


| | | | | | | | | | | |
|--|---|------------|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|----------------------|--------|--|
|  PETROBRAS | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | | Nº ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | | | | | | | |
| | CLIENTE: | | | | | | | FOLHA 1 de 23 | | |
| | PROGRAMA: | | | | | | | | | |
| | ÁREA: | | | | | | | | | |
| DP&T-SUP | TÍTULO: ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | | | | | | | NP-1 | | |
| ESUP | | | | | | | | | | |
| ÍNDICE DE REVISÕES | | | | | | | | | | |
| REV | DESCRIÇÃO E/OU FOLHAS ATINGIDAS | | | | | | | | | |
| 0 | ORIGINAL | | | | | | | | | |
| A | ET REVISADA PARA ATENDER À REVISÃO DA DIRETRIZ DE ENGENHARIA DE SEGURANÇA DR-ENG-M-1.3. | | | | | | | | | |
| B | REVISÃO GERAL | | | | | | | | | |
| | REV. 0 | REV. A | REV. B | REV. C | REV. D | REV. E | REV. F | REV. G | REV. H | |
| DATA | 27/10/2016 | 01/11/2017 | 19/03/2018 | | | | | | | |
| PROJETO | ESUP | ESUP | ESUP | | | | | | | |
| EXECUÇÃO | HEBER | ORNELAS | DANIELA | | | | | | | |
| VERIFICAÇÃO | MAJEROWICZ | MAJEROWICZ | MAJEROWICZ | | | | | | | |
| APROVAÇÃO | PAOLO | IGORG | IGORG | | | | | | | |
| AS INFORMAÇÕES DESTE DOCUMENTO SÃO PROPRIEDADE DA PETROBRAS, SENDO PROIBIDA A UTILIZAÇÃO FORA DA SUA FINALIDADE. | | | | | | | | | | |
| FORMULÁRIO PADRONIZADO PELA NORMA PETROBRAS N-381-REV.L. | | | | | | | | | | |

Sumário

| | | |
|---------|---|----|
| 1. | ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES..... | 4 |
| 2. | INTRODUÇÃO | 5 |
| 3. | OBJETIVOS | 5 |
| 4. | ESCOPO DO ESTUDO | 5 |
| 5. | DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA..... | 7 |
| 6. | ASPECTOS RELEVANTES DO ESTUDO | 7 |
| 7. | REQUISITOS DE SOFTWARE..... | 8 |
| 8. | CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS..... | 8 |
| 9. | METODOLOGIA DO ESTUDO | 8 |
| 9.1 | Seleção de Cenários..... | 8 |
| 9.1.1. | Originados de APR..... | 8 |
| 9.1.2. | Cenários Adicionais..... | 9 |
| 9.2 | Dados de Processo | 9 |
| 9.3 | Taxas de Vazamento/Descarga | 9 |
| 9.4 | Direções de Vazamento..... | 10 |
| 9.5 | Requisitos para Geometria..... | 10 |
| 9.6 | Modelagem de CFD | 10 |
| 9.7 | Análise de Ventilação..... | 10 |
| 9.8 | Seleção dos Pontos de Vazamento | 10 |
| 9.9 | Avaliação do Impedimento das Rotas de Fuga | 11 |
| 9.9.1. | Contagem de contribuintes..... | 11 |
| 9.9.2. | Cálculo da frequência de vazamento | 11 |
| 9.10 | Simulação das Dispersões..... | 12 |
| 9.10.1. | Considerações para o tópico A do item 4 | 12 |
| 9.10.2. | Considerações para os tópicos B e C do item 4..... | 12 |
| 9.10.3. | Considerações para o tópico D do item 4 | 13 |

| | | |
|----------------|--|-----------|
| 9.10.4. | Considerações para o tópico E do item 4..... | 13 |
| 9.11 | Posicionamento e Otimização do Sistema de Detecção em Áreas Abertas | 13 |
| 10. | REQUISITOS PARA AS REUNIÕES DE ACOMPANHAMENTO | 14 |
| 10.1 | Considerações Gerais..... | 14 |
| 10.2 | Reunião de Planejamento..... | 14 |
| 10.3 | Reunião de Análise da Documentação | 14 |
| 10.4 | Reunião de Premissas e de Metodologia | 15 |
| 10.5 | Reuniões de Acompanhamento e Validação | 16 |
| 10.6 | Reunião de Apresentação do Relatório do Estudo – Versão Preliminar | 17 |
| 11. | RELATÓRIOS DO ESTUDO | 17 |
| 11.1 | Relatório Parcial | 17 |
| 11.2 | Relatório final..... | 18 |
| 12. | PRAZOS..... | 18 |
| 13. | CAPACITAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO..... | 18 |
| 14. | APLICAÇÃO DA LISTA DE VERIFICAÇÃO (LV)..... | 18 |
| 15. | SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO..... | 19 |
| 16. | ANEXOS | 19 |
| | ANEXO A - CORREÇÃO DA CONTAGEM DE ELEMENTOS | 20 |
| | ANEXO B: LOCAÇÃO DE DETECTORES X CENÁRIOS (exemplo) | 21 |
| | ANEXO C - FOLHA DE DADOS DE PROCESSO | 22 |
| | ANEXO D - CONCENTRAÇÕES RELEVANTES DE GASES TÓXICOS..... | 23 |

1. ABREVIATURAS E DEFINIÇÕES

Para efeitos desta especificação devem ser consideradas a seguintes abreviaturas e definições:

Abreviaturas

APR - Análise Preliminar de Risco

CFD – *Computational Fluid Dynamics* – Fluido Dinâmica Computacional

ET – Especificação Técnica

HAZOP – *Hazard and Operability Study*

HCRD – *HSE Hydrocarbon Release Database*

HSE – *Health and Safety Executive - Great Britain's independent regulator for work-related health, safety and illness*

PFD - *Process Flow Diagram* - Fluxograma de Processo

P&ID - *Piping and Instrumentation Diagram* - Fluxograma de Engenharia

SDV – *Shut Down Valve* – Válvula de bloqueio de segurança

SIGEM -Sistema Integrado de Gerenciamento de Empreendimentos

UEP – Unidade Estacionária de Produção

Definições

Cenário de Vazamento - Resultado de um vazamento considerando a direção e taxa do vazamento, direção e velocidade do vento e o tamanho da pluma considerando o valor do limite inferior de inflamabilidade do gás ou de concentração do gás;

Cobertura de detecção – Percentual das nuvens detectadas em relação ao universo de nuvens simuladas;

Contorno de interesse – Limites físicos da nuvem em um determinado valor de concentração para o gás em questão;

Descarga - Liberação prevista de gás de um sistema fechado, diretamente para a atmosfera;

Executante do estudo – É a responsável pela execução do estudo de dispersão de gases, podendo ser uma empresa contratada, seja pela Projetista ou pela Petrobras, a própria Projetista ou ainda um órgão interno da Petrobras;

Nuvem – Representação tridimensional, em vistas ou cortes, da simulação de vazamentos ou descargas de gás com indicação de escala de cores do perfil de diluição do gás na atmosfera em um determinado contorno de interesse de concentração do gás;

Nuvem estacionária – Nuvem que em um determinado período de tempo após o início do vazamento/descarga apresenta estabilização de sua composição/concentração, mantendo um perfil espacial constante;

Partes Envolvidas – São a Projetista, a Executante do estudo e a Petrobras envolvidas na elaboração ou acompanhamento do estudo de dispersão de gases;

Projetista - empresa responsável pela elaboração do projeto de engenharia seja este: projeto básico ou projeto executivo, podendo ser a própria Petrobras ou empresa contratada para realização do projeto;

Região de estagnação – É aquela na qual a análise de ventilação em áreas abertas da Unidade apresenta regiões de recirculação ou de baixa velocidade de fluxo de ar (< 0,5m/s), limitando a sua renovação e possibilitando o acúmulo de gás;

Segmento – Partes de um sistema composto por tubulação e equipamentos entre válvulas de bloqueio de segurança (SDV's) ou de outros bloqueios considerados na análise;

Sistema de Detecção de Gás - É o sistema fixo de detecção e monitoramento de gases tóxicos, asfixiantes e/ou inflamáveis da Unidade, composto pelos detectores de gases, sistemas de controle, alarmes e atuadores que iniciam ou efetuam as ações de segurança em casos de vazamentos;

Trecho – Partes de um mesmo segmento que passam por regiões de interesse da análise;

Vazamento – Liberação não prevista de gás de um sistema fechado para a atmosfera;

Votação – É a configuração lógica de projeto do sistema de detecção de gás. A votação dos detectores de gás de uma zona de incêndio/área monitorada resultante da detecção de gás em nível de concentração pré-definido, deverá iniciar as ações de segurança, como ativação de alarmes, fechamento de dampers, paradas de emergência, etc.

