

PARA:Tiago Miguel Silva
Adalberto Silva**COPIA:**

André Melo Paulo

HISTÓRICO DAS REVISÕES				
REV.	DATA	ELABORADO	VERIFICADO	APROVADO
1	06/06/2024	DTW	CME	CFS
	PRINCIPAIS MUDANÇAS			
	Primeira Emissão			

TÍTULO: ESTUDO DE CVD DE 1ª EXTREMIDADE DA LINHA IG NO MANIFOLD MSIAG-FC-011**ÍNDICE**

1	INTRODUÇÃO.....	2
1.1	Objetivo.....	2
1.2	Abreviações	2
1.3	Referências	2
2	PREMISSAS DE CÁLCULO	3
2.1	Hipóteses e Metodologia	3
2.2	Critério de Aceitação	4
3	RESULTADOS	5
3.1	Instalação do MCV	5
3.1.1	Alinhamento e verticalização do MCV	5
3.1.2	Heave up	6
3.1.3	Toque da linha no solo após conexão	6
4	CONCLUSÕES.....	7
5	ANEXO	8
6	RESUMO.....	9

1 INTRODUÇÃO

1.1 Objetivo

O presente documento tem por objetivo realizar um estudo de CVD de primeira extremidade da linha de IG no MSIAG-FC-011 em uma lâmina d'água de 2176m, a ser realizada pela embarcação Skandi Açú no campo Lula, 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 11.3.

1.2 Abreviações

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

1.3 Referências

Ref	Documento	Rev	Título
[1]	RL-3A00.00-1500-94G-R1N-001	0	DUTO DE INJEÇÃO DE GÁS DO MSIAG-02 À P-66 – ANÁLISE DE ESFORÇOS EM EQUIP. SUB. (MCV)
[2]	RT-2884	0	CVD de 1ª da linha de IG no manifold MSIAG-02(FC-11)

2 PREMISSAS DE CÁLCULO

2.1 Hipóteses e Metodologia

A metodologia utilizada no estudo visa dispor o cabo ligado à manilha do MCV e o 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 assentado, o ponto de conexão do flexível com o navio é suspenso, inicialmente 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 de flexível usado para verticalizar o MCV é mantido. Essa etapa é para simular um deslocamento vertical 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;
- A linha é considerada cheia de água;
- Foi considerada a rigidez à flexão nas condições de temperatura e pressão da instalação. e anular alagado;
- A distância horizontal entre o ponto de conexão do cabo de sustentação do MCV e o ponto de conexão do flexível com o tensionador foi assumida em 25m;
- O centro de empuxo é considerado na mesma posição do centro de gravidade do MCV;

2.2 Dados de Referência

Item	Descrição
Estrutura	WSI 152.2553-RD-4042-6 Rev. 1
Vértebra	CB-BR1522553-00-01 Rev. 1
Conector	CB-EF1522540-00-05 Rev. 4
MCV	P7000051394 / DU700164510 Rev. C / Technipfmc
Lâmina d'água	2176 m

2.3 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]	4,50	m
Raio de travamento da vértebra	[1]	4,14	m
Raio de curvatura mínimo da linha	[1]	2,40	m
Momento fletor máximo na vértebra	[1]	70,00	kN.m
Força cortante máxima na vértebra	[1]	34,00	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).

3 RESULTADOS

3.1 Instalação do MCV

Para a instalação do MCV com as boias mostradas 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

Empuxo [kg]	Posição em relação ao flange do MCV [m]
1323 + 377	3
741 + 660	6
381 + 155	9

3.1.1 Alinhamento e verticalização do MCV

Os resultados da configuração que mantém o MCV verticalizado e alinhado são mostrados na Tabela 3.2. A Figura 3.1 apresenta a configuração do CVD de 1ª extremidade.

