Proteção e segurança de tanques de armazenamento com teto fixo

1- Objetivos

O objetivo é discutir e propor medidas para proteção e segurança de tanques de teto fixo de armazenamento de líquidos inflamáveis ou combustíveis, para prevenção de ocorrências de acidentes operacionais ou ambientais.

Os seguintes riscos que geram acidentes são abordados.
a- Sobrepressão interna ou o vácuo no tanque;
b- Descargas elétricas atmosféricas;
c- Fogo interno ou externo;
d- Centelhas provenientes de eletricidade estática entre componentes do tanque.

Bibliografia de referência

API Std 650 Welded Steel Tanks for Oil Storage.
API Std 2000 American Petroleum Institute Venting atmospheric and low-pressure storage tanks non refrigerated and refrigerated
API Recommended Practice 576 Inspection of Pressure-Relieving Devices.
API Recommended Practice 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

ABNT NBR 5419 Proteção de Estruturas contra Descargas Atmosféricas.
ABNT NBR 17505 Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis

Petrobras N-270 Projeto de tanque atmosférico.
Petrobras N-1203 Projeto de Sistemas Fixos de Proteção contra Incêndio em Instalações Terrestres com Hidrocarbonetos

NFPA-780 National Fire Protection Association – Lightning Protection Code.

ISO 16852 Flame arresters -- Performance requirements, test methods and limits for use

Estas Normas prescrevem procedimentos e dispositivos, selecionados basicamente a partir da propriedade física “ponto de fulgor” (“flash point”) do líquido armazenado, responsável pela periculosidade dos vapores emanados ou expulsos do tanque, que contaminam a atmosfera vizinha e criam as condições de misturas potencialmente inflamáveis ignitáveis e explosivas.

Notas

- Líquido combustível: líquido com ponto de fulgor (“flash point”) maior ou igual a 38ºC;
- Líquido inflamável: líquido com ponto de fulgor “flash point” menor que 38ºC e pressão de vapor Reid menor ou igual a 276 kPa abs (40 psia)

Índice

- Proteção de tanques de teto fixo contra ocorrências operacionais e ambientais, que geram pressão ou vácuo.
- Proteção de tanques de teto fixo contra centelhamento entre os componentes devido à eletricidade estática.
- Proteção de tanques de teto fixo contra descargas atmosféricas.

2- Proteção dos tanques de teto fixo contra ocorrências operacionais e ambientais

Os tanques de teto fixo devem ser protegidos contra a sobrepressão e o vácuo, fogo interno ou externo e explosão.

2.1.- Sistemas para proteção do tanque em caso de sobrepressão e vácuo operacionais

As causas mais frequentes de sobrepressão são:
Enchimento do tanque com vazão excessiva;
Evaporação súbita de condensado, ao vazar de sistema de aquecimento;
Entrada de água junto com o produto;

Radiação térmica de fogo externo.

Já o vácuo é atribuído a acidentes com vazão excessiva durante esvaziamento ou na lavagem com vapor (“steam out”) do tanque, quando ocorre a condensação do vapor.

A proteção para estas situações é dada com o emprego de Respiro aberto, de Válvula de alívio de pressão e vácuo e de Corta-chamas.

2.1.1-Respiros abertos
São usados quando o produto estocado tem ponto de fulgor igual ou superior a 60ºC e não é aquecido até ou acima de seu ponto de fulgor.
Mesmo para líquido combustível, como sempre haverá vaporização e saída de vapores, inundando a atmosfera, o uso de corta chamas acoplado ao respiro aberto é recomendado.

2.1.2- Válvulas de pressão e vácuo
São de uso obrigatório nas seguintes situações:
Para líquidos com fulgor inferior a 60ºC;
Para líquidos com ponto de fulgor superior a 60ºC, quando se deseja recuperar o vapor do líquido armazenado;
Quando o produto é aquecido bem próximo ou acima de seu ponto de fulgor;
O tanque é de pequena pressão conforme API 650 – Anexo F;
Quando o tanque tem selagem com gás inerte sobre o produto.

Para uso em tanques de armazenamento atmosférico de teto fixo, a válvula é calibrada, para estar na condição de totalmente aberta, na pressão interna de 37 mm H2O ou de vácuo de 25 mm H2O, portanto na vazão máxima.
Para tanques de teto fixo de pressão interna a válvula é calibrada para estar totalmente aberta na pressão de projeto do tanque.
A pressão de ajuste da calibração da válvula depende do valor da contrapressão, a ser informado pelo fabricante da válvula.

As válvulas de pressão e vácuo devem garantir as seguintes funções, conforme a norma API-Std 2000.
Permitir a admissão da vazão de ar necessário durante o esvaziamento do tanque ou a contração do volume de produto, nas variações de temperatura;
Permitir a saída dos vapores e gases durante o enchimento do tanque ou a expansão do volume de produto, nas variações de temperatura, ou pela vaporização natural dos componentes mais voláteis.
Reduzir as perdas dos componentes voláteis do produto armazenado, que ao serem expelidos permanecem nas vizinhanças do tanque, criando as condições de risco de fogo e a poluição ambiental.
Não engolir, ou seja, não permitir a entrada da chama de fogo externo;
Resfriar o ar quente que penetra no tanque, em caso de esvaziamento durante fogo externo.

2.1.3- Dispositivo corta-chamas (“flame arrester”)
É usado acoplado com Válvula de alívio de pressão e vácuo ou em Respiro aberto, sempre que o espaço de vapor do tanque contém vapores inflamáveis do líquido armazenado, para impedir a entrada de chama de fogo externo no interior do tanque.
É importante executar o procedimento correto de inspeção e manutenção, pois o entupimento do corta-chamas causa sobrepressão no tanque, se não for manutenido corretamente.

2.2- Instalação do corta chamas
Em Respiro Aberto
Mesmo para líquido combustível, como sempre haverá vaporização e saída de vapores, inundando a atmosfera, o uso de Corta chamas acoplado ao respiro aberto é recomendado.

Em Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo
Segundo a norma API 2000, a partir da 6ª Edição, consta que testes demonstraram que o fogo se propaga através da Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo, para o interior do tanque, pois a onda de

pressão gerada pela deflagração atmosférica é suficiente para elevar o obturador de vácuo, permitindo a entrada de chama no tanque.
Estes testes ainda demonstraram que em baixas vazões, a chama também passa pelo ramal de pressão.
E cita claramente que o corta chamas é uma solução efetiva para este risco.
Isso contradiz frontalmente a recomendação da API-2000 5ª Edição, e edições anteriores, de que a Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo era intrinsecamente segura, podendo ser instalada sem corta-chamas, por se admitir que a velocidade de entrada da chama era menor que a velocidade dos gases e vapores, que saem através da sede da válvula, impedindo o retorno de chama.
Portanto os tanques projetados e construídos até a 5ª Edição do API-2000, não são providos de corta chamas acoplado com Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo, e devem ser atualizados com a instalação de corta chamas.
O dispositivo corta-chamas deve ser instalado à jusante do Respiro aberto ou da Válvula de alívio de pressão e vácuo, nunca entre o bocal do tanque e o Respiro ou a Válvula.
A perda de pressão, que o corta chamas introduz no sistema, deve ser levado em conta na verificação da capacidade de alívio requerida para o tanque.
Recomenda-se prever o aumento do diâmetro nominal do bocal do tanque, ao diâmetro imediatamente superior, de modo a compensar a perda de carga adicional que o corta-chamas acarreta.

