Vida útil de equipamentos e tubulações de unidade industrial

1. Objetivo

O objetivo deste trabalho é resumir as práticas de projeto para o estabelecimento da vida útil de operação, dos principais equipamentos e sistemas de tubulações das indústrias de óleo&&gás, petroquímicas e termoelétricas, a saber:

- Caldeiras a vapor;
- Vasos de pressão;
- Sistemas de tubulações;
- Fornos de processo;
- Tanques de armazenamento de combustível;
- Equipamentos dinâmicos ou máquinas.

Este trabalho somente se aplica às instalações terrestres.

2. Normas de referência

- Normas Regulamentadoras - NRs
https://www.gov.br/trabalho/pt-br/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs
- NR-12 – Norma Regulamentadora Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos
- NR-13 – Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento
- NR-14 – Norma regulamentadora – Fornos
- Normas Petrobras
  N-253 Projeto de Vaso de Pressão
  N-57 Projeto Mecânico de Tubulações Industriais
  Portal das Normas públicas da Petrobras
  https://canalfornecedor.petrobras.com.br/pt/regras-de-contratacao/catalogo-de-padronizacao/#especificacoes-tecnicas

3. Definições

Vida útil de uma instalação

A vida útil de uma instalação industrial ou de um equipamento é o período, depois de entrar em utilização, durante o qual todas as suas propriedades físicas relevantes, dos seus componentes, estão acima de níveis mínimos aceitáveis, considerando inspeção e manutenção programadas e planejadas.

É composta pela vida útil funcional e da vida útil de projeto.

Vida útil funcional

É a duração de vida da instalação determinada por um estudo econômico da demanda do mercado, que garanta a necessária rentabilidade do investimento.

Vida útil de projeto

É o tempo de vida da instalação, durante a qual a instalação deve assegurar níveis adequados de segurança operacional e de utilização. A vida útil de projeto corresponde ao período desde a sua inauguração até se atingir a degradação admitida, considerando-se as atividades de inspeção e manutenção necessárias. É o tempo de vida estimado na fase de projeto para um equipamento ou acessório

Vida remanescente

É a estimativa do tempo restante de vida de um equipamento ou acessório, executada durante avaliações de sua integridade, em períodos pré-determinados.

Vida útil real

É vida real operacional diferente, menor ou maior, à vida útil estabelecida em projeto.

Planta industrial

É usual, no setor de engenharia, o uso da expressão planta industrial e muitas vezes apenas planta, com o significado de uma unidade industrial, ou mesmo um setor dentro de uma indústria, que realize algum processo específico (por exemplo: refinaria de petróleo, fábrica de produtos químicos, usina termoelétrica, planta de fundição, planta de moldagem, planta de extrusão, planta de estamparia, planta de laminação, etc.) [Wikipédia]

Unidade de processo

As plantas industriais mais complexas, como refinaria de óleo&gás e petroquímicas, são subdivididas por áreas de produção específicas, contemplando processos físico-quimicos próprios, chamadas unidades de processo.

Equipamentos de pequeno porte

São equipamentos auxiliares, de porte pequeno (de 500 a 1000 kgf de peso próprio), da planta industrial, como vasos com agitadores, bombas dosadoras, compressores de ar, trocadores de calor bitubulares, trocadores de calor tipo "hairpins" montados em estrutura metálica, filtros de cartuchos, compressores de parafuso, etc.

Equipamentos de médio porte

São a maioria dos equipamentos da planta industrial, de porte até 5 tf de peso próprio, como exemplos se tem: vasos de pressão, trocadores de calor casco & tubo, trocadores de calor de placas, compressores e bombas de transferência de produtos, dentre outros.

Equipamentos de grande porte

São os equipamentos da planta industrial, em que ocorrem as reações físico-químicas que geram os produtos, são os maiores equipamentos da planta industrial, dentre eles estão as torres ou colunas de processamento, reatores de processo, turbocompressores, caldeiras a vapor, turbinas a gás ou a vapor, bombas de carga das unidades, fornos, etc.

4. Vida útil estabelecida em projeto

Durante os projetos mecânicos de dimensionamento de equipamentos, estáticos e dinâmicos, de indústrias químicas, petroquímicas, de refino de petróleo & gás, como também de usinas termoelétricas, é estabelecida uma vida útil operacional de projeto, que é função das características dos danos por corrosão e deterioração previstos, que normalmente ocorrem, ao longo da vida operacional desses equipamentos.

Os equipamentos estáticos ou de caldeiraria são normalmente fabricados de chapas e soldagem, por isso mais suscetíveis às falhas por corrosão, que afetam sobremaneira a vida útil; já os equipamentos dinâmicos ou máquinas são fabricados por fundição ou forjamento, apresentando bem menos incidência de problemas de corrosão.

Geralmente, essa vida útil é expressa em anos, para os equipamentos estáticos, e em horas ou rotações para equipamentos dinâmicos.

A vida útil de projeto é, basicamente, função do conjunto taxa de corrosão do produto X material de construção dos equipamento ou tubulações.