2. INTRODUÇÃO

O Estudo de Dispersão de Gases é um Estudo empregado para avaliar a dispersão de gases inflamáveis, tóxicos e asfixiantes decorrentes dos cenários de vazamento de gás e de descargas operacionais de gases a fim de definir a localização e quantificação dos detectores de gases, instalados em áreas abertas.

Na execução do estudo devem ser atendidos os requisitos para análise e gestão de riscos operacionais da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP, Ministério do Trabalho (MT), norma Petrobras N-2782 - Técnicas Aplicáveis à Análise de Riscos Industriais e Diretriz de Engenharia de Segurança.

Esta Especificação Técnica (ET) se destina a orientar a execução do estudo de dispersão de gases e a elaboração do seu respectivo relatório, complementando os requisitos do Estudo de Dispersão de Gases constantes da Diretriz de Engenharia de Segurança, vigentes na data da assinatura do contrato.

3. OBJETIVOS


Esta especificação técnica tem os seguintes objetivos:

- Definir escopo, metodologia e critérios para realização do Estudo de Dispersão de Gases para as fases de projeto básico, projeto de detalhamento e operação assistida da Unidade Estacionária de Produção Marítima, doravante designada como Unidade. Esta ET poderá ser utilizada opcionalmente como guia na fase operação da Unidade por ocasião da revisão do estudo;
- Orientar a dinâmica para o planejamento, desenvolvimento e acompanhamento do estudo pelas partes envolvidas e a sua aprovação final;
- Definir a padronização, o conteúdo e os requisitos mínimos para apresentação do relatório do estudo.

4. ESCOPO DO ESTUDO

O estudo deve avaliar a dispersão de gases decorrentes dos cenários de vazamento de gás e de descargas operacionais de gases (*Vents*, *Vent Post* e descargas de exaustão de máquinas) para fornecer informações consistentes para:

- O projeto dos sistemas de detecção de gases, incluindo a seleção, posicionamento e quantificação de detectores de forma a viabilizar alarmes e as ações de segurança da Unidade, no caso de vazamentos;
- O projeto de posicionamento (coordenadas - x,y,z) adequado de *Vents* de equipamentos (vasos, tanques, etc.), *Vent Post* e de descargas de exaustão de máquinas (motores de combustão interna e turbinas) de forma a evitar a contaminação de ambientes (tomadas de ar), áreas operacionais e

| | | | | | | |
|---|-----------------------|------------------------------|-----------------------------|------|--------|---------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº | ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | REV. | B | |
| | PROGRAMA | | | | FOLHA: | 6 de 23 |
| | TÍTULO: | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | | | | NP-1 |
| | | | | | ESUP | |

outros locais de passagem ou permanência de pessoas na Unidade, bem como, evitar interferências indesejadas no sistema de detecção de gás, no caso de descargas operacionais de gases;

- Avaliar a frequência de impedimento das rotas de fuga em decorrência dos cenários de vazamentos de gás.

Estas avaliações devem ser realizadas a partir de simulações efetuadas com o uso de ferramentas de fluidodinâmica computacional (*Computational Fluid Dynamics* - CFD).

A partir da análise das simulações realizadas devem ser apresentados os seguintes resultados:

A. Seleção e posicionamento de detectores em áreas abertas

Seleção, posicionamento e quantificação de detectores visando otimizar o sistema de detecção de gás e garantir a cobertura de detecção especificada nesta ET.

B. Posicionamento de Vents e Vent Post

Indicar o posicionamento adequado dos Vents - Análise de dispersão de gases exaustos de Vents de equipamentos de processo e de Vent posts, de forma a se verificar possíveis interferências sobre o sistema de detecção e verificar sua influência nas tomadas de ar para evitar contaminação de ambientes fechados e dos demais locais onde haja riscos às pessoas (áreas de trabalho e de passagem/trânsito de pessoas na Unidade). O estudo deve fornecer alternativas para o posicionamento adequado dos Vents, sempre que identificada alguma das situações de risco mencionadas acima.

C. Posicionamento das saídas de exaustão de máquinas (motores e turbinas)

Indicar o posicionamento adequado de descargas de exaustão - Análise de dispersão de gases das descargas de exaustão de máquinas tais como: motores de combustão interna e turbinas de acionamento de geradores e compressores, para verificar sua influência sobre as tomadas de ar, de forma a evitar contaminação dos ambientes fechados e também para verificar outros locais da Unidade onde haja riscos às pessoas, como de intoxicação, asfixia ou queimaduras. O estudo deve fornecer alternativas para o posicionamento adequado das chaminés, sempre que identificadas situações de risco como as mencionadas acima.

D. Posicionamento de detectores em tomadas de ar


Indicar a necessidade de instalação de detectores de gases tóxicos e/ou asfixiantes (H_2S e CO_2) em tomadas de ar - Análise de dispersão de gases tóxicos e asfixiantes (H_2S e CO_2) com o objetivo de avaliar a necessidade de monitoramento desses gases nas tomadas de ar de ambientes com presença de pessoas.

Nota: Não há necessidade de avaliar a contaminação por gases inflamáveis, uma vez que todas as tomadas de ar de ambientes habitados são monitoradas por detectores de hidrocarbonetos, independentemente do estudo.

E. Frequência de impedimento das rotas de fuga

Calcular a frequência de impedimento das rotas de fuga por gases tóxicos e/ou asfixiantes - Análise de dispersão de gases com o objetivo de avaliar a frequência de impedimento das rotas de fuga por gases tóxicos e asfixiantes decorrentes de cenários de vazamentos.

Além de atender aos requisitos da Diretriz de Engenharia de Segurança, o estudo deverá contemplar aspectos relativos ao sistema de detecção quanto à Unidade, inspeção, manutenção e interferência com estruturas e equipamentos. A análise quanto aos aspectos acima referidos deverá ser apresentada ou referenciada no relatório do estudo, de forma a evidenciar que esses aspectos foram devidamente considerados e tratados.

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | REV. B |
| | PROGRAMA | FOLHA: 7 de 23 | |
| | TÍTULO: | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | NP-1 |

5. DOCUMENTAÇÃO DE REFERÊNCIA

Como insumos para a elaboração do estudo, devem ser considerados os seguintes documentos, em sua versão mais atualizada e com status de LIBERADO pela PETROBRAS no SIGEM ou outro sistema eletrônico de gerenciamento de documentos definido em contrato. A revisão de cada documento a ser utilizado deve estar claramente indicada no relatório da análise.

- a) Fluxogramas de Processo (PFDs);
- b) Fluxogramas de Engenharia (P&IDs);
- c) Modelo 3D da Unidade atualizado;
- d) Folhas de dados de equipamentos que contenham hidrocarbonetos ou outros produtos inflamáveis (FDs);
- e) Folha de Dados de Segurança (*Safety Data Sheet*);
- f) Dados Meteoceanográficos;
- g) Plano de Segurança (*Safety Plan*);
- h) Relatórios da APR já realizadas para a Unidade;
- i) Planta de classificação de áreas;
- j) Lista de equipamentos;
- k) Lista de equipamentos elétricos em áreas classificadas;
- l) Fichas de Informação de Segurança de Produtos Químicos (FISPQ).


Documentos adicionais devem ser fornecidos para a identificação de outros aspectos relevantes, tais como:

- Indicação da localização das tomadas de ar dos ambientes, dos *Vents* de equipamentos de processo, *Vents* dos tanques de armazenamento de produtos inflamáveis, combustíveis e produtos químicos, bem como das descargas dos equipamentos de combustão interna (turbinas e motores);
- Indicação do tipo de piso que separa os *decks* (chapa ou piso gradeado).