2.3- Dimensionamento dos dispositivos de proteção

Os dispositivos de proteção dos tanques de teto fixo, Respiro livre e Válvula de alívio de pressão e vácuo, são dimensionados (quantidade e diâmetros dos bocais), levando em conta as situações que podem resultar em sobrepressão ou vácuo no interior do tanque, pela movimentação do produto e pelas variações térmicas,
As seguintes características do tanque são utilizadas nesse dimensionamento:
a- Diâmetro do Tanque
b- Altura do Tanque
c- Pressão máxima admitida pelo tanque.
d- Vácuo máximo admitido pelo tanque
f- Produto armazenado
g- Ponto de fulgor do produto armazenado
h- Pressão de vapor do produto armazenado
i- Máxima vazão de enchimento;
j- Máxima vazão de esvaziamento;
k- Máxima variação da temperatura ambiente, considerando as alterações atmosféricas tipo, verão-inverno, sol-chuva, com vento e sem vento;
l- Exposição à radiação térmica de fogo próximo;
m- Falhas operacionais previsíveis, tais como: falha no sistema de aquecimento: disparo da temperatura, furo permitindo a entrada e condensado; perda de energia em válvulas motorizadas (falsa indicação dos instrumentos de temperaturas ou de nível); reações químicas exotérmicas no produto; transbordamento do tanque;
n- Falha do sistema de recolhimento dos vapores efluentes do tanque, quando for o caso.

A Norma API Std 2000 é empregada para a determinação das vazões envolvidas dos vapores efluentes dos tanques e do ar aspirado pelo tanque.
O tipo e a quantidade de dispositivos de proteção são selecionados para a maior vazão de entrada de ar ou de saída de vapor do líquido do tanque, considerando-se a pressão e o vácuo máximos admissíveis pelo tanque.

A pressão e o vácuo máximos admissíveis dependem do projeto do tanque.
Em tanque atmosférico os valores são: pressão interna de 37 mm H2O e vácuo de 25 mm H2O;
Em tanque de pequena pressão interna, os valores devem ser calculados conforme API-650 Anexo F, para pressão, e Anexo V, para vácuo.

2.4- Dispositivos para controlar o aumento de pressão interna devido à radiação por fogo externo ou sobrepressão por vaporização brusca do líquido contido

O método mais utilizado é o indicado pelo API-2000 e dimensionado pelo API-650, a ligação com solda frágil entre o teto e a cantoneira de topo do costado, de forma que as demais soldas, entre as

chapas do costado e entre o costado e o fundo, sejam mais resistentes. Porém, como alertado pelo API-650, só é eficaz para tanques com diâmetro nominal acima de 10 metros.

Outro meio de proteção é a tampa de emergência em bocas de visita do teto, calibrada para abrir quando o tanque é pressurizado acima da pressão de projeto. É o método preferido para tanque de pequena pressão interna conforme API 650 Anexo F, ou em qualquer caso, quando a solda de ligação entre o teto e a cantoneira de topo do costado não for uma ligação frágil, conforme API 650.

Em tanques que armazenam líquidos com alto teor de enxofre, que gera como produto de corrosão, o sulfeto de ferro pirofórico, que se inflama espontaneamente em contato com o ar, são instaladas bocas de visita do teto com discos de ruptura, para o alívio imediato da pressurização, em caso de ignição dos vapores inflamáveis no interior do tanque.

2.5- Dispositivos de proteção do tanque em caso de exposição a fogo externo

Para controlar o aquecimento do tanque, que leva à vaporização do líquido armazenado, quando submetido à exposição a fogo externo, as medidas comumente assumidas são:

a- Isolar a superfície do líquido, para reduzir a evaporação, usando linhas e câmaras de injeção de espuma no interior do tanque, para o abafamento do fogo, dimensionadas conforme a norma Petrobras N-1203.

b- Instalar sistema de anéis de tubulação com “sprinklers” de água, para resfriamento do costado e teto do tanque contra a radiação de fogo externo próximo, conforme N-1203.

2.6- Medidas de proteção contra vaporização brusca do líquido armazenado

.a- Não operar com serpentina de vapor de aquecimento furada.

Ao identificar serpentina de tanque furada a mesma deve ser raqueteada imediatamente, pois, além do risco da formação de condensado no tanque, pode ocorrer o retorno de hidrocarboneto para o sistema de vapor.

b- Não receber produto viscoso em tanque cuja temperatura tenha caído abaixo de 100 ºC.

c- Não realizar alinhamento de trechos com possibilidade de ter água ou produtos voláteis, para tanques que estejam acima de 100 ºC. Tais trechos devem ser previamente deslocados para tanques que estejam a temperaturas mais baixas;

2.7- Sistema de recuperação do vapor emanado do tanque

Há casos em que convém o recolhimento dos vapores exalados pelo tanque, através de um sistema de tubulações e dutos, por questão de segurança ambiental, a serem conduzidos para queima em local seguro ou para reprocessamento.

Mesmo nessas instalações, deve ser analisado o uso de Válvula de alívio de pressão e vácuo e de Corta chamas, para atenderem a situações de emergências operacionais de falhas do sistema de captação e destinação dos gases.

2.8- Sobre a necessidade de manutenção periódica

O uso dos corta-chamas deve ser criterioso em tanques que armazenam produtos (por ex. óleos combustíveis ultraviscosos) cujos vapores possam provocar alta corrosão e/ou quando a condensação dos vapores leva à polimerização, em que o efeito final é obstruir a passagem dos vapores ou do ar, através do corta-chamas.

A prática de remoção do corta-chamas não é admitida, pois expõe o tanque ao risco da entrada de chama e incêndio, causados por descargas elétricas.

Portanto, o corta-chamas exige uma rotina de inspeção e manutenção periódica, de preferência semestral, para prevenir entupimentos.

No caso do uso das Válvulas de alívio de pressão e vácuo em tanque de óleos viscosos, há o inconveniente da possibilidade de entupimento, perda da calibração e travamento da haste, devido à condensação das frações pesadas arrastadas pelos vapores do produto armazenado.

Em climas frios há ainda a possibilidade de congelamento de umidade ou chuva, que prende ou desbalanceia o prato da Válvula de alívio de pressão e vácuo.