Cada par produto & material tem uma taxa de corrosão prevista, obtida em laboratório e, mais comumente, em instalações já existentes.

Como exemplo temos a seguinte tabela utilizada na Petrobras, conforme Norma N-270, para projeto de tanques de armazenamento de aço Carbono.

Produto	1º anel	2º anel	3º anel	4º anel	5º anel	6º anel
Petróleo (teto fixo)	0,10	0,10	0,14	0,14	0,12	0,12
Petróleo (teto flutuante)	0,10	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06
Gasolina	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25
Querosene	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06
Nafta pesada	0,02	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05
Nafta leve	0,30	0,30	0,30	0,25	0,25	0,25
Óleo diesel	0,10	0,10	0,06	0,04	0,04	0,04
Gasóleo	0,10	0,10	0,10	0,10	0.08	0,08
Óleo combustível	0,02	0,02	0,10	0,06	0,05	0,05
Asfalto	0,02	0,02	0,02	0,10	0,10	0,10
Asfalto diluído	0,10	0,10	0,06	0,06	0,04	0,04
Álcool etílico (anidro ou hidratado) Metanol	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
NOTA Esses valores são válidos para tanques que armazenem sempre o mesmo produto. Para tanques que armazenem produtos diferentes adotar a condição mais crítica.						

Taxas anuais de corrosão para aço-Carbono (mm por ano)

De posse da taxa anual de corrosão, estabelece-se a vida útil operacional de projeto e se calcula a sobrespessura para a corrosão (vida útil vezes taxa de corrosão), a ser acrescentada à espessura mínima calculada para equipamento ou tubulação, nas condições de projeto (fluido, pressão e temperatura).
A vida útil real é afetada pelo desgaste natural dos equipamentos, sistemas de tubulações, assim como de malhas de instrumentos de controle e de segurança operacional, e de instalações elétricas, que ocorre com o tempo de operação, falhas ocasionais e acidentes.

5. Vida útil real

Normalmente, tanto os equipamentos como os sistemas de tubulações têm uma vida real operacional superior à vida estabelecida em projeto.
Esta extensão do tempo de operação é assegurada pela execução das inspeções e manutenções periódicas, pelo monitoramento da espessura remanescente e o gerenciamento da integridade da instalação, considerando os mecanismos de dano e falha passíveis de ocorrência.
Assim, em cada inspeção se recalcula a vida útil remanescente ou residual do equipamento e da tubulação

Nota:

> Vida útil residual é o período de tempo que, considerando a última medição da taxa de corrosão, o ponto da medição ou o conjunto de pontos vai levar para atingir a espessura mínima admissível do equipamento ou tubulação.

A baixa vida útil dos equipamentos e tubulações causa muitos impactos nas fábricas e indústrias. Todos os gerentes e gestores de fábricas ou indústrias sabem o quanto uma máquina ou equipamento parado pode interferir na produção e nos processos da empresa, acarretando até prejuízo financeiro e causar insatisfação aos clientes..

É plenamente normal que, com o tempo em que permanecem operando, os equipamentos, as tubulações e as máquinas sofram desgastes.
Para garantir a durabilidade é preciso conhecer a situação em que operam e quais são as tendências e causas de deterioração..
Essa degradação é acompanhada e monitorada pelo órgão de inspeção de cada unidade industrial, que em conjunto com o setor de manutenção, executam as providências necessárias para evitar a parada não-programada da planta ou fábrica, e utilizando os recursos de manutenção preventiva e corretiva, respondem pela confiabilidade dos equipamentos e das máquinas e pelo prolongamento da vida útil das instalações da empresa.

Os equipamentos de pequeno porte são os menos críticos para a planta industrial, pois normalmente possuem equipamento reserva ou são passíveis de liberação durante a campanha operacional, permitindo que as inspeções e manutenções sejam realizadas durante as campanhas das unidades de processo.

Já para os equipamentos de médio porte, a manutenção é realizada durante a Parada Geral da planta.
A definição dos trabalhos de recuperação, durante a manutenção do equipamento, é feita a partir de inspeção de campo, do monitoramento da condição operacional, por ex. as vibrações de máquinas, realizados pelo pessoal de inspeção e operação.
Nas intervenções de manutenção todos os componentes com desgaste são substituídos ou recuperados, para restabelecer, mesmo que aproximadamente, a condição original de projeto e fabricação do equipamento.

Porém, os equipamentos de grande porte são os mais críticos para a planta industrial, pois não possuem reserva nem são passíveis de liberação em campanha, isto é, se falharem a planta deve parar de produzir; as inspeções e manutenções são mais complexas e demoradas; e influem diretamente no tempo de duração da parada geral da unidade.
De acordo com a complexidade, uma unidade de processo pode ter campanhas operacionais de 36 a 48 meses e paradas para manutenção programada de 30 a 90 dias..

De forma geral, os serviços de inspeção e manutenção a serem realizados, durante a campanha ou em paradas programadas, são definidos por Recomendações de Inspeção, que é um documento emitido pelo órgão de inspeção, a partir das previsões obtidas através do acompanhamento das instalações e de paradas anteriores. .

