

Guia DROPS – Prevenção de Queda de Objetos

Práticas de Retenção Primária, Secundária e de Segurança

Aspectos Técnicos

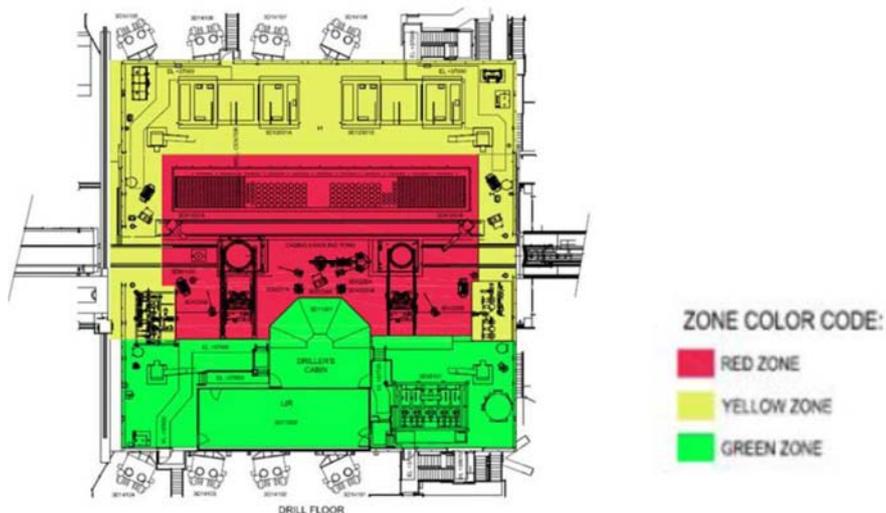
Guia de Boas Práticas de Retenção Primária, Secundária e de Segurança

Atualmente, os parafusos são produzidos sob no mínimo 85 diferentes padrões industriais e os requisitos para conexões parafusadas variam para os diferentes setores dependendo do projeto, requisitos operacionais e de manutenção.

1.Introdução

A prevenção de queda de objetos é um componente importante da salvaguarda das pessoas, do patrimônio e do meio ambiente. Sendo assim, é recomendado que a unidade possua diretrizes, políticas e/ou procedimentos que contenham orientações e critérios específicos para sua prevenção.

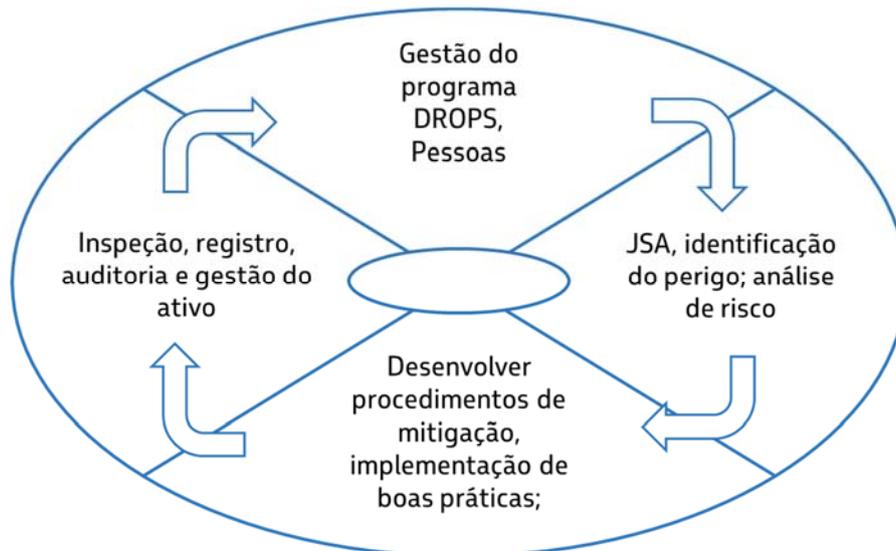
Os documentos *Dropped Object Prevention Scheme – Recommended Practice* e *ABS Guide for Dropped Object Prevention on Offshore Units and Instalations* especificam requisitos para um programa de prevenção de queda de objetos a ser implementado em ativos *offshore* e apresentam requisitos de projeto para fixação primária de equipamentos, métodos de retenção secundária e proteção para equipamentos específicos, definição das áreas críticas (*red zones* – ver figura abaixo), análise de risco, rotinas de inspeção/manutenção, capacitação das pessoas e etc.



Exemplo de definição de zonas com risco de queda de objeto⁴

O processo de gestão pode ser elaborado com base nas necessidades de segurança, competências do pessoal e maturidade organizacional no programa DROPS. A figura abaixo apresenta as funções primárias para construção de um programa de prevenção de queda de objetos, que tem como objetivo central proteger pessoas, o patrimônio e o meio ambiente.

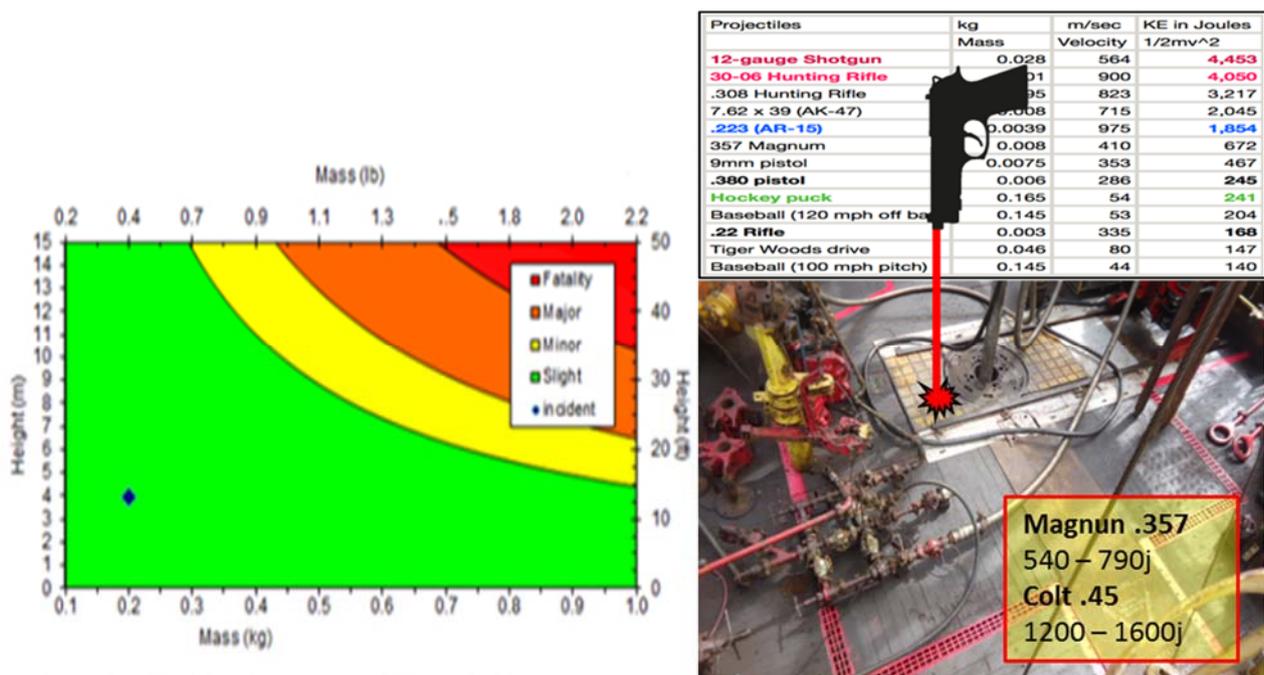
- ✓ Gestão do programa de queda de objetos e treinamento de pessoal;
- ✓ Análise de segurança da tarefa (JSA), identificação de perigos e avaliação de risco;
- ✓ Procedimentos de mitigação e implementação;
- ✓ Melhoria contínua através de inspeções, auditorias, relatórios e ações corretivas;



Elementos básicos de um programa DROPS⁴

As funções apresentadas acima são fundamentais para estabelecer um programa confiável de prevenção de queda de objetos, e devem ser consideradas como o mínimo necessário para avaliar, analisar e fornecer uma gestão mensurável a bordo de ativos offshore. Essas funções devem ser desenvolvidas e implementadas a bordo, com resultados documentados, práticas de trabalho aprovadas empregadas e lições aprendidas implementadas.

É importante ressaltar que a ocorrência de queda de objetos deve ser registrada e acompanhada através de indicadores pela alta gestão das empresas. Tais indicadores podem ser medidos por taxa, como por exemplo número de ocorrências por tempo de operação ou monitorando-se as ocorrências de acordo com o potencial de dano, ou seja, energia potencial. Com o DROPS calculator (disponível em www.DROPSOnline.org/resources-and-guidance), pode-se classificar a criticidade dos eventos de acordo com suas consequências.

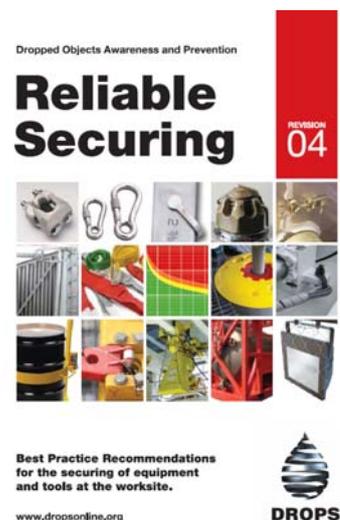


Drops calculator, Comparativo de energia potencial

2. Objetivo

Este documento destina-se a auxiliar na eliminação do risco de queda de objetos. Para isso, abrange os requisitos de gerenciamento de riscos no local de trabalho e apresenta as recomendações de boas práticas de retenção de elementos.

As recomendações apresentadas não afetam ou substituem quaisquer padrões, códigos, homologações da indústria ou recomendações dos fabricantes – OEM – Original Equipment Manufacturer.



3. Premissas

Fixação Primária

Principal método para prevenir a queda, pelo qual um item está instalado, montado e seguro.

Portanto deve-se assegurar que o método de fixação primária correto seja utilizado na instalação dos equipamentos, por exemplo: porcas, parafusos, clamps, suportes, juntas soldas, etc. As recomendações de segurança dos fabricantes - OEMs devem ser sempre identificadas e observadas.

Retenção Secundária

Método de engenharia para assegurar que a fixação primária não perca a força de retenção ou afrouxamento dos fixadores.

Equipamentos instalados em altura ou em área onde existe risco de queda sempre devem possuir retenção secundária instalada, por exemplo: contra pinos, porcas autotravantes, arame de freio, etc.