6. ASPECTOS RELEVANTES DO ESTUDO

O estudo de dispersão de gases deve levar em conta no mínimo os seguintes aspectos que influenciam na análise de dispersão dos cenários de vazamento de gases:

- A composição dos fluidos considerando a presença e concentração de componentes inflamáveis, combustíveis, tóxicos e/ou asfixiantes;
- As condições de vazamento ou de descarga para o ambiente (taxas de vazamento, temperatura dos gases, direção de vazamento, fase do fluido etc.);
- O confinamento das áreas por anteparas, pisos e equipamentos de grande porte;
- O congestionamento das áreas por equipamentos, estruturas e tubulação entre outros itens;
- A geometria e arranjo físico da região avaliada;
- A quantidade de elementos como equipamentos, instrumentos, outros componentes e trechos de linhas que podem vazarem;
- As condições ambientais a serem utilizadas nas simulações.

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | REV. B |
| | PROGRAMA | FOLHA: 8 de 23 | |
| | TÍTULO: | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | |
| | | | NP-1 |
| | | | ESUP |

7. REQUISITOS DE SOFTWARE

O estudo de dispersão de gases deve obrigatoriamente ser desenvolvido com o uso de ferramentas de CFD para condução das simulações e deve obedecer aos requisitos da Diretriz de Engenharia de Segurança.

Em áreas abertas onde *Vents* estejam sendo avaliados ou em áreas completamente confinadas, softwares de CFD de propósito geral podem ser adotados (Ex. Fluent, CFX, STAR-CCM+, etc). Estes softwares não podem ser aplicados em áreas de processo e utilidades para projeto do sistema de detecção, onde apenas os softwares FLACS e KFX (Kameleon) podem ser adotados. Outros softwares devem ser previamente autorizados pela Petrobras antes de serem utilizados nas simulações.

8. CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

As condições meteorológicas a serem utilizadas no estudo devem ser as da locação final da Unidade. A utilização dos dados meteorológicos no estudo deve atender ao disposto na Diretriz de Engenharia de Segurança. No relatório do estudo deve ser apresentada uma tabela com as direções do vento, velocidades de cada direção de vento, bem como a condição de calmaria e todas as considerações adotadas em relação aos dados ambientais utilizados no estudo.

A velocidade de vento mais frequente deve ser obtida da média ponderada dos valores de velocidades mais frequentes em cada uma das oito direções. A ponderação é realizada pelo número de ocorrências de cada velocidade mais frequente considerada no cálculo. Quando os valores de frequência ou número de ocorrências forem fornecidos por faixas de velocidades, utilizar o valor médio da faixa de velocidades.

O relatório do estudo deve apresentar uma tabela com as direções do vento, velocidades de cada direção de vento, bem como condição de calmaria, e todas as considerações e premissas adotadas para as simulações.

9. METODOLOGIA DO ESTUDO

A metodologia a ser adotada no estudo de dispersão de gases deverá atender aos requisitos da Diretriz de Engenharia de Segurança, complementados pelos requisitos contidos nessa ET.

A metodologia para a elaboração do estudo deve seguir as etapas descritas nessa especificação técnica. Qualquer desvio em relação à metodologia deverá ser apresentado para análise e validação prévia por parte da Petrobras. As seguintes etapas devem ser realizadas no desenvolvimento do estudo:

9.1 Seleção de Cenários

A seleção dos cenários a serem avaliados no estudo deve ser realizada com base em risco, desta forma, os cenários devem ter como origem as seguintes fontes de informação:

9.1.1. Originados de APR

O estudo deve avaliar a dispersão de gases inflamáveis, tóxicos e asfixiantes decorrentes dos cenários de vazamento de gás identificados na Análise Preliminar de Riscos (APR).

Em função do caráter preventivo do sistema de detecção, onde se busca a detecção de vazamentos em seu estágio inicial, os cenários mencionados acima, para fins de projeto do sistema de detecção, devem ser simulados com pequenas taxas de vazamentos conforme definido na Diretriz de Engenharia de Segurança.

A avaliação deve indicar os cenários que devem ser simulados e aqueles que podem ser agrupados ou até eliminados desde que acordados e validados previamente com a Petrobras. Todos os cenários que porventura não forem simulados devem ser justificados e relacionados no relatório final.

A Executante do estudo deverá incluir no relatório uma tabela com as correlações entre os cenários da APR selecionados e os diversos segmentos e trechos dos sistemas analisados.

9.1.2. Cenários Adicionais

Cenários acidentais que não tenham sido previamente avaliados na APR, identificados durante o desenvolvimento do estudo, também devem ser considerados no estudo de dispersão de gases, tais como cenários originados por alterações no projeto e alterações operacionais.

9.2 Dados de Processo

Para a determinação das propriedades dos gases ou vapores inflamáveis e de outros dados relativos às variáveis de processo a serem utilizados no estudo, somente devem ser empregados dados de projeto atualizados. Todos os documentos usados como referência para obtenção dos dados devem ser indicados no item de documentos de referência do relatório com as respectivas revisões.

Todos os casos simulados deverão ter as respectivas informações das propriedades físico-químicas dos fluidos (gases/vapores inflamáveis) apresentadas no relatório, devendo, no mínimo, ser indicadas: composição da corrente, pressão, temperatura, densidade, código da corrente, código do documento de referência (por exemplo: PFDs, PI&Ds, folhas de dados, balanço de massa e energia, isométricos de linhas), modo de operação e demais propriedades que permitam rastrear a origem e pertinência das informações utilizadas. Esses dados deverão ser fornecidos pela Projetista e apresentados para análise e validação por parte da Petrobras antes de serem utilizados nas simulações. A validação dos dados de processo deve ser realizada por profissionais experientes envolvidos no projeto.

É responsabilidade da Projetista o fornecimento dos dados de entrada confiáveis a serem utilizados nas simulações, portanto qualquer incorreção detectada que impacte os resultados e que **requiera** novas simulações é de responsabilidade da mesma. Em caso de mudanças no projeto solicitadas formalmente pela Petrobras, como alteração em composição dos fluidos produzidos ou aumento/redução de capacidade da planta que impactem o estudo, será responsabilidade da Petrobras.

9.3 Taxas de Vazamento/Descarga

Para as simulações dos cenários relativos a cada um dos tópicos apresentados no item 4, relativo ao escopo do estudo, considerar os dados de processo conforme item 9.2 e as taxas de vazamento/descarga de acordo com as seguintes premissas:

- A. **Posicionamento de detectores de gás em áreas abertas** – de acordo com a Diretriz de Engenharia de Segurança a taxa de vazamento para projeto do sistema de detecção **deverá** ser entre 0,1 a 4,0 kg/s para detecção incipiente;
- B. **Análise das descargas de Vents** - taxa de descarga para as condições mais críticas de inflamabilidade e de toxicidade;
- C. **Análise das descargas de equipamentos de combustão interna** - taxa de descarga para as diversas condições de operação do equipamento;
- D. **Posicionamento de detectores de gás em tomadas de ar por vazamentos** - taxa de vazamento considerando ruptura de linha em cenários que possam conduzir gás tóxico e/ou asfixiante para as tomadas de ar dos diversos ambientes da Unidade (**nota 1**);
- E. **Impedimento das rotas de fuga por vazamentos de gás** - taxas de vazamento dos cenários que possam impactar as rotas de fuga (**nota 1**).

Nota 1: Os valores de concentração para impedimento das rotas de fuga estão definidos na tabela do ANEXO D.

A Executante do estudo deve realizar a análise com base nas nuvens em condição estacionária. Devem ser apresentadas evidências que comprovem que a pluma de gás utilizada atingiu a condição de nuvem estacionária.

9.4 Direções de Vazamento

As direções de vazamento devem atender ao constante na Diretriz de Engenharia de Segurança, sendo possível a realização de simplificações desde que acordadas previamente com a Petrobras. Deverão ser apresentadas no relatório todas as direções consideradas por cenário, bem como, as justificativas para eventuais simplificações.

A validação das simplificações deve ter como base um estudo prévio de ventilação, considerando o uso do mesmo modelo geométrico a ser utilizado na análise de dispersão de gases.

9.5 Requisitos para Geometria

O modelo geométrico de CFD utilizado no estudo deverá atender aos requisitos dispostos na Diretriz de Engenharia de Segurança.

O modelo geométrico de CFD deve se basear no modelo 3D mais atualizado disponível para a Unidade ou deve ser construído com base na geometria real da unidade em análise, quando existente.

Para a fase de Projeto Básico, o modelo 3D deve ser complementado com informações do projeto, consultando profissionais de processo, arranjo e tubulação da Projetista.