Nestas condições, particularmente, deve haver uma rotina de inspeção e manutenção periódica, de preferência semestral, da válvula de pressão e vácuo.

2.9- Documentação requerida do fabricante para os dispositivos de proteção
Tanto a Válvula de alívio de pressão e vácuo quanto o Corta chamas são dispositivos de proteção e requerem certificação de garantia de operação.
Para as válvulas a norma API Std 2000 requer que o próprio fabricante emita um certificado de testes em bancada, de protótipos, com a curva de vazão de alívio, em função de valores de pressão e vácuo.
Para corta chamas a norma ISO 16852 requer que os testes sejam conduzidos por 3ª parte em laboratórios certificados.

2.10- Materiais de construção
Os materiais de construção do corpo de Respiros abertos e Válvulas de alívio de pressão e vácuo devem ser Ferro fundido ou Aço fundido ou Alumínio fundido e o material dos internos e das telas de proteção deve ser de Aço inoxidável tipo 304.
O material do corpo do Corta-chamas deve ser Ferro fundido ou Aço fundido e as chapas corrugadas internas devem ser Aço inoxidável tipo 304.
Os materiais devem ser conforme as especificações pertinentes do ASTM e as dimensões dos flanges conforme ASME B16.5.

3- Requisitos para proteção dos tanques de teto fixo contra centelhamento entre os componentes
Uma causa importante de acidentes com fogo interno e explosão é o centelhamento no interior do tanque, entre os acessórios e a superfície do produto.
A equalização do potencial elétrico em toda a superfície metálica do tanque é a forma de impedir o centelhamento e a outra condição é o aterramento elétrico do tanque.

O tanque é considerado inerentemente aterrado para a dissipação de cargas eletrostáticas, independente do tipo de fundação, direta, sobre concreto ou sobre asfalto, desde que as seguintes precauções são atendidas:
a) As tubulações externas, ligadas aos bocais do tanque, devem ser eletromecanicamente conectadas ao tanque e serem eletricamente contínuas e ligadas a um sistema de aterramento elétrico;
b) Os demais bocais ligados a acessórios, instrumentos, tubos que se projetam para o interior do tanque, amostradores de produto, medidores de nível, agitadores e misturadores, que não são ligados a tubulações externas, que têm o risco de serem possíveis fontes promotoras de centelhamento, devem ter ligação eletromecânica com o costado ou teto do tanque;
c) Os motores elétricos de misturadores e agitadores devem ser aterrados, independentemente.

A descontinuidade da ligação elétrica entre bocais e acessórios é outro fator a considerar.
A ligação elétrica dos flanges, apesar do isolamento dado pela junta de vedação, é assegurada pelos parafusos e porcas.
No entanto, se os parafusos estiverem pintados, a ligação elétrica fica prejudicada.
Nesta situação ou se remove completamente toda a tinta dos estojos e porcas (mais seguro), ou se instala arruelas lisas com fio elétrico soldado, em ambas os lados da ligação flangeada, em pelo menos dois dos estojos.

Portanto, a verificação periódica da continuidade da ligação elétrica dada pelos parafusos e pelos cabos especialmente interligados (caso de instrumentos e de tubulações internas), é importantíssima.
A inspeção e a revisão periódica do estado físico das ligações e da resistividade do solo no local do aterramento elétrico são fundamentais.

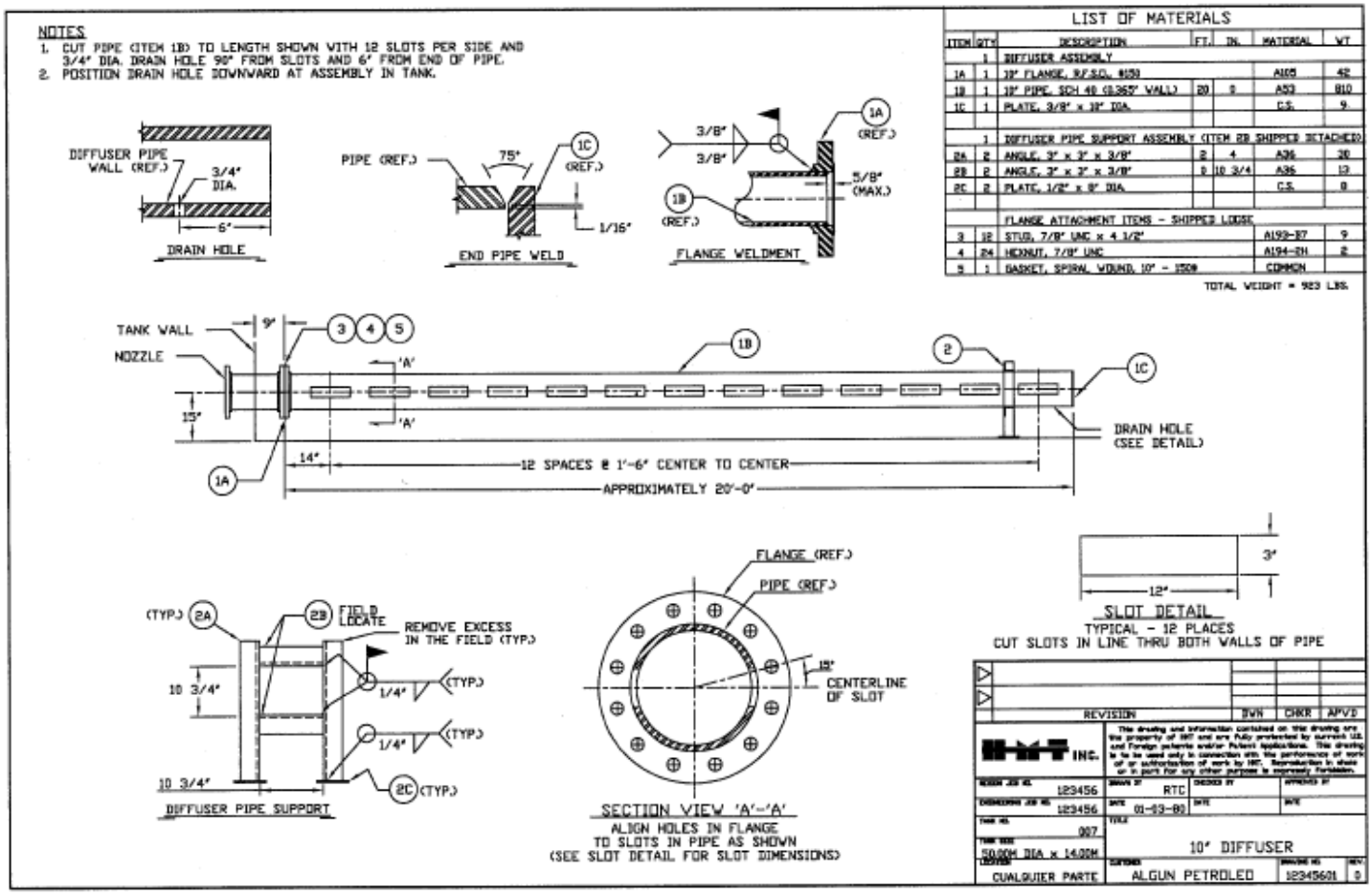
Para as ligações eletromecânicas usar cabos elétricos, não usar correntes metálicas para essa finalidade.