Retenção de Segurança

Mecanismo adicional para prender o item na estrutura principal impedindo que o mesmo ou parte de seus componentes caiam.

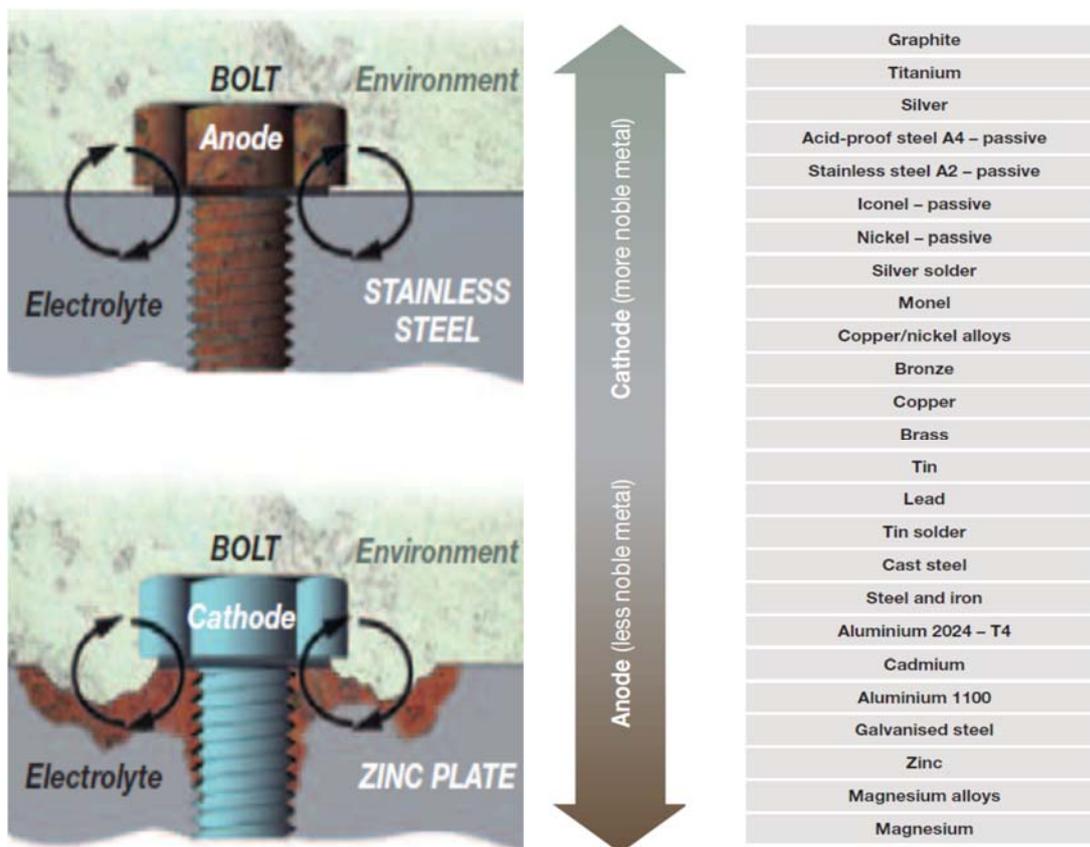
Onde não for possível instalar retenção secundária ou onde o equipamento estiver exposto a um risco de colisão, deve ser instalada alguma retenção de segurança, como cabos, correntes, redes de segurança. As retenções de segurança devem estar afixadas em uma estrutura capaz de suportar toda a carga do sistema em caso de falha da fixação primária.

Corrosão Galvânica

Os parafusos e porcas devem reunir requisitos para prevenção de corrosão galvânica. A corrosão dos componentes da junta (porcas e parafusos) leva ao afrouxamento dos componentes aparafusados e pode, eventualmente, resultar em queda de objeto.

Regra básica: somente metais de mesma ou quase mesma “nobreza” devem ser instalados (com contato físico) em ambientes corrosivos. Mesmo em instalações onde a estrutura não fica imersa em eletrólito, há corrosão galvânica devido a umidade do ar.

Quando não for possível utilizar ligas metálicas com potenciais de corrosão semelhantes, deve-se aplicar materiais (isolantes elétricos como polímeros por exemplo) que impeçam o contato físico entre os componentes.



Escala de nobreza dos metais¹

Ao selecionar materiais ou combinações de materiais que não são adequados a um determinado fim, podem ocorrer falhas com consequências catastróficas. Até mesmo quando as medidas preventivas de DROPs adotadas são implementadas, o problema pode se desenvolver ocultamente, ou seja, nem mesmo uma inspeção visual poderia detectar.



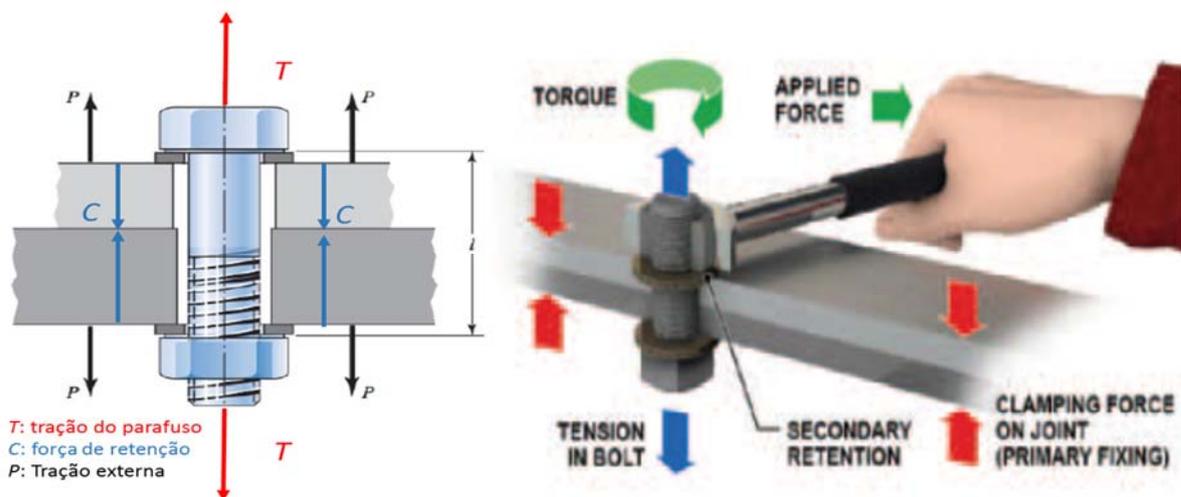
Parafuso falhados por corrosão³

4. Conexões Parafusadas

Introdução

O propósito do parafuso é travar duas ou mais partes unidas. A carga de travamento aplicada, conhecida como pré-carga, alonga o parafuso e é obtida ao torcer-se a porca até que o parafuso quase atinja seu limite elástico.

Se a porca não se afrouxar, a tensão no parafuso mantém a pré-carga. É importante ressaltar que o aperto deve ser realizado, se possível, mantendo-se a cabeça do parafuso estacionária com o torque sendo aplicado na porca, evitando dessa maneira, que a haste do parafuso seja submetida ao esforço de torção causado pelo atrito da rosca.



$$T = C > P$$

Detalhe de junta aparafusada^{1,5}

Conforme já visto no tópico de corrosão, o material da porca deve ser selecionado cuidadosamente para ser compatível com o parafuso. Durante o aperto, o primeiro fio de rosca da porca recebe toda a carga, mas ocorre escoamento e encruamento devido ao trabalho a frio, e assim a

carga é dividida entre cerca dos três primeiros fios de rosca. Por essa razão, deve-se tomar cuidado com a prática de reutilização de porcas, não sendo permitida em alguns casos.

Portanto, para obter-se uma junta parafusada confiável, faz-se necessário avaliação qualificada e cuidadosa dos seguintes fatores:

- ✓ Carga de projeto;
- ✓ Escolha dos materiais com propriedades mecânicas e resistência a corrosão adequadas;
- ✓ Pré-carga (pré-tensionamento) correta e uso correto de equipamento de torque;
- ✓ Efeitos sobre a integridade da junta causado pela operação, ambiente, lubrificação, etc.

Ao se instalar um equipamento em altura, que possua elementos aparafusados, devemos considerar as seguintes fatores:

- ✓ Perda da pré-carga ao fixarem-se os componentes;
- ✓ Prevenir que partes soltas ou que se soltem (afrouxamento);
- ✓ Prevenir que partes caiam em caso de afrouxamento ou falha.

Pode-se notar que os itens supracitados estão diretamente relacionados a uma avaliação, escolha e instalação adequada da fixação primária (aplicação do torque correto ao montar), retenção secundária e retenção de segurança, respectivamente.

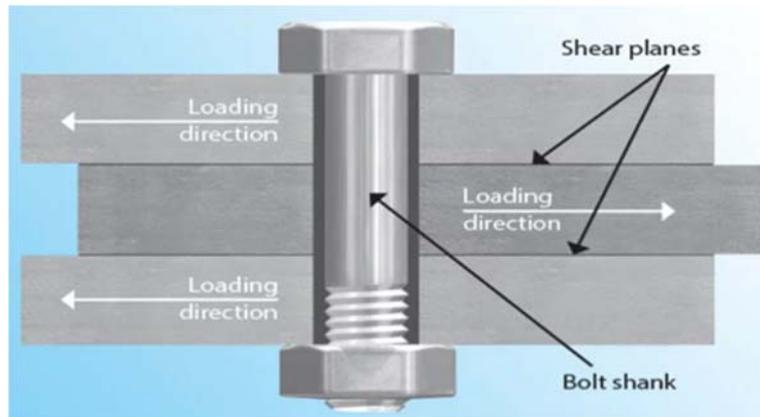
As principais causas de danos em fixadores (parafusos e porcas) são:

- ✓ Pré-carga inadequada (torque insuficiente ou excessivo);
- ✓ Sobrecarga;
- ✓ Fadiga devido a carregamento dinâmico.
- ✓ Uso inadequado;
- ✓ Choques/colisões;
- ✓ Desgaste;
- ✓ Corrosão.

Porcas e parafusos devem ser selecionados com base em suas especificações de carregamento. Os métodos de retenção secundária devem ser usados para evitar seu afrouxamento. Além disso, a eficácia da retenção secundária depende da correta instalação da fixação primária (torque especificado adequadamente aplicado, por exemplo).

Haste de Parafuso – Bolt Shank

A haste é a parte sem rosca do parafuso localizada entre a cabeça e a região roscada. A haste do parafuso aumenta a resistência ao cisalhamento e a resiliência elástica da junta parafusada.



