

PONTIFÍCIA UNIVERSIDADE CATÓLICA  
DO RIO DE JANEIRO



**Caroline Carvalho Santório**

**Análise de flexibilidade de uma tubulação de  
processo de uma estação de produção de gás natural**

**Projeto de Graduação**

Projeto de Graduação apresentado ao Departamento de Engenharia  
Mecânica da PUC-Rio

Orientador: Arthur Martins Barbosa Braga  
Coorientador: Jeronimo Ferreira Alves

Rio de Janeiro  
Junho de 2021

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por me conceder vida, saúde e oportunidades que me permitiram concluir um capítulo muito importante da minha história.

Aos meus pais, Marcilene e Carlos Alexandre, e aos meus irmãos, Carlinhos e Filipe, por acreditarem no meu potencial, e por proporcionarem toda a estrutura familiar, ambiente saudável, educação de qualidade e apoio em todas as minhas escolhas e decisões.

Ao professor orientador Arthur Martins Barbosa Braga, pelo apoio e encorajamento durante a realização deste trabalho, ao professor José Paulo Silva de Paula, por toda a motivação e apoio à equipe Reptiles, e ao meu coorientador e colega de trabalho Jeronimo Ferreira Alves, por compartilhar seus conhecimentos técnicos e supervisionar a realização da análise de flexibilidade.

Às minhas melhores amigas, Isabella, Juliana e Ana Luísa, por estarem sempre disponíveis para mim, por alegrarem meus dias e me darem força nos momentos difíceis. Aos amigos que fiz durante o curso, em especial, Pedro Novis, Gabriel Brilhante, Matheus, Erik, Pedro Peixoto, Marcella, Stélio, Luísa, Pedro Herdy, Bruno, Rodrigo, Diego, Davi, Gabriel Motta, Guilherme, Pedro Portari, Natália, Flavio, Alvaro, Gustavo, Marcelo, Bernardo, Isabel, Letícia, Roberta, Alexander, Marina, Karoline, Ricardo e Bruna, por serem grandes aliados durante essa dura jornada acadêmica, dividindo as angústias e multiplicando alegrias e histórias para contar no futuro.

Aos colegas de trabalho, em especial, Rodrigo, Bernardo, Estelio, Caio, Paulo e Karen, que de alguma forma contribuíram com suas experiências em projetos de engenharia na área de Óleo e Gás e, especificamente, de tubulação. Em especial, ao meu grande amigo Gabriel, que evoluiu de colega de trabalho a amigo do coração.

À Reptiles Baja, por todo aprendizado e experiências incríveis que posso levar não só para a carreira profissional, mas para toda a vida. Sou grata por poder vivenciar os melhores dezesseis meses da graduação ao lado dessa equipe.

À Radix Engenharia e Software, por acreditar na minha capacidade profissional e me confiar o desafio de desempenhar atividades que permitem desenvolver habilidades específicas através da qualificação na área de engenharia.

Enfim, meus agradecimentos vão para todas as pessoas que contribuíram de alguma forma para a conclusão do curso de engenharia e deste trabalho.

*“Mais importante que a chegada é a caminhada, e não há caminho sem metamorfose: ela é a ponte que torna possível a nossa travessia até os novos continentes a serem descobertos dentro de nós.”*

(Kamila Behling)

## RESUMO

### **Análise de flexibilidade de uma tubulação de processo de uma estação de produção de gás natural**

As plantas industriais do setor petroquímico geralmente requerem uma grande quantidade de sistemas de tubulação complexos, o que se deve basicamente à necessidade de transferir e processar fluidos sob diferentes condições de pressão e temperatura em suas operações de produção. Esses sistemas estão sujeitos à ação simultânea de carregamentos permanentes, ocasionais, construtivos e transientes. Nestas condições, apresentam deformações, tensões normais e de cisalhamento, além de transferirem cargas para seus pontos de fixação (equipamentos e suportes). Esses esforços devem ser evitados ou atenuados para valores abaixo da resistência do material do tubo por meio de uma série de estratégias de projeto, dentre as quais se destacam a configuração de um traçado mais flexível e a inclusão de restrições para direcionar a expansão térmica da tubulação. Neste trabalho, o Caesar II, um *software* comercial de projeto de tubulação, foi empregado para realizar a análise de flexibilidade de uma tubulação de processo que conecta o bocal de saída de gás de um vaso separador bifásico a um lançador de PIG presentes em uma planta de processamento primário de gás natural.

Palavras-chave: Tubulações industriais. Análise de tensões. Análise de flexibilidade. ASME. Caesar.

## **ABSTRACT**

### **Flexibility analysis of a process piping from a natural gas production station**

Industrial plants in the petrochemical sector usually require a large number of complex piping systems, which is basically due to the need to transfer and process fluids under different pressure and temperature conditions in their production operations. These systems are subjected to the simultaneous action of permanent, occasional, constructive and transient loads. Under these conditions, they present deformations, normal and shear stresses, in addition to transferring loads to their attachment points (equipment and supports). These efforts must be avoided or mitigated to values below the resistance of the tube material through a series of design strategies, among which the configuration of a more flexible layout and the inclusion of restrictions to direct the expansion of thermal radiation stand out. In this project, Caesar II, a commercial piping design software, was employed to perform the flexibility analysis of a process piping that connects the gas outlet nozzle of a two-phase separator vessel to a PIG launcher present in a primary natural gas processing plant.

Key-words: Industrial piping. Stress analysis. Flexibility analysis. ASME. Caesar.

## DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

API – *American Petroleum Institute*

ASME – *The American Society of Mechanical Engineers*

CAESAR II – Código Computacional para Análise de Tensões e Flexibilidade em Tubulações

HYD – *Hydrostatic*, caso de carga durante teste hidrostático da tubulação

OPE – *Operation*, caso de carga nas condições de operação ou projeto

SUS – *Sustained*, caso de carga de peso próprio

# SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>1</b>
1.1	OBJETIVOS	1
1.2	MOTIVAÇÃO	2
1.3	METODOLOGIA	2
1.4	ESTRUTURA	2
<b>2</b>	<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b>	<b>3</b>
2.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	3
2.1.1	Processamento Primário de Óleo e Gás	3
2.1.2	Avaliação de Aptidão para Serviço de Tubulações	4
2.1.3	Aplicação das normas de projeto de tubulação	5
2.2	ESFORÇOS MECÂNICOS ATUANTES NAS TUBULAÇÕES	6
2.2.1	Carregamentos atuantes na tubulação	6
2.2.2	Tensões atuantes nas paredes dos tubos	7
2.2.3	Deslocamentos máximos	14
2.2.4	Esforços sobre os bocais de vasos e equipamentos	16
2.2.5	Rigidez e Flexibilidade	17
2.3	MELHORIA DA FLEXIBILIDADE DAS TUBULAÇÕES	17
2.3.1	Suportes de Tubulação	18
2.3.2	Deslocamento dos pontos de fixação	22
2.3.3	Curvas de expansão	23
2.3.4	Juntas de expansão	24
2.3.5	Pré-tensionamento	26
<b>3</b>	<b>ESTUDO DE CASO</b>	<b>27</b>
3.1	APLICAÇÃO DA NORMA ASME B31.3	27
3.1.1	Cálculo de tensões primárias e secundárias	27
3.1.2	Critério Liberal	28

3.1.3 Fatores de Intensificação de Tensões (SIF) .....	28
<b>3.2 MÉTODO COMPUTACIONAL .....</b>	<b>29</b>
3.2.1 Caesar II .....	31
<b>3.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS DO PROJETO .....</b>	<b>32</b>
3.3.1 Dimensionamento prévio da tubulação .....	33
3.3.2 Dados básicos de projeto .....	35
3.3.3 Premissas de Cálculo .....	35
3.3.4 Especificação do material .....	36
3.3.5 Casos de Carga analisados .....	36
<b>4 ANÁLISE E RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
4.1 CARGAS NOS BOCAIS .....	37
4.2 DESLOCAMENTOS .....	39
4.3 TENSÕES MÁXIMAS ATUANTES .....	40
4.4 CARGAS NOS SUPORTES .....	41
<b>5 CONCLUSÃO .....</b>	<b>41</b>
<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>42</b>
<b>ANEXO 1 – Fatores intensificadores de tensão (SIF) .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXO 2 – Plataforma de input do Caesar II .....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXO 3 – Isométrico de flexibilidade .....</b>	<b>46</b>
<b>ANEXO 4 – Resultados da simulação no Caesar II .....</b>	<b>50</b>



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Esquema ilustrativo de um separador bifásico horizontal.....	4
Figura 2 - Tríade de tecnologia para avaliação de aptidão para serviço .....	5
Figura 3 - Tensões em um elemento infinitesimal na parede de um tubo.....	7
Figura 4 - Tensões atuantes em curvas e interligação de ramal .....	9
Figura 5 - Ciclo de comportamento das tensões térmicas.....	12
Figura 6 - Curva de variação das tensões em função do tempo .....	13
Figura 7 -vão entre suportes e distância entre tubos paralelos.....	16
Figura 8 - Representação dos esforços absorvidos por travas e batentes .....	19
Figura 9 - Trava e Batente .....	19
Figura 10 - Representação dos esforços absorvidos por guias.....	20
Figura 11 - Tipos de guias longitudinais horizontais e verticais.....	20
Figura 12 - Representação dos esforços absorvidos por three ways e ancoragens.....	21
Figura 13 - Tipos de ancoragens .....	22
Figura 14 - Dilatação com deslocamento das extremidades .....	22
Figura 15 - Traçados com mudanças de direção .....	23
Figura 16 - Localização da linha neutra (LN) em trechos planos.....	24
Figura 17 - Tipos de movimentos das juntas de expansão .....	25
Figura 18 - Exemplos de movimentos axial, angular e lateral .....	25
Figura 19 - Montagens de tubulações com pré-tensionamento.....	26
Figura 20 - Comportamento das tensões no pré-tensionamento.....	26
Figura 21 - Gráfico para fator de redução (f).....	28
Figura 22 - Modelagem 3D da linha real .....	34
Figura 23 - Modelagem 3D da tubulação no Caesar II.....	34
Figura 24 - Nós nos centros dos vãos.....	39
Figura 25 - Espaçamento entre linhas de 18" e 10" .....	40

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Vãos Máximos entre Suportes de Tubulação (“On Site”) .....	15
Tabela 2 - Sistemas com obrigatoriedade de análise de flexibilidade computacional.....	30
Tabela 3 – Condições de projeto da linha analisada .....	35
Tabela 4 - Deslocamentos dos bocais dos vasos .....	36
Tabela 5 - Cargas admissíveis nos bocais dos vasos .....	36
Tabela 6 - Especificação do material .....	36
Tabela 7 - Casos de carga analisados.....	37
Tabela 8 - Cargas atuantes nos bocais <b>sem</b> ancoragem no nó 210 .....	37
Tabela 9 - Cargas atuantes nos bocais <b>com</b> ancoragem no nó 210 .....	38
Tabela 10 - Deslocamentos máximos .....	39
Tabela 11 - Tensões máximas atuantes .....	40

## **1 INTRODUÇÃO**

Nos campos de extração de gás natural, tanto o gás bruto extraído dos poços quanto seus derivados são transportados entre os equipamentos de processo e as unidades de tratamento por tubulações. Este meio de transporte de fluidos é composto em sua extensão por conexões, flanges, válvulas, material isolante, instrumentos, entre outros componentes além dos tubos em si.

Os pesos do arranjo das tubulações e do fluido, adicionados à ação da pressão interna, exercem os carregamentos que, segundo a ASME B31.3 (2018), são classificados como permanentes ou de serviço. Já influências como variação de temperatura e deslocamentos de bocais de equipamentos, associados à presença de suportes de restrição de movimento na mesma direção, provocam os carregamentos secundários. Além destes citados, há também os carregamentos construtivos, que acontecem durante testes hidrostáticos, e os transientes, que provêm de vibrações e golpes de aríete, por exemplo.

As fixações destes trechos que podem ser considerados elementos estruturais (Telles, 2009) são realizadas por meio de suportes que assumem funcionalidades de apoiar e/ou restringir qualquer outro tipo de movimento, seja de translação ou rotação. Conseqüentemente, o contato com estas restrições faz com que elas também sejam submetidas a esforços (o mesmo acontece com os equipamentos aos quais as tubulações são acopladas).

Durante a etapa de projeto destas tubulações, são adotadas medidas como definição de traçados estratégicos e uso de restrições de movimentos (suportes) para atenuar os efeitos de momentos e tensões (normais e cisalhantes) originados pelos esforços citados (FRANÇA FILHO, 2013). Isto é feito visando orientar e controlar os deslocamentos, garantindo o comportamento global dos sistemas mais complexos. Resumidamente, estas alterações no sistema são os principais fatores que definem a flexibilidade de uma tubulação.

### **1.1 OBJETIVOS**

O objetivo deste trabalho consiste em apresentar os principais tipos de carregamentos que são exercidos sobre os sistemas de tubulações de processo de modo geral, analisar como estes esforços provocam tensões em sua estrutura e como são aplicados critérios de análise estrutural durante a etapa de dimensionamento e análise de flexibilidade.

Busca-se, também, estudar a metodologia comumente utilizada por empresas que fazem projetos de engenharia para o dimensionamento de tubulações industriais, apresentando todos os dados de entrada necessários e uma análise dos resultados obtidos.

## **1.2 MOTIVAÇÃO**

Todas as tubulações de processo são sujeitas a inúmeras solicitações mecânicas e, portanto, seus arranjos devem ser configurados de forma que sejam coerentes, não apenas com o espaço disponível, mas também com a flexibilidade necessária para distribuir os carregamentos ao longo dos componentes sem concentrar tensões em pontos de menor resistência.

A norma que rege este tipo de projeto dispõe de um critério de seleção para determinar os tipos de tubulação que necessitam de análise computacional e, no caso da tubulação escolhida para esta análise, ela encaixa-se neste critério. Além disso, em casos em que o traçado diverge muito das sugestões, é desvantajosa a aplicação de métodos com cálculos manuais, tornando necessária a implementação de métodos computacionais.

## **1.3 METODOLOGIA**

Uma das metodologias adotadas neste trabalho consiste na pesquisa exploratória de literaturas técnicas de autores renomados do ramo, como Silva Telles e França Filho, e normas vigentes, com foco na ASME B31.3, a fim de trazer informações sobre as possíveis causas e efeitos das decisões tomadas durante o projeto de uma tubulação de processo.

A segunda metodologia utilizada baseia-se na pesquisa explicativa, que consistirá em analisar e explicar o processo de modelagem e simulação de uma tubulação utilizando o Caesar II, um programa de análise de flexibilidade por elemento de viga (matricial).

## **1.4 ESTRUTURA**

O projeto foi dividido em cinco capítulos, no qual o primeiro contém um conteúdo introdutório, os objetivos, a motivação, as metodologias de pesquisa e a estrutura de organização do trabalho.

No capítulo dois, será feita uma revisão bibliográfica, primeiramente contextualizando o projeto em que a tubulação analisada faz parte, e explicitando os principais tipos de carregamentos que podem ser exercidos em uma tubulação de processo e como eles interferem no comportamento da estrutura.

No terceiro capítulo, será exposta a metodologia de análise utilizada de acordo com a ASME B31.3 e será realizada de forma minuciosa a análise de flexibilidade de uma estrutura específica sob as condições de operação com o auxílio do software Caesar II.

Os resultados da análise fazem parte do capítulo quatro deste trabalho, onde serão explicitados e discutidos os dados obtidos no Caesar II. Por fim, o capítulo cinco contém a conclusão do projeto.

## **2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 CONTEXTUALIZAÇÃO**

#### **2.1.1 Processamento Primário de Óleo e Gás**

Segundo Silva (2007), os reservatórios de petróleo não contam apenas com a presença de óleo e gás, mas também de água, sedimentos (areia e outras impurezas sólidas), e compostos não hidrocarbonetos contaminantes.

Dentro dos reservatórios, a água e o óleo encontram-se separados. No entanto, em função da forte agitação imposta ao longo do processo de elevação e escoamento nas tubulações, podem-se formar emulsões (SILVA, 2006), que são misturas estáveis desses fluidos.

O processamento primário do petróleo é responsável pela separação óleo/gás/água, onde o gás e o óleo são tratados visando adaptá-los às exigências do mercado, e a água para que fique dentro das condições ambientais adequadas para o descarte ou reaproveitamento (THOMAS, 2001).

A estação de produção onde encontra-se a tubulação a ser analisada neste trabalho conta com um cluster de três poços produtores e um sistema de coleta formado por dois *headers* de produção alinhados aos vasos que realizam a separação bifásica entre gases e líquidos.

De modo superficial, a planta de processamento da estação conta também com os sistemas de separação trifásica – que separa gás, água e condensado –, de suprimento de gás combustível, de estabilização e tancagem de condensado, de

carregamento de caminhões, de tancagem de água produzida, de teste de produção, do *Flare*, de drenagem e tratamento de efluentes, além dos gasodutos de interligação com outros Clusters e com a Unidade de Tratamento de Gás.

Para a realização deste trabalho, foi escolhida para ser analisada uma tubulação que conecta os vasos bifásicos a um lançador de PIG. Este último está conectado a um gasoduto de interligação entre duas unidades do mesmo campo de gás natural.

Os vasos que realizam a separação dos fluidos por gravidade podem ser cilíndricos ou esféricos, horizontais ou verticais, bifásicos ou trifásicos. A separação bifásica é a separação da fase gasosa da fase líquida, ou seja, o gás é separado do líquido, que corresponde ao óleo mais água (SOUZA, 2012).

A Figura 1 ilustra um separador cilíndrico horizontal bifásico, modelo semelhante ao dos vasos aos quais a tubulação escolhida está conectada. A partir dela, pode-se observar que os vasos separadores geram duas correntes após a separação: uma gasosa, que será direcionada para o gasoduto, e uma líquida, composta de água e condensado, que será direcionada para o vaso de separação trifásica.

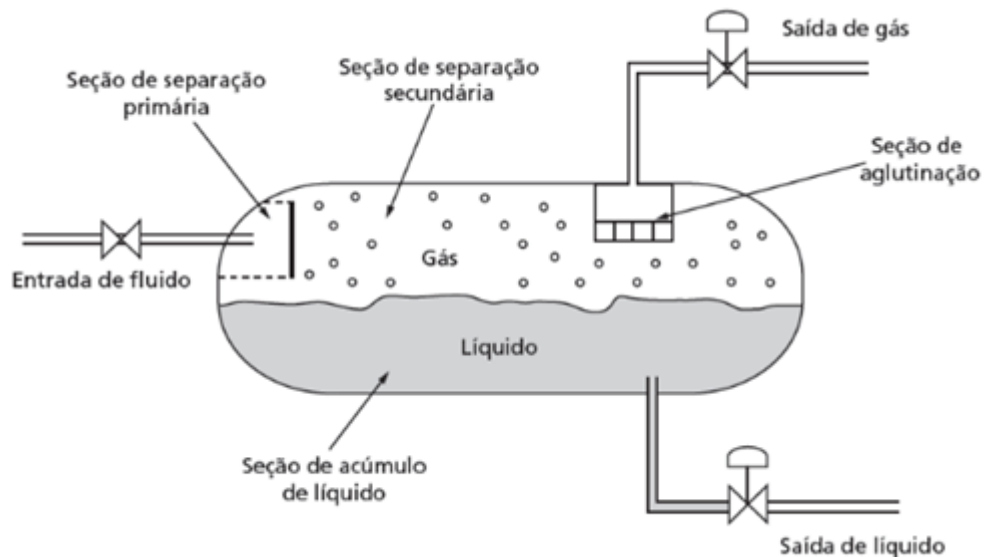


Figura 1 - Esquema ilustrativo de um separador bifásico horizontal

Fonte: Souza, 2012

### 2.1.2 Avaliação de Aptidão para Serviço de Tubulações

Segundo Escoe (2006), o conceito de aptidão para serviço de tubulações é uma tríade multidisciplinar formada pelas seguintes áreas: inspeção, materiais e mecânica.