Tabela 3.2 – Resultados estáticos para alinhamento e verticalização

Distância do flange do MCV ao solo [m]	Distância mínima da linha ao solo [m]	Inclinação do MCV [graus]	MBR Linha [m]	MBR Vértebra [m]
4,50	0,54	0,29	4,88	6,90

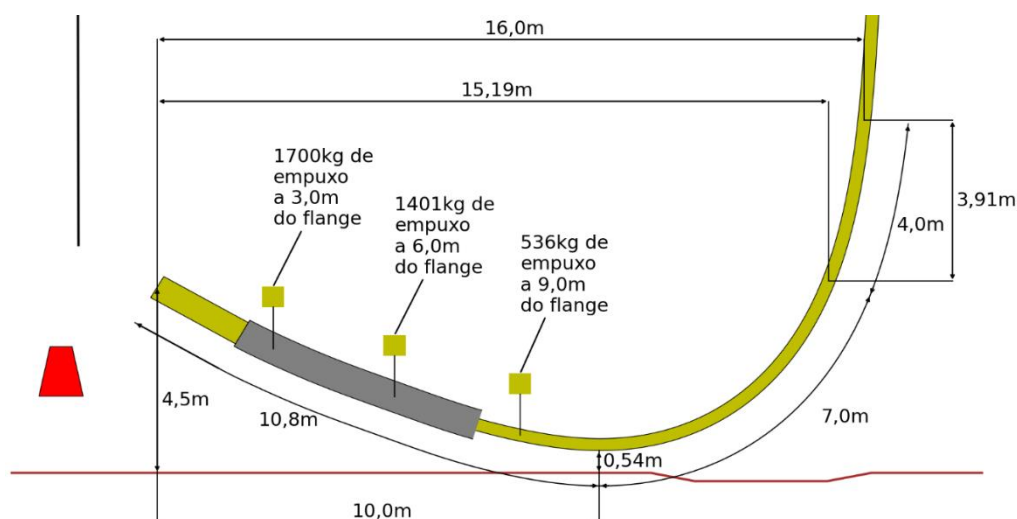


Figura 3.1 – Configuração da CVD de 1ª extremidade. Comprimento do ponto no seio da configuração até ao flange do goose neck e comprimento do ponto na altura do flange do goose neck até o seio.

3.1.2 Heave up

Nesse caso o MCV é fixado no hub e o ponto de conexão do flexível com o navio é suspenso 2,5 metros em 2,15 segundos, mantendo o comprimento de flexível utilizado para verticalizar e alinhar o MCV. Os resultados são apresentados na Tabela 3.3 e na Tabela 3.4.

Tabela 3.3 – Resultados para análise de heave up

Heave up [m]	MBR Linha [m]	MBR Vértebra [m]	Momento Fletor Máx na Vértebra [kN.m]	Força Cortante Max. na Vértebra [kN]
2,50	4,13	4,14*	23,89	21,04

*Vértebra travada

Tabela 3.4 – Esforços no flange do goose neck do MCV da análise do heave up

Momento Fletor	Momento Fletor [kN.m]	Tração [kN]	Força Cortante [kN]
Máximo	57,74	1,37	-2,04
Mínimo	-22,08	8,43	-18,95

3.1.3 Toque da linha no solo após conexão

Nesse caso 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. Os resultados dos esforços da interface do MCV com o duto são apresentados na

Tabela 3.5.

Tabela 3.5 – Esforços no MCV no momento em que a linha toca no solo

Momento Fletor [kN.m]	Tração [kN]	Força Cortante [kN]
13,83	5,70	-8,61

4 CONCLUSÕES

A Tabela 4.1 sumariza os resultados da operação de conexão vertical direta de 1ª extremidade.

Conclui-se que é necessário instalar 1700kg de empuxo a 3m, 1401kg de empuxo a 6m, 536kg de empuxo a 9m, do flange, conforme Tabela 3.1, de forma a verticalizar o MCV e cumprir o critério de heave up.

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

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



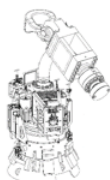
  		Pogo	MSIAG FMC	Parecer Final
		Tipo de MCV	Injeção	
		RL de referência	RL-3A00.00-1500-94G-R1N	
		Data	27/05/24	
		TAG	-	aprovado
		Execução	DTW	
		Verificação	ACM	
		Aprovação	CFS	Revisão da Planilha
				0
Análise Estrutural - MCV P700051394 (Manifold Pré-Sal)				
Índice	Caso de Carregamento	Esforço	Valor (input)	Resultado Final
1	CVD 2ª - Topo (Caso 1)	Tração	kN	-
2	CVD 1ª - MCV no hub com linha suspensa (Caso 3i - Flutuador/peso morto)	Tração (F _x)	1,37 kN	aprovado
		Cortante (F _z)	-2,04 kN	
		Momento fletor (M _y)	57,74 kN.m	
		Tração (F _x)	8,43 kN	aprovado
		Cortante (F _z)	-18,95 kN	
		Momento fletor (M _y)	-22,08 kN.m	
3	CVD 1ª - MCV no hub (Caso 3ii - Flutuador/peso morto)	Tração (F _x)	5,70 kN	aprovado
		Cortante (F _z)	-8,61 kN	
		Momento fletor (M _y)	13,83 kN.m	
		Tração (F _x)	kN	-
		Cortante (F _z)	kN	
		Momento fletor (M _y)	kN.m	