Detalhe de junta sob cisalhamento⁵

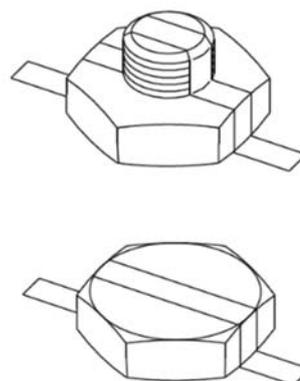
Sob carga cisalhante (*shear joint*), o parafuso sofre esforços perpendiculares ao seu eixo axial. A haste possui maior área transversal e ausência de concentradores de tensão que aumentam a performance do parafuso em esforços cisalhantes. Por esta razão, projetistas devem assegurar que plano de cisalhamento esteja transversal a haste, não nos fios de rosca.

Quando o parafuso é submetido a esforços de tração (*tension joint*), eles devem ter mais elasticidade que os demais componentes da junta. Em parafusos de alta performance, a área transversal da haste pode ser reduzida ao mínimo para compensar a alta rigidez devido ao alto nível de resistência, assegurando uma relativa elasticidade ao parafuso.

Em casos onde os parafusos falham devido a flexão cíclica, tais como carregamentos excêntricos, trocar o parafuso original por um parafuso com haste de diâmetro reduzido pode melhorar a performance da junta. Devido ao menor diâmetro, esse tipo de haste pode resultar em menores tensões de fadiga sob as mesmas condições de flexão, aumentando a vida útil da junta.

Marcação da Cabeça do Parafuso – “Linha de Fé”

Após a aplicação do torque nos parafusos, é recomendado marcar a posição da cabeça do parafuso e/ou porca em relação às partes fixadas (linha de fé) com um marcador industrial para permitir inspeção visual periódica. A linha de fé também pode ser um método de verificação de integridade de conexões parafusadas onde houver dificuldade de inspeção visual dos elementos. Pode ser utilizada tanto em juntas com parafuso passante quanto não passante.



Parafuso com marcação na cabeça³

Esse método é largamente utilizado na aviação, devido a facilidade e rapidez de visualização. Por exemplo, antes da partida de um helicóptero, os tripulantes realizam uma inspeção visual nas partes móveis do rotor e onde houver conexão com parafuso, a “linha de fé” auxilia na indicação da condição de aperto daquele parafuso.

Orientações Gerais

- ✓ Porcas e parafusos frouxos podem levar a uma falha da junta e queda de objeto, podendo resultar em incidentes e tempo perdido.
- ✓ Para prevenir afrouxamento de porcas e parafusos é necessário uso de algum método de retenção secundária confiável e comprovado.
- ✓ É importante manter a retenção secundária onde a força de retenção (clamp force) ao longo da conexão parafusada é crítica para sua integridade.
- ✓ Mesmo com retenção secundária, a pré-carga deve ser corretamente aplicada, pois a retenção secundária geralmente não possui capacidade de manter a força de retenção (clamp force).
- ✓ Quando a pré-carga é requerida, projetos de engenharia e fabricação determinarão o método mais apropriado de retenção.
- ✓ O torque de aperto da junta deve ser aplicado sempre na porca, a menos que haja alguma impossibilidade ou indicação específica definida pelo fabricante.
- ✓ É recomendado lubrificar os parafusos/porcas antes de torquar, a menos que haja contraindicação. O torque em parafusos lubrificados é da ordem de 20% menor em conjuntos sem lubrificação.
- ✓ O uso de marcação nas porcas e parafusos (“linha de fé”) para verificação da condição de aperto é uma boa prática.

4.1. Perda de Pré-carga (Afrouxamento)

Existem ao menos cinco causas para afrouxamento de juntas parafusadas que podem ocorrer separadamente ou combinadas:

Torque Insuficiente

Por definição, um parafuso com torque aplicado abaixo do especificado já está “solto”, ou seja, a junta não possui a força de aperto (retenção) para manter as partes unidas. Este fato pode levar a um escorregamento entre as seções causando uma tensão de cisalhamento indevida no parafuso, podendo levá-lo à fratura.

Relaxamento do Material

Os projetistas que especificam a pré-carga a ser aplicada em um parafuso, preveem em alguns casos, um período de “amaciamento” da junta, onde o aperto causado pelo parafuso relaxa até certo grau. Esse relaxamento é causado por uma deformação do componente que está sendo parafusado, devido a pressão que o parafuso e a porca exercem na superfície de contato. Se a junta não for projetada corretamente, ou seja, se a pré-carga não for atingida, a força de retenção pode não ser suficiente. Devido a esse evento, em algumas juntas, se faz necessário o reaperto dos parafusos após determinado período de serviço.

Degradação de Junta de Vedação (Gaxeta)

Muitas juntas parafusadas possuem uma junta fina e flexível entre a cabeça do parafuso e a superfície da junta para vedá-las completamente contra vazamentos de gás ou líquido. A própria junta atua como uma mola, empurrando de volta contra a pressão do parafuso e da face da junta. Com o passar do tempo, e especialmente próximo a altas temperaturas ou produtos químicos corrosivos, a junta pode se degradar, o que significa que ela perde a elasticidade, levando à perda de força de retenção.

Diferença de Dilatação Térmica

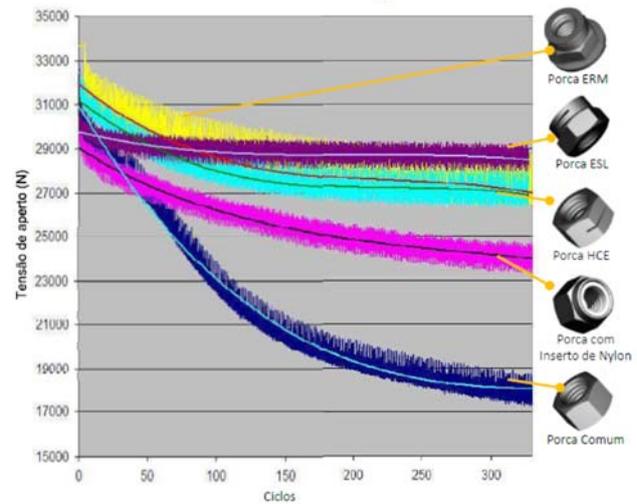
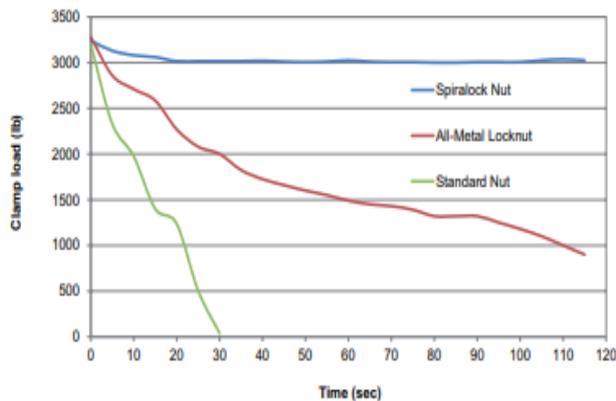
Se o material do parafuso e da junta forem muito diferentes, grandes diferenças de temperatura devido a mudanças ambientais rápidas ou a processos industriais com ciclos podem fazer com que o material do parafuso se expanda ou se contraia rapidamente, podendo causar afrouxamento do parafuso.

Vibração

Experiências em juntas parafusadas sob vibração mostram que pequenos movimentos “transversais” com muitas repetições fazem com que as duas seções da junta se movam em paralelo entre si e com a cabeça ou porca do parafuso. Esses movimentos repetidos atuam contra o atrito entre o parafuso e os segmentos que estão mantendo a junta unida. Eventualmente, a vibração fará com que o parafuso desenrosque e a junta perca sua força de retenção.

Para esses casos, é possível avaliar as conexões parafusadas através do Junker Test - teste mecânico que determina o ponto no qual uma junta parafusada perde a pré-carga quando sujeita a um carregamento lateral (cisalhamento) devido a vibração lateral das placas.

Os engenheiros de projeto aplicam o Junker Test para determinar o ponto no qual os elementos de fixação falham quando sujeitos a vibrações. Os dados coletados pelo teste permitem que os engenheiros de projeto especifiquem os fixadores que funcionarão sob uma ampla faixa de condições sem se soltar. Abaixo seguem alguns resultados do teste.



Resultado ensaio Junker test

Choques/Colisão

Cargas dinâmicas ou alternadas de máquinas, geradores, turbinas eólicas, etc., podem causar choques mecânicos - uma força repentina e abrupta aplicada ao parafuso ou à junta - fazendo com que as roscas dos parafusos deslizem em relação às roscas da junta. Assim como com a vibração, esse deslizamento pode levar ao afrouxamento dos parafusos.

5.Retenção Secundária

Equipamentos que não são parte integral de uma estrutura em que estão montados devem ter um método de retenção secundária adequado instalado, conforme veremos a seguir. A correta instalação e a retenção secundária de todos os equipamentos da sonda (permanentes) devem constar em um registro de equipamentos e disponível no local. A condição dos equipamentos deve ser visualmente inspecionada conforme requisitos do *Picture book* durante a rotina de inspeção de DROPs.

Linhas de retenção secundária, apropriadamente classificadas (ou cabos de segurança), devem ser instaladas em todos os guinchos, cabos de chave flutuante e outros cabos de sustentação de tal maneira a evitar que o cabo de carga "pule" da polia ou em caso de falha do sistema das polias de elevação. Esse cabo de segurança deve ser afixado em um ponto independente e não no mesmo ponto onde a polia estiver instalada. O ideal é que o cabo de segurança também seja protegido pelas placas laterais das polias e, o mesmo não deve interferir no funcionamento dos sistemas de elevação.