Cada uma dessas áreas possui diversas funções, como mostra a Figura 2.

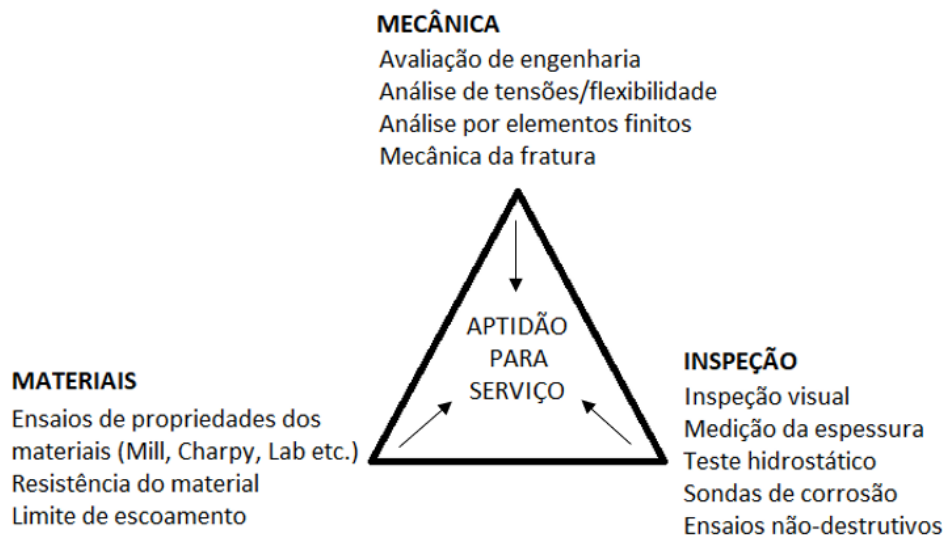


Figura 2 - Tríade de tecnologia para avaliação de aptidão para serviço

Fonte: Adaptado de Escoe, 2006

Os inspetores são os olhos e ouvidos de toda unidade de operação, são eles que exploram pessoalmente as unidades e recolhem informações críticas para o processo de avaliação. Uma vez avaliadas as condições da tubulação, pode ser necessário que seja feito algum tipo de reparo, e então são elaborados procedimentos que visam restabelecer a integridade estrutural.

Os engenheiros de materiais são especialistas em suas propriedades, suas limitações e suas aplicabilidades. São eles quem determinam quais materiais se encaixam melhor para determinada função.

A análise mecânica abrange a avaliação analítica por parte do engenheiro utilizando diversas técnicas, como elementos finitos e mecânica da fratura. A maioria dos especialistas em análise mecânica têm conhecimento em análise de tensões e flexibilidade, e este trabalho será focado neste tópico.

### 2.1.3 Aplicação das normas de projeto de tubulação

A *American National Standard Code for Pressure Piping* (ASME B31) é a norma geral que inclui prescrições e dados sobre projeto, cálculo de espessuras, de flexibilidade e de componentes especiais, seleção e limitações de materiais, conexões, tensões admissíveis, fabricação, montagem, testes e inspeção de tubulações de diversas classes de pressão (Telles, 2001).

Sua edição atual está dividida nas seguintes seções:

- ASME B31.1 (2020) – “*Power Piping*” – Tubulações em instalações de geração de vapor
- ASME B31.3 (2020) – “*Process Piping*” – Tubulações de processo (refinarias, indústrias químicas e petroquímicas)
- ASME B31.4 (2019) – “*Pipeline transportation System for Liquids and Slurries*” – Tubulações de transporte (petróleo e mineração)
- ASME B31.5 (2019) – “*Refrigeration Piping and Heat Transfer Components*” – Tubulações de refrigeração
- ASME B31.8 (2018) – “*Gas Transmission and Distribution Piping System*” – Tubulações de transporte e distribuição (gás natural) (2016)
- ASME B31.9 (2020) – “*Building Services Piping*” – Tubulações em instalações prediais (2014)
- ASME B31.12 (2019) – “*Hydrogen Piping and Pipelines*” – Tubulações e dutos de hidrogênio gasoso e líquido (2014)

Este estudo consiste na análise de uma tubulação de processo na classe de 600 libras. Sendo assim, a metodologia que abrange os conceitos e cálculos para este estudo é o código ASME B31.3.

## **2.2 ESFORÇOS MECÂNICOS ATUANTES NAS TUBULAÇÕES**

### **2.2.1 Carregamentos atuantes na tubulação**

Segundo França Filho (2013), toda tubulação comporta-se mecanicamente como uma estrutura e, portanto, está sujeita a diversas solicitações, como tração, compressão, flexão, torção etc.

Durante o projeto de uma tubulação, o ideal seria prever todos os tipos de carregamentos que podem atuar sobre aquela estrutura para levá-los em consideração em sua análise detalhada, esteja ela vazia, submetida a teste hidrostático, conectada a um equipamento rotativo em operação, ou até mesmo sob a ação de ventos ou terremotos, por exemplo.

Entretanto, segundo Telles (2006), o cálculo rigoroso da ação simultânea de todas as cargas atuantes é bastante difícil e raramente justifica-se fazê-lo. Portanto, na prática, é suficiente levar em conta apenas a ação de cargas predominantes, tais como: pressão (interna ou externa); pesos (próprio, do fluido, do isolamento térmico,



de válvulas etc.) e sobrecargas (estruturas apoiadas); teste hidrostático (principalmente para tubulações em que o fluido de operação é gasoso); e efeito combinado das dilatações da própria tubulação ou equipamentos conectados a ela.

As cargas às quais um sistema de tubulação pode estar sujeito podem ser divididas em três tipos:

- Cargas de serviço: originadas por forças mecânicas durante a operação da tubulação devido ao peso próprio e à pressão interna, por exemplo.
- Cargas ocasionais: ocorrem esporadicamente durante a operação do sistema, não são constantes. Podem ser ocasionadas por fatores externos ou internos, como ventos, vibrações, golpes de aríete decorrentes de abertura/fechamento de válvulas, etc.
- Cargas de expansão térmica: decorrentes do movimento de dilatação térmica da tubulação.

### 2.2.2 Tensões atuantes nas paredes dos tubos

Como consequência das solicitações decorrentes dos carregamentos citados no tópico anterior, a tubulação se deforma, dando origem a esforços e tensões que traduzem seu comportamento estrutural (França Filho, 2013).

O estado de tensões em cada elemento da parede de um tubo submetido a uma série de cargas simultâneas é caracterizado por três tensões normais (longitudinal –  $\sigma_L$ ; circunferencial –  $\sigma_C$ ; e radial –  $\sigma_r$ ) e três tensões tangenciais de cisalhamento –  $\tau_T$  (TELLES, 2006), ilustradas na figura 3.

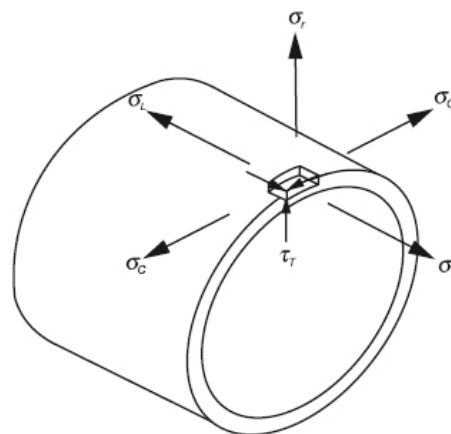


Figura 3 - Tensões em um elemento infinitesimal na parede de um tubo

Fonte: França Filho, 2013

Segundo França Filho (2013) e a ASME B31.3 (2018):

- a. A tensão circunferencial ( $\sigma_c$ ) ocorre devido à pressão (*hoop stress*) ou ao contato com apoios da tubulação e é capaz de provocar o rompimento do tubo ao longo de sua geratriz. Ela pode ser calculada a partir da equação ( 1 ):

$$\sigma_c = \frac{PD}{2t} \quad ( 1 )$$

Onde:

$P$ : pressões interna de projeto

$D$ : diâmetro externo do tubo

$t$ : espessura nominal do tubo

- b. A tensão longitudinal ( $\sigma_L$ ) atua paralelamente ao eixo do tubo, é composta por diversas parcelas decorrentes da pressão, flexão e esforços axiais, principalmente, e ela tende a romper o tubo ao longo de sua sessão circunferencial. Seu valor é obtido a partir da equação ( 2 ):

$$\sigma_L = \sqrt{(|\sigma_a| + \sigma_b)^2 + 2\tau_T^2} \quad ( 2 )$$

Onde:

$\sigma_a$ : tensão longitudinal devido as forças axiais ( $\sigma_a = \sigma_{a1} + \sigma_{a2} + \sigma_{a3}$ )

$\sigma_b$ : tensão longitudinal devido a momentos de flexão

$$\sigma_{a1} = \frac{PD}{4t} \quad ( 3 )$$

$$\sigma_{a2} = \frac{L}{10Z} [qL + 2(Q + W)] \quad ( 4 )$$

$$\sigma_{a3} = \frac{fat}{A} \quad ( 5 )$$

$$\sigma_b = \frac{\sqrt{(I_i M_i)^2 + (I_o M_o)^2}}{Z} \quad ( 6 )$$

Em que:

$\sigma_{a1}$ : tensão longitudinal de pressão interna

$\sigma_{a2}$ : tensão longitudinal de pesos próprios

$\sigma_{a3}$ : tensão longitudinal de atrito

$L$ : vão entre apoios

$q$ : soma das cargas distribuídas

$Q$ : carga concentrada

$W$ : sobrecarga no meio do vão

$f_{at}$ : força de atrito entre tubo e suporte

$Z$ : módulo da seção transversal do tubo ( $A = \pi R^2 t$ )

$A$ : área da seção transversal do tubo ( $A = \pi R^2$ )

$I_i$ : fator de intensificação de tensão no plano

$M_i$ : momento torsor no plano (Figura 4)

$I_o$ : fator de intensificação de tensão fora do plano

$M_o$ : momento torsor fora do plano (Figura 4)

- c. A tensão radial ( $\sigma_r$ ) resulta exclusivamente da pressão e é considerada desprezível.
- d. E a tensão cisalhante ( $\tau_T$ ) é decorrente do momento torsor (provocado pela expansão térmica e por movimentos de bocais) e da tensão de cisalhamento na flexão, também normalmente desconsiderada nas análises de flexibilidade das tubulações. Ela pode ser calculada pela equação ( 7 ):

$$\tau_T = \frac{I_t M_t}{2Z} \quad ( 7 )$$

Onde:

$I_t$ : fator intensificador de tensão (adotar valor igual a 1)

$M_t$ : momento torsor (Figura 4)

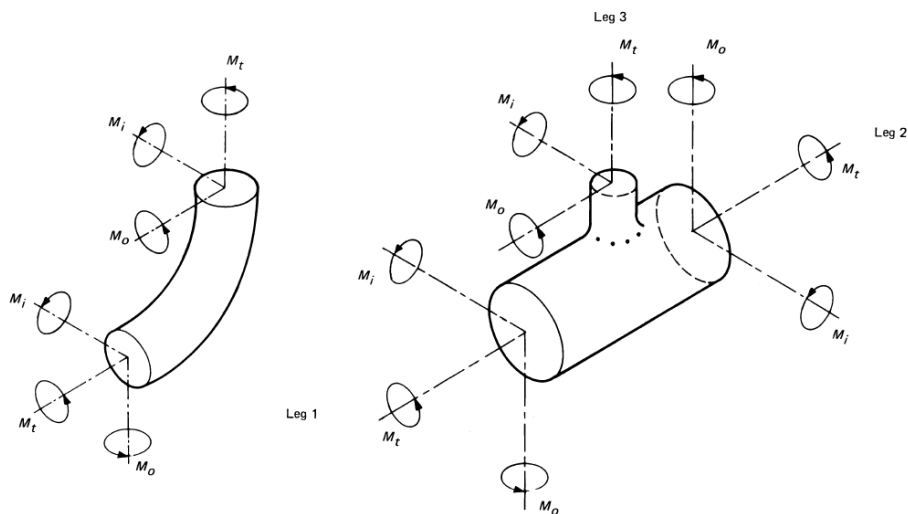


Figura 4 - Tensões atuantes em curvas e interligação de ramal

Fonte: ASME, 2018

Conforme a ASME B31.3 (2018), antes da operação inicial, cada sistema de tubulação deve ser testado para garantir sua resistência mecânica e estanqueidade. Deve ser realizado também um ensaio no qual a tubulação estará submetida às ações do peso da água e da pressão de teste hidrostático.

### **2.2.2.1 Tensões Primárias e Secundárias**

Dentre os carregamentos citados anteriormente, é possível dividi-los em dois tipos básicos: aqueles cujas deformações aumentam sucessivamente sem limites até provocar o colapso da tubulação, e aqueles cujas deformações são autolimitantes ou que são limitadas pelas condições de contorno do sistema e não provocam o colapso (FRANÇA FILHO, 2013).

As tensões denominadas primárias são decorrentes de carregamentos permanentes. Elas produzem deformações continuamente crescentes devido ao valor constante das solicitações atuantes e à sua característica não-autolimitante, ou seja, elas têm um valor diretamente proporcional à carga de que se originam (TELLES, 2006).

Tensões primárias são capazes de levar a tubulação ao colapso de duas formas: i) ao longo da sua seção longitudinal, causado principalmente pela pressão interna; ii) ao longo de sua seção transversal, provocado pela ação das diversas parcelas do peso próprio e demais esforços induzidos por suportes ou juntas flexíveis (FRANÇA FILHO, 2013).

Exemplos de tensões primárias:

- Tensão média no casco cilíndrico ou esférico devido à pressão interna ou à carga distribuída;
- Tensões de flexão num tampo devido à pressão interna;
- Tensões longitudinais devidas ao peso próprio da tubulação, peso próprio de seus componentes, vento, sobrecargas, e quaisquer esforços que estejam sendo impostos à tubulação.

Segundo França Filho (2013), diferentemente das tensões primárias, as secundárias são tensões decorrentes de deformações autolimitantes ou que são limitadas pelas condições de contorno do sistema e, portanto, seu efeito tende a

diminuir ao longo do tempo. Quando a tensão atinge o escoamento, ainda está longe de ocorrerem falhas.

Exemplos de tensões secundárias:

- Tensões devido a expansão/contração térmica;
- Tensões devido a mudanças de geometria;
- Tensões devido a mudanças de espessura e material.

As principais parcelas das tensões secundárias citadas acima são tensões cisalhante e longitudinal decorrente de esforços axiais e de deformação (expansão/contração) térmica. No caso ideal de uma tubulação inteiramente livre para dilatações e movimentos, as tensões secundárias não existiriam, enquanto as primárias devidas a cargas como pesos, pressão, entre outras, existem sempre (TELLES, 2006).

Os códigos de projeto de tubulação consideram que tensões primárias e secundárias devem ser analisadas isoladamente, por ambas apresentarem naturezas distintas e para facilitar a aplicação de limites de tensões admissíveis de tensões específicos para cada uma delas (FRANÇA FILHO, 2013).

### **2.2.2.2 Relaxamento espontâneo**

Ao contrário das tensões decorrentes de carregamentos permanentes, as tensões decorrentes de variação de temperatura (tensões secundárias) podem atingir níveis elevados o suficiente para produzir o escoamento em vários pontos da tubulação que tendem a diminuir com o tempo, enquanto a deformação é mantida constante (FRANÇA FILHO, 2013).

A Figura 5 a seguir ilustra exatamente como acontece a variação de tensões térmicas durante um ciclo de operação do tubo.

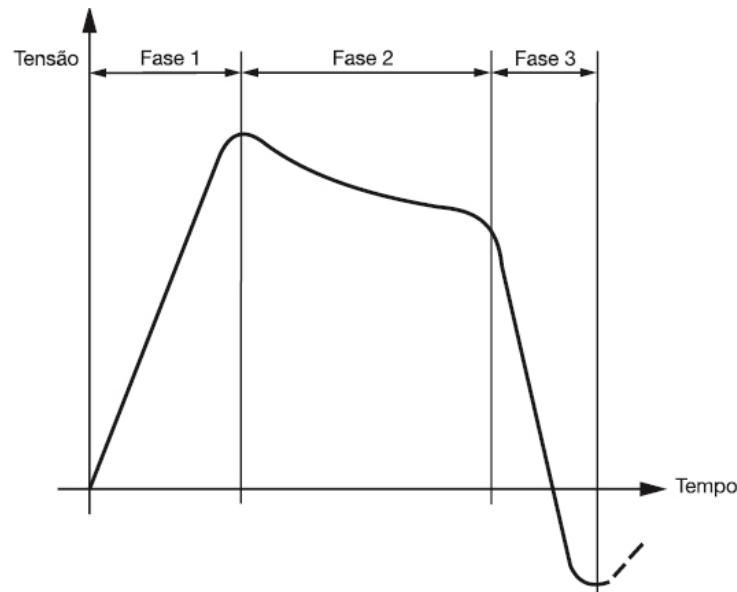


Figura 5 - Ciclo de comportamento das tensões térmicas

Fonte: França Filho, 2013

Telles (2006) explica que, na fase um, é onde o sistema começa a ser aquecido e ocorre o aparecimento e elevação das tensões internas e reações com as ancoragens de acordo com a expansão térmica. Durante a fase dois, tensões internas do tubo tornam-se suficientes para causar deformações e, conseqüentemente, ocorre uma redução das tensões. Por fim, na fase três, quando o tubo é retirado de operação e resfria, portanto, aparecem tensões e reações de sentido contrário às iniciais, que tendem a encurtar o tubo para fazê-lo voltar à forma original.

Ao replicar esse comportamento para os ciclos subseqüentes, a tensão máxima positiva tende a diminuir assintoticamente assim como a tensão máxima negativa tende a aumentar, como ilustrado na Figura 6. Assim, depois de um tempo, a amplitude de variação dos máximos positivo e negativo – o chamado *Stress Range* ( $S_r$ ) – torna-se aproximadamente constante (TELLES, 2006).

Segundo França Filho (2013), a norma considera mandatário estabelecer um limite para o *Stress Range* para que a tubulação possa operar com segurança por um determinado número de ciclos de vida útil, o chamado limite admissível para tensões secundárias ( $S_A$ ).