Para Unidades existentes, é fundamental que o grau de confinamento e congestionamento do modelo de CFD represente a realidade da Unidade na condição operacional (*as-built*). Nesse caso, devem ser utilizados dados da própria Unidade.

Devem ser observados os modelos de CFD de diversos pontos de vista avaliando o grau de congestionamento a ser usado nas simulações e comparando-o com aqueles observados em fotos da Unidade (quando existente) ou fotos do modelo 3D, ajustando o modelo de CFD quando necessário.

As simplificações e uso de fatores de congestionamento devem ser validadas com a participação da Projetista e da Petrobras.

9.6 Modelagem de CFD

A Executante do estudo deve apresentar o detalhamento das opções de modelagem adotadas no software de CFD. Definições da malha, domínio, modelos de turbulência, condições de contorno e convergência devem ser apresentados e justificados.

9.7 Análise de Ventilação


Uma análise de ventilação deve ser realizada considerando a geometria da Unidade, condições meteorológicas e o domínio definido para subsidiar as decisões quanto às simplificações para as direções e velocidades de vento, bem como identificar as possíveis regiões de estagnação onde possa haver acúmulo de gás.

9.8 Seleção dos Pontos de Vazamento

Para seleção dos pontos de vazamento deverá ser realizada uma reunião com a participação da Projetista incluindo as disciplinas de processo, segurança, estrutura e tubulação e profissionais da Petrobras, sendo recomendável a participação de um profissional de operação experiente da Petrobras.

O objetivo dessa reunião é definir os pontos de vazamentos de forma a garantir que sejam monitorados todos os locais das áreas avaliadas com possibilidade de presença de gás. Para isso, deve-se levar em consideração no mínimo características como: composição dos fluidos, taxas de vazamento, direções de vazamento, direções e velocidade de vento, as variáveis de processo do gás liberado, o arranjo da área (considerando o confinamento e o congestionamento por equipamentos / tubulações e outros obstáculos).

Nessa reunião a Projetista deverá conduzir uma sessão de *design review* utilizando o modelo 3D atualizado da Unidade para facilitar a escolha e identificação dos pontos de vazamento.

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | REV. B |
| | PROGRAMA | FOLHA: 11 de 23 | |
| | TÍTULO: | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | |
| | | | NP-1 |
| | | | ESUP |

A seleção dos pontos de vazamento deve ocorrer de forma a identificar para cada cenário/segmento, em cada módulo ou área avaliada, os pontos que apresentam chance de ocorrência de vazamento, não necessariamente somente as entradas e saídas dos equipamentos de grande inventário, mas também outros pontos suscetíveis, como, por exemplo, conexões em linhas com elevado nível de vibração.

Para tal seleção, devem ser utilizados os fluxogramas de engenharia, modelo 3D, desenhos de arranjo e isométricos. Todos os pontos devem ser indicados no relatório com as suas respectivas coordenadas, indicação do segmento, descrição da localização e TAG do equipamento/linha.

Deve-se observar que os segmentos isoláveis podem conter elementos em diferentes áreas físicas e módulos da Unidade, o que deve ser levado em conta na análise. Além disso, em um mesmo trecho, recomenda-se escolher pontos que independentemente da frequência, se apresentem em locais distintos da área/módulo, com a finalidade de caracterizar as diferentes nuvens formadas no módulo.

Eventuais simplificações adotadas devem ser discutidas com a Projetista e validadas com a participação da Petrobras. Estas deverão constar no relatório com as suas respectivas justificativas.

9.9 Avaliação do Impedimento das Rotas de Fuga

Devem ser calculadas frequências de vazamento em análises de dispersão de gases com o objetivo de avaliação de impedimento das rotas de fuga. Para os demais itens do escopo desta especificação técnica, não é aplicável o uso de frequências de vazamentos.

Para a avaliação de impedimento das rotas de fuga devem ser utilizados os itens 9.9.1, 9.9.2 e 9.10.4 desta ET e os critérios de tolerabilidade estabelecidos na Diretriz de Engenharia de Segurança.

9.9.1. Contagem de contribuintes

É fundamental que a contagem de elementos (*counting parts*) considerados como fontes de vazamentos (contribuintes) seja a mais próxima da realidade da Unidade na condição operacional (*as-built*), de forma a se evitar imprecisão no cálculo da frequência de vazamentos.

Para a determinação dos contribuintes no cálculo da frequência de vazamento, a parcela relativa aos trechos retos de tubulação (furos na tubulação) que contém hidrocarbonetos, deverá ser utilizado o modelo 3D atualizado para a mensuração dos comprimentos de linha.

Para os demais elementos contribuintes como flanges, válvulas e outros componentes, deve-se realizar a contagem com a seguinte ordem de prioridade:


1. Dados da própria Unidade, se existente (contagem de campo);
2. Dados retirados da documentação de projeto atualizada (P&IDs), com a participação de profissionais de processo, arranjo e tubulação da Projetista. Nesse caso, deve-se aplicar os fatores de correção constantes na tabela do ANEXO A.

A definição quanto à forma de contagem dos elementos deverá ser realizada em reunião com a participação das partes envolvidas. A realização da contagem é de responsabilidade da Projetista e deverá ocorrer com participação da Executante do estudo. O resultado da contagem deve ser apresentado em uma tabela que deverá constar em um anexo do relatório. O resultado da contagem deverá ser enviado para análise e validação prévia por parte da Petrobras.

A definição quanto à forma de contagem e quanto ao uso de elementos contribuintes que porventura não estejam descritos neste item deve ser discutida e acordada em reunião com as partes envolvidas.

9.9.2. Cálculo da frequência de vazamento

A frequência de vazamento é utilizada apenas para a etapa de avaliação do impedimento das rotas de fuga.

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | REV. B |
| | PROGRAMA | FOLHA: 12 de 23 | |
| | TÍTULO: | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | NP-1 |
| <p>A frequência de vazamento para cada componente (equipamento, flange, tubulação, válvula, instrumento etc.) deve ser obtida por meio de bancos de dados indicados na Diretriz de Engenharia de Segurança. A utilização de qualquer outro banco de dados deve ser previamente acordada com a Petrobras.</p> <p>Os bancos de dados utilizados devem possuir informações que possibilitem relacionar taxas de vazamento e a correspondente frequência de ocorrência de acordo com o elemento onde ocorre o vazamento (flanges, válvulas, trechos de linha etc) e de suas características (diâmetro, tipo etc), como, por exemplo, o banco de dados do HSE <i>Hydrocarbon Release Data Base</i> (HCRD).</p> <p>A frequência de vazamento do segmento deve ser obtida pelo produto entre a quantidade de elementos contabilizados na etapa de contagem e a frequência de vazamento individual de cada tipo de componente obtida em banco de dados. Adiciona-se ainda o produto da frequência de vazamento linear em trechos retos de tubulação, conforme banco de dados, pelo comprimento dos respectivos trechos.</p> <p>Deve-se observar que trechos isoláveis podem conter elementos contribuintes em diferentes áreas físicas e módulos da Unidade. A parcela de frequência desses elementos deve ser utilizada onde estes se encontram fisicamente (área onde ocorre o vazamento ou área próxima).</p> <p>Os resultados desses cálculos devem ser apresentados no relatório a ser desenvolvido pela Executante do estudo, devendo ser validados com a participação da Projetista e da Petrobras antes de se iniciarem as simulações.</p> <p>9.10 Simulação das Dispersões</p> <p>As simulações realizadas para um módulo/área não podem ser utilizadas em outros módulos independentemente das similaridades das condições de processo e arranjo. Isto significa que cada módulo deve possuir suas próprias simulações.</p> <p>As simulações de dispersão devem atender a cada um dos aspectos apresentados a seguir em função de cada objetivo do estudo:</p> <p>9.10.1. Considerações para o tópico A do item 4</p> <p>Posicionamento de detectores em áreas abertas</p> <p>Para os pontos de vazamento selecionados conforme o item 9.8, devem ser realizadas as simulações das nuvens de gás considerando os objetivos e premissas definidos na Diretriz de Engenharia de Segurança e nesta ET.</p> <p>Zonas de incêndio de um mesmo módulo separadas por pisos gradeados poderão ser avaliadas como uma única região de interesse para simulações de dispersão. Sendo assim, para estes casos, nuvens de gás originadas em uma zona de incêndio podem ser detectadas também por detectores de outras zonas adjacentes. Esta solução, se adotada, deve ficar claramente exposta no relatório para que as ações de desdobramento possam ser implementadas no projeto.</p> <p>As simulações deverão considerar a variação da concentração volumétrica dos gases, devendo ser apresentados os contornos das nuvens nos limites de interesse em função do tipo de gás, consoante ao disposto na Diretriz de Engenharia de Segurança.</p> <p>9.10.2. Considerações para os tópicos B e C do item 4</p> <p>Análise da descarga de Vents e Análise da descarga de equipamentos de combustão interna</p> <p>Em complemento ao disposto na Diretriz de Engenharia de Segurança, para avaliar a simulação da dispersão de gases dos Vent e gases exaustos de descarga de equipamentos de combustão interna, devem ser simuladas nuvens de gás nas direções de tomadas de ar e locais de permanência de pessoas. Adicionalmente deve ser avaliada a existência de nuvens que possam</p> | | | |

interferir no sistema de detecção de gases da Unidade e recomendadas as ações corretivas para reposicionamento de Vent e descargas de equipamentos.