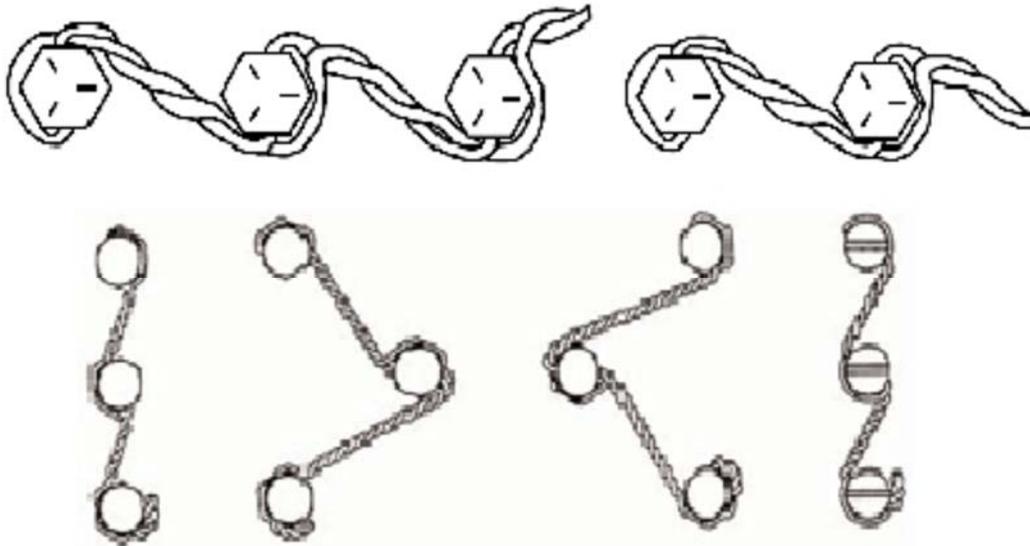
Caso o sistema de polia/patesca, estiver fixado a estrutura com o uso de retenção secundária (como manilhas de 4 partes, por exemplo), o sistema de fixação do eixo da polia possuir retenção secundária (contra-pino, por exemplo) e houver rotina de manutenção/inspeção dos elementos de movimentação de carga, esses sistemas dispensam o uso do cabo de segurança, desde que não haja uma recomendação de análise de risco.

5.1. Arame de freno

A utilização de arame de freno para evitar rotação de parafusos é um método de retenção secundária recomendado para tipos de conexões onde o parafuso é parafusado em um furo diretamente no equipamento.

Sendo frequentemente utilizado como um dispositivo de travamento em conexões parafusadas para evitar afrouxamento devido a condições de vibração e carga, ou adulteração, é um dos métodos mais utilizados, pois não somente evita o afrouxamento dos parafusos, mas também os mantém retidos em caso de falha da fixação primária (quebra da cabeça dos parafusos e evita queda de objetos).

O método consiste em passar um arame através dos furos na cabeça do parafuso (ou em porcas-casos específicos) para travá-lo contra rotação de afrouxamento. O arame é torcido antes de ser passado e é travado no próximo parafuso ou furo dedicado para travar a outra extremidade do arame. O arame de freno deve ser colocado através dos furos e ao redor da cabeça do parafuso para manter a pré-carga. O uso arames de freno é ilustrado abaixo e demonstra o uso de fixadores com rosca à direita.



Parafuso com arame de freno³

Importante que os parafusos sejam fornecidos com a cabeça previamente furada.

De acordo com a 27ª edição do *Machinery's Handbook*, as seguintes regras adicionais se aplicam:

- ✓ Não mais do que três (3) parafusos devem ser frenados juntos.
- ✓ As cabeças dos parafusos devem ser frenadas conforme mostrado somente quando houver componentes com furo roscado, ou seja, onde apenas o parafuso possa recuar.
- ✓ As porcas previamente furadas devem ser frenadas de uma maneira semelhante àquela ilustrada, com as seguintes condições:
 - As porcas devem ser tratadas termicamente.
 - As porcas são furadas na fábrica para uso com arame de freno.

- ✓ O arame de freio deve preencher um mínimo de 75% do furo da cabeça do parafuso.
- ✓ O arame de freio deve ser de aço inoxidável com qualidade aeronáutica de 0,508 mm (0,020"), 0,8128 mm (0,032") ou 1,067 mm (0,042") de diâmetro. O diâmetro do arame é determinado pelo tamanho da rosca do parafuso a ser frenado.
Tamanhos de rosca de 6 mm (0,25") e menores devem utilizar arame de 0,508 mm (0,020")
Tamanhos de rosca de 6 mm (0,25") a 12 mm (0,5") devem utilizar arame de 0,8128 mm (0,032")
Tamanhos de rosca maior que 12 mm (0,5") devem utilizar arame de 1,067 mm (0,042")

O maior arame pode ser usado em parafusos menores em casos de conveniência, mas o fio menor não deve ser usado em tamanhos maiores de parafusos.

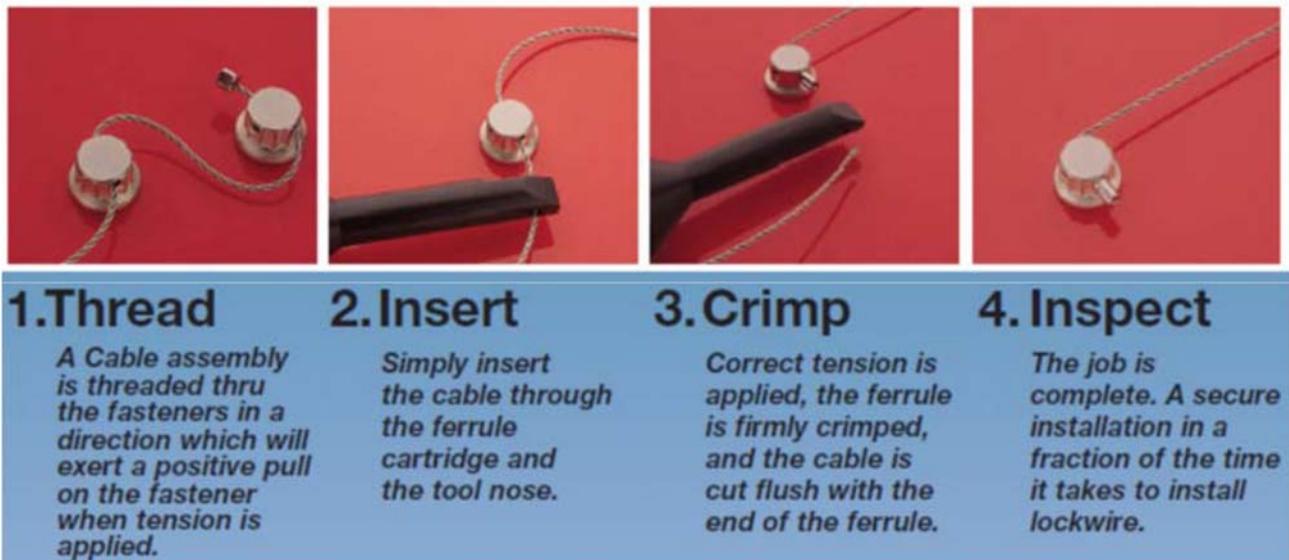
- ✓ O arame de freio não deve ser utilizado para travar porcas, parafusos, etc., que estejam a mais de 150 mm um do outro, a menos que o arame esteja preso a uma parte adjacente da estrutura, de modo que a deformação do arame seja inferior a 150 mm



Arame de freio instalados³

Cabos pré-fabricados podem ser usados como arame de freio para travar os parafusos. O procedimento de instalação do cabo de bloqueio é mostrado na figura abaixo. O cabo é fornecido em comprimentos pré-definidos com uma das extremidades chumbadas. Após passar o cabo através dos

furos nos fixadores, eles são apertados e crimpados usando uma presilha e uma ferramenta de crimpagem.



Sequência de instalação de arame pré-fabricado³

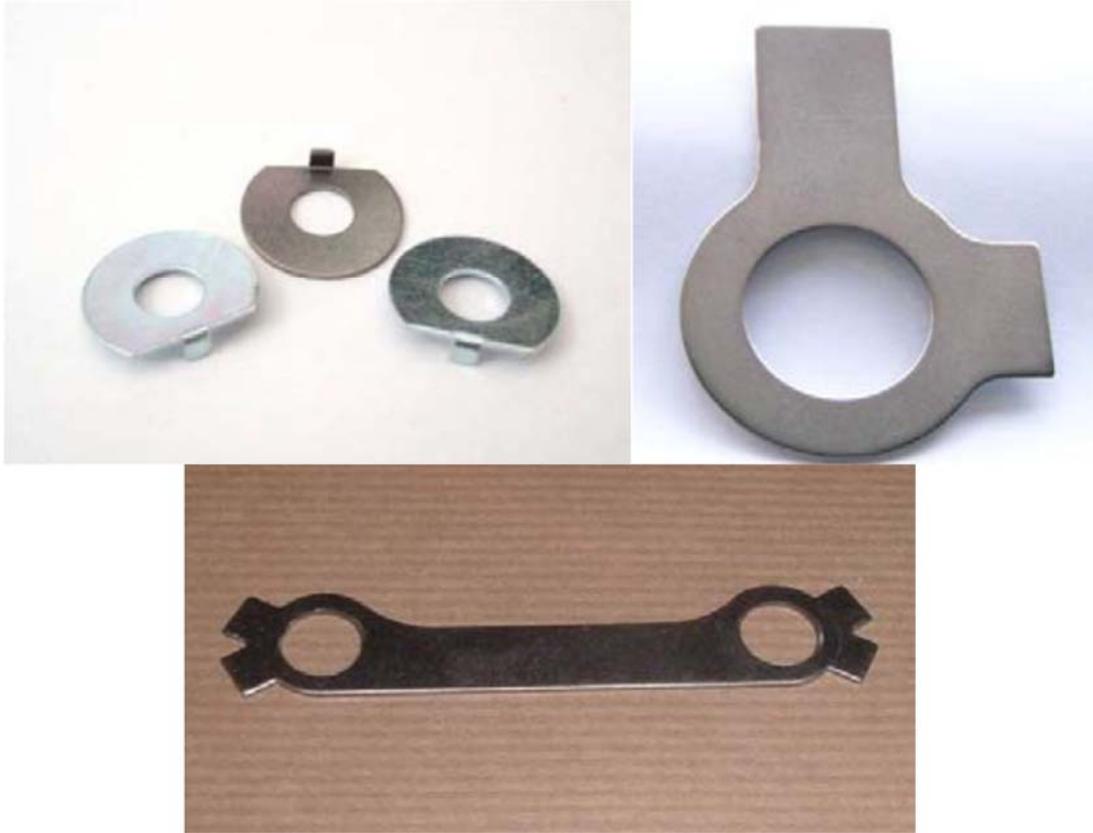
Em alguns casos sua utilização pode ser mais conveniente pois a instalação é mais rápida em relação ao uso do arame.