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	0,29	±0,50	graus
3.1.1	Distância mínima do flexível ao solo	0,54	0,50	m
3.1.1	Distância do flange do MCV ao leito marinho	4,50	4,50	m
3.1.2	Raio de curvatura mínimo da linha/vértebra	4,13 / 4,14*	2,40 / 4,14	m
3.1.2	Momento fletor máximo na vértebra	23,89	70,00	kN.m
3.1.2	Força cortante máxima na vértebra	21,04	34,00	kN

*Vértebra travada

5 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 linha até que esteja um comprimento lançado no solo e então adicionar boias para a verticalização do MCV sem ação da catenária.

A primeira opção seria acrescentar até 1000kg de empuxo, afastado 4m do flange do MCV. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de 4,14m e o da linha é de 4,13m. O momento fletor obtido nessa condição é de 40,19kN.m no flange e 6,59kN.m na vértebra. A força cortante é de 17,64kN na vértebra. A Figura 5.1 apresenta essa configuração.

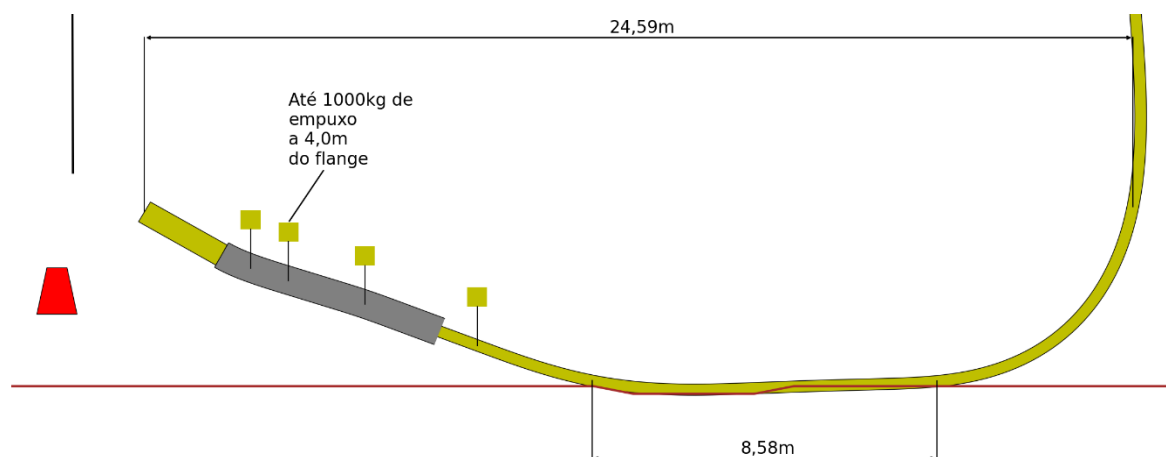


Figura 5.1 – Configuração do caso de contingência – 1ª opção

A segunda opção seria acrescentar até 800kg de empuxo, afastado 7m do flange do MCV. O raio mínimo na vértebra nessa condição é de 4,14m e o da linha é de 4,13m. O momento fletor obtido nessa condição é de 38,1kN.m no flange e 11,32kN.m na vértebra. A força cortante é de 17,64kN na vértebra. A Figura 5.2 apresenta essa configuração.