9.10.3. Considerações para o tópico D do item 4

Posicionamento de detectores em tomadas de ar por vazamentos

Em complemento ao disposto na Diretriz de Engenharia de Segurança, para avaliar a necessidade de Instalação de detectores de gases tóxicos e asfixiantes (H₂S e CO₂) nas tomadas de ar, devem ser simulados cenários de vazamentos de gás cujas nuvens estejam orientadas para tais tomadas de ar. Para a decisão da necessidade de locação de detectores para estas regiões de interesse, deve-se considerar a concentração das nuvens simuladas e os critérios de impedimento definidos para cada tipo de gás conforme tabela do ANEXO D.

9.10.4. Considerações para o tópico E do item 4

Impedimento das rotas de fuga por vazamentos

Em complemento ao disposto na Diretriz de Engenharia de Segurança, para avaliar o impedimento das rotas de fuga por nuvens de gás tóxico e/ou asfixiante, devem ser consideradas nuvens que possam causar impedimento simultâneo das rotas de fuga principais existentes (função fuga).

Para avaliação de impedimento das rotas de fuga, deve-se considerar a concentração das nuvens simuladas e os critérios de impedimento definidos para cada tipo de gás conforme tabela do ANEXO D e as frequências de impedimento definidas na Diretriz de Engenharia de Segurança.

9.11 Posicionamento e Otimização do Sistema de Detecção em Áreas Abertas

Em função das simulações realizadas conforme item 9.10.1, o posicionamento de detectores deve ser determinado. A detecção de gás quando houver mistura de hidrocarbonetos e CO₂ deve atender ao disposto na Diretriz de Engenharia de Segurança.

Nota: Para as áreas da Unidade normalmente bem ventiladas, como a região acima do último piso dos módulos de processo, onde as nuvens de gás no contorno de interesse geralmente são muito pequenas, deve ser avaliada a necessidade de detecção em conjunto com a Petrobras, considerando as possíveis consequências para pessoas e Unidade.

Devem ser alocados um mínimo 2 detectores para cada nuvem de gás dentro do contorno de interesse de 20% do Limite Inferior de Inflamabilidade (LII) para CH₄, 3.900 ppm para CO₂ e 8 ppm para H₂S. Deve ser considerada uma taxa de vazamento dentro da faixa de pequenos vazamentos, a ser definida através de análise de sensibilidade e ser validada em conjunto com a Petrobras. A taxa definida pode variar a depender do módulo/sistema analisado.

Adicionalmente, devem ser alocados um mínimo de 3 detectores para cada nuvem de gás dentro do contorno de interesse de 60% do LII para CH₄, 30.000 ppm para CO₂ e 20 ppm para H₂S. Essas nuvens devem ser simuladas com taxas ainda dentro da faixa de pequeno vazamento, porém superiores à primeira, a serem também definidas através de análise de sensibilidade, em conjunto com a Petrobras durante a execução dos estudos. A taxa definida pode variar a depender do módulo/sistema analisado.

Os detectores devem ser posicionados priorizando os locais que concentrem o maior número de nuvens de gás, para cada tipo de gás a ser detectado. O processo de alocação dos detectores deve utilizar um algoritmo de otimização de forma a atender o critério de detecção conforme e deve ser acordado previamente com a Petrobras.

A partir dos resultados das simulações e do arranjo inicial dos detectores, o número total de detectores poderá ainda ser otimizado, com a participação da Petrobras.

10. REQUISITOS PARA AS REUNIÕES DE ACOMPANHAMENTO

As reuniões de acompanhamento do estudo deverão seguir as orientações abaixo.

10.1 Considerações Gerais

O acompanhamento do desenvolvimento do estudo deverá ser realizado pela equipe da Projetista com participação da Petrobras nos casos mencionados nessa especificação.

As reuniões de acompanhamento deverão ser realizadas nas dependências da Executante do estudo, com exceção da reunião de planejamento e de análise da documentação de projeto, as quais deverão ser realizadas nas dependências da Projetista. O local das reuniões poderá ser alterado em comum acordo entre as partes envolvidas. A Petrobras, a seu critério, poderá participar das reuniões por videoconferência.

As atas de reunião devem ser disponibilizadas como documento de projeto ou incluídas como anexo junto ao relatório na sua revisão final.

Todas as decisões de validação (de premissas, de dados, da geometria entre outras) deverão constar do relatório final do estudo em forma de anexo. As validações deverão ter assinatura dos responsáveis de cada parte envolvida.

10.2 Reunião de Planejamento


Reunião destinada à apresentação sumária do projeto, ao esclarecimento de aspectos relativos aos objetivos e escopo do estudo, entrega da documentação de projeto, avaliação e ajustes necessários no cronograma de trabalho e dos recursos necessários à realização do estudo, onde a pauta mínima deve ser:

- *Briefing* de segurança – (Projetista);
- Apresentação do Projeto para a Executante do estudo - (Projetista);
- Esclarecimentos sobre objetivos, escopo da análise e requisitos do estudo (Projetista e Petrobras);
- Entrega da documentação de projeto conforme previsto no item 5 desta ET (Projetista), incluindo o modelo 3D da Unidade;
- Dimensionamento das equipes da Projetista e Executante do estudo que participarão da elaboração e o acompanhamento do estudo, com a definição da matriz de responsabilidades;
- Apresentação dos pontos focais de cada parte envolvida e identificação dos responsáveis de cada disciplina de cada parte envolvida que participarão das reuniões de acompanhamento e das validações requeridas nesta ET;
- Apresentação do cronograma previsto para execução do estudo em conformidade com o cronograma de projeto (Executante do estudo e Projetista);
- Definição dos locais, recursos necessários e duração das reuniões de acompanhamento (Projetista e Executante do Estudo).

Participantes da reunião de planejamento: Devem participar os pontos focais das partes envolvidas, os profissionais da Executante do estudo envolvidos e os líderes de disciplinas da Projetista responsáveis pelo acompanhamento do estudo.

Nota: O cronograma deve contemplar o prazo de vinte dias úteis para comentários dos relatórios (parcial e final) pela Petrobras.

10.3 Reunião de Análise da Documentação

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | REV. B |
| | PROGRAMA | FOLHA: 15 de 23 | |
| | TÍTULO: | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | |
| | | | NP-1 |
| | | | ESUP |

Reunião destinada à análise e validação da documentação de projeto necessária ao desenvolvimento do Estudo e elaboração de lista de pendências, se houver. O objetivo é evitar erros e retrabalhos nos estudos em função de possíveis falhas ou omissões de informações na documentação, que servirá como base de dados de entrada para a realização do estudo.

A reunião deve abranger também a avaliação e validação do modelo 3D da Unidade quanto à sua adequação, para fins de exportação ou elaboração do modelo de CFD.

A partir da análise da lista de documentos do projeto e dos documentos fornecidos, a Executante do estudo poderá solicitar esclarecimentos e tirar as dúvidas quanto às informações contidas nos documentos. No caso de identificação de pendências na documentação ou de necessidade de fornecimento de outros documentos, a Projetista deverá informar o prazo necessário para sanar as pendências e/ou para envio dos documentos, de forma que não impacte no cronograma previsto para o estudo.

