|  |  |
| --- | --- |
| **PARA:** | **COPIA:** |
|  |  |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **HISTÓRICO DAS REVISÕES** | | | | |
| **rev.** | **Data** | **ELABORAdo** | **VerifICAdo** | **AprovAdo** |
|  |  |  |  |  |
| **PRINCIPAIS MUDANÇAS** | | | |
| Primeira Emissão | | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **TÍTULO:** | **ESTUDO DE CVD DE 2a EXTREMIDADE DA LINHA DE**  **NO** |

**ÍNDICE**

[1 INTRODUÇÃO 2](#_Toc189814247)

[1.1 Objetivo 2](#_Toc189814248)

[1.2 Abreviações 2](#_Toc189814249)

[1.3 Referências 2](#_Toc189814250)

[2 PREMISSAS DE CÁLCULO 3](#_Toc189814251)

[2.1 Hipóteses e Metodologia 3](#_Toc189814252)

[2.2 Dados de Referência 3](#_Toc189814253)

[2.3 Critério de Aceitação 4](#_Toc189814254)

[3 RESULTADOS 5](#_Toc189814255)

[3.1 Instalação do MCV 5](#_Toc189814256)

[3.1.1 Caso 1 – Alinhamento e verticalização do MCV 5](#_Toc189814257)

[3.1.2 Caso 3i – Heave up 6](#_Toc189814258)

[3.1.3 Caso 3ii, 4 e 5 – Toque da linha no solo após conexão, teste hidrostático e operação 7](#_Toc189814259)

[3.1.4 Máxima altura permitida para erguimento da corcova (Estático sem acoplar o MCV) 7](#_Toc189814260)

[3.1.5 Puxada com guindaste na corcova 8](#_Toc189814261)

[4 CONCLUSÕES 9](#_Toc189814262)

[5 ANEXO 10](#_Toc189814263)

[6 RESUMO 11](#_Toc189814264)

**-LEGENDA DO TEMPLATE:**

\_\_- Campos a serem modificados ou retirados a cada estudo

\_\_- Observações (a serem retiradas do doc. final)

\_\_- Campos incluídos na nova revisão (caso aplicável)

# INTRODUÇÃO

## Objetivo

O presente documento tem por objetivo realizar um estudo de CVD de segunda extremidade no   em uma lâmina d’água de m, a ser realizada pela embarcação  no campo , para avaliar a necessidade do uso de boias e/ou peso morto durante o procedimento de modo a verticalizar o MCV e cumprir o critério de heave up.

As análises são realizadas utilizando o programa de elementos finitos para análises de instalação, ORCAFLEX versão .

## Abreviações

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **CVD** | : | Conexão Vertical Direta |
| **MCV** | : | Módulo de Conexão Vertical |
| **TDP** | : | Touch Down Point |
| **MBR** | : | Minimum Bending Radius |
| **te** | : | Toneladas |

## Referências

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Ref.** | **Documento** | **Rev.** | **Título** |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

# PREMISSAS DE CÁLCULO

## Hipóteses e Metodologia

A metodologia utilizada no estudo visa dispor o cabo ligado à manilha do MCV e o cabo ligado à corcova do flexível de maneira que o MCV e o hub estejam alinhados, com o desvio do MCV em relação à vertical dentro da tolerância especificada, que é condição necessária para a conexão vertical.

Após o MCV ser acoplado, o cabo ligado à corcova do flexível com o navio é suspenso 2,5 metros em 2,15 segundos, para assegurar que não há travamento da vértebra. Caso necessário, esse deslocamento pode ser reduzido. Nesse caso o comprimento do cabo ligado à corcova do flexível usado para verticalizar o MCV é mantido. Essa etapa é para simular um heave up do navio logo após o MCV ser assentado no hub.

As seguintes hipóteses foram assumidas:

* A análise realizada é dinâmica, porém não são considerados efeitos de corrente, ondas e vento;
* Apenas boias encontradas a bordo são consideradas como remediação para possíveis problemas na configuração da instalação;
* Elos de amarra de diâmetro de 76mm e peso de 109kg/m na água são considerados como remediação para possíveis problemas na configuração da instalação;
* A distância horizontal entre o cabo de sustentação do MCV e o cabo ligado à corcova do flexível foi assumida em 25 m;
* O centro de empuxo é considerado na mesma posição do centro de gravidade do MCV;
* A linha é considerada cheia de água todos os casos;
* Para o caso 5, a linha é considerada cheia de água com densidade de t/m³;(EM CASO DA LINHA SER PREENCHIDA COM FLUIDO DIFERENTE DE ÁGUA)
* Foi considerada a rigidez à flexão de anular alagado nas condições de temperatura e pressão referente a cada caso, de acordo com o documento ET-3010.00-1500-941-PZ9-001 (revisão D);

## Dados de Referência

|  |  |
| --- | --- |
| **Item** | **Descrição** |
| Estrutura | XXX |
| Vértebra | XXX |
| Conector | XXX |
| MCV | XXX |
| Adaptador | XXX |
| Lâmina d’água | XXX |

## Critério de Aceitação

Nas configurações estudadas os parâmetros da Tabela 2.1 são avaliados em relação aos limites informados.