Nas paradas de manutenção programadas o objetivo é restabelecer, no grau máximo possível, a condição original de projeto do equipamento.

6. Vida útil de equipamentos estáticos ou estacionários ou de caldeiraria

Equipamentos estáticos ou de caldeiraria são principalmente: caldeiras; fornos de processo; chaminés; tochas de segurança tipo *flare* de queima de gases residuais, tanque e esferas de armazenamento; vasos de pressão; reatores de processo; torres ou colunas de processamento; permutadores ou trocadores de calor tubulares ou de placas; filtros de processo; internos desses equipamentos; tubulações e seus acessórios.

6.1. Caldeiras a vapor

Caldeiras a vapor são equipamentos destinados a produzir e acumular vapor d'água sob pressão superior à atmosférica, utilizando qualquer fonte de energia, projetados conforme códigos pertinentes, excetuando-se refervedores e similares.
A energia necessária à operação, isto é, o fornecimento de calor sensível à água até alcançar a temperatura de ebulição, mais o calor latente a fim de vaporizar a água e mais o calor de superaquecimento para transformá-la em vapor superaquecido, é dada, na maioria dos casos, pela queima de um combustível, óleo ou gás.

Os tipos de caldeiras de vapor são:

- Caldeiras flamotubulares

As caldeiras flamotubulares são utilizadas apenas para a produção de vapor saturado, pois a troca de calor é feita entre gás quente, que circula no interior dos tubos de troca térmica, e a água na forma líquida, que circula pelo lado externo.

- Caldeiras aquotubulares ou aquatubulares

Nas caldeiras aquatubulares a água a ser vaporizada circula no interior dos tubos de troca térmica, enquanto o calor dos gases provenientes da queima do combustível circula na parte externa. As caldeiras de grande porte, comuns nas indústrias de óleo&gás e termoelétricas, operam em altas e médias pressões e são todas aquatubulares.

Na caldeiras aquatubulares os componentes de maior criticidade são as serpentinas da radiação, que ficam expostas a temperaturas de 800ºC a 1000ºC, proveniente da radiação das chamas dos queimadores, principalmente quando o combustível é o gás natural.

A vida útil estabelecida por projeto para as caldeiras aquatubulares é dependente da vida projetada para os vários componentes.

Porém, de acordo com as exigências da Norma Regulamentadora NR-13 Caldeiras, Vasos de Pressão, Tubulações e Tanques Metálicos de Armazenamento, ao completar 25 anos de uso, deve ser realizada uma rigorosa avaliação da integridade física da caldeira, para determinação da vida remanescente.

Nota:

Conforme NR-13, no máximo, ao completar 25 (vinte e cinco) anos de uso, na sua inspeção subsequente, as caldeiras devem ser submetidas a uma avaliação de integridade com maior abrangência, para determinar a sua vida remanescente e novos prazos máximos para inspeção, caso ainda estejam em condições de uso.

Componentes mais comuns da caldeira aquatubular	Vida útil média prevista em projeto
Caldeiraria 1. Corpo ou carcaça externa da caldeira é o invólucro que engloba as serpentinas e os equipamentos internos da caldeira; 2. Câmara plena de queimadores é a fornalha onde o combustível do sistema encontra o ar, criando a chama. 3. Chaminé para a saída dos gases efluentes da caldeira; 4. Silenciadores são utilizados para arrefecer o ruído que ocorre na descarga de vapor d'água para a atmosfera; 5. Plataformas, passadiços e escadas; 6. Janelas de inspeção.	30 anos
Equipamentos estáticos e máquinas 1. Tubulão de água *water drum* é um vaso de pressão que contém a água de alimentação da caldeira; 2. Tubulão de vapor *steam drum* é um vaso de pressão em que ocorre a separação *disengaging* entre o vapor e água e/ou condensado efluentes das serpentinas de radiação; 3. Queimadores ou maçaricos são os componentes da caldeira que fornecem o calor que aquece a água do sistema. Os combustíveis usados podem ser gás natural ou óleo combustível; 4. Economizador é um feixe tubular destinado ao pré-aquecimento da água de alimentação da caldeira, utilizando como fonte de calor os gases da combustão exaustos da caldeira; 5. Condensador de vapor d'água é um vaso de pressão utilizado para a economia de energia térmica, recuperando o condensado presente no vapor d'água, para a reinjeção na caldeira, economizando a água de alimentação, a ser transformada em vapor; 6. Pré-aquecedor de ar é um feixe tubular destinado a pré-aquecer o ar para a combustão, utilizando também como fonte de calor os gases da combustão exaustos da caldeira; 7. Deaeradores são vasos de pressão destinados a remover gases como oxigênio, dióxido de carbono, nitrogênio, etc., com a finalidade de controlar o processo corrosivo no sistema; 8. Sopradores de fuligem ou ramonadores são equipamentos para limpeza externa das serpentinas de convecção do pó ou fuligem depositados, provenientes da queima do combustível; 9. Bombas de carga são as bombas de alimentação da água tratada para a caldeira; 10. Bombas de circulação são as bombas que promovem a circulação da água quente ou do vapor gerados no	20 anos