Ao final da reunião a Executante do estudo deve assinar um termo de aceite da documentação onde deve constar a lista de pendências, se existentes.

Nota: A Projetista, como responsável pela gestão de mudanças do projeto, deve informar às demais partes envolvidas qualquer alteração no projeto que impacte o estudo. Os documentos alterados em decorrência das mudanças, que afetem o estudo, devem ser enviados à Executante do estudo.

A Executante do estudo deverá avaliar as mudanças e informar os impactos das mesmas no desenvolvimento da análise e no cronograma previsto. Essa informação deve ser enviada formalmente à Projetista e comunicada à Petrobras.

Participantes da análise de documentação: Devem participar os profissionais da Executante do estudo envolvidos e os líderes de disciplina da Projetista responsáveis pelo acompanhamento do estudo. Essa reunião é opcional para a Petrobras.

10.4 Reunião de Premissas e de Metodologia

Reunião destinada à apresentação e definição de premissas a serem empregadas no estudo, esclarecimento da metodologia e confirmação de dados básicos da Unidade.

A Executante do estudo deverá apresentar as premissas propostas para o desenvolvimento do estudo e as suas dúvidas quanto à metodologia proposta nessa ET. As dúvidas devem ser esclarecidas pela Projetista com a participação da Petrobras.

Essa reunião visa validar os cenários de vazamento de gás a serem simulados, consolidar as premissas definidas nessa ET e outras adicionais não cobertas por essa ET e pela Diretriz de Engenharia de Segurança, devendo contemplar, no mínimo, o seguinte:

- Validação de pontos de vazamentos: deve-se observar que trechos isoláveis podem conter elementos em diferentes áreas físicas e módulos da Unidade. Além disso, em um mesmo trecho, é preferível, caso necessário, escolher pontos que independentemente da frequência se apresentem em locais distintos da área/módulo;
- Tipos de detectores a serem alocados: dependendo da presença de gases tóxicos, inflamáveis e asfíxiante, deve-se verificar se os detectores adequados estão sendo previstos nas áreas de acordo com as correntes, teores e prescrições da Diretriz de Engenharia de Segurança e desta ET;
- Lógica de votação: quantos detectores e em que zonas / áreas serão votados entre si;
- Lógica de detecção: quantos detectores devem ser incluídos para detecção de cada cenário (nuvem);
- Direções de vento e jato: deve-se avaliar a variabilidade e aplicabilidade das dispersões a serem simuladas. Alguns casos muito semelhantes podem ser extrapolados, enquanto outros simplesmente podem dispersar para fora da Unidade e serem desconsiderados;

- Cenários eliminados: acordar e documentar cenários eliminados;
- Verificar e reportar a composição e condições das correntes a serem utilizadas nos vazamentos. Em caso de existência de gases tóxicos/asfixiantes incluir nas análises de impedimento das rotas de fuga, conforme listada na tabela do ANEXO D.

As premissas devem ser definidas em comum acordo entre as partes envolvidas e devem ser incluídas no relatório do estudo.

Além das premissas e metodologia, a Projetista deverá confirmar as informações básicas para início do estudo como condições meteorológicas, confirmação do aproamento e das coordenadas de posicionamento da Unidade, arranjo de risers (submarino e superfície – arranjo no balcão de risers) e das rotas de fuga que devem ser avaliadas no estudo. As informações devem ser ratificadas ou retificadas pela Petrobras.

Participantes da reunião de premissas e metodologia: Devem participar os profissionais da Executante do estudo envolvidos e os líderes de disciplina da Projetista e da Petrobras responsáveis pelo acompanhamento do estudo.

10.5 Reuniões de Acompanhamento e Validação

Reuniões destinadas ao acompanhamento do estudo por parte da Projetista com participação da Petrobras onde devem ser abordados os itens previstos na metodologia.


A Projetista em comum acordo com a Executante do estudo, e considerando o cronograma previsto para realização do estudo, deve apresentar a agenda de reuniões para acompanhamento do desenvolvimento do estudo. As reuniões devem contemplar as etapas de estudo previstas no item 9 (Metodologia) desta ET. Devem ser previstas reuniões de acompanhamento e validação indicadas na Tabela 1 a seguir:

Tabela 1: Reuniões de acompanhamento e validação

| Item | Pauta Mínima | Ref. |
|------|--|------|
| R1 | Validação da geometria: Apresentação do modelo de CFD – avaliação da geometria, confinamento, congestionamento e obstruções a serem acrescentadas no modelo. | 9.5 |
| R2 | Validação da contagem e contribuintes: Apresentação e validação de contribuintes e contagem de elementos a serem utilizadas na análise de impedimento das rotas de fuga. | 9.8 |
| R3 | Validação de resultados e do atendimento às recomendações: Apresentação, discussão e validação dos resultados das simulações de dispersão e frequências de impedimento. | 9.9 |
| R4 | Validação de resultados de otimização: Apresentação dos resultados da otimização de detectores, dispersões de Vent de equipamentos, Vent posts e gases exaustos de equipamentos. | 9.10 |

A Tabela 1 tem como base a experiência da Petrobras, podendo o número de reuniões ser alterado, de comum acordo entre as partes envolvidas, desde que todos os itens que compõe a metodologia e que requeiram validação sejam abordados, bem como a análise dos resultados e das recomendações sejam discutidos e avaliados quanto a sua aplicabilidade ao projeto.

Participantes das reuniões de acompanhamento e validação: Devem participar das reuniões os profissionais da Executante do estudo envolvidos e os líderes de disciplina da Projetista e da Petrobras responsáveis pelo acompanhamento do estudo.

| | | | |
|---|------------------------------|---------------------------------------|---------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | Nº ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | REV. B |
| | PROGRAMA | FOLHA: 17 de 23 | |
| | TÍTULO: | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | |
| | | NP-1 | ESUP |

10.6 Reunião de Apresentação do Relatório do Estudo – Versão Preliminar

Reunião destinada à apresentação do relatório final antes da sua emissão para a Petrobras. O relatório final é de responsabilidade da Projetista e deve ser emitido pela mesma. O relatório final deve contemplar o relatório da Executante do estudo mais o tratamento das recomendações do estudo a serem implementados no projeto pela Projetista. A codificação do relatório e o respectivo carimbo devem identificar a Projetista como originária do documento. A codificação deverá estar de acordo com a norma Petrobras N-1710 e o formato de acordo com a N-381.

A apresentação deve ter como foco a os principais eventos acidentais, os principais resultados as conclusões e recomendações do estudo. Deve ser abordado o tratamento dado a cada uma das recomendações do estudo.

Participantes da reunião de apresentação do relatório do estudo:

Devem participar os pontos focais das partes envolvidas, os profissionais da Executante do estudo envolvidos e os líderes de disciplina da Projetista e da Petrobras responsáveis pelo acompanhamento do estudo. Nessa reunião é recomendável a participação de profissionais de operação e manutenção da Unidade.

11. RELATÓRIOS DO ESTUDO

O relatório final deverá ser emitido em português e inglês. O relatório deve atender o conteúdo requerido na Diretriz de Engenharia de Segurança e o especificado neste documento.

Todas as hipóteses de simplificação e premissas adotadas devem ser apresentadas e explicitadas na parte correspondente do relatório. Adicionalmente, as atas das reuniões devem ser apresentadas em anexo, especialmente as que possuem validação de etapas da metodologia. Os gráficos e figuras dos relatórios devem ser apresentados com as respectivas escalas, legendas e com a rosa dos ventos e direção predominante do vento. Para elaboração das tabelas, gráficos e figuras devem ser aplicadas as unidades do Sistema Internacional - SI.

Todos os gráficos e figuras que suportem as conclusões e recomendações do estudo devem ser apresentados no relatório final.

11.1 Relatório Parcial

Pelo menos um relatório parcial deve ser apresentado pela Executante do estudo à Petrobras, para aceitação do mesmo, antes da emissão do relatório final.

O Relatório Parcial deve conter no mínimo, os requisitos:

- Premissas (item 9.3);
- Modelo 3D e geometria (item 9.5);
- Malha e domínio de simulação (item 9.6);
- Resultados da análise de ventilação (item 9.7);
- Dados de processo (item 9.2);
- Cenários a serem analisados (item 9.1);
- Pontos de vazamento (item 9.8);
- Cenários descartados (item 9.1);
- Definição dos segmentos (item 9.1 e 9.8);
- Cálculo da frequência de vazamento (item 9.9.2);
- Resultados das simulações (item 9.10);
- P&ID e PFD anexados (item 9.2);
- Tabela do ANEXO C - Dados de processo.