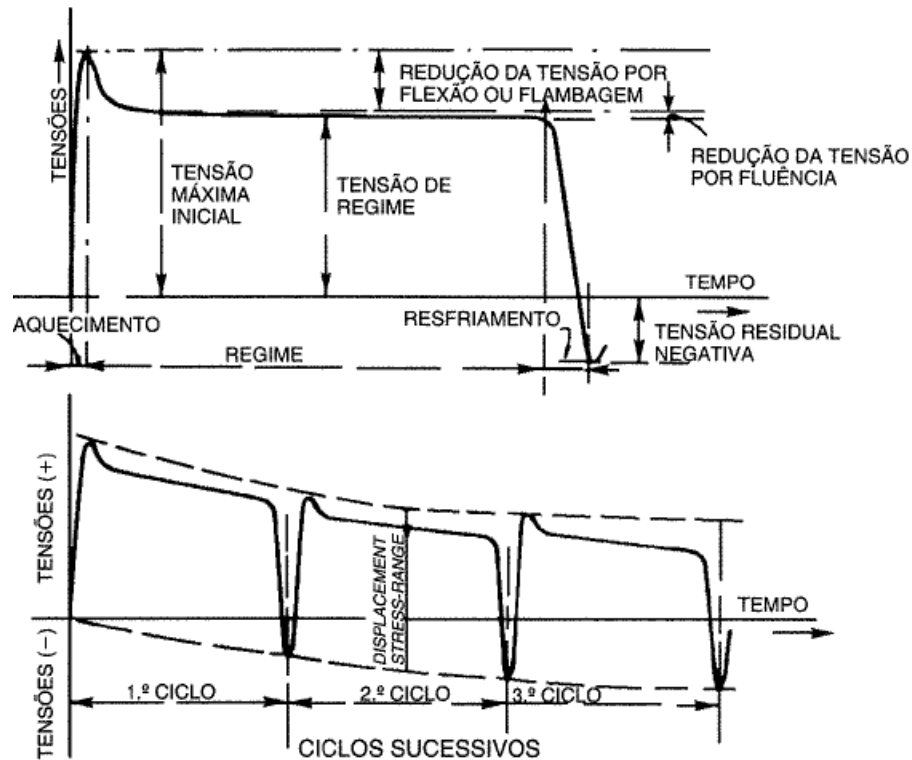


Figura 6 - Curva de variação das tensões em função do tempo

Fonte: Telles, 2006

### 2.2.2.3 Tensões Admissíveis e Coeficientes de Segurança

Denominam-se tensões admissíveis os valores limites de tensões que se adotam para o cálculo da tubulação quando considerada como um elemento estrutural, de acordo com seu material, classe de pressão e temperatura. As tensões admissíveis devem, evidentemente, ser menores que os limites de resistência e de escoamento do material na temperatura considerada e, assim, o seu cálculo é dado pela razão entre esse limite de escoamento pelo coeficiente de segurança.

As normas usualmente empregadas no dimensionamento mecânico de tubulações fornecem valores das tensões admissíveis básicas para os diversos materiais em função da temperatura de projeto (FRANÇA FILHO, 2013).

Segundo a ASME B31.3 (2018), o menor dos principais limites na temperatura considerada ou na ambiente (**a.** um terço do limite de resistência à tração; **b.** até 90% do limite de escoamento; **c.** dois terços do limite de escoamento) determina o valor da tensão admissível básica à tração, salvo algumas exceções.

De acordo com França Filho (2013), os limites admissíveis de tensão aplicados às tubulações têm como principais objetivos:

- Para as tensões primárias: evitar a deformação plástica e criar um fator de segurança para o colapso do tubo por pressão.
- Para as tensões secundárias: evitar que o acúmulo de deformação plástica conduza progressivamente à falha e tornar válida a aplicação da análise elástica quando se desenvolve a avaliação da fadiga.

Como citado no último parágrafo da seção 2.2.2.1, as tensões citadas acima possuem limites admissíveis distintos e, por isso, são analisadas separadamente.

### 2.2.3 Deslocamentos máximos

Para que a estabilidade de uma tubulação em operação seja assegurada, os deslocamentos provocados pelas ações dos carregamentos sobre ela devem estar dentro da norma. Existem padrões de vão entre suportes, comprimentos de flechas e distância entre linhas paralelas, ou seja, para os deslocamentos nos três eixos do tubo.

#### 2.2.3.1 Vão entre suportes e distância entre tubos

O vão máximo entre dois suportes de uma tubulação horizontal é limitado pela tensão máxima de flexão e pela flecha máxima. Estas, por sua vez, dependerão, em cada caso, do sistema de suportes e do tipo de carregamento. Segundo Telles (2006), há como calcular esse vão máximo de forma simplificada ao considerar o tubo como uma viga contínua com carga distribuída e dois apoios simples, a partir da equação ( 8 ):

$$L = \sqrt{\frac{10ZS_v}{q}} \quad ( 8 )$$

Onde:

$L$  é o vão máximo entre suportes (m)

$Z$  é o momento resistente da seção transversal do tubo (cm<sup>3</sup>)

$S_v$  é a tensão máxima de flexão (MPa)

$q$  é a soma das cargas distribuídas (N/m)

Entretanto, para maior agilidade durante a execução de um projeto de tubulação, recorre-se a tabelas de normas consolidadas neste ramo, como a da norma N-57 da Petrobras, apresentada na Tabela 1.



Tabela 1 - Vãos Máximos entre Suportes de Tubulação (“On Site”)

Diâmetro nominal			Vãos máximos						
			Tubo + água	Tubo + água + isolamento					
			Temperatura ambiente	35 °C a 200 °C		201 °C a 330 °C		331 °C a 400 °C	
Espessura		Vão	Isol.	Vão	Isol.	Vão	Isol.	Vão	
DN	NPS	SCH	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(m)	(mm)	(m)
450	18	10	10,4	63	10,0	114	9,7	140	9,4
450	18	20	11,0	63	10,6	114	10,3	140	10,0
450	18	STD	11,4	63	11,0	114	10,7	140	10,4
450	18	30	11,8	63	11,4	114	11,0	140	10,8
450	18	XS	12,0	63	11,6	114	11,3	140	11,0
450	18	40	12,3	63	11,9	114	11,5	140	11,2
450	18	60	12,7	63	12,4	114	12,0	140	11,7
450	18	80	13,0	63	12,7	114	12,3	140	12,1
450	18	100	13,3	63	12,9	114	12,6	140	12,3
450	18	120	13,4	63	13,1	114	12,8	140	12,5
450	18	140	13,5	63	13,1	114	12,9	140	12,6
450	18	160	13,6	63	13,2	114	12,9	140	12,7
600	24	10	11,4	63	11,1	114	10,7	140	10,5
600	24	20	12,6	63	12,2	114	11,9	140	11,6
600	24	XS	13,4	63	13,0	114	12,6	140	12,3
600	24	30	13,7	63	13,2	114	12,9	140	12,6
600	24	40	14,1	63	13,7	114	13,4	140	13,1
600	24	60	14,7	63	14,3	114	14,0	140	13,7
600	24	80	15,1	63	14,7	114	14,4	140	14,1
600	24	100	15,4	63	15,0	114	14,7	140	14,4
600	24	120	15,5	63	15,2	114	14,9	140	14,6
600	24	140	15,6	63	15,3	114	15,0	140	14,7
600	24	160	15,7	63	15,3	114	15,0	140	14,8

Fonte: Adaptado de Petrobras, 2017

Além disso, com a atual acessibilidade de tecnologia nas palmas das nossas mãos, há inclusive aplicativos confiáveis (como o PipeData-Plus, Figura 7 - Vão entre suportes e distância entre tubos paralelos) nos quais é possível inserir dados como diâmetro nominal, espessuras do tubo e da camada de isolamento térmico, classe, material, e se o tubo está cheio ou vazio, e ele prontamente fornece o vão máximo para estas condições. O mesmo é possível para encontrar rapidamente a distância mínima entre dois tubos paralelos, como mostrado abaixo:

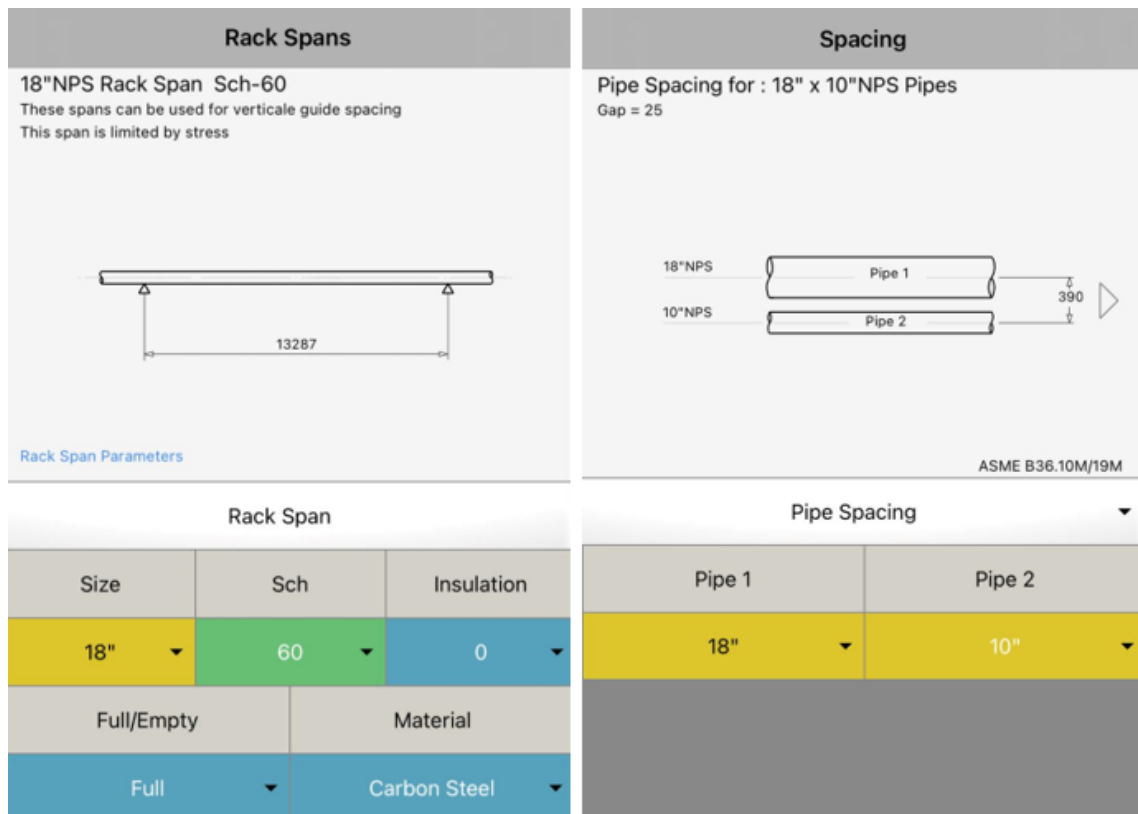


Figura 7 - Vão entre suportes e distância entre tubos paralelos

Fonte: PipeData-Plus, 2021

Vale lembrar que, geralmente, uma mesma base ou suporte são utilizados para diversas tubulações paralelas, portanto, o vão máximo deve equivaler ao menor valor encontrado dentre elas.

#### 2.2.4 Esforços sobre os bocais de vasos e equipamentos

Nos cálculos de flexibilidade, além dos pontos de restrição de movimento, devem ser considerados também os pontos extremos das tubulações ligados a bocais de vasos ou equipamentos.

Telles (2006) enfatiza que os esforços da tubulação sobre os bocais de equipamentos rotativos (bombas, compressor e turbinas etc.) podem causar vazamentos, desgaste excessivo de gaxetas, mancais e buchas, ou mesmo empenos em eixos e hastes. No entanto, é de extrema importância a obtenção dos valores máximos admissíveis dos esforços exercidos até mesmo sobre bocais de equipamentos estáticos (vasos, tanques, trocadores de calor, entre outros).

O cálculo numérico exato desses valores pela Resistência dos Materiais é bastante complexo e trabalhoso. Recomenda-se, então, procurar obter diretamente

do fabricante esses valores máximos admissíveis ou enviar a ele a verificação final dos carregamentos impostos utilizando os critérios apresentados pela norma para que possa ser mantida a responsabilidade do fabricante sobre a máquina.

Vale ressaltar que é conveniente que os esforços sobre os bocais sejam predominantemente perpendiculares ao eixo do equipamento, para que os esforços axiais e os momentos fletores e de torção sejam reduzidos através de um traçado adequado da tubulação (TELLES, 2006).

### **2.2.5 Rigidez e Flexibilidade**

Enquanto rigidez é a capacidade da tubulação de resistir a deformações, a flexibilidade consiste na sua capacidade de absorver movimentos provocados pelas deformações (expansão ou contração) térmicas. Isto é, a rigidez equivale à quantidade de forças e momentos necessários para produzir um deslocamento, e a flexibilidade, ao deslocamento necessário para garantir forças e momentos contrários para reduzir as tensões no sistema.

Telles (2006) defende que as linhas devem ter flexibilidade suficiente para absorverem as dilatações térmicas. Entretanto, não convém que ela seja excessiva, pois comprimentos exagerados apresentam maiores perdas de carga e de calor, além de aumentarem o valor do custo total de materiais e de instalação de tubulações, suportes e fundações.

## **2.3 MELHORIA DA FLEXIBILIDADE DAS TUBULAÇÕES**

Quando os resultados dos cálculos das tensões atuantes e reações consequentes de expansão/contração térmica forem considerados insatisfatórios, é necessário adequar a tubulação para que ela fique dentro dos padrões aceitáveis pelas normas.

França Filho (2013) considera como os principais meios para atenuar os efeitos das tensões e deformações sobre uma tubulação:

- a. a modificação da localização e/ou dos tipos de restrições intermediárias – levando em conta que estas devem estar o mais próximo possível de cargas concentradas (válvulas e acessórios);

- b. a inclusão de novas restrições ou elementos deformáveis (juntas de expansão) para manter o alinhamento da tubulação sujeita a expansão/contração térmica;
- c. modificação no traçado da tubulação com adição de curvas; e atenuação do atrito entre tubo e apoio.

### **2.3.1 Suportes de Tubulação**

Os suportes de tubulação são parte integrante da análise de flexibilidade, através da qual são definidos, selecionados e localizados nas tubulações. O termo “suporte” é utilizado para se referir a todos os tipos de restrições de movimento utilizados em uma tubulação, e não apenas aos elementos utilizados para suportar seu peso próprio, os chamados apoios (FRANÇA FILHO, 2013).

Bailona *et al.* (2006) afirma que tubulações industriais necessitam de aparatos que as sustentem estavelmente, que sejam capazes de absorver ou transmitir reações provenientes de dilatação térmica de si mesmas ou dos equipamentos a elas conectados, assim como restringir ou guiar seus movimentos e absorver vibrações.

Entretanto, Telles (2009) afirma que nenhum desses suportes impede de maneira total os movimentos que teoricamente deveria impedir, pois, para que isso fosse possível, seria necessário rigidez absoluta do suporte e imobilidade da estrutura a que ele esteja ligado, o que não acontece na prática.

Embora qualquer restrição aos movimentos tenda a diminuir a flexibilidade das tubulações, seu uso é frequentemente necessário para diversas finalidades, como proteger pontos fracos do sistema (tubulações e equipamentos), evitar interferências entre tubos e outras estruturas locais, além de assegurar a movimentação ideal da tubulação em operação previstos no projeto dentro de limites aceitáveis (TELLES, 2009).

Para Bailona *et al.* (2006), os principais critérios utilizados na seleção desses suportes são a finalidade a que se destinam, a magnitude da carga que deverão absorver e as limitações referentes ao espaço disponível e à posição. Dentre todos os tipos de suporte existentes, eles podem ser divididos da seguinte forma em relação às suas finalidades de emprego: restrição aos movimentos de translação e aos movimentos de rotação (ou ambos ao mesmo tempo).

#### **2.3.3.1 Restrição aos movimentos de translação**

Há dois tipos de suportes que limitam os movimentos translacionais axiais de tubulações (Figura 8), são eles os batentes e as travas (comumente chamadas de guias longitudinais). Os batentes limitam o movimento em um sentido só e as travas, em ambos os sentidos.

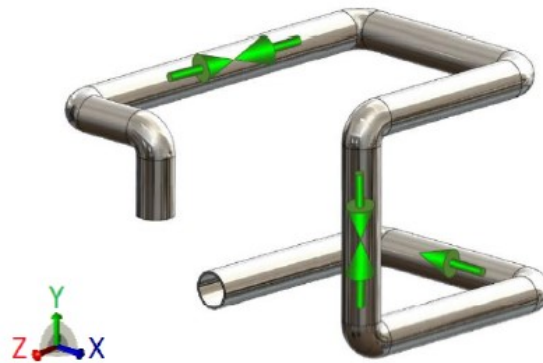


Figura 8 - Representação dos esforços absorvidos por travas e batentes

Fonte: Farias Júnior, 2017

O caso típico de emprego dos batentes (e/ou travas) é a proteção de pontos fracos e de equipamentos e orientação de dilatações térmicas. Também são muito utilizados para absorver o empuxo de reação de abertura de válvulas de segurança (TELLES, 2009).

Esse tipo de restrição é normalmente soldado diretamente na tubulação, como ilustra a figura 9 a seguir.

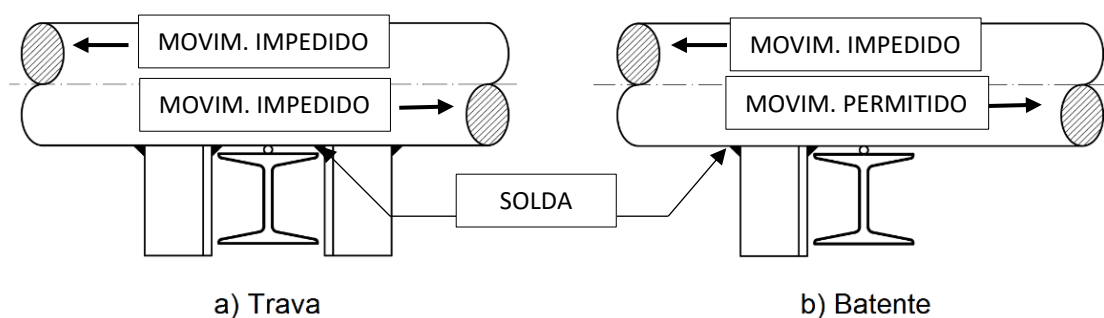


Figura 9 - Trava e Batente

Fonte: Adaptado de Telles, 2009

O apoio simples, que tem a finalidade de sustentar o peso da tubulação, apesar de não ser um suporte de restrição longitudinal, pode gerar uma reação contrária à dilatação térmica, por exemplo, devido ao atrito entre tubo e superfície do suporte. Entretanto, são comumente utilizados vergalhões entre os dormentes (que são esses

suportes simples e diretos) para diminuir a área de contato entre tubo e suporte. Em contrapartida, há os suportes que aumentam essa área de contato (sapatas, pedestais etc.) justamente para utilizar o atrito como modo de restringir o movimento de tubulações com caimento no sentido vertical descendente.

### 2.3.3.2 Restrição aos movimentos laterais

Os dispositivos utilizados para impedir os movimentos laterais em um ou dois eixos são chamados de guias. Elas servem de orientação para que o tubo se mantenha alinhado e não translade transversalmente, como ilustrado na figura 10.

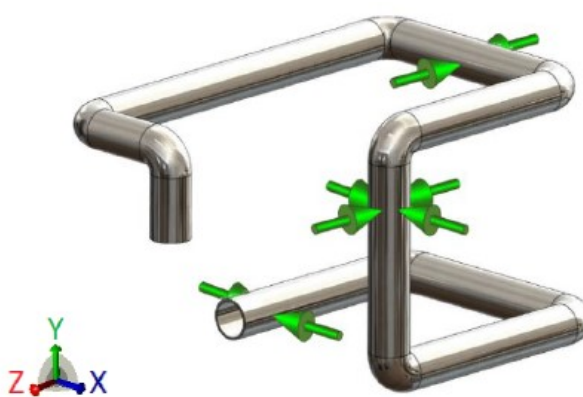


Figura 10 - Representação dos esforços absorvidos por guias

Fonte: Farias Júnior, 2017

As guias para tubos horizontais (Figura 11 (a)) consistem, na maioria das vezes em barras chatas ou perfis em L (a depender da particularidade da linha, da presença de isolamento térmico ou não, por exemplo) soldados na viga ou chapa de apoio com uma pequena folga entre ela e o tubo para que não haja atrito entre eles. Há também casos em que são utilizados vergalhões em formato de U (os chamados grampos) aparafusados à viga ou chapa de apoio sem aperto contra o tubo.