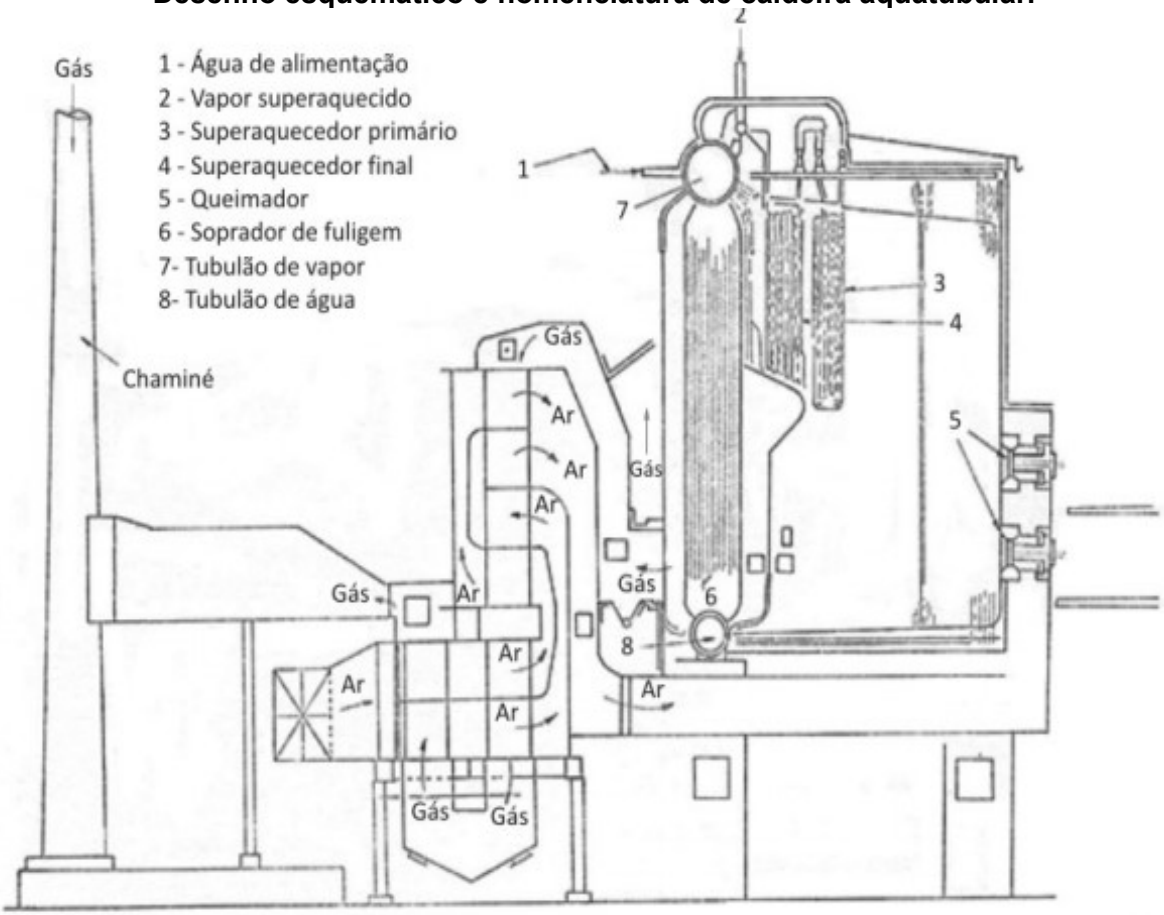
sistema para os locais de utilização; 11. Ventiladores de tiragem natural e forçada.	
Tubulações 1. Serpentinas das zonas de radiação e convecção são feixes tubulares que conduzem a água de alimentação da caldeira, que percorrem as zonas de radiação e convecção, gerando o vapor d'água; 2. Superaquecedor é um feixe tubular destinado a transformar o vapor saturado em vapor superaquecido antes de entrar na turbina; recuperando o calor dos gases da combustão; 3. Lavadores de vapor são dispositivos destinados a eliminar gotículas de água arrastadas pelo vapor da caldeira; 4. Linhas de alimentação de água tratada para a caldeira;; 5. Linhas de abastecimento são as tubulações para disponibilizar a água aquecida ou vapor aos pontos de distribuição e utilização; 6. Juntas de expansão; 7. Suportes de mola.	10 a 15 anos
Instrumentação de controle e segurança 1. Válvulas de segurança para alívio de pressão e proteção da caldeira,, propriamente dita e dos vasos de pressão que constituem a caldeira; 2. Válvulas de controle; 3. Detetores de chama; 4. Analisadores de O_2; 5. Vidros de segurança para janelas de inspeção; 6. Sistemas de instrumentação e controle; 7. Sistemas de proteção contra explosão por falha do(s) queimador(es); 8. Sistema de acendimento do(s) queimador(es) e evitar retrocesso da chama.	15 anos
Revestimentos de refratário de isolamento térmico 1. Refratário é o revestimento de materiais refratários (tijolo, cimento e manta) que são usados para o isolamento interno da caldeira, preenchimento de quaisquer lacunas e/ou aberturas, para impedir a perda de calor da caldeira.	8 a 10 anos
Pintura externa e interna 1. Revestimento anticorrosivo; 2. Pintura de acabamento.	6 a 8 anos
Sistemas elétricos 1. Motores elétricos de acionamento de máquinas e válvulas de controle; 2. Iluminação; 3. Aterramento elétrico.	10 a 15 anos

Limitantes da campanha operacional

No entanto, em todos as caldeiras, os componentes mais exigidos são as serpentinas da zona de radiação e seus suportes, que determinam a campanha operacional da caldeira, pois requerem paradas planejadas para a troca ou substituição.