Tabela 2.1– Parâmetros de aceitação da configuração

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Parâmetros** | **Ref.** | **Valor limite** | **Unidade** |
| Inclinação do MCV em relação à vertical | [-] | ±0,50 | graus |
| Distância mínima do flexível ao solo | [-] | 0,50 | m |
| Distância do flange do MCV ao leito marinho | [1] |  | m |
| Raio de travamento da vértebra | [1] |  | m |
| Raio de curvatura mínimo da linha | [1] |  | m |
| Momento fletor máximo na vértebra | [1] |  | kN.m |
| Força cortante máxima na vértebra | [1] |  | kN |

De acordo com o documento ET-3000.00-1500-951-PMU-001 (revisão F), algumas observações se aplicam:

1. No caso de estudos para MCVs de umbilicais, a aprovação da análise depende apenas dos parâmetros descritos acima, não incluindo os esforços (momento/tração/cortante) como critérios de aceitação;
2. No caso de linhas de fluxo, os carregamentos devem ser gerados obedecendo o mesmo sistema de referência do relatório de cargas e comparados individualmente em módulo (i.e. tração com tração, cortante com cortante e momento com momento).

De acordo com o documento ET-3010.00-1500-941-PZ9-001 (revisão D), para dutos flexíveis sem restritores de curvatura ou com restritores de curvatura com ângulo de cobertura menor do que 72º, algumas observações se aplicam: (COLOCAR SE HOUVER PELO MENOS UMA DAS CONDIÇÕES A SEGUIR).

1. Os raios de curvatura ao longo do duto obtidos nas etapas de Aproximação e Heave Up devem ser iguais ou maiores do que uma vez e meia o raio mínimo de instalação do duto (raio ≥ 1,50\*MBR de instalação). (COLOCAR SE FOR LINHA SEM VÉRTEBRA OU COM ÂNGULO DE COBERTURA MENOR QUE 72º).
2. Para a análise com vértebra com ângulo de cobertura reduzido (< 72°), o momento máximo na vértebra deve ser igual ou menor do que o momento máximo admissível da vértebra. (COLOCAR SE FOR LINHA COM VÉRTEBRA COM ÂNGULO DE COBERTURA MENOR QUE 72º).

# RESULTADOS

## Instalação do MCV

Para a instalação do MCV sem boias com as boias mostradas os pesos mostrados na Tabela 3.1, os resultados da análise de alinhamento e verticalização do MCV são mostrados no item 3.1.1 e o do heave up no item 3.1.2.

Tabela 3.1 – Posicionamento das boias dos pesos

|  |  |
| --- | --- |
| **Empuxo****/Peso** | **Posição em relação ao flange do MCV** |
| **[kg]** | **[m]** |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |
| xinputx | xinputx |

### Caso 1 – Alinhamento e verticalização do MCV

Os resultados da configuração que mantém o MCV verticalizado e alinhado são mostrados na Tabela 3.2. Os parâmetros da corcova são mostrados na Tabela 3.3. A Figura 3.1 e a Figura 3.2 apresentam a configuração da CVD de 2ª extremidade.

Tabela 3.2 – Resultados estáticos para alinhamento e verticalização

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Distância do flange do MCV ao solo** | **Distância mínima da linha ao solo** | **Inclinação do MCV** | **MBR linha** | **MBR vértebra** | **Momento fletor máx. na vértebra** | **Força cortante máx. na vértebra** |
| **[m]** | **[m]** | **[graus]** | **[m]** | **[m]** | **[kN.m]** | **[kN]** |
|  |  |  |  |  |  |  |

**\***Vértebra travada

**\*\***Considerando m de dragagem

Tabela 3.3 – Parâmetros da corcova

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Distância do TDP ao flange do MCV** | **Altura da corcova** | **Comprimento de flexível suspenso** | **Distância das lingadas ao flange do MCV** | **Comprimentos das lingadas** | **Overlength** |
| **[m]** | **[m]** | **[m]** | **[m;m]** | **[m:m]** | **[m]** |
|  |  |  | ( ; ) | ( : ) |  |

Figura 3.1 – Configuração da CVD de 2ª extremidade

**Figura 3.2 –** Configuração da CVD de 2ª extremidade

### Caso 3i – Heave up

Nesse caso o MCV é fixado no hub e o ponto de conexão do flexível com o navio é suspenso  metros em 2,15 segundos, mantendo o comprimento de flexível utilizado para verticalizar e alinhar o MCV. Os resultados são apresentados na Tabela 3.4 e naTabela 3.5.