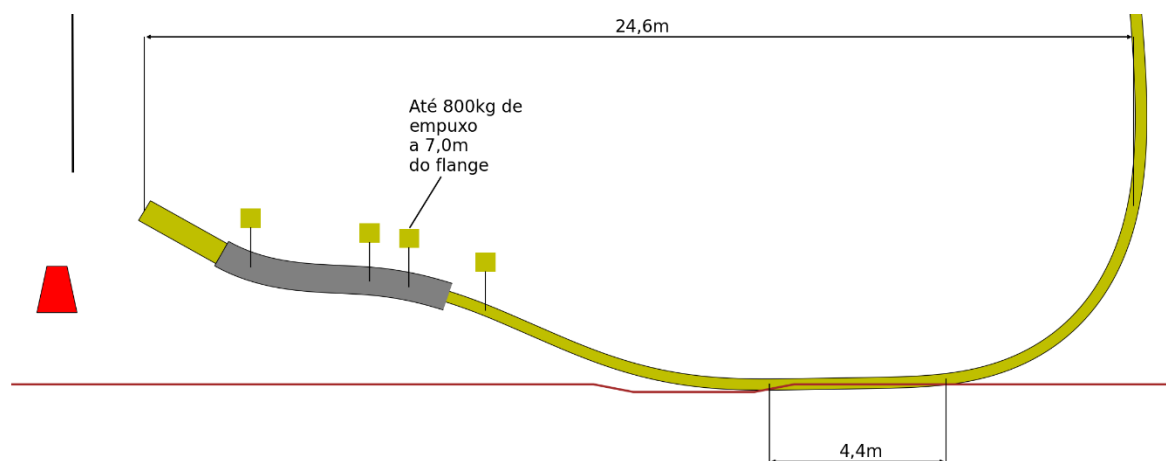


Figura 5.2 – Configuração do caso de contingência – 2ª opção

6 RESUMO

CVD de primeira extremidade no manifold MSIAG FMC em uma lâmina d'água de 2176m.

Tabela 6.1 – Heave Up

Heave up [m]
2,5

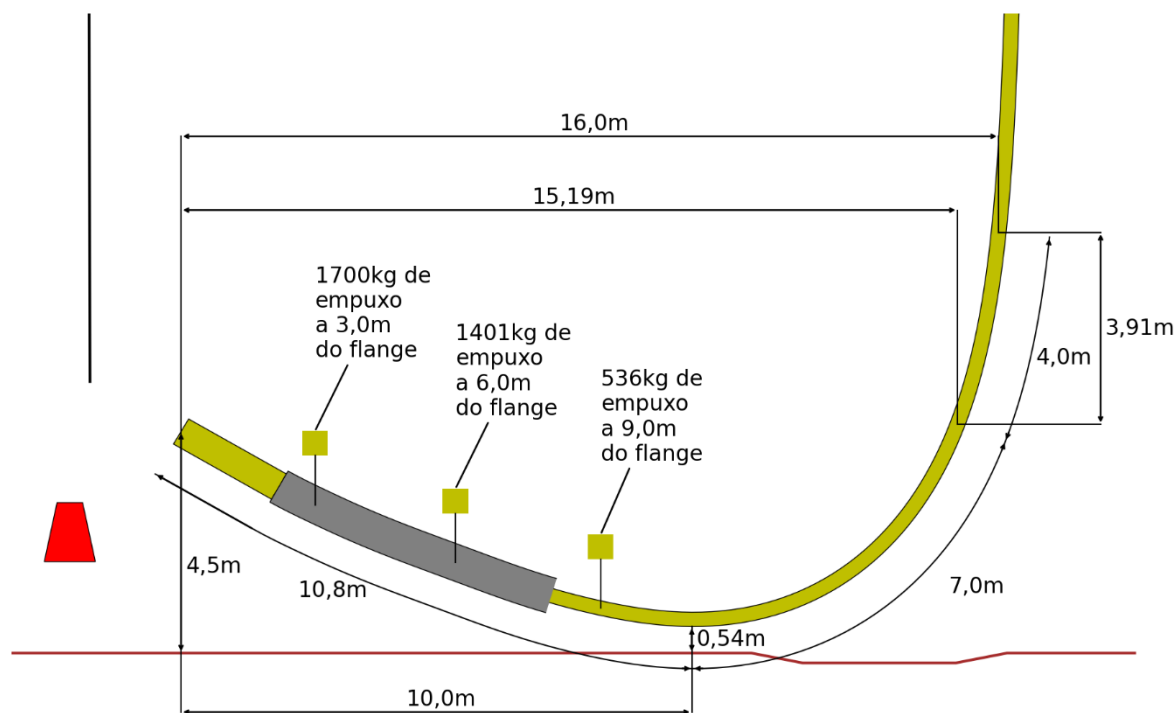


Figura 6.1 – Configuração de Verticalização

Tabela 6.2 – Configurações de Contingência

Contingência	Empuxo limite [kg]	Distância ao flange [m]
1	1000	4,0
2	800	7,0

FIM DO DOCUMENTO