A possibilidade da descarga elétrica, entre a superfície do líquido e os componentes do tanque (costado, suportes do teto, projeções internas de tubos e instrumentos metálicos, ou objetos flutuantes) imersos no espaço de vapor, é um risco sempre presente.

A análise da segurança da operação deve ser tão mais rigorosa quanto mais próxima estão as condições de operação do fluido armazenado, dos limites de inflamabilidade da mistura vapor + ar esperada no espaço de vapor, sobre a superfície do produto.
É recomendável que a temperatura do produto armazenado seja inferior ou superior ao seu ponto de fulgor em pelo menos 15ºC a 20ºC.

3.1- Medidas para prevenir a geração da carga eletrostática

3.1.1- O início do bombeamento do produto para o tanque deve ser lento, com velocidade da ordem de 1m/s, para evitar a formação de esguichos, névoas e causar a mínima agitação dos sedimentos no fundo do tanque.
3.1.2- O bocal de entrada deve estar o mais próximo possível do fundo do tanque, e o enchimento lento deve prolongar-se até uma altura de líquido, acima do bocal, equivalente a duas vezes o diâmetro do bocal.
De forma alguma usar bocal elevado, descarregando sobre a superfície do líquido.
3.1.3- Após este enchimento inicial, a velocidade de fluxo máxima deve ser da ordem de 7 a 10m/s.
3.1.4- Evitar o bombeamento multifásico com sólidos, bolsões de ar ou água dispersos no fluido.
3.1.5- A limpeza das tubulações e dos dutos deve ser com água ou vapor d'água, nunca utilizar ar comprimido.
3.1.6- O uso de misturadores mecânicos ou de jato (de ar ou de vapor) não é permitido, enquanto não estiverem submersos no líquido, pois pode gerar carga eletrostática na superfície, pela movimentação do produto.
3.1.7 - Usar tubo difusor na entrada de produto no interior do tanque que evita a entrada em forma a de jato de líquido.



3.2- Medidas para prevenir a acumulação de eletricidade estática

3.2.1.- Adicionar aditivo anti-eletroestatico para aumentar a condutividade do fluido.
3.2.2.- Providenciar e manter em boas condições a equalização do potencial elétrico do tanque.

3.3.- Medidas para evitar a centelha

3.3.1.- Garantir a conexão eletromecânica de todos os componentes do tanque, com o costado do tanque, particularmente dos internos.

3.3.2.- Prover a ligação elétrica com o tanque de componentes ou internos flutuantes na superfície do produto, como sucção flutuante, flutuador ou bóia de medição de nível.
3.3.3.- Deixar o tanque em repouso durante algum tempo (mínimo de 30 minutos), para permitir a dissipação de cargas eletrostáticas, antes de se introduzir objetos, tais como trenas de medição, termômetros e coletor de amostras, pois durante a operação de enchimento do tanque uma carga eletrostática pode acumular-se sobre o produto.
Este tempo de repouso não é necessário quando se utiliza escotilha de medição com poço de metal perfurado, conectado ao fundo e ao topo do tanque, para se fazer as coletas de amostras e as medições.
3.3.4- Os dispositivos para coleta de amostra e de medição devem ser completamente condutivos ou completamente não condutivos, tanto o dispositivo como o cabo de suspensão. Os dispositivos condutores devem ser eletricamente conectados à escotilha de medição do tanque, durante o uso.
No caso de medição automática de nível com flutuador ou boia, as guias devem ser de material condutivo e eletromecanicamente conectadas ao tanque.

3.4- Medidas para evitar atmosfera inflamável no espaço de vapor do tanque
3.4.1.- Verificar a faixa dos limites de inflamabilidade da mistura vapor + ar, do produto no espaço de vapor do tanque, em função da pressão de vapor e da temperatura de armazenamento (API RP-2003 Fig. 2), para definir as condições do armazenamento.
3.4.2.- Deslocar o ar do espaço de vapor do tanque com nitrogênio ou outro gás inerte.
3.4.3.- Dispersar os gases e vapores, inertizando a atmosfera do espaço de vapor;
3.4.4.- Prover o tanque de um sistema fechado de recolhimento dos gases e vapores emanados pelo produto, para reprocessamento ou queima em local seguro.

3.5.- Medidas para purga e limpeza de tanques para manutenção
Os procedimentos e métodos para purga do vapor contido no volume interno do tanque e substituição por ar ou gás inerte, e limpeza com vapor, água ou solvente, podem ser encontrados na norma API Publication 2015.
Durante a limpeza do tanque com jato abrasivo é gerada uma carga eletrostática pelo fluxo dentro da bomba e da mangueira. Por isso, deve ser providenciada uma ligação elétrica entre o bocal do jato e a superfície sendo limpa, que deve estar aterrada.
Outra precaução é que a malha metálica externa da mangueira não gere centelhas entre a mangueira e os objetos metálicos no solo.

4- Requisitos para proteção dos tanques de teto fixo contra descargas atmosféricas
Nos tanques de teto fixo, externamente há presença permanente de gases e vapores inflamáveis, o que acarreta a classificação dessas áreas como zona crítica.
Na ocorrência das tempestades com descargas atmosféricas, o tanque estará sujeito à descarga elétrica direta (suficiente para fundir e perfurar superfícies metálicas de baixa espessura), ou à descarga vizinha ou indireta, que induz corrente elétrica no tanque, ocasionando centelhas ou faiscamento interno, em partes que não estejam eletricamente ligadas ao tanque.
Ambas podem levar à ignição e à explosão de misturas inflamáveis presentes no tanque.

4.1.- Necessidade de sistema de proteção contra descargas atmosféricas
A maior ou menor frequência de descargas atmosféricas de uma região é dada pelo Nível Isoceráunico, que quanto maior, estatisticamente maior é a frequência das descargas elétricas na região e maior o risco do tanque ser atingido. Ver norma ABNT NBR 5419.
Pela Norma Brasileira ABNT NBR 5419 os tanques de teto fixo, metálicos, com teto de chapa de aço soldada e armazenando líquidos inflamáveis à pressão atmosférica, são considerados auto-protegidos, desde que contemplem simultaneamente os seguintes requisitos:
a)Todas as juntas entre as chapas metálicas, do teto, costado e fundo, são soldadas;
b) As tubulações externas ligadas aos bocais do tanque devem ser providas de um sistema de aterramento.
c) Nos demais bocais ligados a acessórios, instrumentos, linhas de resfriamento e de combate a incêndio, amostradores do produto armazenado, e tubulações que penetram no tanque, deve haver ligação elétrica com o costado ou teto do tanque;
d) Os respiros, válvulas de alívio e demais aberturas que possam desprender vapores inflamáveis devem ser providos de dispositivo tipo corta-chamas;

e) O teto fixo deve ter uma espessura mínima de 4mm, em qualquer região do teto, e deve construído de chapas totalmente soldadas e ser soldado ao costado do tanque;
f) O tanque esteja devidamente aterrado para propagar a descarga elétrica para o solo.