Arame de freno pré-fabricado instalado³

5.2. Tab Washers e Tab Plates

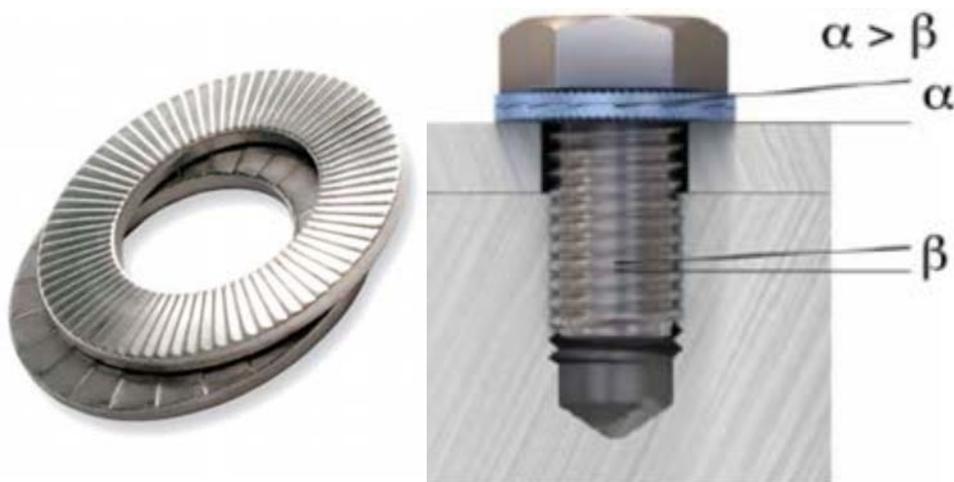
Tab washers e *tab plates* podem ser utilizadas para prevenir a rotação do parafuso, evitando afrouxamento inadvertido. Ao se instalar esses dispositivos, os mesmos são flexionados (ou dobrados ou sofrem flexão) numa dada direção para evitar o afrouxamento. O *tab*, após sofrer flexão, necessita estar paralelo e nivelado (e em total contato) com a cabeça do parafuso.



Tab washer e tab plate³

5.3. Arruelas Auto Travantes - Wedge Lock Washers

Esse sistema de travamento de parafusos consiste em um par de arruelas que possuem geometria tipo "cunha" para travar juntas parafusadas nas aplicações mais críticas e manter a conexão segura. Essas arruelas são utilizadas em conexões expostas a vibração, como painéis gradeados, autofalantes, bandeja de cabos, trilho guia, suportes de tubulação, iluminação e etc.



Arruela auto travante^{1,3}

Esta aplicação deve ser cuidadosamente avaliada nos seguintes aspectos: dureza e rugosidade da superfície, espessura da camada de tinta, contaminação, posição de montagem dos componentes e torque aplicado (pré-carga). Antes de selecionar um tipo de material/ arruela, deve-se observar as recomendações do OEM. Certifique-se de que as arruelas estão instaladas conforme as instruções do fabricante.

Ao serem utilizadas em superfícies galvanizadas, considerar que o dano na camada de zinco pode causar corrosão acelerada.

Para conexões parafusadas passantes, 2 conjuntos de arruelas devem ser utilizados. Um conjunto instalado no lado da porca e um conjunto no lado da cabeça do parafuso.

5.4. Compostos Travantes - Locking Compounds (Adhesive)

O uso de compostos travantes pode ser um método efetivo de retenção, no entanto, deve ser aplicado sob condições cuidadosamente controladas. Esse método não permite que técnicas de inspeção possam verificar se o composto foi aplicado o suficiente. No campo, a equipe de inspeção não diferencia facilmente entre fixadores com ou sem composto travante em uma montagem.

Se esse método for escolhido como método de retenção secundária, é um requisito que o composto seja especificado em seus respectivos desenhos de montagem e lista de material.

- ✓ Compostos trava roscas são principalmente utilizados onde a vibração é moderada e o ambiente é levemente ou não corrosivo;
- ✓ Na seleção desse método, estar atento que pode não haver evidência da aplicação do composto;



Composto travante

5.5. Porca Castelo com contra-pino

A utilização de porca castelo proporciona (até mesmo visualmente) um método de travamento confiável para conexões parafusadas. A porca é um tipo específico que contém entalhes radiais, coincidentes dois a dois, alinhados a um furo no parafuso e travada por um contra-pino (cupilha) inserida neste furo.



Porca castelo com contra-pino montada³

Utilizada para conexões críticas ou componentes que são frequentemente desconectados.

A utilização da porca castelo deve estar associada ao uso de contra-pino, sendo este responsável por travar a porca em aplicações com intensas vibrações. O contra-pino deve ser fabricado em material resistente a corrosão.



Exemplo de aplicação de porca castelo com contra-pino³

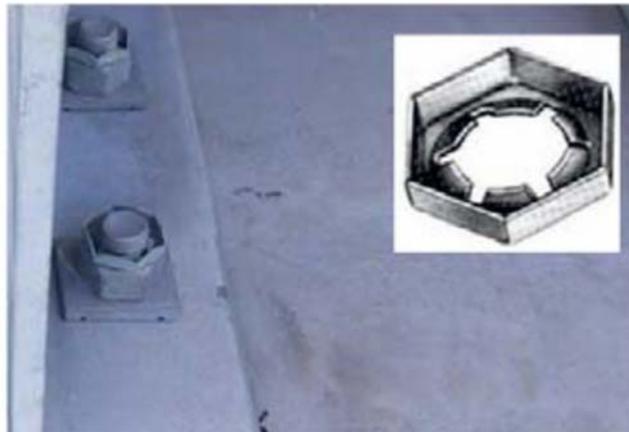
É recomendado dividir as pernas do contra-pino e dobrá-las em torno da porca do castelo para impedir diretamente a rotação da porca do castelo em relação ao parafuso. Nesse caso, é muito importante a escolha do tamanho adequado do contra-pino para cada aplicação.

Obs:

- ✓ **Ao utilizar contra-pinos, o mesmo deve ser de aço inoxidável preferencialmente;**
- ✓ **Nunca utilize a combinação contra-pino e arruela para travar um parafuso/pino. Sempre utilize a combinação porca e contra-pino.**

5.6. Self-locking Counter Nuts

Esse tipo de porca permite o travamento cravando as abas internas nos fios de rosca do parafuso quando são apertadas. São aplicadas sobre as porcas *standard* com arruelas conforme mostrado abaixo.



Self-locking counter nut³

Essa porca somente deve ser apertada sobre a porca *standard* após a aplicação do torque especificado na porca *standard*.

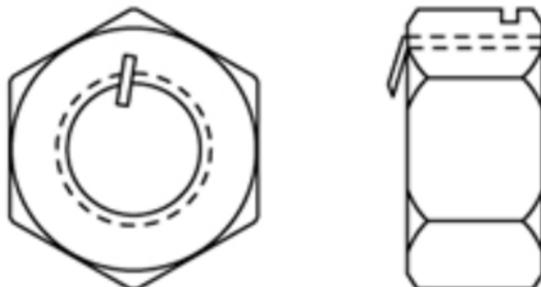
Devido a sua forma/característica, essas porcas podem causar danos em linhas, mangueiras e outros itens que estejam em movimento nas estruturas de torres e mastros. Por essa razão, deve ser assegurado que a porca e os itens móveis não entrem em contato. Na foto abaixo é apresentada a utilização de placas de teflon acima e abaixo das fileiras de parafusos com essas porcas.



Aplicação em estrutura de torre de perfuração³

5.7. Bent-pin Lock Nut

Essas porcas são metálicas autotravantes com pino de aço inoxidável para travar a porca no parafuso, conforme figura abaixo.



Bent-pin lock nut³

O pino é instalado numa posição que assegura o torque aplicado, enquanto permite que o pino atue gradativamente de maneira adequada sem virar, levantar ou quebrar. A reutilização dessas porcas não é recomendada assim como dos parafusos, a menos que possa ser assegurado que os entalhes na rosca do parafuso ou o pino não estão afetando a integridade do sistema de travamento.

5.8. Metal Lock Nut

Esse tipo de porca pode ser utilizado em todas as dimensões de parafusos. O travamento se dá através da parte roscada ou topo da porca sendo deformado; o topo da porca pode ser dividido ou a porca conter "dentes" sob o colar. Esse método fornece grande atrito entre o parafuso e a porca e pode se apresentar de várias formas: cabeça deformada, pescoço partido, colar dentado.

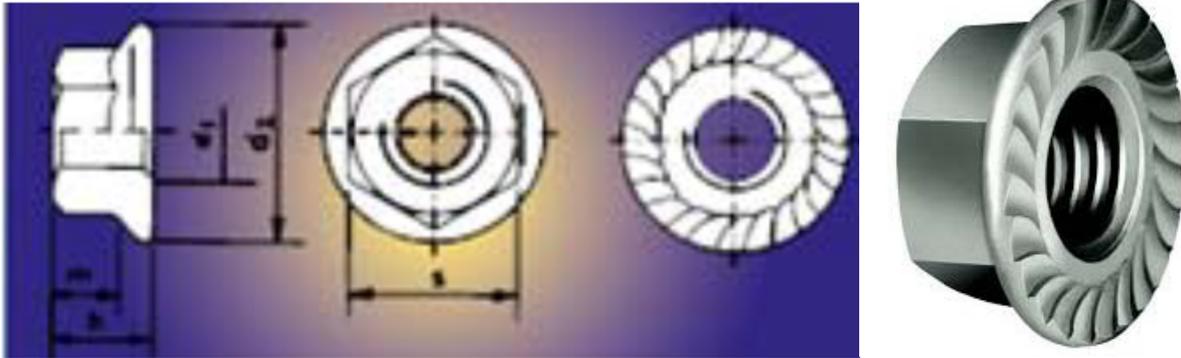
As porcas devem ser utilizadas apenas uma vez e em situações onde o fixador raramente é desmontado para uso ou manutenção. Após cada desmontagem, novas porcas devem ser instaladas. Em certos casos, elas são usadas em conjunto a uma braçadeira na ponta da porca, conforme figura abaixo.



Metal lock nut³

5.9. Porca Flangeada Dentada - Recessed Metal Locknut

Essas porcas possuem um flange integrado ao seu corpo e este possui uma superfície de contato com recessos ("dentes") que se "encaixam" uns nos outros quando o torque é aplicado sobre a porca. A dureza do material deve ser menor quando comparada a porca para que haja contato eficaz entre a porca e a superfície e permitir que todos os dentes penetrem e haja um travamento efetivo.