Por projeto, em média, a vida útil dessas serpentinas é de 8 a 10 anos, para os tubos da zona de radiação, dependendo do tipo de forno.

Desenho esquemático e nomenclatura de caldeira aquatubular.



Fonte: IBP-Instituto Brasileiro de Petróleo e Gás
Guia de inspeção 05 - Inspeção de caldeiras
https://www.ibp.org.br/personalizado/uploads/2020/09/guia-de-inspecao-de-caldeiras-2020.pdf

6.2. Vasos de pressão e sistemas de tubulações

Pelo termo genérico "vasos de pressão" compreendem-se:

- Vasos, propriamente ditos, verticais ou horizontais;
- Reatores de processamento;
- Torres ou colunas de processo;
- Permutadores ou trocadores de calor tubulares ou de placas;
- Esferas e cilindros de armazenamento de gás;
- Filtros de processo;
- Outros equipamentos pressurizados, a partir de 1,0 barg (15 psig).

E “tubulações” é o termo genérico para todos os sistemas de tubulações, que interligam os equipamentos das unidades de processo; as unidades entre si; conduzem os produtos para a área de tancagem, em tanques de armazenamento de líquidos e esferas e cilindros de gás; e os produtos finais para a área das estações de carregamento para comercialização.
Há também os sistemas de tubulações auxiliares, de água, ar, vapor d’água e gás inerte (Nitrogênio).

Os sistemas de tubulações de transporte dos fluidos, líquidos e gasosos, dos terminais de petróleo & gás para as refinarias e petroquímicas, são denominados de dutos ou sistema dutoviário: oleodutos e gasodutos.

Nos projetos mecânicos, o tempo de vida útil, em média, estabelecido para vasos de pressão, tubulações e dutos, é:

Tipo de equipamento	Vida útil média prevista em projeto
Vasos de pressão	20 anos
Tubulações de Unidades de processo e de Transferência de produtos	15 anos
Tubulações de vapor d’água e consensado	15 anos
Feixes tubulares de permutadores de calor tipo casco & tubos	8 a 10 anos
Conjunto de placas de permutadores de calor tipo placas	8 a 10 anos
Internos de vasos de pressão	8 a 10 anos
Oleodutos e gasodutos.	30 anos

Nota:

1. Por internos de vasos de pressão são considerados todos os acessórios e componentes no interior do vaso como: bandejas, panelas de retirada, distribuidores de fluxos de fluidos, *demisters* ou separadores de gotículas chicanas anteparos, quebra vórtex, etc..
2. Os valores mínimos da tabela a seguir, conforme norma Petrobras N25, são considerados como tempo de vida útil mínimo de vasos de pressão.
Esses tempos de vida útil devem ser empregados como base para a seleção de materiais, determinação de sobrespessura para corrosão e erosão, cálculo de fadiga e de deformações por fluência, e qualquer outro critério baseado no fator tempo.

Vida Útil dos Vasos de Pressão

Classes de equipamentos	Refinarias, terminais e outras instalações não petroquímicas	Unidades petroquímicas
Reatores, torres, vasos e trocadores de calor.	20 anos	15 anos
Peças desmontáveis ou de reposição (feixes tubulares, internos removíveis de torres, e outros).	8 anos	5 anos

Fonte Norma Petrobras N-253 Projeto de Vaso de Pressão

6.3. Fornos de Processo

Fornos de processamento são equipamentos essenciais, sempre presentes nas indústrias de refino de petróleo e petroquímica, e se caracterizam pelo tipo de processo que ocorre no forno, conforme a seguir.

- **Fornos de aquecimento e/ou vaporização do produto**

São os fornos das unidades de destilação atmosférica e a vácuo; fornos vaporizadores de nafta de unidades de geração de hidrogênio; fornos de unidades de processamento de gás natural; fornos das unidades de desasfaltação e desaromatização; fornos aquecedores de água; fornos aquecedores de óleo térmico; forno superaquecedor de vapor.