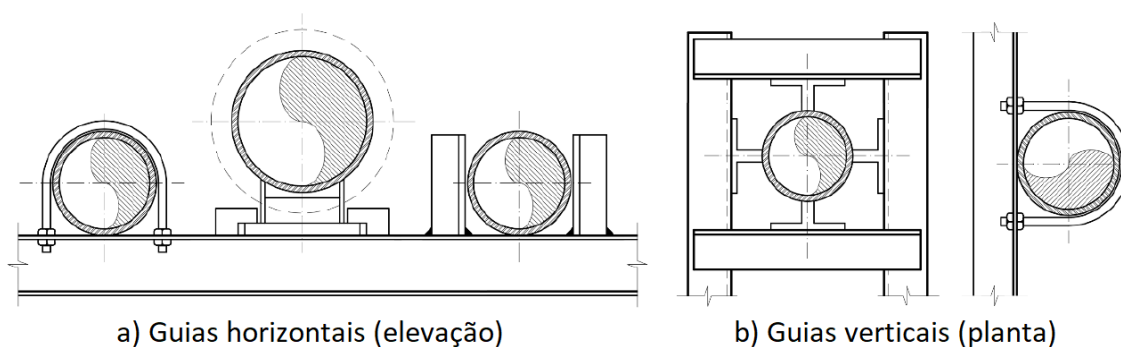


Figura 11 - Tipos de guias longitudinais horizontais e verticais

Fonte: Adaptado de Telles, 2009

As guias para tubos verticais, como mostrado na Figura 11 (b), devem limitar os movimentos transversais da tubulação em duas direções ortogonais. O mesmo acaba acontecendo com os grampos utilizados como guias horizontais, mas, para este caso, não há necessidade de restrição do movimento vertical, pois o próprio peso da tubulação se encarrega disso.

O emprego mais comum desse tipo de suporte é em trechos retos longos em média a cada 3 apoios principalmente quando de tubulações de pequenos diâmetros, para manter o alinhamento do tubo e evitar vibrações.

### 2.3.3.3 Restrição ao movimento rotacional-translacional

Os dispositivos que têm como finalidade restringir simultaneamente os movimentos de translação e rotação de uma tubulação são chamados ancoragens. Elas funcionam como uma combinação das restrições anteriormente descritas, representadas na Figura 12. Os *three ways* são um tipo de suporte muito parecido, porém eles permitem o movimento rotacional em torno da geratriz do tubo.

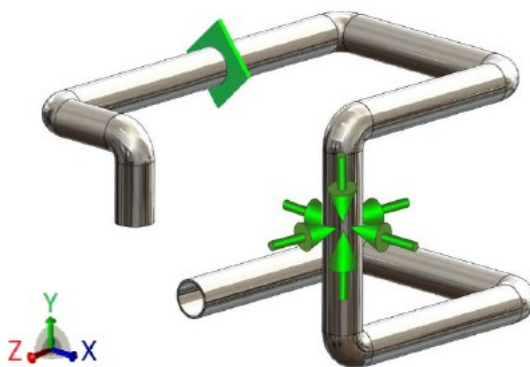


Figura 12 - Representação dos esforços absorvidos por *three ways* e ancoragens

Fonte: Farias Júnior, 2017

Vale ressaltar que o uso de dispositivos de ancoragem deve ser limitado apenas aos casos em que haja necessidade de se impedir totalmente a propagação de esforços e vibrações, porque esse tipo de dispositivo restringe muito a flexibilidade natural da tubulação (TELLES, 2009).

O uso de ancoragens é empregado principalmente nos casos de subdivisão de linhas longas, tubulações com juntas de expansão, limite de áreas, entre outros. E o seu tipo de geometria pode variar de acordo com a necessidade, podendo ser

diretamente soldada ao tubo ou fixada por meio de braçadeiras, como demonstrado na figura 13.

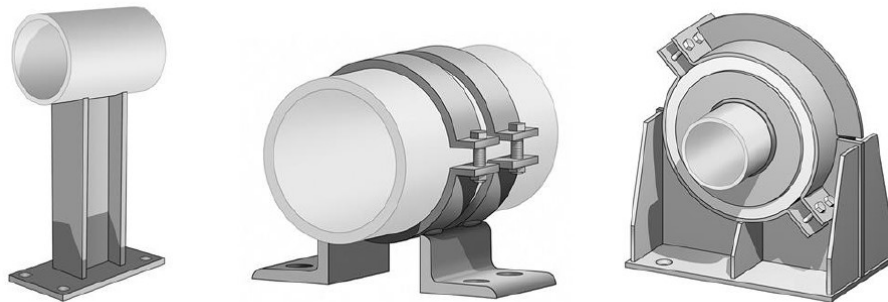


Figura 13 - Tipos de ancoragens

Fonte: Metraflex, 2021

### 2.3.2 Deslocamento dos pontos de fixação

Os movimentos dos pontos extremos da tubulação em decorrência da dilatação própria dos equipamentos têm um efeito semelhante à dilatação da própria tubulação (TELLES, 2006), porque também causam deformações por flexão e torção.

Há casos em que a dilatação do equipamento pode agravar, e casos em que ela pode atenuar o efeito da dilatação quando olhando um aspecto geral da combinação das dilatações dos equipamentos e das tubulações conectadas.

Quando o movimento do bocal se dá no mesmo sentido da dilatação da tubulação (Figura 14 (b), de B para B'), os dois efeitos estariam se compensando e atenuando simultaneamente. Já caso esse movimento se dá no sentido contrário (Figura 14 (c), de B para B''), agravará este efeito (TELLES, 2006).

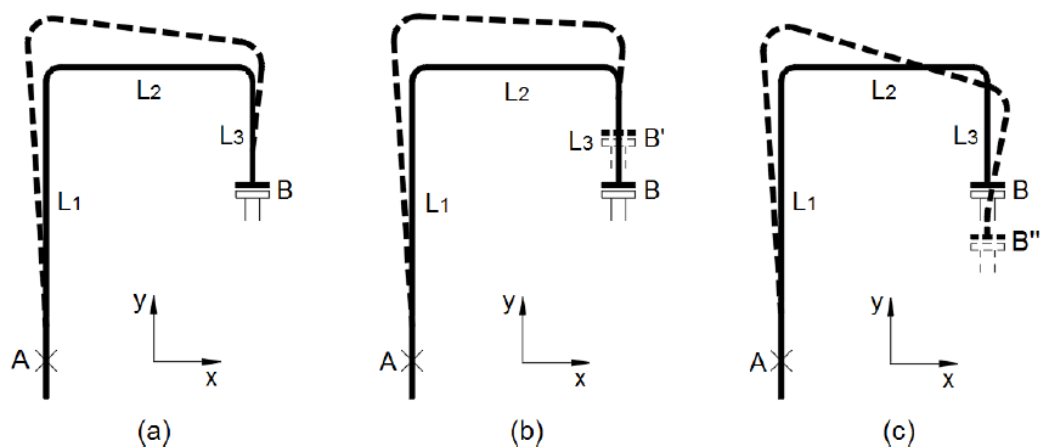


Figura 14 - Dilatação com deslocamento das extremidades

Fonte: Adaptado de Telles, 2006



Isto se dá porque, tomando como premissa que o ponto B (bocal) esteja livre para se movimentar, e levando em conta o traçado da linha como na Figura 14 (a), este ponto tende a se mover no sentido positivo de  $y$ , pois  $L1 > L3$ . Portanto, o movimento ideal para que as dilatações se compensem é neste sentido.

### 2.3.3 Curvas de expansão

De modo geral, a flexibilidade de uma tubulação será tanto maior quanto mais o seu traçado se afastar da reta que une seus pontos extremos de fixação (TELLES, 2006), ilustrada na Figura 15.

Essas mudanças de direção ajudam a tubulação a absorver os deslocamentos decorrentes de dilatação térmica, atenuando as tensões provenientes de deformações, forças e momentos de reações sobre os pontos de fixação ou suportação.

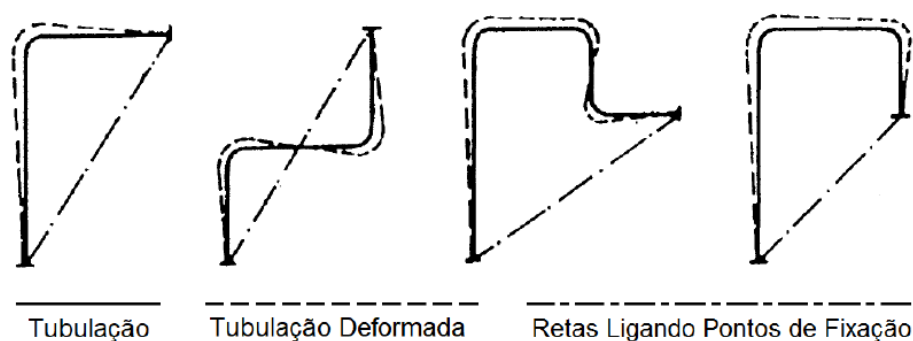


Figura 15 - Traçados com mudanças de direção

Fonte: Adaptado de Telles, 2006

Em qualquer tubulação, a contribuição de cada trecho para a flexibilidade total será proporcional à sua distância média com o eixo neutro da configuração, sendo este uma linha reta paralela à direção das resultantes das reações exercidas pela tubulação sobre os pontos de apoio e fixação.

Assim, quanto mais centrado estiver o eixo neutro em relação ao traçado da tubulação, menores e mais equilibradas serão as tensões no sistema (TELLES, 2006).

A Figura 16 mostra exemplos da localização do eixo (ou linha) neutro(a) em algumas configurações simples. Em trechos planos, a linha neutra sempre corta a tubulação em pelo menos dois pontos, já nas configurações tridimensionais, o eixo neutro pode ou não passar por algum ponto da tubulação.

Esses pontos de interseção entre tubulação e linha neutra são os chamados pontos de inflexão e, neles, as tensões e os momentos fletores são nulos.

Sempre que possível, é mais vantajoso optar pelas configurações tridimensionais, pois elas são geralmente mais flexíveis quando comparadas com traçados planos de mesmo comprimento total. Telles (2006) explica que isso acontece porque o efeito de torção é cerca de 30% mais eficiente que o de flexão em questão de flexibilidade.

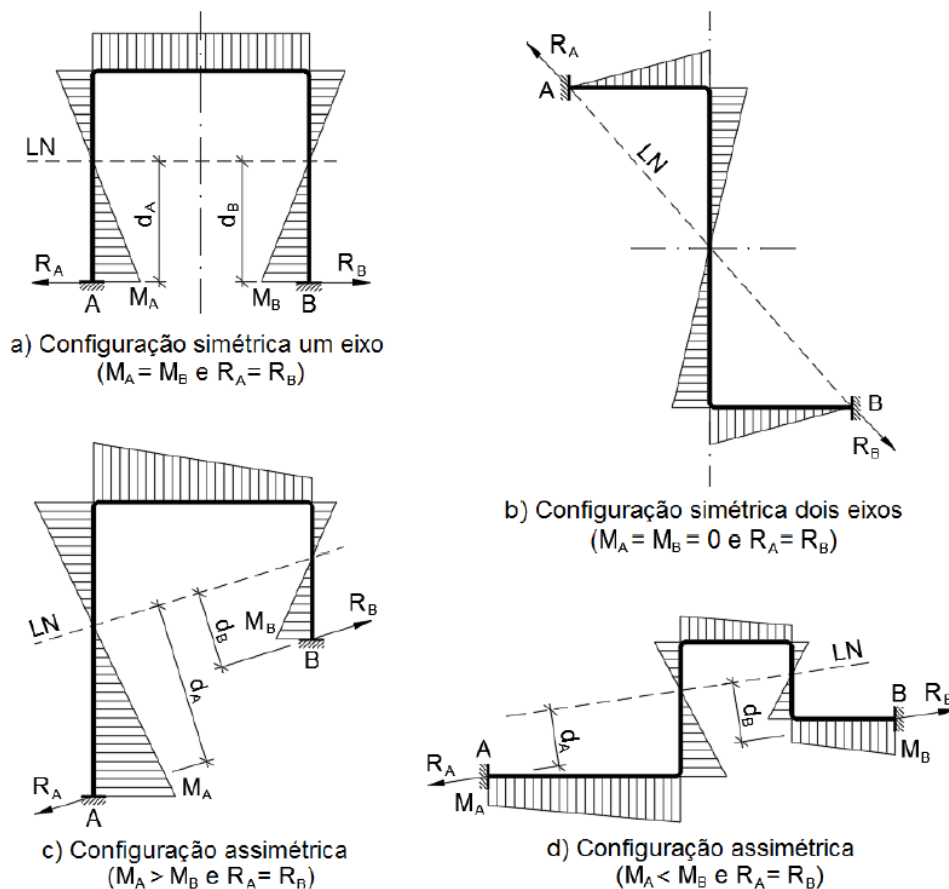


Figura 16 - Localização da linha neutra (LN) em trechos planos

Fonte: Adaptado de Telles, 2006

### 2.3.4 Juntas de expansão

Juntas de expansão são peças deformáveis com a finalidade de absorver total ou parcialmente as dilatações/contrações térmicas e, em alguns casos, de impedir a propagação de vibrações ou de esforços mecânicos (TELLES, 2009).

A Figura 17 mostra os três tipos fundamentais de movimentos que uma junta de expansão pode ter, sendo eles: o axial (compressão ou distensão), o angular e o lateral (*off-set*).

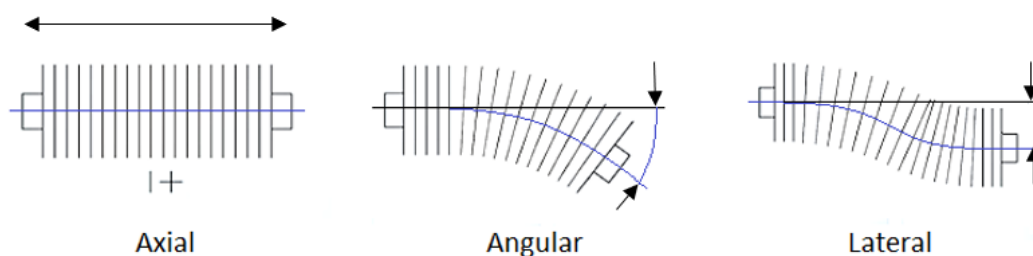


Figura 17 - Tipos de movimentos das juntas de expansão

Fonte: Adaptado de Grupo Witzenmann, 2012

Dentre eles, o movimento axial é o mais comum, por ser proveniente de tubulações com dilatação térmica. Os movimentos angular e lateral são característicos de juntas situadas entre dois vasos ou equipamentos. Alguns exemplos desses movimentos podem ser vistos na Figura 18.

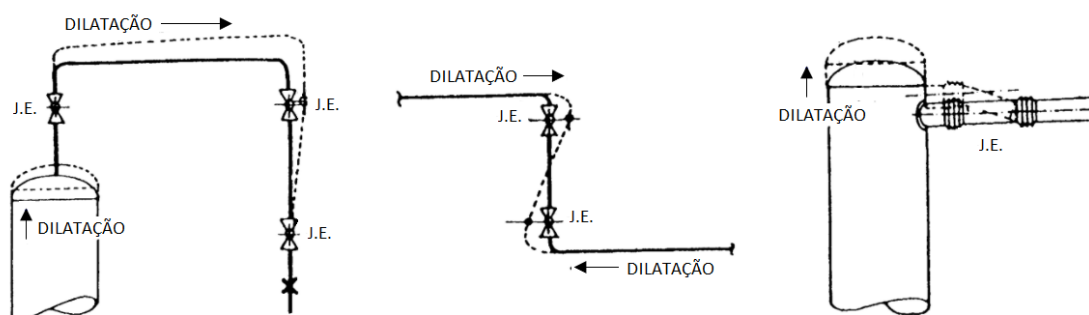


Figura 18 - Exemplos de movimentos axial, angular e lateral

Fonte: Adaptado de Telles, 2009

Apesar de o seu emprego melhorar a flexibilidade da tubulação, França Filho (2013) afirma que o seu uso requer vasto conhecimento do projetista para definir as reações da tubulação quando ela é descontinuada com a introdução desses elementos.

Portanto, na maioria dos casos em que é necessário adotar uma medida para controlar a dilatação térmica da tubulação, Telles (2009) defende que, caso seja especialmente viável, é preferível fazer alterações no próprio traçado da linha a partir de trocas de direções, de maneira que a tubulação tenha flexibilidade própria suficiente.

### 2.3.5 Pré-tensionamento

Uma possível alternativa de melhoria de flexibilidade de uma tubulação é o pré-tensionamento (*cold spring*), que, de acordo com França Filho (2013), consiste em retirar (ou adicionar) uma fatia do comprimento do tubo forçando a montagem dessas extremidades que, assim, introduz uma deformação a frio na condição inicial da tubulação, como o exemplo demonstrado na Figura 19.

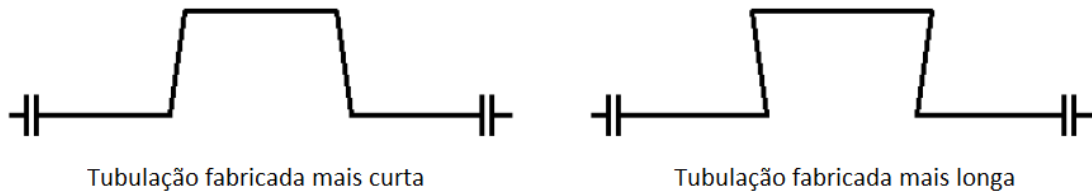


Figura 19 - Montagens de tubulações com pré-tensionamento

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Apesar do termo traduzido nos induzir a esse pensamento, o método em questão não é voltado para a redução das tensões secundárias decorrentes da expansão/contração térmica, mas, sim, para os esforços introduzidos nos suportes e nos bocais de equipamentos conectados à tubulação.

A partir da Figura 20, é possível observar que, após um determinado número de ciclos de operação, as tensões originais decorrentes do relaxamento espontâneo (em pontilhado) são igualadas àquelas que foram afetadas pelo pré-tensionamento cujo parâmetro que permaneceu constante (*stress range*) representa de fato a faixa de variação entre as tensões “a quente” e “a frio”.

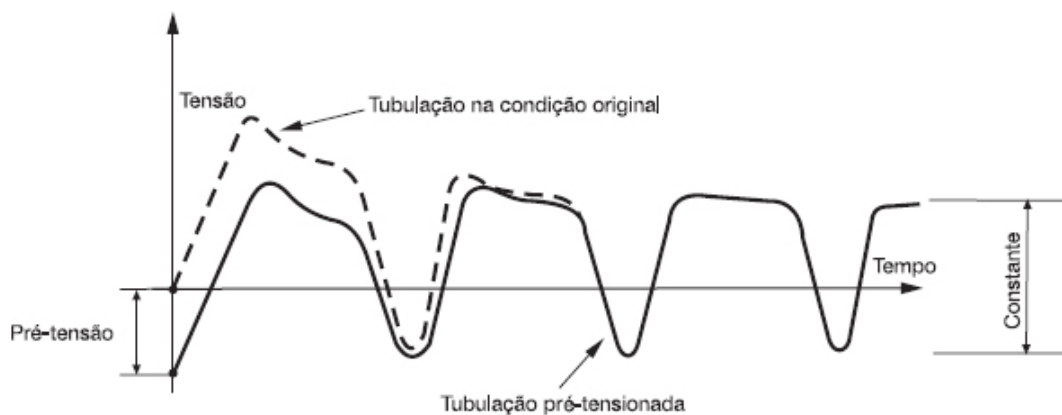


Figura 20 - Comportamento das tensões no pré-tensionamento

Fonte: França Filho, 2013

Vale ressaltar que o uso dessa solução só deve ser considerado diante de situações de grandes expansões/contrações térmicas totais, nas quais seja possível garantir sua execução com razoável segurança (FRANÇA FILHO, 2013).