Quando o tanque não atender a qualquer desses itens ele não pode ser considerado auto-protegido e há a necessidade de se calcular o risco do tanque, conforme procedimento da norma NFPA 780 Apêndice H.
Se o risco for menor que 4, o tanque não precisa ser protegido, porém se for maior que 4, há necessidade de prover dispositivo de proteção ao tanque, tipo "captores externos".

Como alternativa, verificar também a recomendação da norma API-RP-2003, que consiste em várias ligações para aterramento, 2 a 3 a depender do diâmetro do tanque, interligadas à malha do terra da instalação, com resistência elétrica máxima de 1 Ohm. Nesta situação, toda a parede do tanque funciona como para-raios.

Os tanques com teto revestido de material não metálico (por ex.- Fibra de Vidro para proteção contra corrosão), quando a espessura do revestimento é superior a 2mm (80mils), não são considerados como auto-protegidos. Nessa situação o tanque é considerado como não condutivo e requer a instalação de captores externos, atendendo aos requisitos especiais do API RP-2003 ítem 4.5.9 e da NBR 5419.

Não se considera isolante uma camada única de pintura de proteção.

4.2- Causas de explosões por descarga elétrica atmosférica
A maioria das explosões causadas por descarga elétrica atmosférica é atribuída a:
a.- Aberturas do teto deixadas abertas, como por ex. escotilhas de medição;
b.- Respiros abertos e Válvulas de alívio de pressão e vácuo sem corta-chamas;
c.- Furos ou áreas de baixa espessura, menor que 4 mm, no teto do tanque.

Daí, as medidas de segurança preventiva a serem implementadas são:
a.- Garantir que todas as escotilhas de medição estão fechadas;
b.- Assegurar o bom estado de manutenção do teto do tanque;
c.- Manter corta-chama nos respiros para a atmosfera e nas válvulas de alívio de pressão e vácuo sobre o teto, para evitar a propagação de chama para o interior do tanque;
d.- Não proceder o enchimento ou o esvaziamento do tanque durante os períodos de tempestades com descargas atmosféricas.

4.3.- Aterramento elétrico do tanque
Tanques metálicos, em contato direto com o solo e conectados a um sistema de tubulações aterrado, têm demonstrado ser suficientemente seguros para propagar a descarga elétrica atmosférica para o solo.
Conforme a Norma Brasileira ABNT NBR 5419 um tanque de armazenamento, cilíndrico vertical, é considerado naturalmente aterrado se está apoiado sobre o solo, ou sobre base de concreto, e tem no mínimo 6 m de diâmetro, ou está apoiado sobre revestimento betuminoso e tem no mínimo 15 m de diâmetro.
Outra condição em que a Norma NBR 5419 considera ao tanque aterrado é quando o tanque está acoplado eletromecanicamente a uma rede de tubulações eletricamente contínuas e aterradas.
Uma característica a ser considerada é a resistividade do solo: quanto mais elevada, mais improvável o aterramento elétrico natural.
Quando for necessário o aterramento, o tanque deve ser conectado a um sistema de malha-de-terra metálica que atenda às exigências do parágrafo 5.1.3 da norma NBR 5419, em pelo menos dois pontos do costado, com solda exotérmica e cabo isolado.

Resumo dos dispositivos de proteção de tanques de teto fixo

1. Respiros abertos tanques de teto fixo

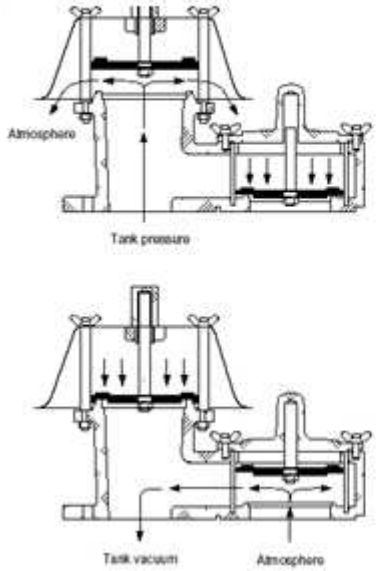
- São usados quando o produto estocado tem ponto de fulgor igual ou superior a 60ºC;

2. Válvulas de alívio de pressão e vácuo

2.1. Aplicação

- É de uso obrigatório quando o produto tem ponto de fulgor inferior a 60ºC.
- Mesmo para produtos de ponto de fulgor superior a 60ºC, quando se deseja recuperar o vapor;
- Quando, em qualquer caso, o produto é aquecido até temperatura igual ou acima de seu ponto de fulgor;
- Quando o tanque é de pequena pressão conforme API Std 650 – Anexo F;
- Quando o tanque tem selagem com gás inerte sobre o produto.

Válvula de alívio de pressão e vácuo



Dispositivo corta-chamas ("flame arrester")

2.2. Funções

- Permitir a admissão da vazão de ar necessário durante o esvaziamento do tanque ou contração do volume de produto, nas variações de temperatura;
- Permitir a saída dos vapores e gases durante o enchimento do tanque ou expansão do volume de produto, nas variações de temperatura, ou pela vaporização natural dos componentes mais voláteis.
- Reduzir as perdas dos componentes voláteis do produto armazenado, que ao serem expelidos permanecem nas vizinhanças do tanque, criando as condições de risco de fogo e poluição do ambiente.
- Não engolir chama de fogo externo;
- Resfriar o ar quente que penetra no tanque, em caso de esvaziamento durante fogo externo.

3. Dispositivo corta-chamas ("flame arrester")

- **Aplicação**
  - No Respiro aberto e na Válvula de alívio de pressão e vácuo
  - Em tanques usar os corta chamas para fim de linha, à prova de deflagração atmosférica e combustão contínua.
- **Finalidade**
  - Método seguro para reduzir o risco da entrada de chamas no interior do tanque, porém deve ser levado em conta na verificação da capacidade de alívio requerida para o tanque.

4. Testes de determinação da capacidade de alívio

4.1. Certificação de 3ª Parte "Type Approval"

- Válvulas de pressão e vácuo

Devem ser executados testes para determinação da capacidade da vazão de alívio dos dispositivos de proteção, com ar ou gás, por um dos métodos previstos na Norma API Std 2000 “American Petroleum Institute Venting atmospheric and low-pressure storage tanks non refrigerated and refrigerated”

- **Corta chamas, "flame arresters”.**

Utilizar a norma européia CENELEC EN 12874 ou a norma ISO 16852, Flame arresters — Performance requirements, test methods and limits for use para a execução dos testes de certificação .