Porca dentada flangeada³

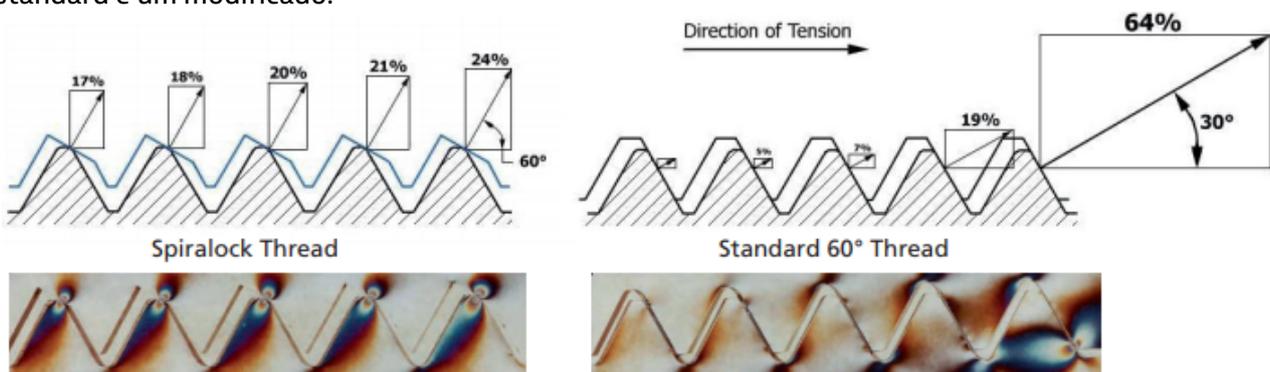
Essa aplicação deve ser cuidadosamente avaliada nos seguintes aspectos: dureza da superfície, espessura da camada de tinta, contaminação, contato total da parte serreada com a superfície de contato (por exemplo não utilizar em furos escareados) e torque adequado.

Para conexões parafusadas passantes, o parafuso deve ser travado com arame de freio ou outra retenção secundária para evitar rotação do parafuso.

Quando utilizada em superfícies galvanizadas considerar que o dano à camada de zinco pode acelerar o processo de corrosão.

5.10. Porca com Perfil de Rosca Modificado – Wedged Ramp Thread

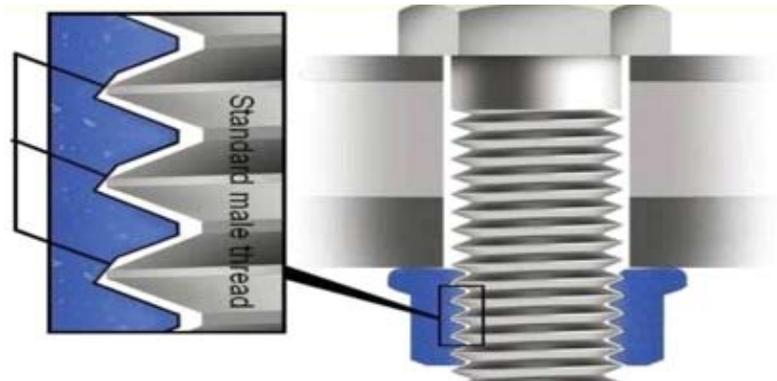
Esse método conta com uma distribuição uniforme de carga em todos os fios de rosca e elimina a folga existente entre os fios de rosca macho (parafuso) e fêmea (porca) quando a pré-carga é aplicada. Na figura a seguir, é apresentada uma comparação da distribuição de carga entre perfil de rosca standard e um modificado.



Distribuição de carga nos fios de rosca³

A porca com perfil modificado mostra que o carregamento é uniformemente distribuído ao longo dos fios de rosca na porca, enquanto no perfil standard quase 80% da carga estão nos dois primeiros fios de rosca. Na literatura é comum ser citado que toda a carga está concentrada nos três primeiros fios de rosca.

O perfil de rosca standard (60°) permite que exista uma folga excessiva entre os fios de rosca macho e fêmea e permitindo que o conjunto parafuso e porca seja susceptível a movimento relativo na direção transversal (e até na direção axial) causando afrouxamento em condições de serviço sob vibração.



Detalhe da rosca com perfil modificado³

5.11. Porca com Inseto de Nylon/Polímero

Esse método deve ser utilizado onde não houver vibração ou se a mesma for limitada, com faixa de temperatura de serviço seja entre -70°C a 120°C, pois essas porcas são susceptíveis a perda de pré-carga devido à vibração e/ou calor.



Porca com inserto^{1,3}

Obs:

- ✓ Não é recomendado reutilizar após desmontagem;
- ✓ A equipe de manutenção deve ser orientada a substituir todas as porcas com inserto após sua utilização;
- ✓ As conexões devem ser inspecionadas regularmente;
- ✓ No mínimo três fios devem extrudar além da superfície da porca.

5.12. Dispositivos Adicionais de Retenção

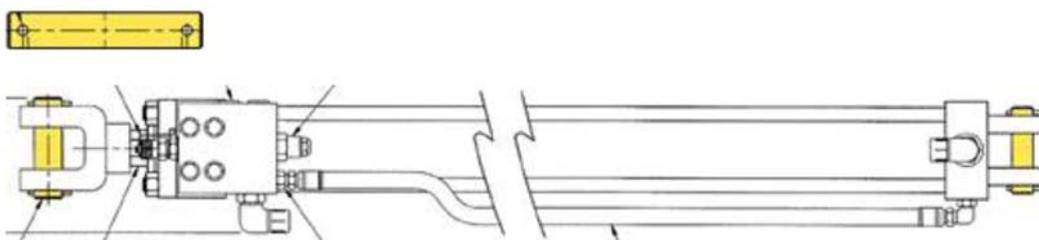
5.12.1. Contra-pinos

Os contra-pinos são comumente utilizados como retenção em parafusos e porcas. Devem ser selecionados adequadamente levando-se em conta as dimensões do conjunto (diâmetro da porca e parafuso). Quando instalado, as pernas do contra-pino devem ser dobradas em torno da porca de modo a travar todo o conjunto, permitindo seu uso apenas uma única vez para evitar o risco de fratura após várias dobras.



Exemplo de Aplicação de contra-pino³

Obs: Não utilizar contra-pinos em aplicações que possam estar expostas a cargas laterais e/ou onde o contra-pino se mova em relação a superfície de contato, pois não são projetados para cargas de cisalhamento e desgaste.



Aplicação não recomendada³

5.12.2. Pino em Furo Cego com Barra de Travamento

Para reter um pino em um furo cego pode-se utilizar uma barra de travamento. O pino é instalado martelando-se a barra diretamente, de maneira que ela se encaixe nas duas cavidades no interior do furo. O material da barra deve ser selecionado para que resista a deformação a frio sem que haja trincamento.

A vantagem deste método é o de ser uma retenção permanente, uma vez instalado. A desvantagem é que não há possibilidade de remover a barra sem que o pino seja destruído, criando dificultando a manutenção.



(1) Pino e barra; (2) Furo com as cavidades, (3) Barra instalada³

5.12.3. Anel de Travamento

Esse tipo de pino de travamento é um método de retenção secundária recomendado quando a conexão é conectada e desconectada frequentemente. Esses pinos podem ser instalados e removidos rapidamente sem necessidade de ferramenta.

Safety Lock Klik Pins

A = Pin Length (in.)
B = Inside Ring Diameter (in.)
C = Chain Length (in.)
D = Cotter Size (in.)
 Min. DSS = Min. Double Shear Strength (lbs)

Part ID	Pin Size	A	B	C	D	Min. DSS	Image	CAD
9555	7/16 x 11/32	2	1-3/4	7-3/4	3/16 x 3/4	25,845		CAD
9556	7/16 x 11/32	2	1-3/4	-	-	25,845		CAD

To Operate Safety Lock Pins

1. Grasp Safety Lock Pin firmly.
2. Squeeze top of snap ring with firm pressure on both sides.
3. Pull ring upwards.

To lock, simply push ring down, it will snap close and lock.

Anel de travamento para furos de pequeno diâmetro³



(1) Kit; (2) Instalado não travado; (3) Travamento "mola"; (4) Travamento mecânico
Anel de travamento como alternativa a contra-pino³

5.12.4. Ball Locking Pin

Esse tipo de pino de travamento é um método de retenção secundária recomendado quando a conexão é conectada e desconectada frequentemente. Esses pinos podem ser instalados e removidos rapidamente sem necessidade de ferramenta.

Também pode ser usado como fixação primária, dependendo do padrão de carregamento aplicado. Ao se utilizar esse método, o desgaste entre o pino e o furo não deve ser uma incerteza.



Ball locking pin³

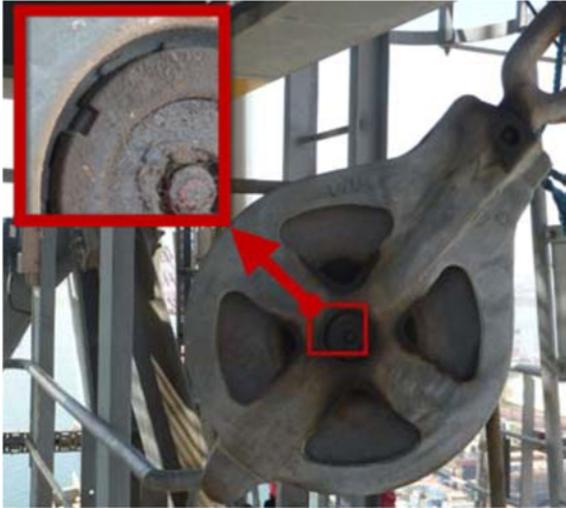
5.12.5. Placa de Retenção e Porca de Travamento

Esse é um método de retenção secundária aprovado, aplicado em conexões que envolvam pinos/eixos. O anel de retenção é travado contra o *groove* do eixo enquanto a porca de travamento é retida ao dobrar uma das abas do anel de retenção para dentro do recesso na porca de travamento. Também é largamente utilizado para travar rolamentos e eixos.

Atenção deve ser dada ao risco de desenroscamento quando o tamanho do mancal e a rotação da peça tiverem a tendência de desparafusar a porca. Isso pode fazer com que o conjunto completo se desprenda.



Anel de retenção; Porca de travamento³



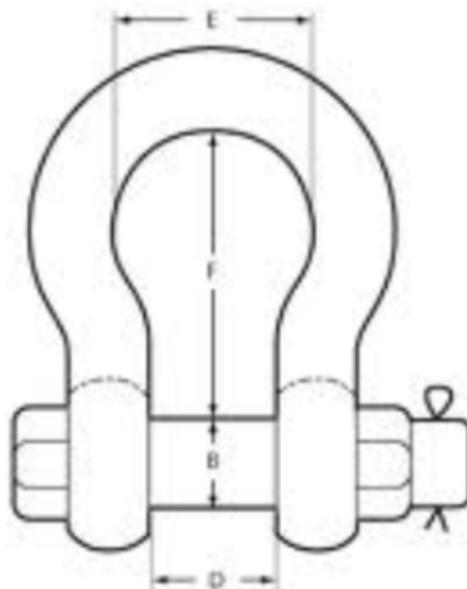
Polia com anel de retenção instalado; Rolamento com projeto especial de travamento³

5.12.6. Manilha de 4 Partes

Somente manilhas de 4 partes devem ser utilizadas em equipamento onde houver risco de queda de objeto.