Tabela 3.4 – Resultados da análise de heave up

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Heave up** | **MBR linha** | **MBR vértebra** | **Tração**  **nas lingadas (Corcova)** | **Momento fletor**  **máx. Na vértebra** | **Força cortante**  **máx. na vértebra** |
| **[m]** | **[m]** | **[m]** | **[te]** | **[kN.m]** | **[kN]** |
|  |  |  | ( : ) |  |  |

\*Vértebra travada

Tabela 3.5 – Esforços no flange do goose neck do MCV da análise de heave up

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Momento fletor** | **Momento fletor** | **Tração** | **Força cortante** |
| **[kN.m]** | **[kN]** | **[kN]** |
| **Máximo** |  |  |  |
| **Mínimo** |  |  |  |

### Caso 3ii, 4 e 5 – Toque da linha no solo após conexão, teste hidrostático e operação

* Caso 3ii – Toque da linha no solo: o MCV é fixado no hub e o ponto de conexão do flexível com o navio é pago até que a linha toque no solo, mantendo o comprimento de flexível utilizado para verticalizar e alinhar o MCV;
* Caso 4 (Teste Hidrostático) e Caso 5 (Teste de Operação) – o MCV é travado no hub, a linha está assentada no leito marinho até aproximadamente 50m. Mudando curva de rigidez conforme o caso a ser estudado.

Os resultados dos esforços da interface do MCV com o duto são apresentados na Tabela 3.6.

Tabela 3.6 – Esforços no flange do goose neck do MCV

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Caso** | **Momento fletor** | **Tração** | **Força cortante** |
| **[kN.m]** | **[kN]** | **[kN]** |
| **Caso 3ii - Toque no solo** |  |  |  |
| **Caso 4 - Teste hidroestático**  **(com flutuadores)** |  |  |  |
| **Caso 4 - Teste hidroestático**  **(sem flutuadores)** |  |  |  |
| **Caso 5 - Operação**  **(sem flutuadores)** |  |  |  |

### Máxima altura permitida para erguimento da corcova (Estático sem acoplar o MCV)

Nesse caso, com o MCV ainda desacoplado, o cabo ligado à corcova do flexível com o navio é suspenso para determinar a altura máxima da corcova, ou seja, a altura em que o raio de curvatura da linha não seja atingido. Os resultados são apresentados na Tabela 3.7 e ilustrados na Figura 3.3.

**Tabela 3.7 –** Parâmetros da corcova

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Distância do flange do MCV ao solo** | **Inclinação do MCV** | **MBR linha** | **Altura da corcova** | **Distância do TDP ao flange do MCV** | **Comp. de flexível suspenso** | **Overlength** |
|
| **[m]** | **[graus]** | **[m]** | **[m]** | **[m]** | **[m]** | **[m]** |
|  |  |  |  |  |  |  |

Figura 3.3 – Altura máxima para erguimento da corcova

### Puxada com guindaste na corcova

O objetivo desse caso é avaliar os esforços para puxada com guindaste na corcova para ajuste do nivelamento do MCV. Com o MCV fixo no hub, a pega do guindaste principal com é alterada para a corcova e a altura da corcova é aumentada em relação ao caso de alinhamento e verticalização. O ponto de conexão do flexível com o navio é então suspenso 0,5 metros em 2,15 segundos, considerando o AHC ativado. Os resultados são apresentados na Tabela 3.8 e na Tabela 3.9.

Tabela 3.8 – Resultados da análise de puxada com guindaste na corcova

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Comp. de guindaste recolhido** | **Heave up** | **MBR linha** | **MBR vértebra** | **Tração nas lingadas da corcova** | **Momento fletor máx. na vértebra** | **Força cortante máx. na vértebra** |
| **[m]** | **[m]** | **[m]** | **[m]** | **[te]** | **[kN.m]** | **[kN]** |
|  |  |  |  |  |  |  |

\*Vértebra travada

Tabela 3.9 – Esforços na da puxada análise de puxada com guindaste na corcova

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Momento fletor** | **Momento fletor** | **Tração** | **Força cortante** |
| **[kN.m]** | **[kN]** | **[kN]** |
| **Máximo** |  |  |  |
| **Mínimo** |  |  |  |

Figura 3.4 – Configuração de puxada com guindaste na corcova.