5. Resumo das condições para emprego de Válvula de alívio de pressão, Respiro livre e Corta-chamas

Ponto de Fulgor (ºC) do líquido armazenado	Dispositivo de Proteção do tanque de teto fixo
< 60ºC (140ºF)	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”).
≥ 60ºC (140ºF)	Para tanque com espaço de vapor inflamável: Respiro Aberto + Corta chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”). Para tanque sem espaço de vapor inflamável: Respiro aberto sem corta chama
Quando o produto é aquecido à temperatura igual ou acima do ponto de fulgor.	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”).
Quando o tanque for de projeto Apêndice F, do API STD 650.	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama fim-de-linha certificado para deflagração atmosférica e combustão contínua (“end-of-line deflagration flame arrester and endurance burning”).
Para tanque com Sistema de Recuperação de Vapor emitidos do tanque	Válvula de Alívio de Pressão e Vácuo + Corta Chama meio-de-linha certificado para detonação instável e combustão de curta duração (“in-line instable detonation flame arrester and short burning”);
Condição de Emergência (“emergency venting”) Para tanque em que a ligação teto-costado é “não frágil”	Tampa calibrada de emergência A proteção contra emergência indicada para tanque atmosférico de teto fixo é, preferencialmente, a ligação frágil entre o teto e o costado, que deve romper antes de qualquer solda ou componente do tanque, para o alívio do excesso de pressão. Quando o tanque é construído com “ligação frágil” não é necessário dispositivo adicional de emergência, porém quando a ligação teto-costado não é frágil é necessária a instalação de tampas de emergência.
Produtos ultra viscosos	Respiro livre sem corta chama Em tanques contendo líquido ultra viscoso, como asfalto, onde o risco de colapso do tanque, resultado de aderência (“sticking”) das paletas da válvula PV ou de obstrução da colmeia do corta chama, por condensação e polimerização de vapores, é maior que a possibilidade de transmissão de chama para dentro do tanque.

ANEXOS

Anexo 1

Causas de sobrepressão e vácuo a serem analisadas em tanques de teto fixo, conforme transcritos da norma API Std 2000.

4.2 Causes of overpressure or vacuum

4.2.1 General

When determining the possible causes of overpressure or vacuum in a tank, consider the following:

a) liquid movement into or out of the tank;

b) tank breathing due to weather changes (e.g. pressure and temperature changes);

c) fire exposure;

d) other circumstances resulting from equipment failures and operating errors.

There can be additional circumstances that should be considered but are not included in this International Standard.

4.2.2 Liquid movement into or out of a tank

Liquid can enter or leave a tank by pumping, by gravity flow or by process pressure.

Vacuum can result from the outflow of liquid from a tank. Overpressure can result from the inflow of liquid into a tank and from the vaporization, including flashing of the feed liquid, that occurs because of the inflow of the liquid.

Flashing of the feed liquid can be significant for feed that is near or above its boiling point at the pressure in the tank. See 4.3 for calculation methods.

4.2.3 Weather changes

Vacuum can result from the contraction or condensation of vapours that is caused by a decrease in atmospheric temperature or other weather changes, such as wind changes, precipitation, etc. Overpressure can result from the expansion and vaporization that is caused by an increase in atmospheric temperature or weather changes. See 4.3 for calculation methods.

4.2.4 Fire exposure

Overpressure results from the expansion of the vapours and vapourization of the liquid that occur when a tank absorbs heat from an external fire. See 4.3.3 for calculation methods.

4.2.5 Other circumstances

4.2.5.1 General

When the possible causes of overpressure or vacuum in a tank are being determined, other circumstances resulting from equipment failures and operating errors shall be considered and evaluated. Calculation methods for these other circumstances are not provided in this International Standard.

4.2.5.2 Pressure transfer vapour breakthrough

Liquid transfer from other vessels, tank trucks and tank cars can be aided or accomplished entirely by pressurization of the supply vessel with a gas, but the receiving tank can encounter a flow surge at the end of the transfer due to vapour breakthrough. Depending on the pre-existing pressure and free head space in the receiving tank, the additional gas volume can be sufficient to overpressure the tank. The controlling case is a transfer that fills the receiving tank so that little head space remains to absorb the pressure surge.

4.2.5.3 Inert pads and purges

Inert pads and purges are provided on tanks to protect the contents of the tanks from contamination, maintain non-flammable atmospheres in the tanks and reduce the

extent of the flammable envelope of the vapours vented from the tanks. An inert pad and purge system normally has a supply regulator and a back-pressure regulator to maintain interior tank pressure within a narrow operating range. Failure of the supply regulator can result in unrestricted gas flow into the tank and subsequent tank overpressure, reduced gas flow, or complete loss of the
gas flow. Failure closed of the back-pressure regulator can result in a blocked outlet and overpressure. If the back-pressure regulator is connected to a vapour-recovery system, its failure open can result in vacuum.

4.2.5.4 Abnormal heat transfer

Steam, tempered water and hot oil are common heating media for tanks whose contents it is necessary to maintain at elevated temperatures. Failure of a tank's supply control valve, temperature-sensing element or control system can cause an increase of heat input to the tank. Vaporization of the liquid stored in the tank can result in tank overpressure.

Heated tanks that have two liquid phases present the possibility of a rapid vaporization if the lower phase is heated to the point where its density becomes lower than the density of the liquid above it. It is recommended to specify design and operating practices to avoid these conditions.

If a tank maintained at elevated temperatures is empty, excessive feed vaporization can result when the tank is filled. If the temperature control system of the tank is active with the sensing element exposed to vapour, the tank's heating medium can be circulating at maximum rate with the tank wall at maximum temperature. Filling under such conditions can result in excessive feed vaporization. The excessive feed vaporization stops as soon as the walls have cooled and the fluid level covers the sensing element.

For a tank with a cooling jacket or coils, liquid vaporization as a result of the loss of coolant flow shall be considered.

4.2.5.5 Internal failure of heat-transfer devices

Mechanical failure of a tank's internal heating or cooling device can expose the contents of the tank to the heating or cooling medium used in the device. In low-pressure tanks, it can be assumed that the flow direction of the heat transfer medium is into the tank when the device fails. Chemical compatibility of the tank contents and the heat transfer medium shall be considered. Relief of the heat-transfer medium (e.g. steam) can be necessary.

4.2.5.6 Vent treatment systems

If vapour from a tank is collected for treatment or disposal by a vent treatment system, the vent collection system can fail. This failure shall be evaluated. Failures affecting the safety of a tank can include back-pressure developed from problems in the piping (liquid-filled pockets and solids build-up), other equipment venting or relieving into the header or blockage due to equipment failure. An emergency venting device that relieves to atmosphere, set at a higher pressure than the vent treatment system, may be used if appropriate.