Manilha de 4 partes consiste em:

- ✓ Arco;
- ✓ Pino roscado;
- ✓ Porca;
- ✓ Contra-pino.



Manilha de 4 partes³

O pino roscado junto com a porca é considerado fixação primária e o contra-pino a retenção secundária.

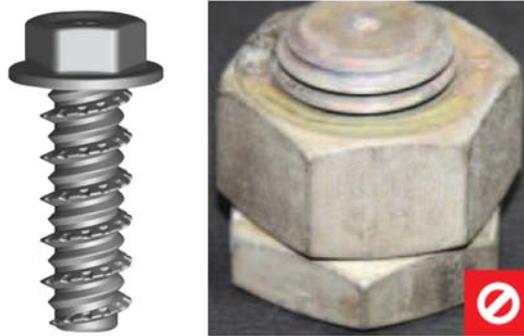
Obs:

- ✓ **A manilha utilizada deve ter WLL (*Working Load Limit*) adequada à aplicação;**
- ✓ **O contra-pino deve ser de aço inoxidável;**
- ✓ **O contra-pino deve estar sempre fixado (devidamente dobrado em torno do pino).**

6.Retenção Secundária e Dispositivos não Recomendados

Os seguintes métodos de retenção secundária comumente usados não são permitidos em instalações offshore:

- ✓ Porca com contra-porca;
- ✓ Fixadores com recessos na superfície da rosca.



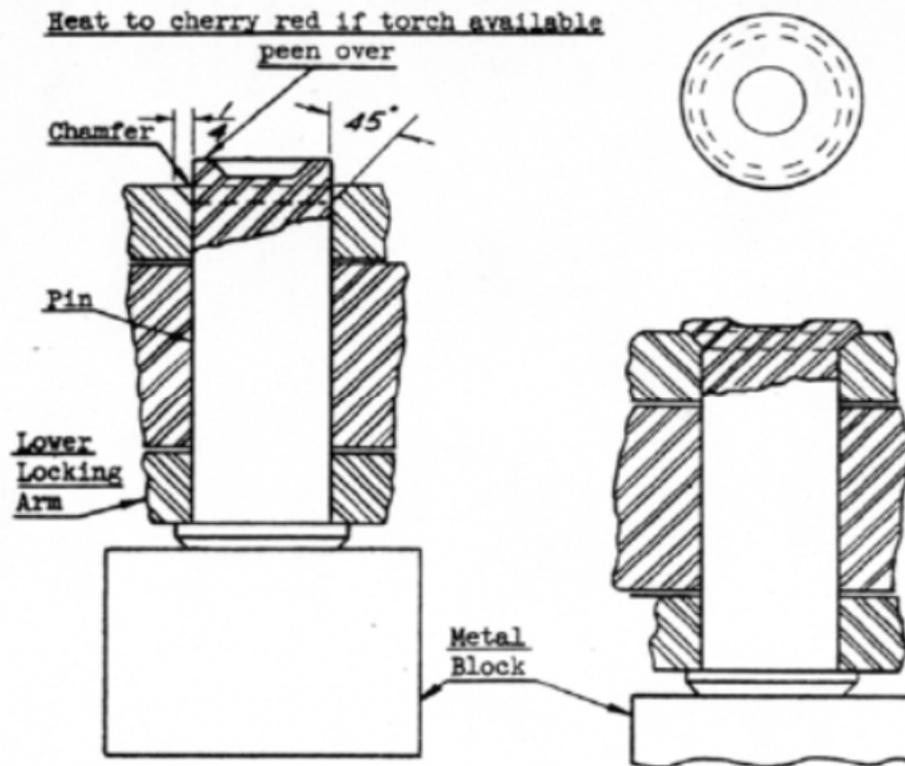
Parafuso com recesso na rosca; Porca com contra-porca¹

Alguns pinos, devido à sua natureza de projeto, que apresentam um alto risco de desencaixe não intencional ou alto risco de serem lançados, levando a uma queda de objeto, não devem ser usados. Embora não ilustrado, não é recomendado o martelamento de material para retenção de pinos.

Linch pins, R-cplis, spring pins, nappy pins ou qualquer outro tipo de pino que pode soltar-se com certa facilidade deve ser evitado no uso de equipamentos de içamento e elevação ou como retenção de equipamentos ou estruturas em altura.



Lynch pin; Nap pin; R clip; Spring pin³

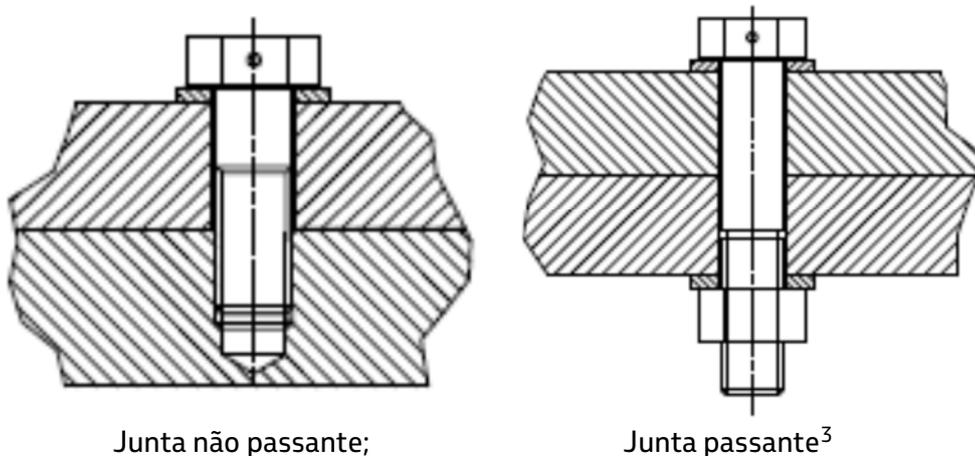


Martelamento³

7. Tipos de Junta

Podemos classificar as juntas das seguintes formas: conforme o carregamento aplicado, configuração do conjunto, entre outras.

De acordo com o *Guide for Dropped Object Prevention on Offshore Units and Instalations* da ABS, as juntas podem ser classificadas como passantes e não passantes, conforme figura abaixo.



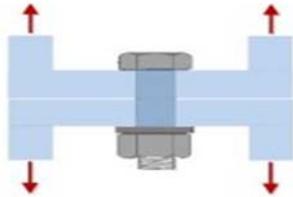
Junta não passante;

Junta passante³

Para o documento *Reliable Securing do Dropsonline*, as juntas podem ser classificadas como *Tension Joint* e *Shear Joint*, conforme figura abaixo.

Tension Joint

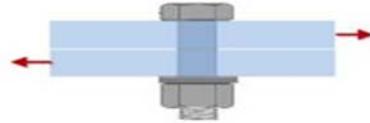
Conexão aparafusada onde a força de aperto (*clamp force*) é crítica.



Tension Joint;

Shear Joint

Conexão aparafusada onde a força de aperto (*clamp force*) não é crítica.



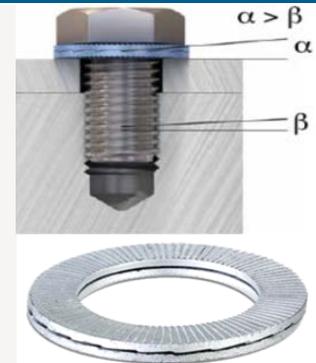
Shear Joint³

Em ambos os documentos há diferenças na indicação do uso de cada método de retenção secundária de acordo com o tipo de junta.

Para as juntas classificadas de acordo com o *Reliable Securing do Dropsonline*, segue:

Tension Joint

Arruelas Auto Travantes - Wedge Lock Washers



Porca com Perfil de Rosca Modificado - Wedged Ramp Thread



Shear Joint

Porca com inserto de Nylon/Polímero



Metal Lock Nut



Self-locking Counter Nuts



Porcas castelo com contra-pino



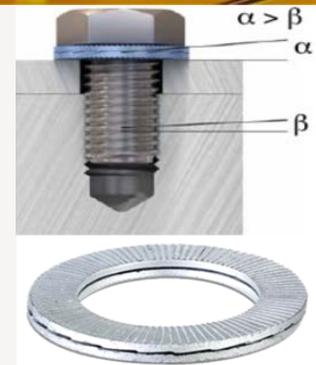
Para as juntas classificadas de acordo com o *Guide for Dropped Object Prevention on Offshore Units and Instalations* da ABS, segue:

Juntas Não Passantes

Arame de Freno



Arruelas Auto Travantes - Wedge Lock Washers



Tab Washers e Tab Plates



Compostos Travantes - Locking Compounds (Adhesive)



Juntas Passantes

Porca com inserto de Nylon/Polímero



Metal Lock Nut



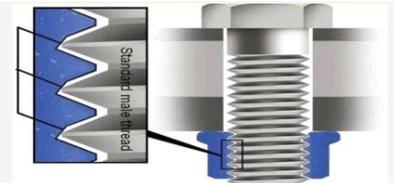
Self-locking Counter Nuts



Porcas castelo com contra-pino



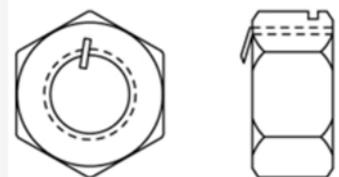
**Porca com Perfil de Rosca Modificado –
Wedged Ramp Thread**



**Porca Flangeada Dentada - Recessed
Metal Locknut**



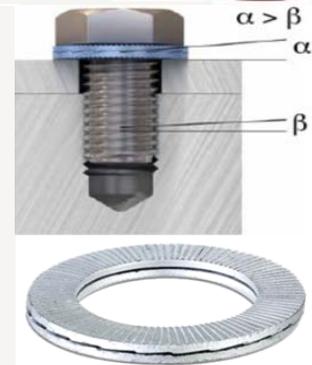
Bent-pin Lock Nut



Compostos Travantes - Locking Compounds (Adhesive)



Arruelas Auto Travantes - Wedge Lock Washers



8. Retenção de Segurança

- ✓ Sempre que possível, equipamentos instalados em altura devem ter retenção secundária integrada;
- ✓ Onde não for possível ou onde os equipamentos estão expostos ao risco de se soltar, deve haver retenção de segurança na forma de cabos, correntes e conectores que devem estar devidamente afixados na estrutura principal.

