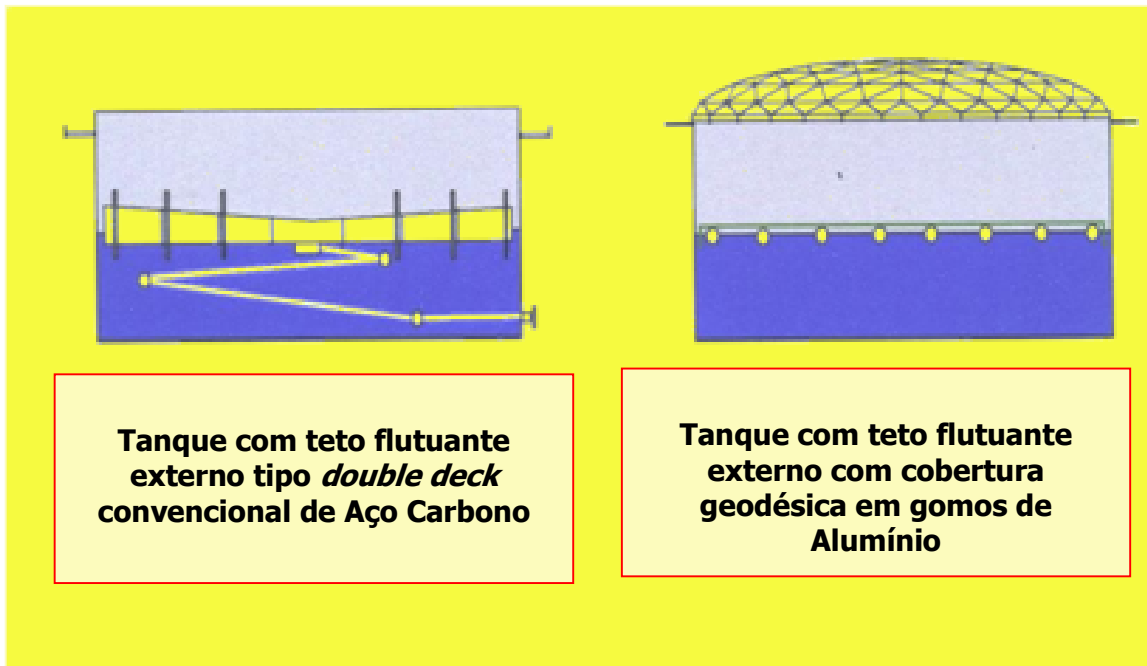
Elas são eficientes para proteger o produto armazenado contra os elementos (vento, chuvas e descargas atmosféricas) e reduzir a contaminação do ambiente por vapores e/ou gases emitidos pelo produto.

A construção é através de uma estrutura totalmente triangulada e a montagem a partir de peças projetadas, pré-cortadas e pré-perfuradas.



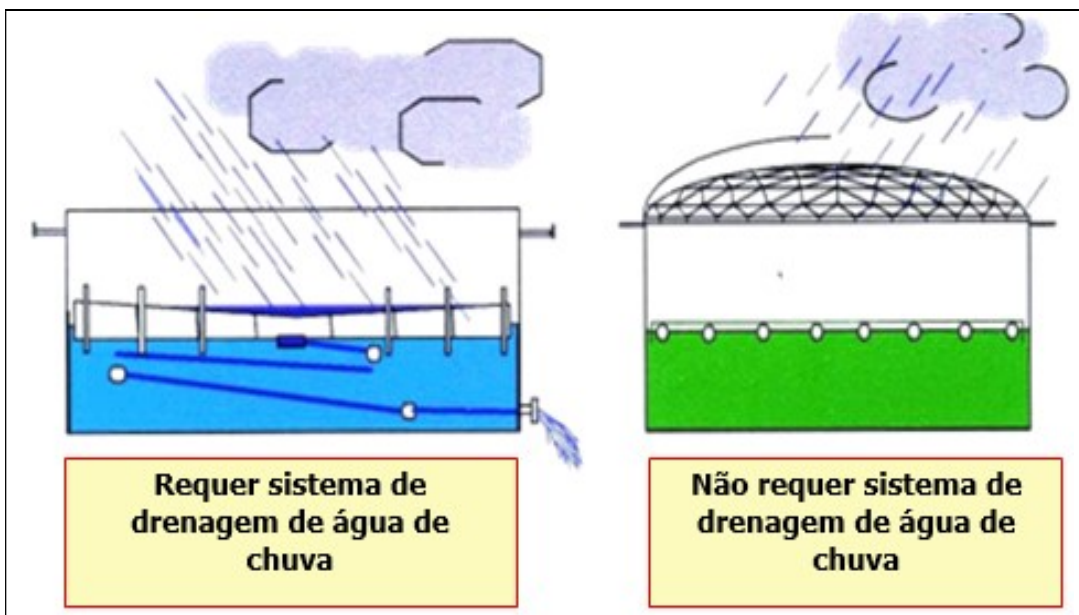
6. Tanque de teto flutuante externo com cobertura de domo geodésico