4.2.5.7 Utility failure

Local and plant-wide power and utility failures shall be considered as possible causes of overpressure or vacuum.

Loss of electrical power directly affects any motorized valves or controllers and can also shut down the instrument air supply. Also, cooling and heating fluids can be lost during an electrical failure.

4.2.5.8 Change in temperature of the input stream to a tank

A change in the temperature of the input stream to a tank, brought about by a loss of cooling or an increase in heat input, can cause overpressure in the tank. A lower-temperature inlet stream can result in vapour condensation and contraction, which can cause vacuum.

4.2.5.9 Chemical reactions
The contents of some tanks can be subject to chemical reactions that generate heat and/or vapours. Some examples of chemical reactions include inadvertently adding water to acid or spent acid tanks, thereby generating steam and/or vapourizing light hydrocarbons; runaway reactions in tanks containing cumene hydroperoxide; etc.
In some cases, the material can foam, causing two-phase relief.
Technology available from the Design Institute for Emergency Relief Systems (DIERS) Users Group of the American Institute of Chemical Engineers (AICHE) or from the DIERS group in Europe may be used to evaluate these cases.

4.2.5.10 Liquid overfill protection
For information on liquid overfill protection, see API Std 2510, API RP 2350 and EN 13616. Prevent liquid overfill by providing instrument safeguards and/or effective operator intervention actions.

4.2.5.11 Atmospheric pressure changes
A rise or drop in barometric pressure is a possible cause of vacuum or overpressure in a tank. This should be considered for refrigerated storage tanks (see 5.2.1.2).

4.2.5.12 Control valve failure
The effect of a control valve failing open or failing closed shall be considered to determine the potential for pressure or vacuum due to mass and/or energy imbalances. For example, failure of a control valve on the liquid line to a tank shall be considered because such a failure can overload heat-exchange equipment resulting in the admission of high-temperature material into the tank. A control-valve failure can also cause the liquid level in a pressurized vessel feeding liquid to a tank to drop below the vessel outlet nozzle, allowing high-pressure vapour to enter the tank (see 4.2.5.2).

4.2.5.13 Steam out
If an uninsulated tank is filled with steam, the condensing rate due to ambient cooling can exceed the venting rates specified in this International Standard. Procedures, such as the use of large vents (open manways), controlling the tank cooling rate or adding a non-condensable gas such as air or nitrogen, are often necessary to prevent excessive internal vacuum.

4.2.5.14 Uninsulated hot tanks
Uninsulated tanks with exceptionally hot vapour spaces can exceed the thermal inbreathing requirements in this International Standard during a rainstorm. Vapour contraction can cause excessive vacuum. An engineered review of heated, uninsulated tanks with vapour-space temperatures above 48,9 °C (120 °F) is recommended.

4.2.5.15 Internal explosion/deflagration
Tank contents can ignite, producing an internal deflagration with overpressures that develop more rapidly than some venting devices can handle. For explosion venting, see NFPA 68 and EN 13237.

4.2.5.16 Mixing of products of different composition

Introduction of materials that are more volatile than those normally stored can be possible due to upsets in upstream processing or human error. This can result in overpressure.

4.2 Causes of overpressure or vacuum

4.2.1 General

When determining the possible causes of overpressure or vacuum in a tank, consider the following:

a) liquid movement into or out of the tank;

b) tank breathing due to weather changes (e.g. pressure and temperature changes);

c) fire exposure;

d) other circumstances resulting from equipment failures and operating errors.

There can be additional circumstances that should be considered but are not included in this International Standard.

4.2.2 Liquid movement into or out of a tank

Liquid can enter or leave a tank by pumping, by gravity flow or by process pressure.

Vacuum can result from the outflow of liquid from a tank. Overpressure can result from the inflow of liquid into a tank and from the vaporization, including flashing of the feed liquid, that occurs because of the inflow of the liquid.

Flashing of the feed liquid can be significant for feed that is near or above its boiling point at the pressure in the tank. See 4.3 for calculation methods.

4.2.3 Weather changes

Vacuum can result from the contraction or condensation of vapours that is caused by a decrease in atmospheric temperature or other weather changes, such as wind changes, precipitation, etc. Overpressure can result from the expansion and vaporization that is caused by an increase in atmospheric temperature or weather changes. See 4.3 for calculation methods.

4.2.4 Fire exposure

Overpressure results from the expansion of the vapours and vaporization of the liquid that occur when a tank absorbs heat from an external fire. See 4.3.3 for calculation methods.

4.2.5 Other circumstances

4.2.5.1 General

When the possible causes of overpressure or vacuum in a tank are being determined, other circumstances resulting from equipment failures and operating errors shall be considered and evaluated. Calculation methods for these other circumstances are not provided in this International Standard.

4.2.5.2 Pressure transfer vapour breakthrough

Liquid transfer from other vessels, tank trucks and tank cars can be aided or accomplished entirely by pressurization of the supply vessel with a gas, but the receiving tank can encounter a flow surge at the end of the transfer due to vapour breakthrough. Depending on the pre-existing pressure and free head space in the receiving tank, the additional gas volume can be sufficient to overpressure the tank. The controlling case is a transfer that fills the receiving tank so that little head space remains to absorb the pressure surge.

4.2.5.3 Inert pads and purges

Inert pads and purges are provided on tanks to protect the contents of the tanks from contamination, maintain non-flammable atmospheres in the tanks and reduce the

extent of the flammable envelope of the vapours vented from the tanks. An inert pad and purge system normally has a supply regulator and a back-pressure regulator to maintain interior tank pressure within a narrow operating range. Failure of the supply regulator can result in unrestricted gas flow into the tank and subsequent tank overpressure, reduced gas flow, or complete loss of the gas flow. Failure closed of the back-pressure regulator can result in a blocked outlet and overpressure. If the back-pressure regulator is connected to a vapour-recovery system, its failure open can result in vacuum.

4.2.5.4 Abnormal heat transfer

Steam, tempered water and hot oil are common heating media for tanks whose contents it is necessary to maintain at elevated temperatures. Failure of a tank's supply control valve, temperature-sensing element or control system can cause an increase of heat input to the tank. Vaporization of the liquid stored in the tank can result in tank overpressure.

Heated tanks that have two liquid phases present the possibility of a rapid vaporization if the lower phase is heated to the point where its density becomes lower than the density of the liquid above it. It is recommended to specify design and operating practices to avoid these conditions.

If a tank maintained at elevated temperatures is empty, excessive feed vaporization can result when the tank is filled. If the temperature control system of the tank is active with the sensing element exposed to vapour, the tank's heating medium can be circulating at maximum rate with the tank wall at maximum temperature. Filling under such conditions can result in excessive feed vaporization. The excessive feed vaporization stops as soon as the walls have cooled and the fluid level covers the sensing element.