8.1. Cabos de Segurança

Cabos de segurança são aplicações que fornecem segurança adicional.

Quando forem utilizados cabos com terminação de olhal trançado ou dobrado, atentar que o raio de curvatura deverá ser no mínimo três vezes o diâmetro do cabo e deverá ser avaliada a necessidade do uso de sapatilho.



Olhal dobrado com sapatilho³

Outras recomendações são:

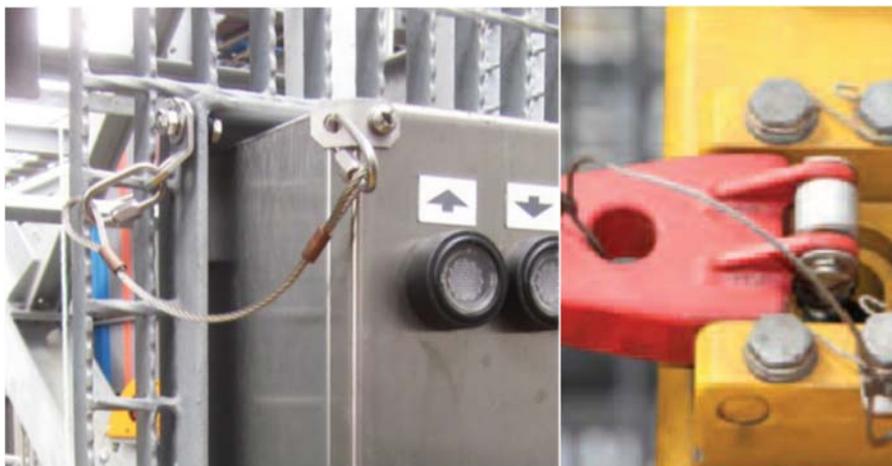
- ✓ Tomar cuidado com superfícies pontiagudas;
- ✓ Os cabos de segurança devem ser conectados preferencialmente acima do componente de interesse e devem-se limitar cargas dinâmicas e o comprimento livre do cabo;
- ✓ O cabo deve ser fabricado com material resistente a corrosão (AISI 316) e do tipo 7X19 com alma independente;
- ✓ A carga mínima de ruptura do cabo deve considerar um fator de segurança no mínimo igual a 3 em relação a carga nominal;
- ✓ Para certificar/qualificar os acessórios conectados ao cabo deve ser realizado teste de carga antes da fabricação do lote. O teste deve ser de 1,5 vezes a carga nominal.

Ao determinar o diâmetro do cabo de segurança deve-se levar em conta as dimensões do componente que será preso. A terminação do cabo pode ser confeccionada de duas maneiras: uso de olhal dobrado ou trançado com presilha (método mais utilizado, pois possui menos partes e maior eficiência) e laço com grampo.

Obs.:

Sempre verificar a classificação de projeto de equipamentos elétricos antes de instalar dispositivos de segurança uma vez que a integridade pode ser comprometida.

Nunca reutilize cabos, correntes ou conectores de segurança que tenham sido submetidos a carga de choque.



Aplicação de cabo de segurança¹

Todos os cabos devem possuir certificado de teste, fornecido pelo fabricante ou pela entidade certificadora, mostrando a carga de teste de ruptura da amostra. Todos os cabos em serviço devem ser inspecionados visualmente nas inspeções periódicas.

8.1.1. Presilhas

Deve-se seguir as recomendações do OEM e é recomendado utilizar presilha simples para crimpar o laço. Sempre que possível, deve ser especificado no pedido de compra o tipo de terminação do cabo.

Não é recomendado utilizar cabos de segurança com crimpagem realizada no campo, porém, caso seja necessário:

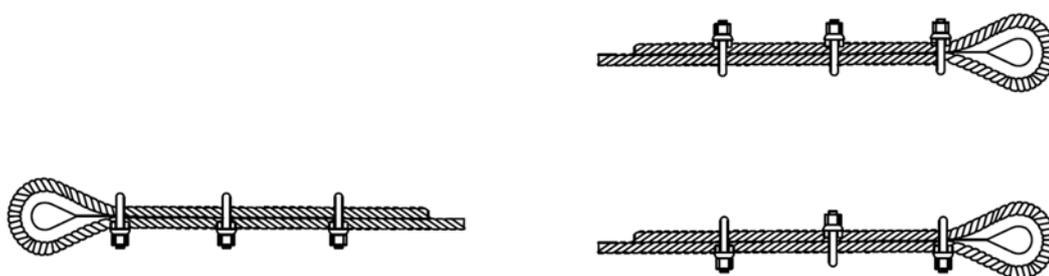
- ✓ O cabo, a presilha e o equipamento devem estar apropriadamente em conformidade com as instruções do OEM;
- ✓ O cabo de segurança deve ser testado, após a montagem, com 1,5 vezes a carga nominal.

Importante ver as recomendações nas normas EN 13411-3: *Terminations for steel wire ropes - Safety - Part 3: Ferrules and ferrule-securing* e NBR 11900-3: Terminal para Cabo de Aço - Parte 3: Olhal com Presilha.

8.1.2. Grampos

Grampos devem ser instalados com tamanho e quantidade corretas de acordo com o cabo utilizado. Devem ser montados, inspecionados regularmente de acordo com o manual de manutenção. Para manter um grampo seguro deve-se sempre utilizar uma retenção secundária aprovada.

Ver as orientações na norma NBR 11900-4: Terminal para Cabo de Aço – Parte 4: Grampos leve e Pesado.



(1) Instalação correta; (2) Instalação errada⁶

8.2. Redes e Telas de Segurança

Esse dispositivo de retenção de segurança envolve totalmente o equipamento fixado em altura que apresentam um alto risco de queda.

Além de todos os métodos mencionados acima, redes e telas de segurança podem ser considerados como retenção de segurança. Uma rede de segurança não é capaz remover o risco de queda de objeto. Apenas reduz o risco de ferimentos e/ou danos ao equipamento. O uso de redes de segurança está, na maioria dos casos, fora do escopo de projeto do produto e geralmente é instalado após a entrega da unidade.

Projetada para ser facilmente instalada, são bem adaptadas a aplicações onde o equipamento ou seus componentes são avaliados com risco de falha devido a fatores tais como: inúmeros componentes, qualidade de projeto, corrosão interna ou externa, vibração, etc.

- ✓ Sempre buscar referência de recomendações do fabricante da tela e da rede com relação a seleção, instalação, manutenção e limitação da vida do produto;
- ✓ Assegurar que o produto é adequado para operação e o ambiente de trabalho, com as devidas considerações em relação ao potencial de corrosão;
- ✓ Avaliação de risco detalhada deve considerar falha catastrófica da fixação primária com ou sem retenção de segurança;
- ✓ A integridade operacional de qualquer equipamento elétrico não deve ser comprometida pela introdução das redes ou telas de segurança;
- ✓ Como os demais dispositivos de retenção de segurança, redes e telas de segurança devem ser regularmente inspecionadas e substituídas se não executam mais sua função;
- ✓ Avaliar cuidadosamente qualquer impacto em outras atividades como acesso a manutenção geral ou risco de obstáculos.



Aplicação de rede de segurança¹

8.3. Mosquetão

Os mosquetões são frequentemente usados para conectar e desconectar cabos de segurança das partes que são fixadas. Ao selecionar um mosquetão, quando possível, selecione o tipo de dupla trava com a porca de fixação. O olhal instalado no pescoço do mosquetão impede que o cabo se desconecte do gancho. A porca impede que o mosquetão se abra uma vez instalado.



Trava Simples (não indicado); Dupla trava com olhal (preferido)³

9. Considerações Gerais

- ✓ O objetivo principal da manutenção preventiva é preservar e reestabelecer a confiabilidade através da substituição de componentes desgastados antes de sua falha.
- ✓ As atividades de manutenção preventiva incluem tarefas de overhauls parciais ou completos com frequências específicas.
- ✓ A deterioração dos equipamentos pode ser registrada para que as partes deterioradas possam ser reparadas ou substituídas antes que provoquem falha no sistema.
- ✓ Um programa ideal de manutenção preventiva deve evitar todas as falhas dos equipamentos antes de sua ocorrência.
- ✓ É de suma importância que as recomendações dos fabricantes dos equipamentos sejam seguidas e que em caso de falha de seus equipamentos, esta seja reportada ao mesmo para as devidas providências.
- ✓ As inspeções de queda de objetos devem abranger os componentes que tenham risco de queda e sua frequência deve ser adequada para prevenir a ocorrência de falhas. Para isso, deve-se levar em consideração as avaliações de risco e as recomendações dos fabricantes bem como seus critérios de aceitação.
- ✓ Seguir as recomendações contidas no Dropsonline, disponíveis em <http://www.dropsonline.org>.

10. Referências

1. Drops Reliable Securing Booklet, www.DROPSOnline.org/resources-and-guidance;
2. Dropped Object Prevention Scheme – Recommended Practice, www.DROPSOnline.org/resources-and-guidance;
3. Design Guideline – Secondary retention and Prevention of Dropped Objects, internal report, National Oilwell Varco;
4. ABS Guide for Dropped Object Prevention on Offshore Units and Instalations;
5. Elementos de Máquinas de Shigley; Budynas, R e Nisbett, J – 10ª Ed;
6. NBR 11900-4: Terminal para Cabo de Aço – Parte 4: Grampos leve e Pesado;
7. NBR 11900-3: Terminal para Cabo de Aço – Parte 3: Olhal com Presilha.

11. Anexos

Os arquivos das listas de verificação dos equipamentos (top drive, guia cabo e PRS) estão nos links abaixo.

 DROPS - TDS1000 - Rev 4.xlsx	 DROPS DDM1000 Rev3.xlsx	 DROPS - PRS8 - Rev 3.xlsx	 DROPS Guia Cabo_rev2.xlsx
 DROPS TD4S_rev2.xlsx	 DROPS Template HPS1000 Rev3.xlsx	 DROPS Template_Petrobras	 HydraRacker 4 - Rev4 - 28-06.xlsx
 Inspeção Drops Bridge Racker_REV C	 Inspeção Drops PS2 750_REV 02.xlsx	 Plano de inspeção DROPS PRS4i_REV 0	 de inspeção DROPS. TDX - 1250 - Plano