# CONCLUSÕES

A Tabela 4.1 sumariza os resultados da operação de conexão vertical direta de 2ª extremidade.

**Conclui-se que é necessário instalar** do flange, conforme Tabela 3.1, de forma a **Não é necessário a instalação de flutuadores ou peso morto** para verticalizar o MCV e cumprir o critério de heave up **que deverá nesse caso ser reduzido para** **m.**

**A máxima altura da corcova após acoplamento do MCV deve ser de** **m, caso o compensador de heave não esteja ativado e/ou não esteja na corcova.**

Atentar para a necessidade de **dragagem do solo em** **m x** **m a** **m do hub.**

O estudo apresenta travamento da vértebra, porém o momento fletor máximo na mesma não ultrapassa o admissível.

Acrescentar informação se houver redução no comprimento da vértebra.

**Os esforços encontrados no estudo excedem os informados na** **RL. Deve-se apenas prosseguir com a operação de CVD após a devida avaliação e aprovação dos esforços obtidos neste estudo, conforme solicitado na TQF-XXX-YYYYY.** Caso os esforços excedam a RL

**Os esforços calculados deste estudo estão aprovados a partir do ábaco** (Figura 4.1)

Caso os esforços excedam a RL ou não tenha recebido RL, mas o ábaco foi recebido e esteja aprovado

**Os esforços encontrados no estudo excedem os informados na RL. Contudo, os resultados deste estudo estão aprovados a partir da planilha de cálculo do momento equivalente: “Momento Equivalente - Instaladoras - STIES x SIDS\_Ago2019** (Figura 4.1)**.** Caso os esforços excedam a RL, não recebeu ábaco ou não foi aprovado, mas momento equivalente aprovado

Figura 4.1 – Resultados do ábaco / Resultados do momento equivalente

Tabela 4.1 – Tabela de comparação entre os valores encontrados e os limites

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Seção** | **Parâmetros** | **Valor encontrado** | **Valor limite** | **Unidade** |
| 3.1.1 | Inclinação em relação à vertical |  | ±0,50 | graus |
| 3.1.1 | Distância mínima do flexível ao solo |  | 0,50 | m |
| 3.1.1 | Distância do flange do MCV ao leito marinho |  |  | m |
| 3.1.1 | Raio de curvatura mínimo da linha/vértebra | / | / | m |
| 3.1.2 | Momento fletor máximo na vértebra |  |  | kN.m |
| 3.1.2 | Força cortante máxima na vértebra |  |  | kN |

\*Vértebra travada

\*\*Considerando m de dragagem

# ANEXO

Esse anexo apresenta uma contingência para o caso em que o MCV se encontra acoplado no hub, porém não está travado. A ideia é, com o MCV fixo no modelo, pagar cabo até que esteja um comprimento lançado no solo e então adicionar boias para a verticalização do MCV sem ação da catenária.

A primeira solução seria acrescentar até kg de empuxo, afastado m do flange do MCV para não haver o travamento da vértebra. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de m e o da linha é de m. O momento fletor obtido nessa condição é de kN.m no flange e kN.m na vértebra. A força cortante é de kN na vértebra. A Figura 5.1 apresenta essa configuração.

**Figura 5.1 –** Configuração do caso de contingência – 1ª opção

A segunda solução seria acrescentar até kg de empuxo, afastado m do flange do MCV para não haver o travamento da vértebra. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de m e o da linha é de m. O momento fletor obtido nessa condição é de kN.m no flange e kN.m na vértebra. A força cortante é de kN na vértebra. A Figura 5.2 apresenta essa configuração.

**Figura 5.2 –** Configuração do caso de contingência – 2ª opção

# RESUMO

CVD de segunda extremidade no   em uma lâmina d’água de m.

Tabela 6.1 – Parâmetros da CVD

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Heave up** | **Posições das lingadas** | **Comprimentos das lingadas** | **Tração nas lingadas** |
| **[m]** | **[m]** | **[m]** | **[te]** |
|  | (;) | (:) | (;) |

Figura 6.1– Configuração de Verticalização

Figura 6.2 – Configuração de Verticalização

Tabela 6.2 – Configurações de Contingência

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **Contingência** | **Empuxo limite** | **Distância ao flange** |
| **[kg]** | **[m]** |
| **1** |  |  |
| **2** |  |  |

**FIM DO DOCUMENTO**