- **Fornos de reação para remoção de contaminantes do produto**

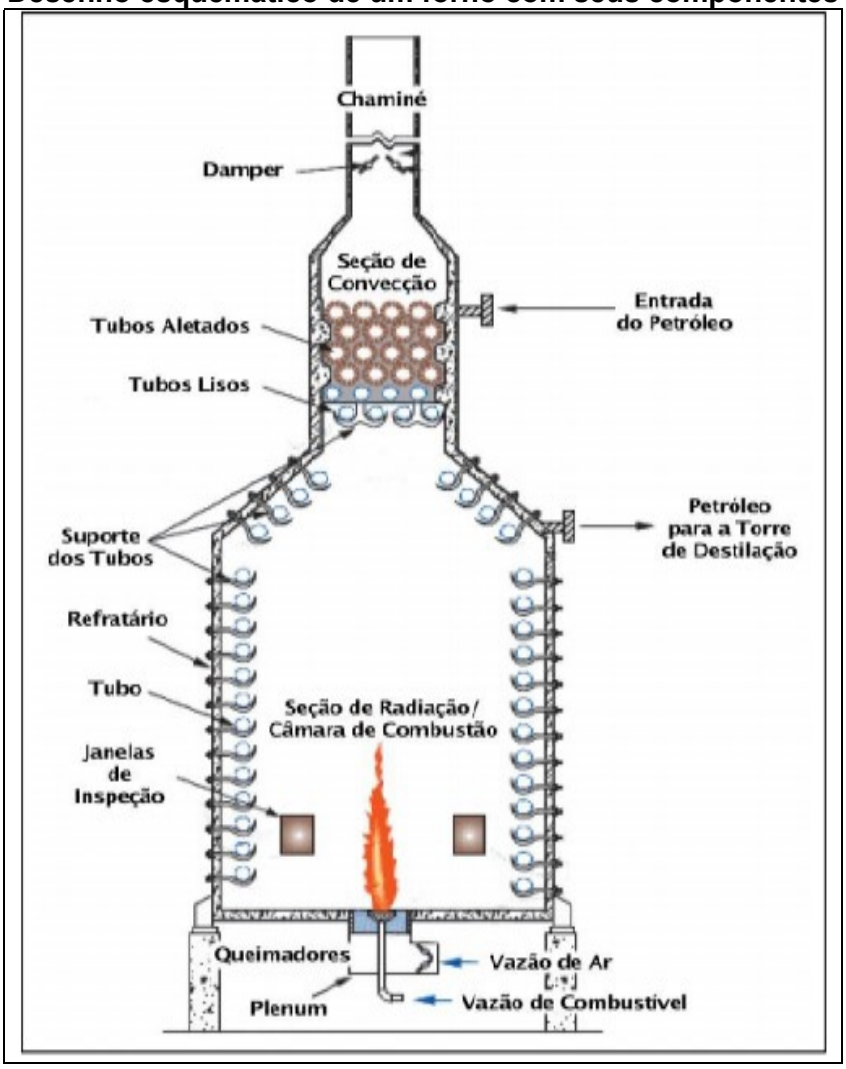
São os fornos de remoção do enxofre na forma de H_2S das unidades de hidrotratamento ou hidrodessulfurização, para purificação dos produtos derivados, particularmente, o óleo diesel.

- **Fornos de reação de craqueamento térmico ou catalítico**

São os fornos das unidades de alquilação catalítica; fornos das unidades de hidrocraqueamento; fornos das unidades de craqueamento catalítico; fornos das unidades de conversão de amônia, fornos das unidades de pirólise de etileno; fornos reformadores das unidades de geração de hidrogênio; fornos das unidades de coqueamento retardado.

Referência:
Refino do Petróleo
http://sistemas.eel.usp.br/docentes/arquivos/1285870/313/Refino%20do%20Petroleo.pdf

Desenho esquemático de um forno com seus componentes



Os fornos, em que há algum tipo de reação química, como os fornos das unidades de hidrotratamento e de craqueamento térmico ou catalítico, são os mais críticos, por conta das altas temperaturas requeridas e pelo ataque corrosivo dos contaminantes, presentes nos fluidos processados.
A vida útil de projeto do forno é determinada pela vida prevista para cada componente, conforme a tabela a seguir.