### 3 ESTUDO DE CASO

#### 3.1 APLICAÇÃO DA NORMA ASME B31.3

##### 3.1.1 Cálculo de tensões primárias e secundárias

O código ASME B31.3 (2018) define que as tensões primárias sejam avaliadas da seguinte forma:

$$\sigma_c \leq S_h \quad (9)$$

$$\sum \sigma_L \leq S_h \quad (10)$$

Onde:

- $\sigma_c$  : Tensão circunferencial atuante devida à pressão interna;
- $\sigma_L$  : Tensão longitudinal atuante devida à pressão interna e peso próprio;
- $S_h$  : Tensão admissível na temperatura de projeto.

Segundo a ASME (2018), o range máximo admissível de tensão (*stress range*) para tensões secundárias deve ser calculado a partir da equação ( 11 ):

$$S_A = f(1,25 S_C + 0,25 S_h) \quad (11)$$

Onde:

- $S_A$  : range de tensão admissível;
- $S_C$  : tensão admissível na temperatura ambiente;
- $S_h$  : tensão admissível na temperatura de projeto;
- $f$  : fator de redução do range de tensão com o número de ciclos (Figura 21).

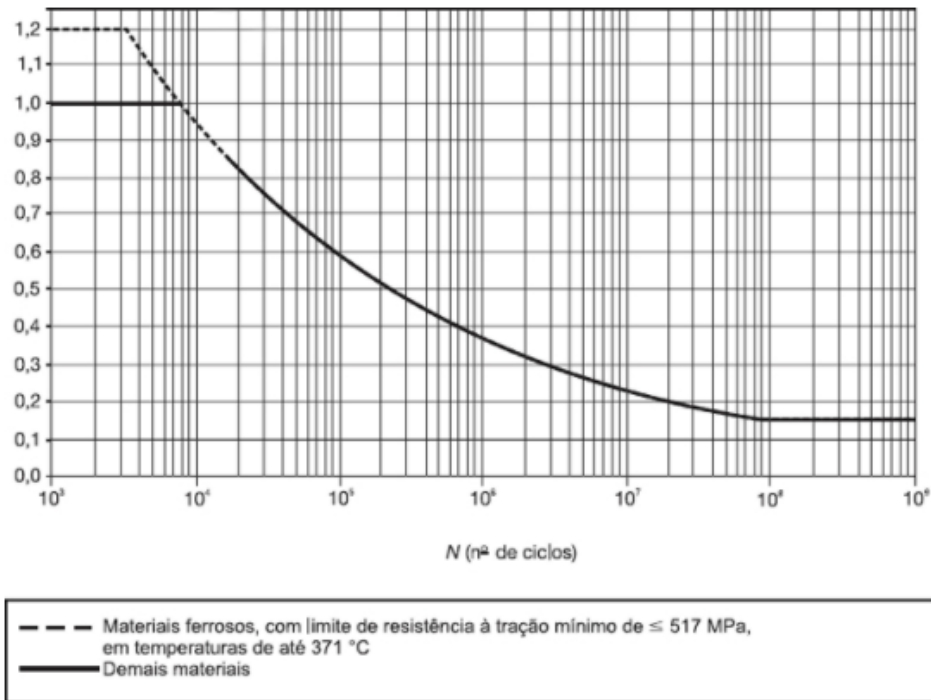


Figura 21 - Gráfico para fator de redução (f)

Fonte: ASME B31.3, 2018

### 3.1.2 Critério Liberal

A expressão de  $S_A$  apresentada pela equação ( 11 ) considera que a parcela  $S_h$  é destinada para as tensões primárias, porém o código permite tirar partido da “sobra” de tensão admissível se as tensões primárias forem menores que  $S_h$ . Essa condição denomina-se critério liberal ou “equação liberal”, representada a seguir:

$$S_A = f \left[ 1,25 (S_C + S_h) - \sum \sigma_L \right] \quad ( 12 )$$

A utilização da equação ( 12 ) fica a critério do engenheiro encarregado da análise, porém, vale frisar que ela só deve ser utilizada em análises em que todos os tipos de cargas e condições de contorno são conhecidos. A Petrobras, por exemplo, não permite sua utilização nem mesmo nestes casos.

### 3.1.3 Fatores de Intensificação de Tensões (SIF)

As componentes de flexão atuantes nas tensões primárias ( $\sigma_C$  e  $\sigma_L$ ) podem ser intensificadas pelos SIFs (fatores de intensificação de tensões) conforme a ASME B31.3 (2018).

Os SIFs correlacionam o valor do momento fletor que causa falha por fadiga depois de um certo número de ciclos em um trecho reto de tubo com o momento fletor que causaria falha por fadiga em um componente de conexão específico dada a mesma vida.

A partir destes valores experimentais obtidos por Markl (1955), foi possível desenvolver formulações associadas à geometria da conexão, como pode ser visto no ANEXO 1.

Para a determinação das tensões atuantes nestes trechos, estes fatores ( $I_i$  e  $I_o$ ) devem ser aplicados ao maior dos momentos fletores nas fronteiras da conexão a partir da equação ( 6 ).

Como o número de ciclos aplicados e os níveis de tensão praticados no experimento não são conhecidos, a utilização desses fatores possui uma característica muito mais próxima da teoria de concentração de tensões do que de análise de fadiga. Além disso, durante a realização do experimento desses fatores, não foram contempladas as diferenças de intensidades e direções de deformações simultâneas que podem ocorrer em uma conexão em arranjo tridimensional.

Entretanto, ainda assim, a importância da utilização destes fatores evidencia-se durante a previsão de tensões locais nessas conexões.

### **3.2 MÉTODO COMPUTACIONAL**

Neste trabalho, não serão abordados métodos de cálculos manuais por entender que sua viabilidade é restrita aos sistemas mais simples, além de requererem um tempo muito grande de execução, facilitarem o aparecimento de erros durante a execução e nem sempre favorecerem os níveis de precisão requeridos (FRANÇA FILHO, 2013). Portanto, torna-se mais vantajosa a utilização de métodos computacionais.

Durante a fase de projeto de tubulação, são de responsabilidade do engenheiro encarregado tarefas como:

- 1) Estabelecer uma base de projeto para os sistemas de tubulação de acordo com os códigos de projeto e documentos de emissão especificados;
- 2) Definir sistemas de tubulações críticos;
- 3) Certificar-se de que os sistemas de tubulação estejam em conformidade com os requisitos de tensões especificados nos códigos, padrões e normas

- aplicáveis;
- 4) Definir os requisitos dos suportes;
  - 5) Certificar-se de que as cargas geradas nos elementos de restrição sejam adequadamente compensadas pelos elementos estruturais e bocais de equipamentos;
  - 6) Prevenir o vazamento nas juntas de vedação.
  - 7) Prevenir falha por fadiga;
  - 8) Fazer a interface com outras disciplinas, como civil, elétrica e instrumentação.
  - 9) Impedir falhas devido a cargas induzidas (externa ou internamente) e vibrações;
  - 10) Preparar e emitir memória de cálculo de tensões para aprovação da autoridade de classificação.

A tarefa 2 refere-se ao ato de determinar quais tubulações demandam uma análise minuciosa. Por exemplo, a partir da Tabela 2, a norma Petrobras N-57 (2017) sugere um critério que pode ser utilizado para a determinação de tubulações que necessitam de análise de flexibilidade computacional.

Tabela 2 - Sistemas com obrigatoriedade de análise de flexibilidade computacional

Sistemas	Temperatura (°C)	NPS												
		≤11/2	2	3	4	6	8	10	12	14	16	18	≥ 20	
Tanques de armazenamento	Qualquer													
Resfriadores a ar	Qualquer													
Rotodinâmicos	Qualquer													
Geral	>260													
	≥ 205 e < 260													
	≥ 150 e < 205													
	≥90 e < 150													
	≥ 40 e < 150													
	≥5 e < 40													
	< 5													

**Análise de Flexibilidade Computacional Obrigatória**

**Análise de Flexibilidade Computacional não Obrigatória**

**Análise de Flexibilidade Computacional Obrigatória**

Fonte: Petrobras N-57, 2017

Foi escolhida para este estudo de caso uma tubulação de processo com características reais de um arranjo contido em uma planta de processamento primário de gás natural. Ela conecta os bocais de saída de gás dos vasos bifásicos até o lançador de PIG (*Pipeline Inspection Gauge*) do gasoduto principal. Devido a algumas de suas características, como o grande diâmetro e os deslocamentos externos aos



quais é submetida (bocais dos vasos), pode-se afirmar que essa tubulação necessita de análise computacional de tensões.

As demais atribuições citadas anteriormente que se encaixarem serão detalhadas mais a frente no estudo de caso de uma tubulação de processo com características reais de um arranjo contido em uma planta de processamento primário de gás natural.

### **3.2.1 Caesar II**

O software CAESAR II, comumente utilizado no ramo de análise de tensões de tubulações, dispõe de uma plataforma completa e de uso intuitivo – ilustrada no ANEXO 2 –, agiliza o processo de modelagem dos componentes e é capaz de simular os mais complexos tipos de cargas, já citados anteriormente, através do cálculo baseado em solução matricial de vigas.

Diferentemente de em softwares como o ANSYS, que possuem uma funcionalidade que gera automaticamente uma malha de nós, no CAESAR, cada nó é criado manualmente e cabe ao projetista criá-los em locais estratégicos para que sejam obtidos resultados satisfatoriamente próximos a situações reais.

Assim sendo, a análise feita neste software utiliza elementos de viga com dois nós com seis graus de liberdade cada para representar os tubos, e os demais elementos da estrutura, como curvas e ramificações, são baseados em nós com fatores de intensificação – ANEXO 1 – que visam capturar efeitos não observados através da teoria de viga.

Uma das grandes vantagens do programa, quando comparado com outros aplicativos dedicados à flexibilidade, deve-se à sua vasta biblioteca de normas características de tubos, materiais, válvulas, juntas e demais componentes especiais de tubulações industriais.

Isto torna-se uma grande vantagem principalmente ao levar em conta o problema das não linearidades do sistema que acrescentam novas possibilidades para as diversas situações intermediárias, pois, enquanto a tubulação pode mudar de forma devido à ação da temperatura, os critérios de cálculo apresentados pelas principais normas de projeto não estabelecem em que condição devem ser aplicados os carregamentos decorrentes do peso próprio da tubulação.

Visto como os resultados do peso próprio são influenciados de maneira significativa pela posição em que ela se encontra no momento do cálculo, o Caesar II

pode ser caracterizado como “conformidade com a não linearidade dos códigos” por ser capaz de representar atendimento pleno do caminho para encontrar a solução do problema incluindo as não linearidades e de garantir a utilização de um critério exato para o cálculo de tensões recorrentes da expansão/contração térmica.

### 3.3 CONSIDERAÇÕES GERAIS DO PROJETO

A tubulação escolhida para este estudo de caso conecta os bocais de saída de gás dos vasos bifásicos até o lançador de PIG (*Pipeline Inspection Gauge*) do gasoduto principal.

Segundo França Filho (2013), para a realização da análise, o Isométrico de Cálculo deve reunir as seguintes informações principais sobre o sistema:

- Dimensões principais dos elementos componentes da tubulação;
- Características geométricas da seção transversal dos tubos e demais componentes;
- Identificação dos elementos considerados rígidos em relação aos elementos de tubo;
- Identificação dos pontos notáveis (nós) requeridos para descrever a geometria das tubulações, bem como para definir os graus de liberdade impedidos pelas restrições e informar os esforços e/ou deslocamentos aplicados;
- Outros pontos de interesse relevante para a obtenção de esforços, tensões e/ou deslocamentos resultantes da deformação.

É necessário também definir as propriedades físicas dos materiais e os pesos unitários dos tubos e componentes, do fluido conduzido, do isolamento ou revestimento, além das condições de pressão e temperatura relacionada com as diversas possibilidades de operação normal, ocasional e emergências previstas.

Os modelos devem ser simplificados tanto quanto possível, no entanto, devem dispor de limites bem definidos entre equipamentos ou extremidades fixas, acompanhados das ramificações principais que possam interferir de modo significativo na sua deformação, por apresentarem configurações de rigidez relevante para o sistema, bem como possam introduzir carregamentos adicionais ou deslocamentos que não devam ser desprezados a critério do julgamento de um especialista experiente.

Para entender melhor como é feita a modelagem 3D dos arranjos no Caesar II, foram listadas algumas observações:

- As conexões entre linha e bocais são modeladas como ancoragens e é possível inserir seus deslocamentos decorrentes da expansão térmica dos equipamentos, inclusive para condições diferentes (operação e projeto).
- Flanges e válvulas são considerados componentes rígidos e seu impacto na análise se restringe aos seus pesos unitários, encontrados nos catálogos. Por esse motivo, as representações gráficas das válvulas são simplificadas.
- Ramificações e tês são modelados como concentradores de tensão.
- Os suportes são representados por setas verdes nos sentidos das restrições de movimento aos quais se referem.

### 3.3.1 Dimensionamento prévio da tubulação

A Figura 22 ilustra o fluxo da linha a ser analisada. O gás produto da separação bifásica dos vasos que se localizam à direita da imagem é encaminhado para o lançador de PIG, localizado à esquerda.

Para a determinação do traçado da tubulação, primeiramente, deve-se levar em conta toda a interface com outras áreas do projeto para que haja coerência e evite interferências.

No Caesar II, a tubulação foi modelada de forma fiel ao modelo real e, a seguir, serão apresentados como foi feita essa modelagem dentro do *software*, além dos dados de entrada e os resultados.

Durante a modelagem no Caesar II (Figura 23), são levados em conta critérios que o projetista julga ser desprezível, de modo a simplificar ao máximo a análise. Por exemplo, instrumentações são geralmente ignoradas neste processo, porque o impacto seria apenas em relação ao seu peso, que, em comparação com o resto da tubulação, é muito pequeno.

É imprescindível que essa modelagem seja feita a partir dos isométricos de fabricação das linhas, visto que é nestes documentos que se encontram os comprimentos dos trechos e componentes modelados no projeto. No entanto, pode ser necessário consultar catálogos, como o PipeData, já citado anteriormente.

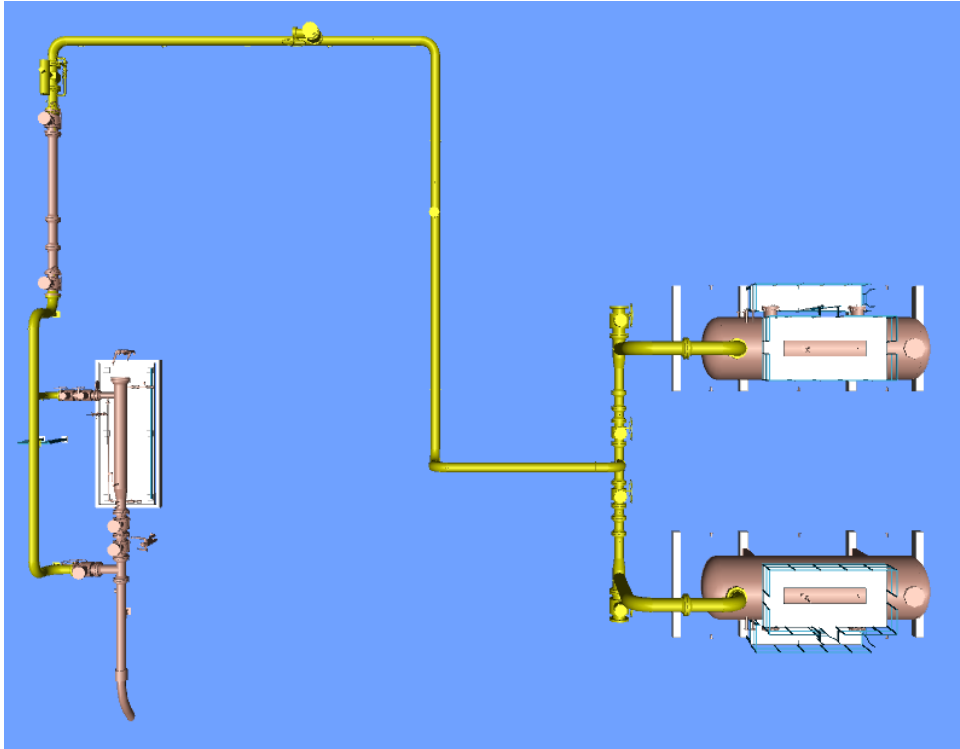


Figura 22 - Modelagem 3D da linha real

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

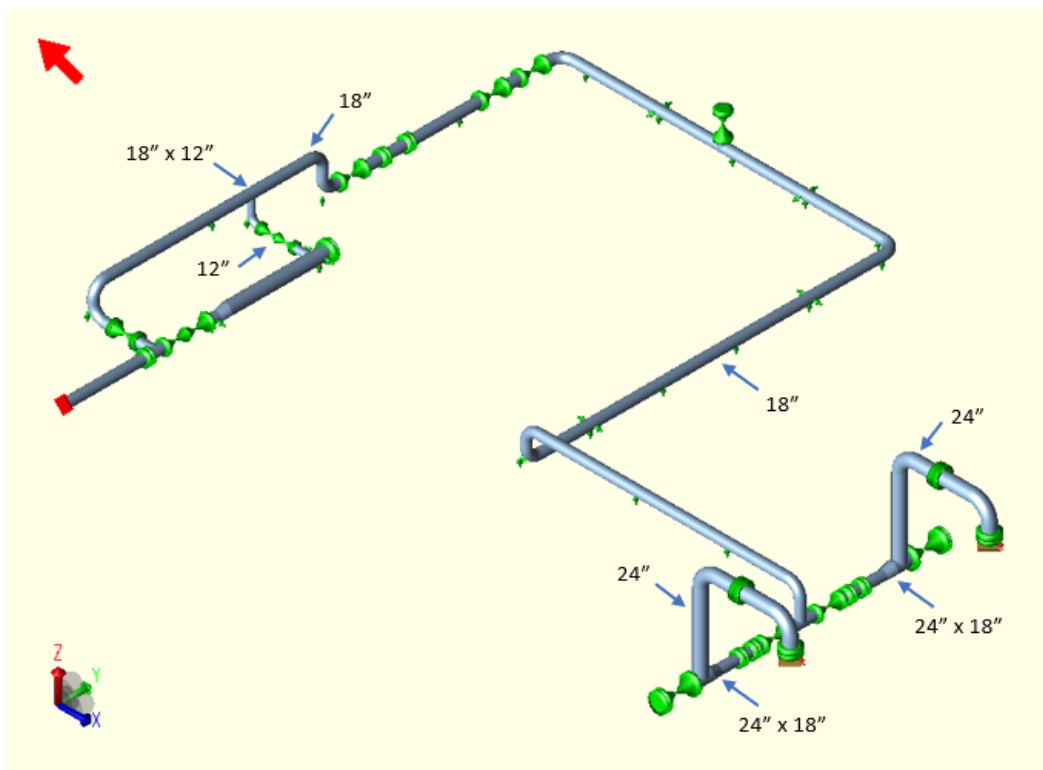


Figura 23 - Modelagem 3D da tubulação no Caesar II

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

O traçado da linha analisada foi desenhado considerando principalmente a

disposição dos equipamentos e das estruturas existentes no local.

A localização dos suportes de apoio em trechos curtos foi escolhida considerando os pontos estratégicos para sustentação de cargas localizadas.