Os tanques de teto flutuantes externo existentes podem ser cobertos com uma estrutura de domos geodésicos, durante os eventos de manutenção com obras de modernização.





No caso de Tanque com Teto Flutuante externo, a cobertura com domos geodésicos apresenta as seguintes vantagens:

- Elimina a drenagem da água de chuva do teto



- Maior segurança contra incêndios causados por descargas atmosféricas

<p>Emissões evaporativas presentes sobre o teto com riscos de ignição</p>	<p>Sem a presença de emissões evaporativas sobre o teto logo sem riscos de ignição</p>
	
<ul style="list-style-type: none"> • Descarga atmosférica sobre a região do selo periférico • Centelhamento devido a eletricidade estática acumulada entre as partes de aço 	<ul style="list-style-type: none"> • O Alumínio tem condutividade elétrica 700% maior que a do aço. • O domo produz a proteção de "gaiola de Faraday", dissipando eletricidade estática e efeitos de descarga elétrica.

• **Minimiza as perdas por evaporação**

	
<p>As perdas por evaporação são proporcionais à velocidade do vento, pelo vácuo criado em volta do selo utilizado</p>	<p>Não há o efeito do vento na evaporação</p>

7. Tanque de Teto Fixo com Flutuante interno

O domo geodésico é recomendado para substituir o teto fixo cônico suportado em estrutura interna, nos tanques de teto flutuante interno.

As vantagens são:

- a- Como o Domo é auto-portante, isto é, apoiado somente na periferia do costado, não há necessidade de aberturas no Flutuante interno, para passagem das colunas de apoio do Teto Cônico Suportado;
- b- A perda por evaporação é mínima, pois não há as aberturas de passagem das colunas internas, através do teto flutuante, como no Teto Cônico Suportado.

Atualmente, os tanques de teto flutuante interno fabricados com cobertura geodésica reduzem as emissões ambientais e os riscos de incêndio causados por descargas elétricas sobre o teto, pela ausência de misturas inflamáveis, permanentemente, sobre o teto.

8. Domo geodésico X Produto armazenado

Em tanques de armazenamento de Diesel, Biodiesel, HBio. QAV, Álcool e Produtos C5+, é previsto tanque com cobertura de domo geodésico, para evitar a contaminação do produto com água da chuva e reduzir o efeito da insolação e do vento nas perdas por evaporação.

Particularmente, os produtos Diesel S10 e S50, principalmente o S10, são diluentes muito fortes e se contaminam com facilidade com água e, por isso, requerem uma tancagem diferenciada e segregada.

9. Vantagem econômica

Para tanques com diâmetro nominal acima de 40m, o custo de investimento do Domo em Alumínio é equivalente ao teto fixo de aço Carbono, com a vantagem dos custos de instalação e de manutenção, que são bem menores.