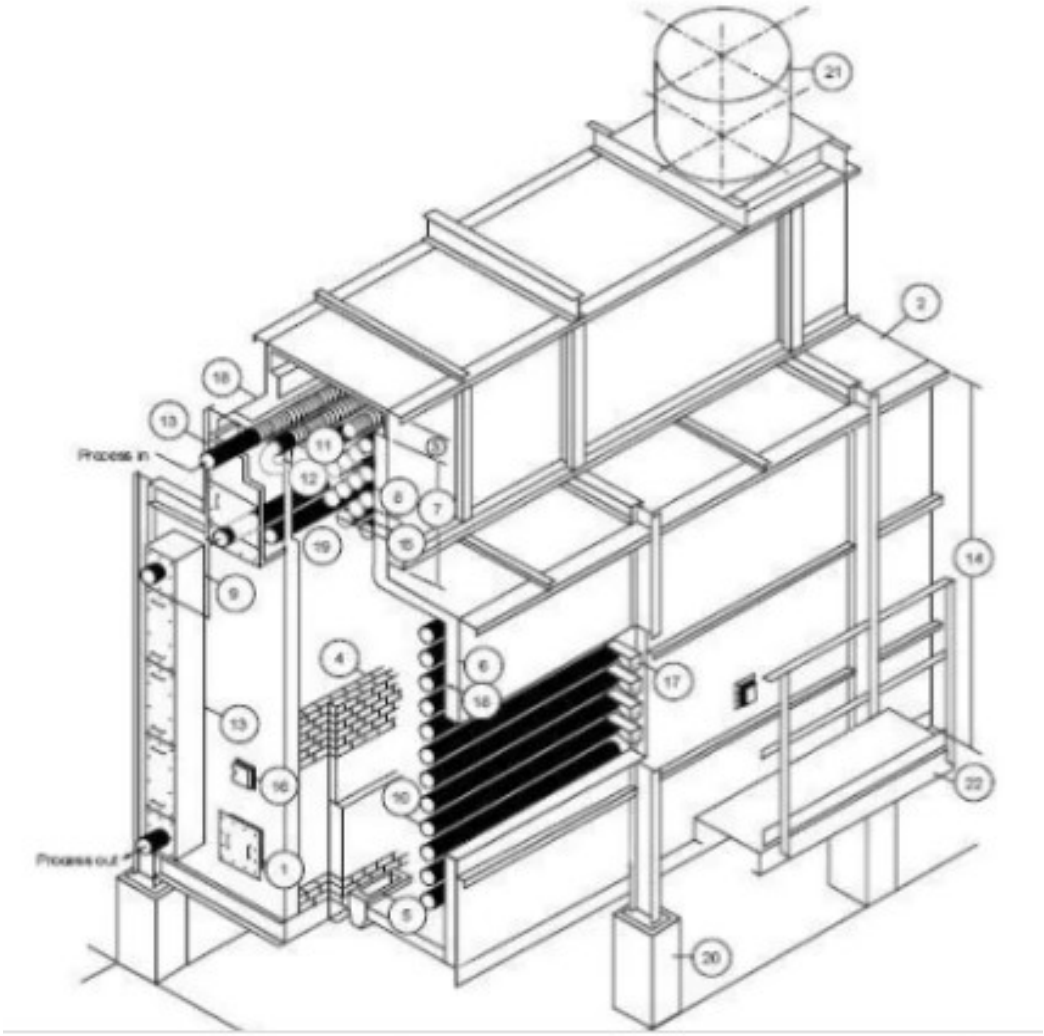
Vida útil de projeto de componentes e partes do forno

Componentes mais comuns de um forno de processo	Vida útil média prevista em projeto
Caldeiraria	30 a 50 anos

Chaparia, vigas e perfis Câmaras de radiação e de convecção Cone do topo da câmara de radiação Chaminé Caixa de fumaça *breeching* (seção de coleta dos gases antes de entrarem na chaminé) Escadas e plataformas de operação e de manutenção Câmara plena de queimadores Caixa de cabeçotes e curvas da convecção Portas de explosão Janelas de inspeção	
Equipamentos estáticos e máquinas Ventiladores de tiragem natural e forçada Motores elétricos de acionamento de ventiladores e ramonadores Pré-aquecedores de ar de combustão: recuperativos tipo tubos, recuperativos tipo placas, regenerativos tipo rotativo Queimadores e mufla Ramonadores Filtros especiais tipo coalescedor, retirar as impurezas do ar de combustão dos queimadores	20 anos
Tubulações Serpentinas de tubos lisos, aletados ou pinados Suportes das serpentinas da zona de radiação Espelhos e suporte da zona de convecção fundidos estáticos e centrifugados Cabeçotes e curvas das serpentinas Tubulações externas e seus suportes Dutos para sistema de pré-aquecimento do ar de combustão Dutos dos gases de combustão Sistema de vapor para abafamento Sistema de ramonagem Suportes de mola especiais Facilidade para limpeza dos tubos da serpentinas "pigging" ou "steam air decoking" Mangotes com alma de aço inoxidável para interligação dos queimadores Juntas de expansão Amortecedores de vibração Purgadores de vapor Filtros Válvulas	10 a 15 anos
Instrumentação de controle e segurança Válvulas de controle Válvulas de alívio de pressão Dampers de controle de tiragem de gases de combustão Detectores de chama Analisadores de O_2 Vidros de segurança para as janelas de inspeção Sistemas de instrumentação e controle Sistemas de proteção contra explosão por falha do(s) queimador(es) Sistema de acendimento do(s) queimador(es) e evitar retrocesso da chama.	15 anos
Revestimentos de refratário e de isolamento térmico Materiais refratários: cimento e tijolo refratários Isolantes térmicos Grampos fixação de refratário e de isolante térmico	8 a 10 anos
Pintura externa e interna Revestimento anti-corrosivo Pintura de acabamento	6 a 8 anos
Sistemas elétricos Iluminação Instalação elétrica de acionamento de motores Cabos de aterramento elétrico	15 anos

Limitantes da campanha operacional
No entanto, em todos os fornos, os componentes mais exigidos são as serpentinas da zona de radiação e seus suportes, que determinam a campanha operacional do forno, pois requerem paradas planejadas para a troca ou substituição.
Por projeto, em média, a vida útil dessas serpentinas é de 8 a 10 anos, para tubos da zona de radiação, dependendo do tipo de forno.