O vão máximo entre suportes de uma tubulação com diâmetro de 18" e espessura SCH 60 para as condições analisadas é de aproximadamente 12,4 m, segundo a Tabela 1. Os vãos adotados no projeto desta linha não ultrapassam o valor de 6 m, e isto deve-se porque o espaçamento de entre os suportes de apoio utilizados deve considerar o menor vão máximo de todas as linhas que serão apoiadas nos mesmos suportes.

A utilização de guias em trechos retos de tubulações é recomendada a cada 3 ou 4 suportes de apoio, sempre evitando que estas sejam localizadas muito próximas a trechos de mudança de direção.

Para melhor visualização geral do arranjo, foi anexada ao final deste trabalho (no ANEXO 3) o isométrico de flexibilidade da tubulação com os principais dados necessários para compreensão da análise.

### 3.3.2 Dados básicos de projeto

Para a análise, é necessário preencher nos *inputs* os dados de projeto listados na Tabela 3 – Condições de projeto da linha analisada.

Tabela 3 – Condições de projeto da linha analisada

Condições de Projeto							
Identificação	Operação		Projeto		Pressão de Teste (kgf/cm <sup>2</sup> g)	Fluido	Tipo/Esp. de Isolamento (in)
	Temp. (°C)	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> g)	Temp. (°C)	Pressão (kgf/cm <sup>2</sup> g)			
205-0009-G	40	65	70	80	120	Gás	NI

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

### 3.3.3 Premissas de Cálculo

Também é necessário adotar algumas premissas de cálculo para que todas as informações sejam preenchidas na plataforma. São elas:

- **Coefficiente de atrito:** 0,3 para metal x metal (tubo x suporte)
- **Tipo de teste:** Hidrostático
- **Temperatura ambiente:** 21 °C
- **Deslocamentos dos bocais:** (Tabela 4)

Tabela 4 - Deslocamentos dos bocais dos vasos

Deslocamento dos Bocais						
Bocal	Dx – Leste (mm)		Dy – Norte (mm)		Dz – Vertical (mm)	
	Operação	Projeto	Operação	Projeto	Operação	Projeto
205-V-001A-B	+1,11	+2,86	0	0	+0,40	+1,36
205-V-001B-B	+1,11	+2,86	0	0	+0,40	+1,36

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

- **Cargas admissíveis nos bocais:** (Tabela 5)

Tabela 5 - Cargas admissíveis nos bocais dos vasos

Cargas Admissíveis nos Bocais				
D.N.	Forças (N)		Momentos (N.m)	
	Axial $F_z$	Cortantes $F_x, F_y$	Torsor $M_z$	Fletores $M_x, M_y$
24"	37383	31146	40678	48827

Fonte: Adaptado do fabricante, 2021

### 3.3.4 Especificação do material

As principais características do material dos tubos estão descritas na tabela 6.

Tabela 6 - Especificação do material

Especificação do Material						
Material	Sc (MPa)	Sh (MPa) Temp. de Projeto	Diâmetro Nominal (in)	Espessura (SCH   mm)	Corrosão Admissível (mm)	Classe
AC API 5L GR. B	137,8	137,8	12"	SCH 80   17,48	1,8	600#
			18"	SCH 60   19,05		
			24"	SCH 60   24,61		

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

### 3.3.5 Casos de Carga analisados

A Tabela 7 - Casos de carga analisados, apresentada a seguir, resume todos os casos de carga abordados neste estudo de caso.

<b>W</b>	Peso da tubulação com fluido de operação
<b>WW</b>	Peso da tubulação com água
<b>P1 / P2</b>	Pressão de operação / projeto

<b>HP</b>	Pressão de teste hidrostático
<b>T1 / T2</b>	Temperatura de operação / projeto
<b>D1 / D2</b>	Deslocamentos dos bocais na temperatura de operação / projeto

Tabela 7 - Casos de carga analisados

Casos de Carga				
CASE 1	HYD	L1	WW+HP	Teste Hidrostático
CASE 2	OPE	L2	W+T1+P1+D1	Condição de Operação
CASE 3	OPE	L3	W+T2+P2+D2	Condição de Projeto
CASE 4	SUS	L4	W+P1	Peso próprio + Pressão de Operação
CASE 5	SUS	L5	W+P2	Peso próprio + Pressão de Projeto
CASE 6	EXP	L6	L2-L4 = T1+D1	Expansão Térmica T1
CASE 7	EXP	L7	L3-L5 = T2+D2	Expansão Térmica T2

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

## 4 ANÁLISE E RESULTADOS

O sistema será analisado para que atenda as cargas admissíveis nos bocais dos equipamentos, e que possua flexibilidade adequada conforme a ASME B31.3 (2018) e níveis de tensão segundo o Apêndice A desta norma.

### 4.1 CARGAS NOS BOCAIS

Tabela 8 - Cargas atuantes nos bocais **sem** ancoragem no nó 210

Nó	Forças (N)			Momentos (N.m)		
	FZ	FX	FY	MZ	MX	MY
10						
Admissível	37383	31146	31146	40678	48827	48827
1(HYD)	-29139	1709	3030	-10077	-5441	-4970
2(OPE)	-18573	3316	6339	-20791	-4490	3749
3(OPE)	-16942	5240	11699	-36676	-3996	10072
4(SUS)	-20134	1212	2855	-9521	-5138	-3407
5(SUS)	-20134	1212	2855	-9521	-5138	-3407
<b>Máxima</b>	-29139	5240	11699	-36676	-5441	10072
<b>Percentual</b>	<b>77,9%</b>	<b>16,8%</b>	<b>37,6%</b>	<b>90,2%</b>	<b>11,1%</b>	<b>20,6%</b>
1190						
Admissível	37383	31146	31146	40678	48827	48827
1(HYD)	-29140	1709	-3011	10025	5412	-4971
2(OPE)	-18543	3356	-6318	20664	4582	3831
3(OPE)	-16282	6175	-13365	42582	3537	11958
4(SUS)	-20134	1212	-2844	9489	5120	-3408
5(SUS)	-20134	1212	-2844	9489	5120	-3408
<b>Máxima</b>	-29140	6175	-13365	42582	5412	11958
<b>Percentual</b>	<b>77,9%</b>	<b>19,8%</b>	<b>42,9%</b>	<b>104,7% *</b>	<b>11,1%</b>	<b>24,5%</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Primeiramente, foram extraídas as cargas nos bocais pra verificar se todos os valores estão dentro do admissível pelo fabricante. Verificou-se, a partir dos dados resumidos na tabela 8, que o momento torsor (MZ) estava com a carga 4,7% acima do admissível. Foi necessário propor alguma alteração na estrutura para que este valor fosse reduzido sem que fizesse que os outros aumentassem.

Julgando o espaço disponível para alterações no arranjo da linha, a primeira solução a ser proposta é a inclusão de algum suporte. Não é cogitada a remoção deles porque, apesar de a ausência de “amarrações” na estrutura auxiliar a sua flexibilidade, já vimos por que não podemos deixá-la deslocar-se livremente.

Como trata-se de um problema de excesso de carga no bocal do equipamento, deve ser inserida alguma restrição de movimento que tenha como objetivo privar os bocais de seus efeitos. Optou-se por inserir uma ancoragem no suporte do nó 210, que antes era apenas um apoio simples.

Com apenas essa alteração, foi possível reduzir o valor de MZ para abaixo do admissível, como pode-se observar na tabela 9.

Tabela 9 - Cargas atuantes nos bocais **com** ancoragem no nó 210

Nó	Forças (N)			Momentos (N.m)		
	FZ	FX	FY	MZ	MX	MY
10						
Admissível	37383	31146	31146	40678	48827	48827
1(HYD)	-29139	1714	3021	-10050	-5426	-4963
2(OPE)	-18477	2116	6148	-20817	-4555	2021
3(OPE)	-16810	3356	11707	-40201	-3908	7345
4(SUS)	-20134	1211	2854	-9502	-5129	-3408
5(SUS)	-20134	1211	2854	-9502	-5129	-3408
<b>Máxima</b>	<b>-29139</b>	<b>3356</b>	<b>11707</b>	<b>-40201</b>	<b>-5426</b>	<b>7345</b>
<b>Percentual</b>	<b>77,9%</b>	<b>10,8%</b>	<b>37,6%</b>	<b>98,8%</b>	<b>11,1%</b>	<b>15,0%</b>
1190						
Admissível	37383	31146	31146	40678	48827	48827
1(HYD)	-29139	1714	-3021	10050	5426	-4963
2(OPE)	-18477	2116	-6148	20817	4555	2021
3(OPE)	-16810	3356	-11707	40200	3908	7345
4(SUS)	-20134	1211	-2854	9502	5129	-3408
5(SUS)	-20134	1211	-2854	9502	5129	-3408
<b>Máxima</b>	<b>-29139</b>	<b>3356</b>	<b>-11707</b>	<b>40200</b>	<b>5426</b>	<b>7345</b>
<b>Percentual</b>	<b>77,9%</b>	<b>10,8%</b>	<b>37,6%</b>	<b>98,8%</b>	<b>11,1%</b>	<b>15,0%</b>

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Observa-se que, com a inclusão dessa ancoragem em um ponto simétrico aos



bocais, todas as cargas atuantes resultaram em valores idênticos para ambos.

## 4.2 DESLOCAMENTOS

Foram extraídos os deslocamentos de todos os nós da simulação no Caesar II e, na tabela 10, encontram-se os valores máximos.

Tabela 10 - Deslocamentos máximos

Deslocamentos máximos			
Eixo	Nó	Deslocamento	Caso de Carga
X	279	-8,134 mm	CASE 3 (OPE)
Y	549	11,015 mm	CASE 3 (OPE)
Z	1258	2,936 mm	CASE 3 (OPE)
Z	1180	-0,591 mm	CASES 4 e 5 (SUS)

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Os valores máximos das flechas (deslocamentos resultantes do peso próprio da tubulação no eixo Z) são definidos pelas empresas contratantes do projeto. A norma Petrobras N-57 (2017), estabelece um valor máximo de 6 mm para a flecha de tubulações *onsite* e de 20 mm para *offsite*. Como mostrado na tabela 10, o maior valor de deslocamento em Z negativo nos casos 4 e 5 é de 0,591 mm ( $< 6$  mm), logo, não foram obtidos valores superiores a este nos nós mostrados na figura 23 abaixo.

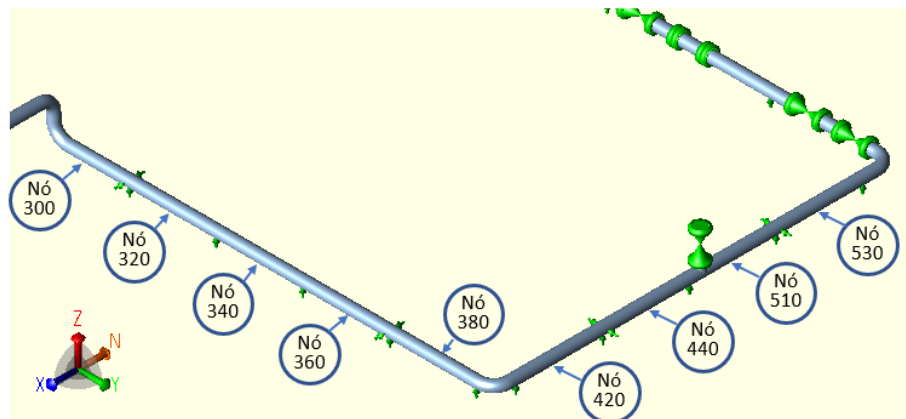


Figura 24 - Nós nos centros dos vãos

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

Além disso, para garantir que não ocorrerão interferências dessa linha com a linha vizinha de 10" (paralela ao trecho entre os nós 420 e 530, ilustrados na figura 24), foram analisados os deslocamentos em Y em todos os nós deste trecho ao longo do eixo X.

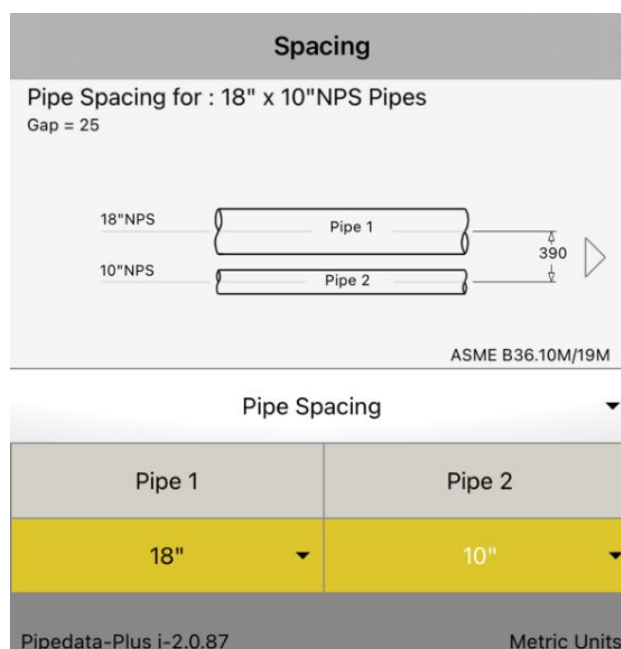


Figura 25 - Espaçamento entre linhas de 18" e 10"

Fonte: PipeData-Plus, 2021

Acima, na figura 25, está o dado da distância mínima de centro a centro entre um tubo de diâmetro 18" e outro de 10", ou seja, o deslocamento  $D_y$  máximo permitido para esta linha é esta distância menos os raios dos tubos:

$$D_{Ymáx} = 390 \text{ mm} - \frac{457,2}{2} - \frac{254}{2} = 34,4 \text{ mm}$$

Portanto, é possível concluir que não ocorrem interferências entre esses tubos, pois nenhum valor de  $DY$  chegou perto nem mesmo da metade deste valor.

### 4.3 TENSÕES MÁXIMAS ATUANTES

Os valores máximos das tensões atuantes na estrutura, combinadas de acordo com a ASME B31.3 (2018), assim como seus limites admissíveis podem ser observados na tabela 11.

Tabela 11 - Tensões máximas atuantes

Caso de carga	Nó	Tensão Adm. (kPa)	Tensão Atuante (kPa)	%
CASE 1 (HYD) WW+HP	880	241316,5	79478,4	32,9
CASE 4 (SUS) W+P1	880	137895,1	53597,4	38,9
CASE 5 (SUS) W+P2	880	137895,1	62246,6	45,1
CASE 6 (EXP) L6=L2-L4	1000	301981,7	59801,3	19,8
CASE 7 (EXP) L7=L3-L5	1000	301981,7	98322,3	32,6

Fonte: Elaborado pela autora, 2021

A partir desta tabela, é possível determinar os valores máximos das tensões primárias e secundárias atuantes na estrutura:

- Máxima tensão primária: 62246,6 kPa (CASE 5).
- Máxima tensão secundária: 98322,3 kPa (CASE 7).

#### 4.4 CARGAS NOS SUPORTES

O ANEXO 4 contém a envoltória das cargas nos suportes para os casos de carga 4 e 5 extraído do *software*. Estas cargas devem ser utilizadas para a escolha detalhada dos suportes a serem inseridos na estrutura e, além disso, é necessário também checar se há algum ponto de perda de apoio em algum suporte.

Para identificar se há perda de apoio, deve-se procurar no relatório de cargas nos suportes por algum nó em que a força em Z seja nula. Um simples filtro ( $F_z = 0$ ) pode ser aplicado no programa, e ele identifica a presença de algum nó que se encaixa nesse requisito.

Nesta análise, não foi encontrado nenhum nó da estrutura em que a força em Z se igualou a zero e, portanto, não há a ocorrência de perda de apoio em nenhum ponto.

## 5 CONCLUSÃO

Com base na análise do estudo de caso apresentado e em seus resultados, conclui-se que as tensões atuantes no sistema estão dentro dos limites recomendados pela ASME B31.3 (2018). Os deslocamentos máximos obtidos para os casos de carga analisados estão dentro dos limites aceitáveis para a tubulação e os esforços nos bocais dos vasos bifásicos estão abaixo dos valores admissíveis pelo fabricante. Dessa forma, verificou-se que a solução adotada para o sistema analisado atende os requisitos estabelecidos e, portanto, pode-se considerar aprovada.

Vale ressaltar que o processo de análise de flexibilidade é um método de verificação e não de dimensionamento direto, ou seja, ela é realizada apenas após a configuração do arranjo ser determinada e examinada visualmente por projetistas experientes para verificar se não há trechos com flexibilidade evidentemente insuficiente. Esta fase de verificação prévia à análise de flexibilidade é muito importante para evitar retrabalho, pois a modificação do traçado de uma tubulação traz como consequência a necessidade de alteração nos traçados de linhas vizinhas

e reposicionamento de suportes ou até mesmo dos equipamentos.

A análise através da teoria de viga é muito útil e difundida na indústria, principalmente devido à alta demanda e curtos prazos durante a execução de projetos de engenharia, ao mesmo tempo em que ela garante pela norma a integridade estrutural das tubulações. Entretanto, existem projetos que podem demandar uma análise específica através de teorias de casca com auxílio de softwares destinados a esse tipo de análise.

Como sugestão para futuros trabalhos a fim de complementar o que foi exposto, sugere-se realizar o detalhamento dos suportes baseado nas cargas extraídas por essa análise. Além disso, para obter resultados ainda mais próximos da realidade, outra sugestão é incluir casos de cargas ocasionais na análise, que não foram incluídos no escopo para não aumentar o nível de complexidade do sistema.

## REFERÊNCIAS

FILHO, José Luiz de França. **Manual para Análise de Tensões em Tubulações Industriais – Flexibilidade**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2013.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Tubulações industriais: Cálculo**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

TELLES, Pedro Carlos da Silva. **Tubulações industriais: Materiais, projeto e montagem**. 10. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009.

BAILONA, Baltazar Agenor et al. **Análise de tensões em tubulações industriais: para engenheiros e projetistas**. 1. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2006.

AMERICAN SOCIETY OF MECHANICAL ENGINEERS - ASME. **B31.3: Power Piping**. New York: ASME, 2018.

THOMAS, J. E., **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 1 Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2001.

SILVA, A., et al., **Processamento Primário de Petróleo**. Rio de Janeiro: Universidade Petrobras – Escola de Ciências e Tecnologias E&P, 2007.

SOUZA, L. A. **Noções de processamento primário de petróleo**. Apostila Petrobras. PUC-Rio – Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, 2012.

INTERGRAPH. **Caesar II 5.20**: User's guide. Hunterville: Intergraph, 2012.

MARKL. A. R. C. **Piping Flexibility Analysis**. Transactions of the ASME, 1955.

PETROBRAS. **N-57: Projeto Mecânico de Tubulações Industriais**. Rio de Janeiro: Petrobras, 2017.

ENEVA. **Exploração e Produção**. Disponível em: <<https://eneva.com.br/nossos-negocios/exploracao-e-producao/>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

JÚNIOR, Estélio Pereira de Farias. **Ancoragens de Oleodutos Terrestres: Exemplo de cálculo de um oleoduto de diesel**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) – Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca - CEFET/RJ. Rio de Janeiro: 2017.

METRAFLEX. **Pipe guides and anchors**. Disponível em: <<http://www.metroflex.com/pipes-guides-and-anchors/>>. Acesso em: 8 abr. 2021.

WITZENMANN. **Juntas de Expansão Metálicas**. Disponível em: <<https://www.witzenmann.com.br/mediapool/documents/brochures/juntas-de-expansao-metalicas.pdf>>. Acesso em: 20 abr. 2021.

ESCOE, A. Keith. **Piping and pipelines assessment guide**. 1a. ed. Burlington: Gulf Professional Publishing, 2006.