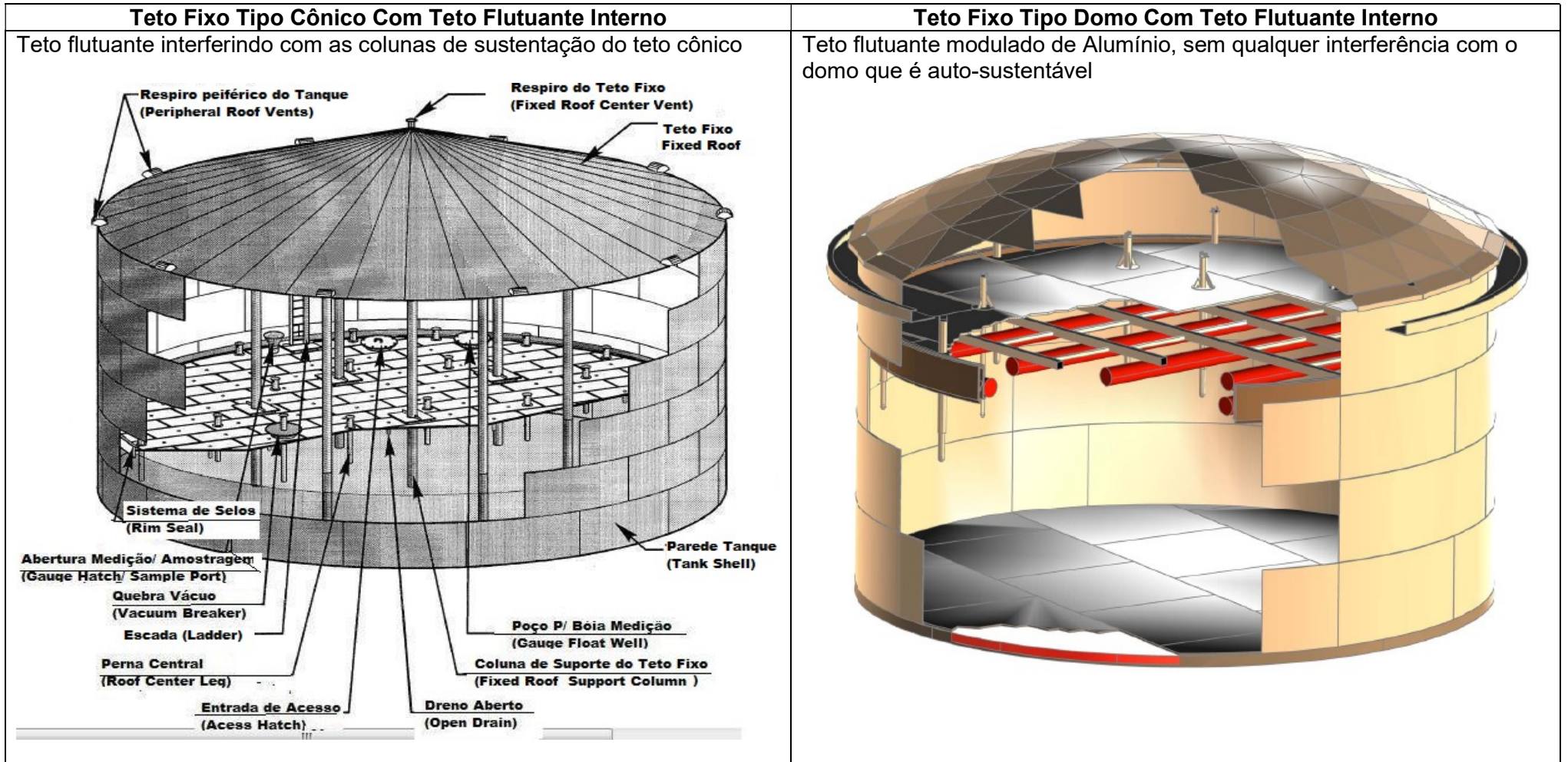
10. Sequência de fotos de uma montagem de cobertura geodésica em um tanque de teto fixo

Cortesia do grupo de manutenção da REPLAN-Refinaria do Planalto em Campinas da Petrobras.





11. Comparação entre o Teto Fixo Cônico Suportado e o Teto Domo Geodésico de Alumínio, ambos com Flutuante interno



12. Exemplos de tanques com cobertura em domo na Petrobras

12.1. Tanque de Diesel na REPLAN : Diâmetro: 21,0 m

O DOMO foi montado ao lado do tanque e instalado sobre o costado com guindaste.



12.2. Tanque da TRANSPETRO: Diâmetro 54860 mm
O DOMO foi montado dentro do tanque e içado com TIRFOR.