Forno tipo caixa com serpentinas de tubos horizontais e os componentes principais



1- Boca de Visita
2- Teto (abóbada)
3- Caixa de Fumaça
4- Parede da fornalha
5- Queimador
6- Invólucro (Chaparia)
7- Seção de Convecção
8- Corbel
9- Crossover
10- Tubos
11- Aletas do tubo
12- Curva de retorno
13- Caixa de ligação
14- Seção de Radiação
15- Shilde section
16- Janela de Inspeção
17- Suporte do Tubo
18- Revestimento refratário
19- Suporte do tubo
20- Base de apoio
21- Chaminé
22- Plataforma

6.4. Tanques de armazenamento de combustível
Os tanques de armazenamento de petróleo cru e seus derivados líquidos são reservatórios, normalmente, cilíndricos verticais, metálicos, de fabricação e montagem soldada, construídos de aço carbono, de diâmetros nominais de até 80 a 100 metros, conforme o código americano API Std 650.

Normalmente são tanques usados para serviços não refrigerados, armazenando produto na temperatura ambiente ou produto aquecido até a temperatura máxima de 260 °C.
A pressão interna deve ser aproximadamente igual à atmosférica no topo do tanque, porém, admite-se uma pequena pressão manométrica interna de até 18,0 kPa (2,5 psig), superior à atmosférica, para tanque projetado conforme a API Std 650, Anexo F e de até 6,9 kPa (1,0 psig), inferior à atmosférica, para tanque projetado conforme a API Std 650, Anexo V.

Os tanques são classificados de acordo com a finalidade a que se destinam, como tanques de armazenamento, tanques de recebimento, tanques de resíduo e tanques de mistura. e são instalados dentro de bacias de contenção, com a finalidade de conter os possíveis derrames ou transbordamento de produto, em caso de falha mecânica ou ruptura do tanque
Também são classificados quanto ao tipo de teto que é selecionado a depender das características do produto armazenado,.
O tipos de tanques são:
a) teto fixo: conforme API Std 650, Corpo de Norma ou Anexo F (para tanque de pequena pressão interna);
b) teto flutuante externo: conforme API Std 650, Anexo C;
c) teto fixo com flutuante interno: conforme API Std 650, Anexo H;
d) teto fixo de cobertura geodésica com domos de Alumínio: conforme API Std 650, Anexo G;

A vida útil de projeto para um tanque, deve ser de, no mínimo, 20 anos.

7. Vida útil de equipamentos dinâmicos ou rotativos

Equipamentos dinâmicos ou máquinas são principalmente bombas de processo; compressores; turbinas a vapor ou a gás; misturadores e motores elétricos.

Para equipamentos dinâmicos ou rotativos, de acordo com as Normas do API-American Petroleum Institute, o fabricante deve projetar e construir os equipamentos para a vida de serviço mínima conforme a tabela a seguir.

Norma API Std	Assunto	Vida mínima de serviço conforme projeto (anos)	Tempo mínimo previsto de operação ininterrupta (anos)
610	Bombas centrífugas serviços geral de refinarias	**20**	**3**
611	Turbinas a vapor de serviço geral	**20**	**3**
612	Turbinas a vapor – serviço especial	**20**	**5**
613	Redutores de velocidade – serviço especial	**20**	**5**
614	Sistemas de lubrificação, selagem de eixos, sistemas de óleo de controle para aplicações especiais	**20**	**5**
616	Turbinas a gás – serviços de refinaria	**20**	**3** Nota - Inspeções na seção quente podem ser requeridas. Intervalo entre inspeções, não pode ser menor que 8000 horas
617	Compressores centrífugos, axiais e com redutor integrado, para indústria de petróleo, química e de gás	**20**	**5** Nota- fornecer todos os sistemas auxiliares.
618	Compressores alternativos para indústria de petróleo, química e de gás	**20**	**3** Nota - é entendido que as interrupções da operação contínua podem ocorrer devido ao tempo de vida excedente das peças de desgaste.
619	Compressores de deslocamento positivo- tipo rotativo para serviços gerais de refinaria	**20**	**3**
671	Acoplamentos especiais – para serviços de refinaria	**5** Para elementos flexíveis **3** **P**ara engrenagens, amortecimento torsional e resilientes	
672	Compressores industrial centrífugos de ar de engrenagens integralizadas e de pacote	**20**	**3**
674	Bombas de deslocamento positivo - alternativas	**20**	**3**
675	Bombas de deslocamento positivo – volume controlado	**20**	**3**
676	Bombas de deslocamento positivo - rotativas	**20**	**3**
677	Redutores para serviços de refinaria – uso geral	**20**	**5**
681	Compressores e bombas de vácuo de anel líquido, serviços de indústrias de petróleo, química e de gás	**20**	**3**
682	Sistemas de selagem de eixos – para bombas centrifugas e rotativas	**25000 horas** sem necessidade de substituição	--

Nota: Colaboração do engenheiro Antônio Carlos Severino Consultor da Petrobras