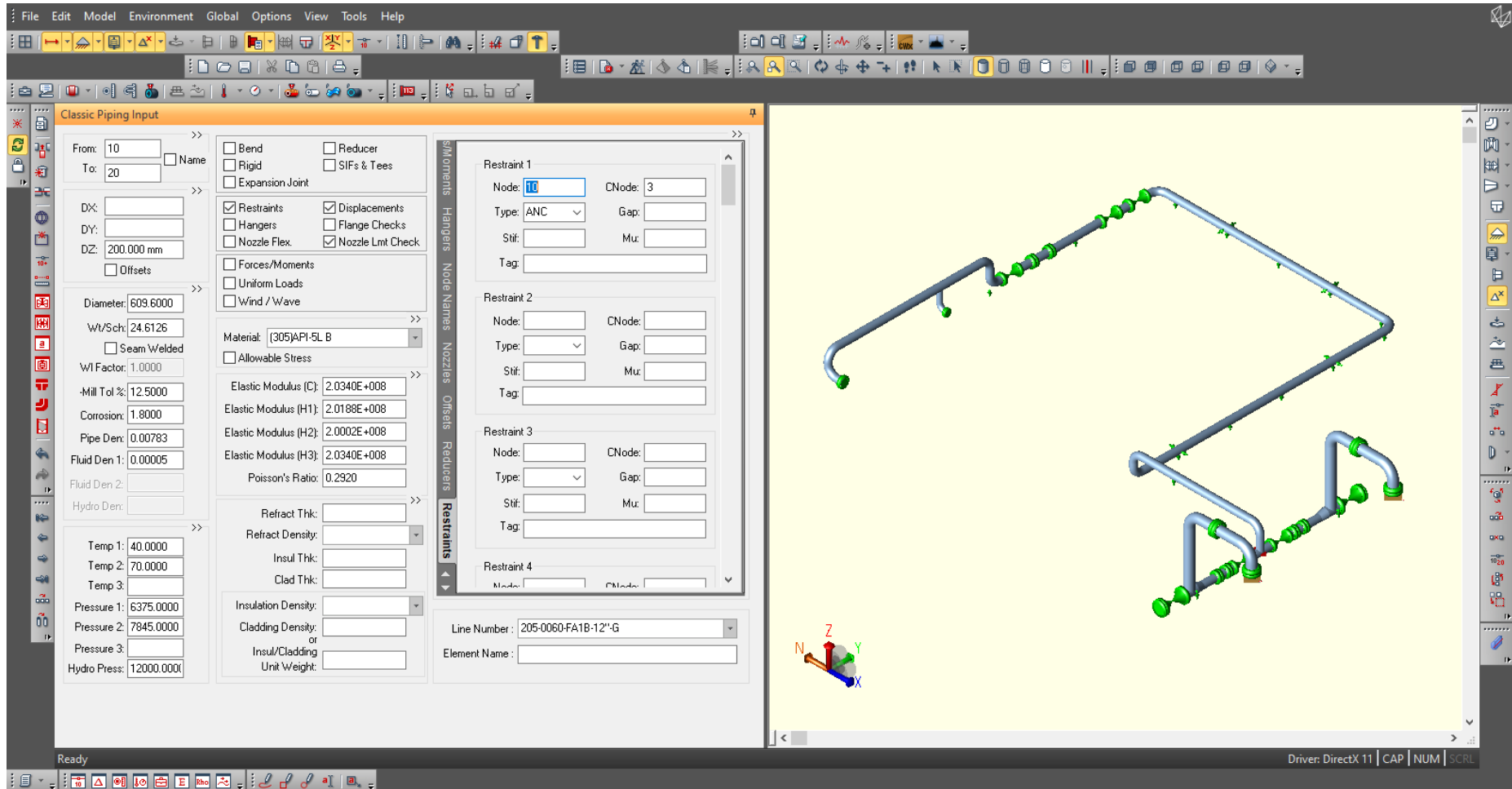
## ANEXO 1 – Fatores intensificadores de tensão (SIF)

Table D300 Flexibility Factor,  $k$ , and Stress Intensification Factor,  $i$

Description	Flexibility Factor, $k$	Stress Intensification Factor [Notes (1), (2)]		Flexibility Characteristic, $h$	Sketch
		Out-of-Plane, $i_o$	In-Plane, $i_i$		
Welding elbow or pipe bend [Notes (1), (3)-(6)]	$\frac{1.65}{h}$	$\frac{0.75}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{TR_1}{r_2^2}$	
Closely spaced miter bend $s < r_2 (1 + \tan \theta)$ [Notes (1), (3), (4), (6)]	$\frac{1.52}{h^{5/6}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{\cot \theta \left( \frac{sT}{r_2^2} \right)}{2}$	
Single miter bend or widely spaced miter bend $s \geq r_2 (1 + \tan \theta)$ [Notes (1), (3), (6)]	$\frac{1.52}{h^{5/6}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{1 + \cot \theta \left( \frac{T}{r_2} \right)}{2}$	
Welding tee in accordance with ASME B16.9 [Notes (1), (3), (5), (7), (8)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$3.1 \frac{T}{r_2}$	
Reinforced fabricated tee with pad or saddle [Notes (1), (3), (8), (9), (10)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\frac{(T + \frac{1}{2}T_r)^{2.5}}{T^{1.5} r_2}$	
Unreinforced fabricated tee [Notes (1), (3), (8), (10)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\frac{T}{r_2}$	
Extruded welding tee with $r_x \geq 0.05 D_b$ $T_c < 1.5T$ [Notes (1), (3), (8)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$\left( 1 + \frac{r_x}{r_2} \right) \frac{T}{r_2}$	
Welded-in contour insert [Notes (1), (3), (7), (8)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{3}{4}i_o + \frac{1}{4}$	$3.1 \frac{T}{r_2}$	
Branch welded-on fitting (integrally reinforced) [Notes (1), (3), (10), (11)]	1	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$\frac{0.9}{h^{2/3}}$	$3.3 \frac{T}{r_2}$	

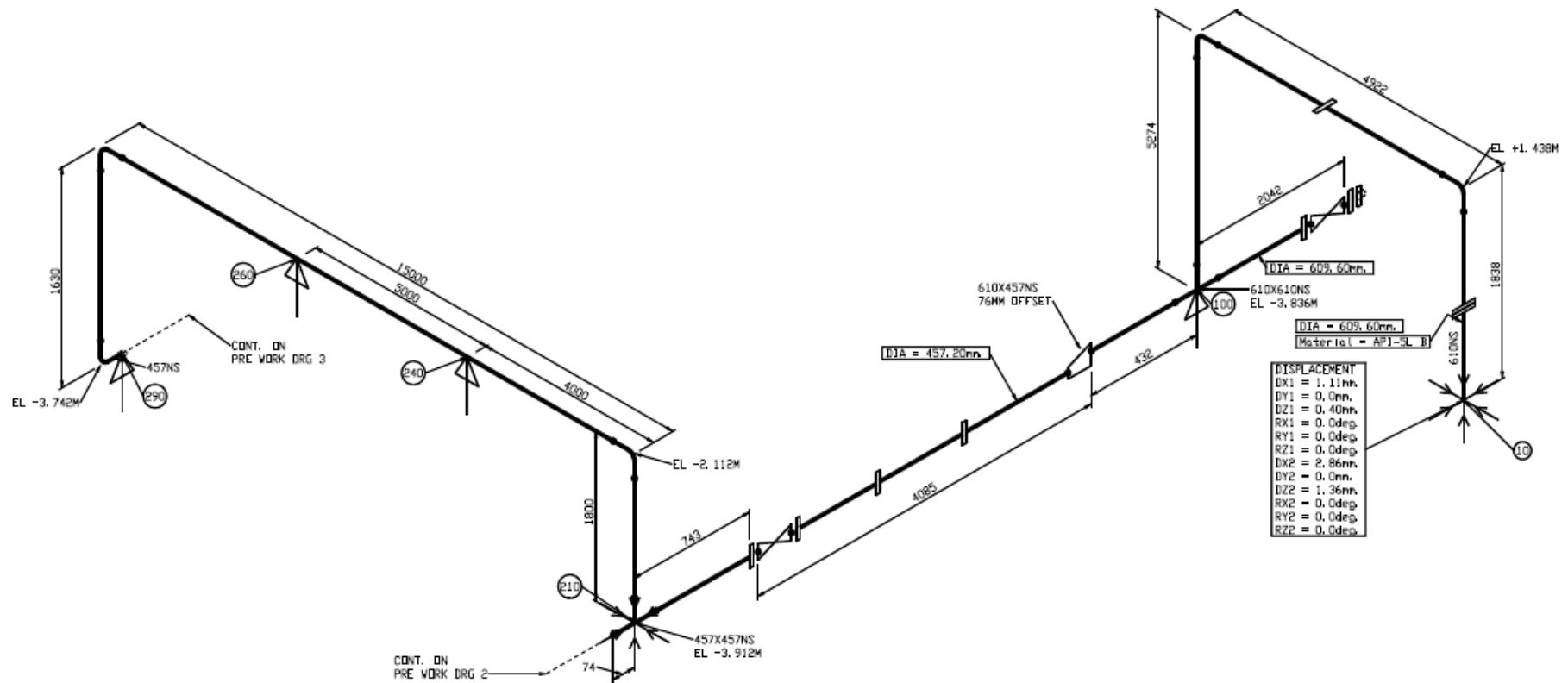
Fonte: ASME B31.3, 2018

## ANEXO 2 – Plataforma de input do Caesar II

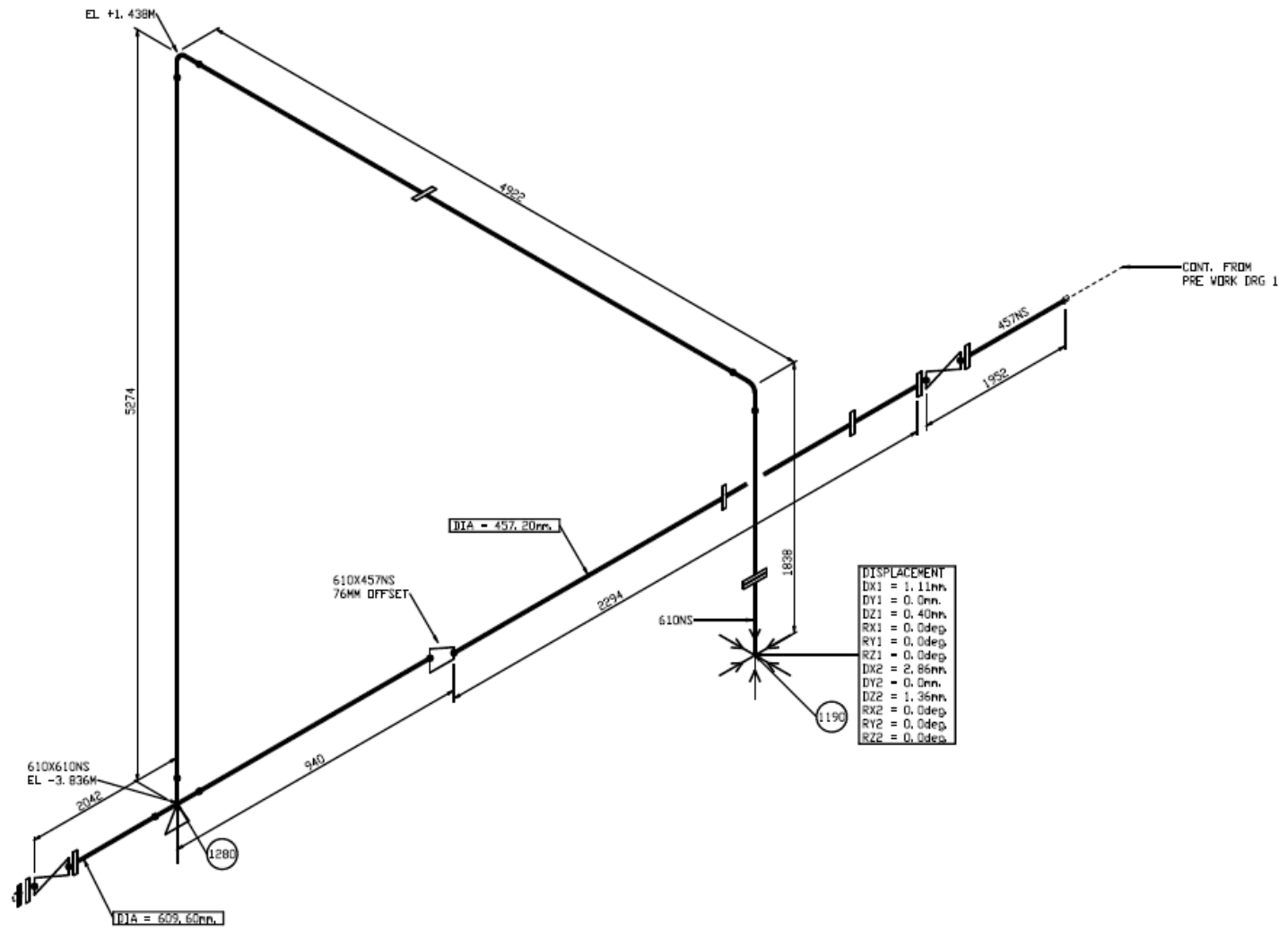


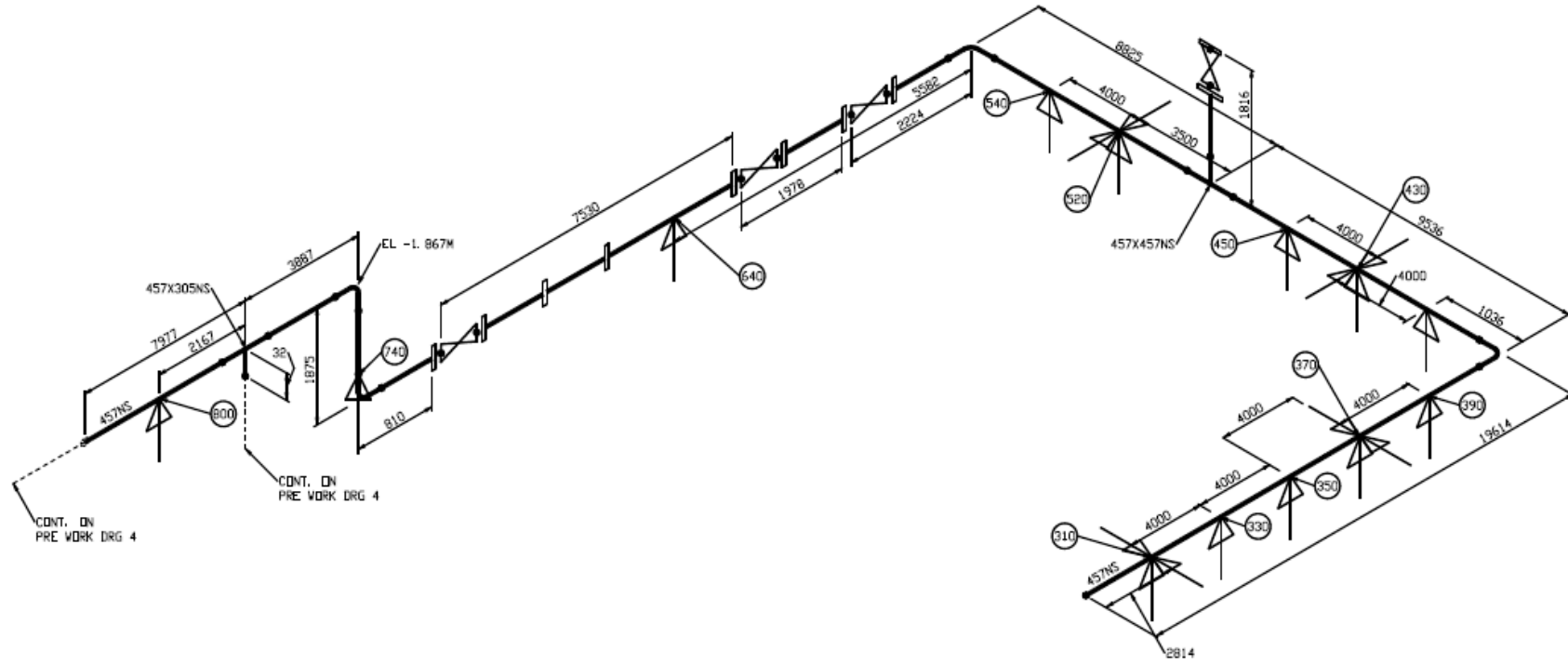
Fonte: Elaborado pela autora no Caesar II, 2021

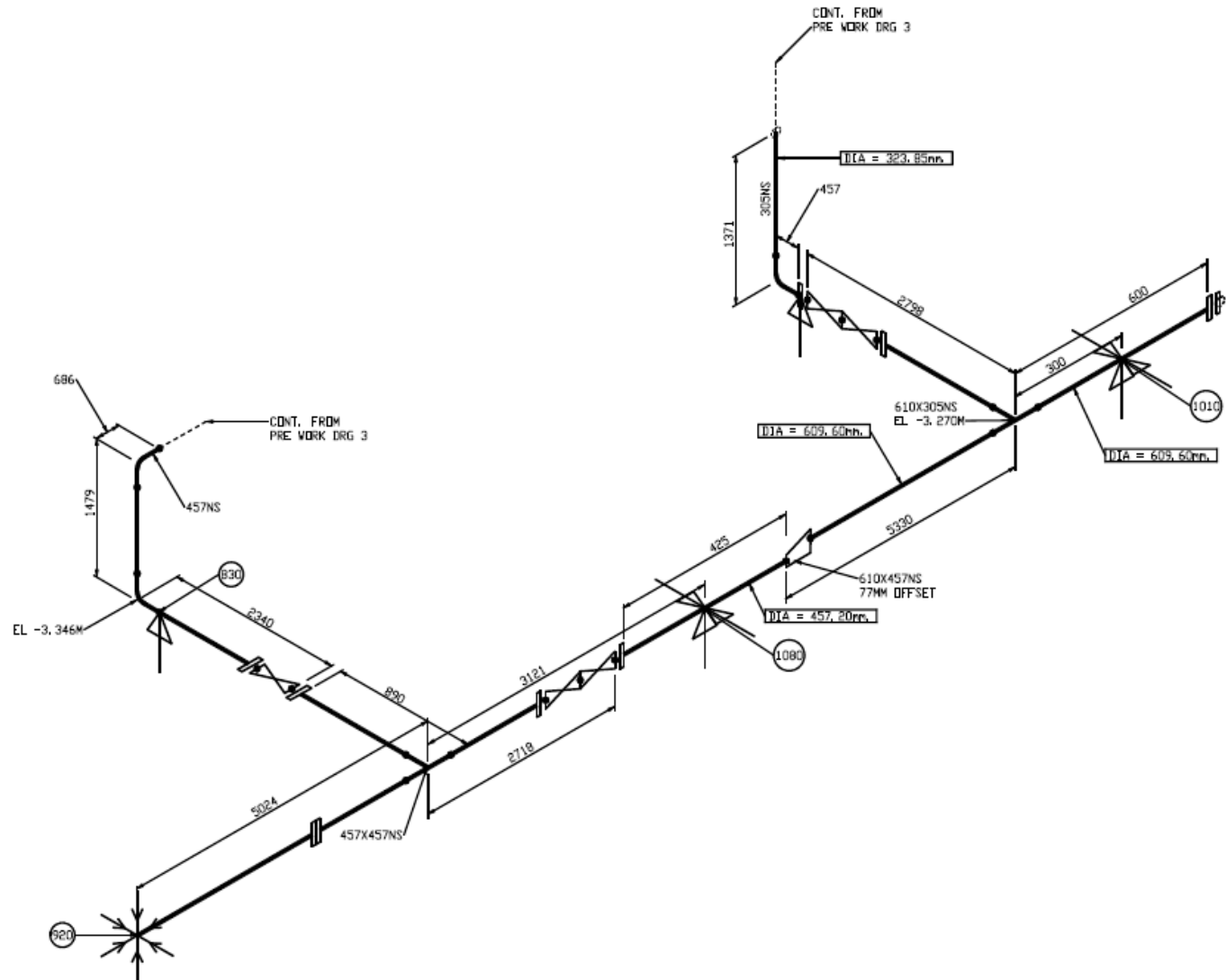
ANEXO 3 – Isométrico de flexibilidade











Fonte: Elaborado pela autora no Caesar II, 2021

## ANEXO 4 – Resultados da simulação no Caesar II

### 1. Cargas nos bocais sem a ancoragem no nó 210

Node	FZ N.	FX N.	FY N.	Forces Check	MZ N.m.	MX N.m.	MY N.m.	Moments	Check
	Absolute Method								
10	Limits	37383	31146	31146		40678	48827	48827	
	1 (HYD)	-29139	1709	3030	0,779	-10077	-5441	-4970	0,248
	2 (OPE)	-18573	3316	6339	0,497	-20791	-4490	3749	0,511
	3 (OPE)	-16942	5240	11699	0,453	-36676	-3996	10072	0,902
	4 (SUS)	-20134	1212	2855	0,539	-9521	-5138	-3407	0,234
	5 (SUS)	-20134	1212	2855	0,539	-9521	-5138	-3407	0,234