For a tank with a cooling jacket or coils, liquid vaporization as a result of the loss of coolant flow shall be considered.

4.2.5.5 Internal failure of heat-transfer devices

Mechanical failure of a tank's internal heating or cooling device can expose the contents of the tank to the heating or cooling medium used in the device. In low-pressure tanks, it can be assumed that the flow direction of the heat transfer medium is into the tank when the device fails. Chemical compatibility of the tank contents and the heat transfer medium shall be considered. Relief of the heat-transfer medium (e.g. steam) can be necessary.

4.2.5.6 Vent treatment systems

If vapour from a tank is collected for treatment or disposal by a vent treatment system, the vent collection system can fail. This failure shall be evaluated. Failures affecting the safety of a tank can include back-pressure developed from problems in the piping (liquid-filled pockets and solids build-up), other equipment venting or relieving into the header or blockage due to equipment failure. An emergency venting device that relieves to atmosphere, set at a higher pressure than the vent treatment system, may be used if appropriate.

4.2.5.7 Utility failure

Local and plant-wide power and utility failures shall be considered as possible causes of overpressure or vacuum.

Loss of electrical power directly affects any motorized valves or controllers and can also shut down the instrument air supply. Also, cooling and heating fluids can be lost during an electrical failure.

4.2.5.8 Change in temperature of the input stream to a tank

A change in the temperature of the input stream to a tank, brought about by a loss of cooling or an increase in heat input, can cause overpressure in the tank. A lower-temperature inlet stream can result in vapour condensation and contraction, which can cause vacuum.

4.2.5.9 Chemical reactions
The contents of some tanks can be subject to chemical reactions that generate heat and/or vapours. Some examples of chemical reactions include inadvertently adding water to acid or spent acid tanks, thereby generating steam and/or vaporizing light hydrocarbons; runaway reactions in tanks containing hydroperoxide; etc.
In some cases, the material can foam, causing two-phase relief.
Technology available from the Design Institute for Emergency Relief Systems (DIERS) Users Group of the American Institute of Chemical Engineers (AICHE) or from the DIERS group in Europe may be used to evaluate these cases.

4.2.5.10 Liquid overfill protection
For information on liquid overfill protection, see API Std 2510, API RP 2350 and EN 13616. Prevent liquid overfill by providing instrument safeguards and/or effective operator intervention actions.

4.2.5.11 Atmospheric pressure changes
A rise or drop in barometric pressure is a possible cause of vacuum or overpressure in a tank. This should be considered for refrigerated storage tanks (see 5.2.1.2).

4.2.5.12 Control valve failure
The effect of a control valve failing open or failing closed shall be considered to determine the potential for pressure or vacuum due to mass and/or energy imbalances. For example, failure of a control valve on the liquid line to a tank shall be considered because such a failure can overload heat-exchange equipment resulting in the admission of high-temperature material into the tank. A control-valve failure can also cause the liquid level in a pressurized vessel feeding liquid to a tank to drop below the vessel outlet nozzle, allowing high-pressure vapour to enter the tank (see 4.2.5.2).

4.2.5.13 Steam out
If an uninsulated tank is filled with steam, the condensing rate due to ambient cooling can exceed the venting rates specified in this International Standard. Procedures, such as the use of large vents (open manways), controlling the tank cooling rate or adding a non-condensable gas such as air or nitrogen, are often necessary to prevent excessive internal vacuum.

4.2.5.14 Uninsulated hot tanks
Uninsulated tanks with exceptionally hot vapour spaces can exceed the thermal inbreathing requirements in this International Standard during a rainstorm. Vapour contraction can cause excessive vacuum. An engineered review of heated, uninsulated tanks with vapour-space temperatures above 48,9 °C (120 °F) is recommended.

4.2.5.15 Internal explosion/deflagration
Tank contents can ignite, producing an internal deflagration with overpressures that develop more rapidly than some venting devices can handle. For explosion venting, see NFPA 68 and EN 13237. For inerting, see Annex F.

4.2.5.16 Mixing of products of different composition

Introduction of materials that are more volatile than those normally stored can be possible due to upsets in upstream processing or human error. This can result in overpressure.

Anexo 2
Texto do API Std 2000 sobre obrigatoriedade do corta-chamas
4.5 Considerations for tanks with potentially flammable atmospheres
4.5.2 Design options for explosion prevention
d) Pressure/vacuum valve:
The petroleum industry has had good experience with tanks protected by pressure and vacuum vents without flame arresters.
As a result, there has been a belief that this good experience is due to the pressure vents' potentially inherent flame-arresting capabilities.
Recent testing, however, disproves this hypothesis at least for the tested conditions.
See 4.5.4 for more information on flame propagation through pressure vents.

4.5.4 Flame propagation through pressure/vacuum valves
Testing has demonstrated that a flame can propagate through a pressure/vacuum valve and into the vapour space of the tank.
Tests have shown that ignition of a PV's relief stream (possibly due to a lighting strike) can result in a flashback to the PV with enough overpressure to lift the vacuum pallet, allowing the flame to enter the tank's vapour space.
Other tests show that, under low-flow conditions, a flame can propagate though the pressure side of the PV; see Reference [23].
Flashbacks through PV are rare in the petroleum industry. The following are some factors that may explain this.
The materials stored in most cone roof tanks often do not result in a flammable atmosphere in the tank.
A lightning strike is likely to occur under conditions of cloud cover, so there is a reduced likelihood that the tank is out-breathing. However, it can still be out-breathing if liquid is entering.
A lightning strike is almost always preceded by winds, which keeps the size of the flammable cloud near the PV to a minimum.

4.4 Means of venting 4.4.1 Normal venting 4.4.1.1 General Protect atmospheric storage tanks against flame transmission from outside the tank if the stored liquid has: - a low flash point, i.e. less than 60 °C (140 °F) or - the storage temperature can exceed the flash point, or - the tank can otherwise contain a flammable vapour space.	
PV valve with a flame-arresting device	The petroleum industry has had good experience with tanks protected by pressure and vacuum vents without flame arresters. As a result, there has been a belief that this good experience is due to the pressure vents potentially inherent flame-arresting capabilities. Recent testing, however, disproves this hypothesis at least for the tested conditions. Testing has demonstrated that a flame can propagate through a pressure / vacuum valve and into the vapour space of the tank. Tests have shown that ignition of a PV's relief stream (possibly due to a lighting strike) can result in a flashback to the PV with enough overpressure to lift the vacuum pallet, allowing the flame to enter the tank's vapour space. Other tests

	show that, under low-flow conditions, a flame can propagate though the pressure side of the PV.
Open vent with a flame-arresting device.	If open vents are selected to provide venting capacity for tanks that can contain a flammable vapour space a flame-arresting device should be used. Open vents without a flame-arresting device may be used for tanks that do not contain a flammable vapour space.