11.2 Relatório final

O Relatório Final corresponde à emissão do relatório em revisão 0. Deve conter todos requisitos do item 11.1, atender aos comentários realizados ao Relatório Parcial, e adicionalmente conter:

- Atas de reunião anexadas (item 10.1);
- LV anexada (item 14);
- Tabela do ANEXO B.

Devem ser previstas revisões adicionais para os casos em que haja mudanças no projeto que impactem o estudo ou no caso de serem identificadas falhas na emissão final.

O relatório contendo a otimização do sistema de detecção deve ser realizada em conjunto com a avaliação da cobertura do sistema de detecção e os possíveis impactos na segurança, registrando as seguintes informações no relatório:

- Número total de nuvens simuladas;
- Número total de nuvens detectadas;
- Número total de nuvens não detectadas;
- Número total de nuvens detectadas por pelo menos 1 (um) detector;
- Número total de nuvens detectadas por pelo menos 2 (dois) detectores;
- Número total de nuvens detectadas por cada detector (por Tag de detector na documentação de projeto);
- Identificação das nuvens detectadas por cada detector (por Tag de detector na documentação de projeto);
- Identificação dos detectores que monitoram cada nuvem;
- Curva de cobertura de detecção para 1 e 2 detectores;
- Volume da nuvem de gás no contorno de interesse;

Volume da nuvem de gás entre os limites inferior e superior de inflamabilidade (vide ANEXO B).

12. PRAZOS

De acordo com a complexidade do projeto, o escopo do estudo e os prazos estabelecidos no contrato, deverão ser definidos pela Projetista em comum acordo com a Executante do estudo os prazos requeridos para a realização do estudo e emissão dos relatórios parciais e final. Esses prazos deverão constar no cronograma citado no item 10.2 desta ET.


13. CAPACITAÇÃO PARA REALIZAÇÃO DO ESTUDO

Devido à complexidade envolvida na metodologia e no uso dos softwares de CFD aplicáveis ao estudo de dispersão de gases, e também devido importância desse estudo para a segurança da Unidade, a elaboração do mesmo deve ser efetuada por empresa capacitada, pertencente à lista contratual de fornecedores da Petrobras (LCF).

14. APLICAÇÃO DA LISTA DE VERIFICAÇÃO (LV)

A Projetista deverá apresentar como evidência de acompanhamento das atividades da Executante do estudo uma lista de verificação (LV), que deverá constar como anexo do relatório. A LV deve conter os requisitos constantes da Diretriz de Engenharia de Segurança e os constantes desta ET. A verificação de cada requisito deverá ter a identificação e assinatura do responsável pela verificação.

A verificação da parte relativa à adequação da instalação dos detectores quanto aos aspectos de viabilidade para inspeção, testes, manutenção e análise de interferência com estruturas e equipamentos

| | | | |
|---|------------------------------|--|------------------------------|
|  | ESPECIFICAÇÃO TÉCNICA | <small>Nº</small> ET-3000.00-5400-98G-P4X-002 | <small>REV.</small> B |
| | <small>PROGRAMA</small> | <small>FOLHA:</small> 19 de 23 | |
| | <small>TÍTULO:</small> | ESTUDO DE DISPERSÃO DE GASES | NP-1 |
| | | | ESUP |

deverá constar na documentação de projeto ou como anexo do relatório. No caso não contar como anexo, essa documentação deverá ser referenciada no relatório do estudo em item específico, com a indicação clara de como e onde foram atendidas as recomendações do estudo.

15. SEGURANÇA DA INFORMAÇÃO

Adicionalmente ao disposto na Diretriz de Engenharia de Segurança, a Projetista e a Executante do estudo devem dispor de sistema de segurança de dados que garanta a integridade, confiabilidade, rastreabilidade, confidencialidade e inviolabilidade dos dados constantes no estudo e dos dados fornecidos pela Petrobras. Todas as informações deverão ser preservadas contra eventos acidentais ou de segurança da informação por pelo menos cinco anos.

16. ANEXOS

ANEXO A - CORREÇÃO DA CONTAGEM DE ELEMENTOS

Tabela - FATORES DE CORREÇÃO PARA A CONTAGEM DE ELEMENTOS

| TIPO DE ELEMENTO | DIÂMETRO | GÁS | | | ÓLEO | | | POÇOS | | |
|---|--|--|-----------|-----------|-------------------------|-----------|-----------|--------------------------|-----------|-----------|
| FLANGES | Contabilizar flanges pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) – considerando também FE, figura 8, FO e spool – e multiplicar o total de cada sistema pelos fatores abaixo: | | | | | | | | | |
| | D≤3" | Q _{tc} GÁS | x 2,00 | x 0,45 | Q _{tc} ÓLEO | x 4,00 | x 0,35 | Q _{tc} POÇOS | x 3,00 | x 0,45 |
| | 3"<D<12" | | | x 0,35 | | | x 0,45 | | | x 0,50 |
| | D≥12" | | | x 0,20 | | | x 0,20 | | | x 0,05 |
| Legenda: Q _{tc} GÁS = quantidade total contabilizada nos P&IDs do sistema GÁS (para todas as faixas de diâmetro) Q _{tc} ÓLEO = quantidade total contabilizada nos P&IDs do sistema ÓLEO (para todas as faixas de diâmetro) Q _{tc} POÇOS = quantidade total contabilizada nos P&IDs do sistema POÇOS (para todas as faixas de diâmetro) | | | | | | | | | | |
| VÁLVULA DE BLOQUEIO | Contabilizar as válvulas de bloqueio pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) e multiplicar os quantitativos pelos fatores de ajuste abaixo: | | | | | | | | | |
| | D≤3" | x 1,50 | | | | | | | | |
| | 3"<D<12" | x 1,20 | | | | | | | | |
| | D≥12" | Utilizar diretamente os quantitativos encontrados. | | | | | | | | |
| VÁLVULA DE BLOWDOWN (BDV) | D≤3" | Contabilizar as válvulas de blowdown pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) e utilizar diretamente os quantitativos encontrados. | | | | | | | | |
| | 3"<D<12" | | | | | | | | | |
| | D≥12" | | | | | | | | | |
| VÁLVULA DE CONTROLE | D≤3" | Contabilizar as válvulas de controle pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) e utilizar diretamente os quantitativos encontrados. | | | | | | | | |
| | 3"<D<12" | | | | | | | | | |
| | D≥12" | | | | | | | | | |
| VÁLVULA DE RETENÇÃO | D≤3" | Contabilizar as válvulas de retenção pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) e utilizar diretamente os quantitativos encontrados. | | | | | | | | |
| | 3"<D<12" | | | | | | | | | |
| | D≥12" | | | | | | | | | |
| VÁLVULA DE SHUTDOWN (SDV) | D≤3" | Contabilizar as válvulas de shutdown pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) e utilizar diretamente os quantitativos encontrados. | | | | | | | | |
| | 3"<D<12" | | | | | | | | | |
| | D≥12" | | | | | | | | | |
| INSTRUMENTOS | D≤3" | Contabilizar os instrumentos pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) e utilizar diretamente os quantitativos encontrados. | | | | | | | | |
| | 3"<D<12" | | | | | | | | | |
| | D≥12" | | | | | | | | | |
| VÁLVULA DE ALÍVIO (PSV) | D≤3" | Contabilizar as válvulas de alívio pelos fluxogramas de engenharia (P&ID) e utilizar diretamente os quantitativos encontrados. | | | | | | | | |
| | 3"<D<12" | | | | | | | | | |
| | D≥12" | | | | | | | | | |

*Fonte: NOTA TÉCNICA NT_ENG-E&P_PROJEN_010_2016

ANEXO B: LOCAÇÃO DE DETECTORES X CENÁRIOS (exemplo)

Tabela – LOCAÇÃO DE DETECTORES X CENÁRIOS IDENTIFICADOS

| Nº cenário | Módulo | Direção do vazamento | Coordenadas | | | Vento | Volume detectável da nuvem (m³) | Detectores por nuvem (1) | Detectores de visada | | Detectores pontuais | |
|------------|--------|----------------------|-------------|---|---|-------|---------------------------------|--------------------------|----------------------|--|---------------------|--|
| | | | X | Y | Z | | | | | | | |
| 001 | M01 | | | | | | | | | | | |
| 002 | M01 | | | | | | | | | | | |
| 003 | M02 | | | | | | | | | | | |
| 004 | M02 | | | | | | | | | | | |
| 005 | M03 | | | | | | | | | | | |
| 006 | M03 | | | | | | | | | | | |
| 007 | M03 | | | | | | | | | | | |

Nota (1) - O quantitativo de detectores de visada é por pares.

ANEXO C - FOLHA DE DADOS DE PROCESSO

| | | | | | | |
|-----------------------|------------|----|--------|----------------|------|----|
| FOLHA DE DADOS | | Nº | SDV- | - INVENTÁRIO 5 | REV. | 00 |
| UNIDADE: | PLATAFORMA | | FOLHA: | 1 | DE | 1 |

DOCUMENTOS DE REFERÊNCIA:

| | | |
|---|--|--------------------|
| 1 | - I-DE- | - Maximum Flowrate |
| 2 | - LevantamentoComprimentoLinhasGás.xls | |
| 3 | - Comprimento linhas de gás- | |
| 4 | - | |
| 5 | - | |

DESCRIÇÃO

Das SDVs 1210716/718/21/22 passando pelos permutadores P-1210701A/B/C/D, pelo lançador LP-1231701 até as SDVs SDV-1231731/13 de exportação.

DADOS GERAIS
OBSERVAÇÕES

| | | | |
|---|-------------------|-------|-----|
| Tipo de material: | gás | | |
| Pressão : | kPa | 7251 | [1] |
| Temperatura: | °C | 9.0 | [1] |
| Peso molecular: | kg/kmol | 23.4 | [1] |
| Densidade (gás) | kg/m ³ | 111.1 | |
| Densidade (óleo) | kg/m ³ | 508.8 | [1] |
| k (Cp/Cv) | [-] | 1.24 | |
| Poder calorífico (PCI) | kcal/kg | 10880 | |
| Fator de compressibilidade (Z) | [-] | 0.85 | |
| Fração de Líquido | [-] | 0.044 | [1] |
| Tempo de detecção (T _D) | s | 80 | |
| Tempo de bloqueio do inventário (T _F) | s | 34 | |
| Diâmetro da maior válvula de bloqueio | in | 34.0 | |
| Tempo de fechamento da válvula | in/s | 1.0 | |
| Tempo total de bloqueio do inventário (T _T) | s | 94 | |

CÁLCULO DO INVENTÁRIO ESTÁTICO

| | | |
|----------------------|----------------|------|
| Volume estático gás | m ³ | 62.8 |
| Volume estático óleo | m ³ | 2.9 |

| N. | DESCRIÇÃO | TAG | Diâmetro (in) | Comprimento (m) | Volume Gás (m3) | Volume Óleo (m3) | |
|-----------------|--|--------------------|---------------|-----------------|-----------------|------------------|-----|
| 1 | Das SDVs 1210717/718/21/22 até a entrada dos permutadores P-1210701A/D | 18"-PC-F16-7005-PP | 18.00 | 8.942 | 1.18 | 0.05 | [2] |
| | | 18"-PC-F16-7009-PP | 18.00 | 1.919 | 0.25 | 0.01 | [2] |
| | | 20"-PC-F16-7009-PP | 20.00 | 34.323 | 5.54 | 0.25 | [2] |
| 2 | Das SDVs 1210717/719/21/22 até a entrada dos permutadores P-1210701A/D | 16"-PC-F16-7037-PP | 16.00 | 7.198 | 0.73 | 0.03 | [2] |
| | | 16"-PC-F16-7073-PP | 16.00 | 7.314 | 0.74 | 0.03 | [2] |
| | | 10"-PC-F16-7058-PP | 10.00 | 6.033 | 0.24 | 0.01 | [2] |
| | | 10"-PC-F16-7057-PP | 10.00 | 6.251 | 0.25 | 0.01 | [2] |
| | | 10"-PC-F16-7022-PP | 10.00 | 6.283 | 0.25 | 0.01 | [2] |
| | | 10"-PC-F16-7010-PP | 10.00 | 6.25 | 0.25 | 0.01 | [2] |
| 3 | Da saída dos trocadores P-1210701A/D até a exportação | 16"-PC-F16-7065 | 16.00 | 0.586 | 0.06 | 0.00 | [2] |
| | | 10"-PC-F16-7065 | 10.00 | 2.527 | 0.10 | 0.00 | [2] |
| | | 10"-P-F10-7059 | 10.00 | 5.399 | 0.20 | 0.01 | [2] |
| | | 16"-P-F10-7059 | 16.00 | 1.389 | 0.14 | 0.01 | [2] |
| | | 16"-PC-F16-7061 | 16.00 | 0.586 | 0.06 | 0.00 | [2] |
| | | 10"-PC-F16-7061 | 10.00 | 2.241 | 0.09 | 0.00 | [2] |
| | | 16"-P-F10-7060 | 16.00 | 2.263 | 0.22 | 0.01 | [2] |
| | | 10"-P-F10-7060 | 10.00 | 5.691 | 0.21 | 0.01 | [2] |
| | | 16"-PC-F16-7039 | 16.00 | 0.229 | 0.02 | 0.00 | [2] |
| | | 10"-PC-F16-7039 | 10.00 | 5.819 | 0.23 | 0.01 | [2] |
| | | 10"-P-F10-7040 | 10.00 | 2.471 | 0.09 | 0.00 | [2] |
| | | 16"-P-F10-7041 | 16.00 | 5.282 | 0.52 | 0.02 | [2] |
| 20"-P-F10-7041 | 20.00 | 1.165 | 0.18 | 0.01 | [2] | | |
| 16"-PC-F16-7012 | 16.00 | 0.586 | 0.06 | 0.00 | [2] | | |
| 10"-PC-F16-7012 | 10.00 | 2.454 | 0.10 | 0.00 | [2] | | |

ANEXO D - CONCENTRAÇÕES RELEVANTES DE GASES TÓXICOS

| Critérios a serem avaliados | Descrição | Critério | | | |
|---------------------------------------|----------------------|--|--------------|--------------------------------|------------------------|
| | | Parâmetros a serem verificados | CO (ppm) | CO ₂ (ppm) (nota 1) | H ₂ S (ppm) |
| Alocação de sensores em tomadas de ar | Tomadas de ar | Contaminação por gás (hidrocarbonetos, tóxico e asfixiantes) (nota 3) | 100 (nota 2) | 30.000 1000 (nota 7) | 8 (nota 5) |
| Impedimento de Rotas de Fuga (nota 4) | Rota de Fuga SB | Impossibilidade de escape devido ao impedimento das rotas de fuga principais ao mesmo tempo, considerando: | 1.200 | 30.000 | 50 (nota 6) |
| | Rota de Fuga PS | | 1.200 | 30.000 | 50 (nota 6) |
| | Rota de Fuga Central | Asfixia e toxicidade. | 1.200 | 30.000 | 50 (nota 6) |

Notas:

1. Referência: NIOSH. O valor de 30.000 ppm corresponde ao STEL (*Short Term Exposure Limit*);
2. Considerado 50% do valor teto da NIOSH (200 ppm);
3. Monitoramento de gás nas tomadas de ar;
4. De acordo com a definição de IDLH do NIOSH: "*The purpose for establishing an IDLH value in the Standards Completion Program was to determine the airborne concentration from which a worker could escape without injury or irreversible health effects from an IDLH exposure in the event of the failure of respiratory protection equipment. The IDLH was considered a maximum concentration above which only a highly reliable breathing apparatus providing maximum worker protection should be permitted. In determining IDLH values, NIOSH considered the ability of a worker to escape without loss of life or irreversible health effects along with certain transient effects, such as severe eye or respiratory irritation, disorientation, and incoordination, which could prevent escape.*"
5. Referência: Diretriz de Engenharia de Segurança;
6. Referência: Limite para H₂S baseado na N-2282 e o limite para CO₂ baseado no Anexo IV da Diretriz de Engenharia de Segurança;
7. Tomadas de ar não devem ser impactadas por gases exaustos de descargas de máquinas com concentração superior a 1000 ppm de CO₂ de acordo com a ABNT/NBR 16401-3:2008.