Node	FZ N.	FX N.	FY N.	Forces Check	MZ N.m.	MX N.m.	MY N.m.	Moments	Check
	Absolute Method								
1190	Limits	37383	31146	31146		40678	48827	48827	
	1 (HYD)	-29140	1709	-3011	0,779	10025	5412	-4971	0,246
	2 (OPE)	-18543	3356	-6318	0,496	20664	4582	3831	0,508
	3 (OPE)	-16282	6175	-13365	0,436	42582	3537	11958	1,047 *
	4 (SUS)	-20134	1212	-2844	0,539	9489	5120	-3408	0,233
	5 (SUS)	-20134	1212	-2844	0,539	9489	5120	-3408	0,233

### 2. Cargas nos bocais com a ancoragem no nó 210

Node	FZ N.	FX N.	FY N.	Forces Check	MZ N.m.	MX N.m.	MY N.m.	Moments	Check
	Absolute Method								
10	Limits	37383	31146	31146		40678	48827	48827	
	1 (HYD)	-29139	1714	3021	0,779	10050	-5426	-4963	0,247
	2 (OPE)	-18477	2116	6148	0,494	20817	-4555	2021	0,512
	3 (OPE)	-16810	3356	11707	0,45	40201	-3908	7345	0,988
	4 (SUS)	-20134	1211	2854	0,539	-9502	-5129	-3408	0,234
	5 (SUS)	-20134	1211	2854	0,539	-9502	-5129	-3408	0,234

Node	FZ N. Absolute Method	FX N.	FY N.	Forces		MZ		Moments		Check
				Check	N.m.	MX N.m.	MY N.m.			
1190	Limits	37383	31146	31146		40678		48827		
	1 (HYD)	-29139	1714	-3021	0,779	10050		5426	-4963	0,247
	2 (OPE)	-18477	2116	-6148	0,494	20817		4555	2021	0,512
	3 (OPE)	-16810	3356	-11707	0,45	40200		3908	7345	0,988
	4 (SUS)	-20134	1211	-2854	0,539	9502		5129	-3408	0,234
	5 (SUS)	-20134	1211	-2854	0,539	9502		5129	-3408	0,234

### 3. Máximas tensões atuantes

LISTING OF STATIC LOAD CASES FOR THIS ANALYSIS

- 1 (HYD) WW+HP
- 2 (OPE) W+D1+T1+P1
- 3 (OPE) W+D2+T2+P2
- 4 (SUS) W+P1
- 5 (SUS) W+P2
- 6 (EXP) L6=L2-L4
- 7 (EXP) L7=L3-L5

Piping Code: B31.3

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 1 (HYD) WW+HP

Highest Stresses: ( KPa )  
Ratio (%): 32.9 @Node 880  
Code Stress: 79478.4  
Allowable Stress: 241316.5  
Axial Stress: 65442.2 @Node 1050  
Bending Stress: 21754.5 @Node 880  
Torsion Stress: 801.5 @Node 1080  
Hoop Stress: 136606.8 @Node 20  
Max Stress Intensity: 154866.1 @Node 40

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 4 (SUS) W+P1

Highest Stresses: ( KPa )  
Ratio (%): 38.9 @Node 880  
Code Stress: 53597.4  
Allowable Stress: 137895.1  
Axial Stress: 38415.7 @Node 740  
Bending Stress: 21373.4 @Node 880  
Torsion Stress: 798.9 @Node 20  
Hoop Stress: 78801.6 @Node 20  
Max Stress Intensity: 88500.5 @Node 10

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 5 (SUS) W+P2

Highest Stresses: ( KPa )			
Ratio (%):	45.1	@Node	880
Code Stress:	62246.6		
Allowable Stress:	137895.1		
Axial Stress:	47067.9	@Node	740
Bending Stress:	21373.4	@Node	880
Torsion Stress:	798.9	@Node	20
Hoop Stress:	96972.3	@Node	20
Max Stress Intensity:	108902.5	@Node	10

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 6 (EXP) L6=L2-L4

Highest Stresses: ( KPa )			
Ratio (%):	19.8	@Node	1000
Code Stress:	59801.3		
Allowable Stress:	301981.7		
Axial Stress:	2034.9	@Node	890
Bending Stress:	58813.5	@Node	1000
Torsion Stress:	4245.6	@Node	930
Hoop Stress:	0.0	@Node	20
Max Stress Intensity:	63740.2	@Node	1000

CODE STRESS CHECK PASSED : LOADCASE 7 (EXP) L7=L3-L5

Highest Stresses: ( KPa )			
Ratio (%):	32.6	@Node	1000
Code Stress:	98322.3		
Allowable Stress:	301981.7		
Axial Stress:	3097.5	@Node	890
Bending Stress:	97629.7	@Node	1000
Torsion Stress:	6366.5	@Node	930
Hoop Stress:	0.0	@Node	20
Max Stress Intensity:	105585.0	@Node	1000

---

## 4. Deslocamentos

CAESAR II 2018 Ver.10,00,00,7700, (Build 170726) Date: JUN  
4, 2021 Time: 1:17

Job Name: PRE WORK

Licensed To: SPLM: Edit company name in  
<system>\company.txt

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements

CASE 1 (HYD) WW+HP

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
3	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
10	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
20	-0.0000	0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0004
30	-0.0001	0.0001	-0.0001	-0.0002	-0.0002	-0.0004
40	-0.0001	0.0002	-0.0001	-0.0002	-0.0002	-0.0004
49	-0.0028	0.0030	-0.0017	-0.0025	-0.0036	-0.0033
50	-0.0047	0.0107	-0.0062	-0.0038	-0.0028	-0.0075
60	-0.0047	0.0336	-0.0110	-0.0038	0.0003	-0.0086
70	-0.0047	0.0399	-0.0107	-0.0038	0.0003	-0.0086
78	-0.0046	0.0565	-0.0073	-0.0038	0.0023	-0.0086
79	-0.0064	0.0636	-0.0031	-0.0043	0.0034	-0.0070
80	-0.0088	0.0610	-0.0016	-0.0058	0.0002	-0.0058
90	-0.0015	0.0089	-0.0002	-0.0107	-0.0016	-0.0023
100	-0.0002	0.0006	-0.0000	-0.0117	-0.0016	-0.0019
110	-0.0015	0.0006	0.0070	-0.0088	-0.0015	-0.0016
120	-0.0025	-0.0002	0.0123	-0.0044	-0.0013	-0.0011
130	-0.0030	-0.0001	0.0104	0.0029	-0.0008	0.0002
140	-0.0028	-0.0001	0.0084	0.0029	-0.0008	0.0003
150	-0.0026	-0.0001	0.0063	0.0025	-0.0006	0.0005
160	-0.0022	-0.0001	0.0045	0.0025	-0.0006	0.0005
170	-0.0020	-0.0001	0.0037	0.0017	-0.0004	0.0006
180	-0.0018	-0.0001	0.0031	0.0016	-0.0004	0.0006
190	-0.0007	-0.0001	0.0002	0.0014	-0.0004	0.0006
200	-0.0005	-0.0001	-0.0002	0.0014	-0.0004	0.0006
210	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
218	0.0007	-0.0003	-0.0002	0.0003	0.0002	-0.0001
219	0.0003	-0.0008	-0.0005	0.0009	-0.0012	-0.0000
220	-0.0002	-0.0011	-0.0019	0.0011	-0.0012	-0.0001
230	-0.0002	-0.0008	-0.0035	0.0016	0.0002	-0.0002
240	-0.0001	0.0002	-0.0000	0.0023	0.0002	-0.0004
250	0.0000	0.0015	-0.0024	0.0032	0.0005	-0.0001
260	0.0001	-0.0004	-0.0000	0.0041	-0.0025	0.0012
270	0.0003	-0.0105	-0.0232	0.0051	-0.0015	0.0023
278	0.0004	-0.0199	-0.0143	0.0059	0.0046	0.0021
279	-0.0013	-0.0190	-0.0100	0.0065	0.0040	0.0009
280	-0.0032	-0.0132	-0.0089	0.0077	0.0007	0.0002
288	-0.0035	-0.0097	-0.0088	0.0078	0.0005	0.0000
289	-0.0028	-0.0026	-0.0057	0.0082	-0.0011	-0.0007
290	-0.0016	0.0001	-0.0000	0.0025	-0.0013	-0.0007
300	-0.0006	0.0001	0.0016	0.0002	-0.0014	-0.0004
310	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0011	-0.0015	-0.0001
320	0.0001	0.0000	-0.0036	0.0002	-0.0015	0.0000
330	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0002	-0.0016	0.0000

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
340	-0.0000	0.0000	-0.0022	-0.0001	-0.0017	0.0000
350	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0001	-0.0018	-0.0000
360	-0.0000	0.0000	-0.0019	0.0001	-0.0019	-0.0000
370	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0006	-0.0020	-0.0000
380	0.0000	0.0000	-0.0049	-0.0003	-0.0021	0.0000
390	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0023	-0.0021	0.0000
398	-0.0000	0.0000	0.0004	0.0023	-0.0022	0.0000
399	-0.0000	0.0000	0.0017	0.0027	-0.0020	0.0000
400	-0.0000	0.0000	0.0012	0.0029	-0.0020	0.0000
410	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0030	-0.0021	0.0000
420	-0.0000	-0.0000	-0.0053	0.0035	0.0002	0.0000
430	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0039	0.0012	-0.0000
440	-0.0000	0.0000	0.0012	0.0044	0.0003	0.0000
450	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0049	-0.0030	0.0000
460	-0.0000	-0.0001	-0.0044	0.0050	-0.0036	0.0000
470	-0.0022	-0.0031	-0.0045	0.0050	-0.0036	0.0000
480	-0.0034	-0.0047	-0.0045	0.0050	-0.0036	0.0000
490	-0.0102	-0.0142	-0.0045	0.0050	-0.0036	0.0000
500	-0.0114	-0.0159	-0.0045	0.0050	-0.0036	0.0000
510	-0.0000	-0.0002	-0.0094	0.0053	0.0003	0.0000
520	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0058	0.0035	-0.0001
530	-0.0000	0.0004	0.0097	0.0063	0.0013	0.0001
540	-0.0001	-0.0014	-0.0000	0.0067	-0.0104	0.0011
548	-0.0001	-0.0029	-0.0158	0.0069	-0.0151	0.0014
549	0.0004	-0.0042	-0.0357	0.0077	-0.0214	0.0011
550	0.0009	-0.0045	-0.0476	-0.0005	-0.0194	0.0000
560	0.0009	-0.0045	-0.0474	-0.0020	-0.0191	-0.0001
570	0.0008	-0.0045	-0.0468	-0.0020	-0.0191	-0.0001
580	0.0007	-0.0045	-0.0427	-0.0023	-0.0191	-0.0001
590	0.0007	-0.0045	-0.0419	-0.0024	-0.0191	-0.0001
600	0.0005	-0.0045	-0.0347	-0.0086	-0.0184	-0.0001
610	0.0005	-0.0045	-0.0318	-0.0086	-0.0184	-0.0001
620	0.0003	-0.0045	-0.0151	-0.0088	-0.0184	-0.0001
630	0.0003	-0.0045	-0.0121	-0.0088	-0.0184	-0.0001
640	0.0003	-0.0045	-0.0000	-0.0001	-0.0174	0.0002
650	0.0037	-0.0050	-0.0474	0.0082	-0.0147	0.0011
660	0.0045	-0.0050	-0.0529	0.0081	-0.0147	0.0011
670	0.0064	-0.0052	-0.0591	-0.0018	-0.0137	0.0012
680	0.0072	-0.0052	-0.0578	-0.0020	-0.0137	0.0012
690	0.0089	-0.0054	-0.0479	-0.0116	-0.0129	0.0012
700	0.0093	-0.0054	-0.0441	-0.0117	-0.0129	0.0012
710	0.0115	-0.0054	-0.0214	-0.0120	-0.0129	0.0012
720	0.0119	-0.0054	-0.0174	-0.0120	-0.0129	0.0012
730	0.0119	-0.0054	-0.0172	-0.0120	-0.0129	0.0012
738	0.0122	-0.0054	-0.0145	-0.0123	-0.0127	0.0012
739	0.0088	-0.0010	-0.0030	-0.0106	-0.0121	0.0012
740	-0.0003	0.0040	-0.0000	-0.0021	-0.0104	0.0015
748	-0.0092	0.0052	-0.0001	-0.0010	-0.0100	0.0013
749	-0.0163	0.0040	-0.0009	0.0029	-0.0081	0.0016
750	-0.0176	0.0028	-0.0037	0.0024	-0.0074	0.0018
760	-0.0144	0.0027	-0.0072	0.0007	-0.0062	0.0017
770	-0.0092	0.0026	-0.0040	-0.0020	-0.0043	0.0018
780	-0.0082	0.0026	-0.0026	-0.0019	-0.0039	0.0018



Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
790	-0.0070	0.0026	-0.0014	-0.0018	-0.0038	0.0019
800	-0.0007	0.0025	-0.0000	0.0028	-0.0029	0.0017
810	0.0045	0.0026	-0.0248	0.0001	-0.0013	0.0003
818	0.0048	0.0027	-0.0030	-0.0079	-0.0001	-0.0001
819	0.0045	-0.0000	0.0039	-0.0065	0.0004	-0.0005
820	0.0035	-0.0034	0.0058	-0.0014	0.0012	-0.0008
828	0.0033	-0.0037	0.0058	-0.0012	0.0013	-0.0008
829	0.0018	-0.0028	0.0052	0.0028	0.0033	0.0003
830	0.0001	-0.0010	-0.0000	0.0042	0.0117	0.0004
840	0.0001	-0.0008	-0.0087	0.0048	0.0128	0.0003
850	0.0001	-0.0007	-0.0129	0.0048	0.0128	0.0003
860	0.0001	-0.0002	-0.0373	0.0049	0.0127	0.0003
870	0.0001	-0.0001	-0.0416	0.0049	0.0127	0.0003
880	0.0001	0.0001	-0.0582	0.0064	0.0091	0.0001
890	0.0002	0.0001	-0.0609	0.0026	0.0084	0.0000
900	0.0002	0.0001	-0.0617	0.0025	0.0084	0.0000
910	0.0002	0.0001	-0.0625	0.0024	0.0084	0.0000
920	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
930	-0.0062	0.0016	-0.0025	-0.0017	-0.0035	0.0015
938	-0.0026	-0.0000	-0.0024	-0.0012	-0.0033	0.0009
939	-0.0006	-0.0003	-0.0015	-0.0004	-0.0034	0.0007
940	0.0001	-0.0001	-0.0000	-0.0001	0.0002	0.0000
950	0.0001	-0.0001	-0.0000	-0.0001	0.0002	0.0000
960	0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0003	0.0000
970	0.0001	-0.0001	-0.0005	-0.0000	0.0002	-0.0000
980	0.0001	-0.0001	-0.0008	-0.0000	0.0001	-0.0000
990	0.0001	-0.0001	-0.0008	-0.0000	0.0001	-0.0000
1000	0.0001	-0.0001	-0.0008	0.0010	0.0022	0.0001
1010	0.0000	-0.0001	-0.0000	0.0009	0.0022	0.0001
1020	-0.0001	-0.0001	0.0002	0.0008	0.0022	0.0001
1030	-0.0001	-0.0001	0.0005	0.0008	0.0022	0.0001
1040	-0.0001	-0.0001	0.0007	0.0008	0.0022	0.0001
1050	0.0005	-0.0001	-0.0023	-0.0009	0.0042	0.0001
1060	0.0008	-0.0001	0.0030	0.0008	0.0062	0.0000
1070	-0.0000	0.0001	0.0018	0.0045	0.0069	0.0001
1080	-0.0000	0.0001	-0.0000	0.0077	0.0075	0.0000
1090	0.0000	0.0001	-0.0042	0.0108	0.0080	0.0000
1100	0.0000	0.0001	-0.0079	0.0108	0.0080	0.0000
1110	0.0001	0.0001	-0.0288	0.0109	0.0081	0.0000
1120	0.0001	0.0001	-0.0495	0.0106	0.0082	0.0000
1130	0.0001	0.0001	-0.0530	0.0105	0.0082	0.0000
1140	0.0012	0.0006	-0.0113	-0.0152	-0.0016	-0.0019
1150	0.0019	0.0006	-0.0170	-0.0153	-0.0016	-0.0019
1160	0.0065	0.0006	-0.0546	-0.0154	-0.0016	-0.0019
1170	0.0072	0.0006	-0.0603	-0.0154	-0.0016	-0.0019
1180	0.0075	0.0006	-0.0632	-0.0154	-0.0016	-0.0019
1190	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
1200	-0.0000	-0.0001	-0.0001	0.0001	-0.0001	0.0004
1210	-0.0001	-0.0001	-0.0001	0.0002	-0.0002	0.0004
1220	-0.0001	-0.0002	-0.0001	0.0002	-0.0002	0.0004
1229	-0.0028	-0.0030	-0.0017	0.0025	-0.0036	0.0033
1230	-0.0047	-0.0107	-0.0062	0.0038	-0.0028	0.0075
1240	-0.0047	-0.0336	-0.0110	0.0038	0.0003	0.0086

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
1250	-0.0047	-0.0399	-0.0107	0.0038	0.0003	0.0086
1258	-0.0046	-0.0565	-0.0073	0.0038	0.0023	0.0086
1259	-0.0064	-0.0636	-0.0031	0.0043	0.0034	0.0070
1260	-0.0088	-0.0610	-0.0016	0.0058	0.0002	0.0058
1270	-0.0015	-0.0089	-0.0002	0.0107	-0.0016	0.0023
1280	-0.0002	-0.0006	-0.0000	0.0117	-0.0016	0.0019
1290	-0.0015	-0.0006	0.0070	0.0088	-0.0015	0.0016
1300	-0.0025	0.0002	0.0123	0.0044	-0.0013	0.0011
1310	-0.0030	0.0001	0.0104	-0.0029	-0.0008	-0.0002
1320	-0.0028	0.0001	0.0084	-0.0029	-0.0008	-0.0003
1330	-0.0026	0.0001	0.0063	-0.0025	-0.0006	-0.0005
1340	-0.0022	0.0001	0.0045	-0.0025	-0.0006	-0.0005
1350	-0.0020	0.0001	0.0037	-0.0017	-0.0004	-0.0006
1353	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
1360	-0.0018	0.0001	0.0031	-0.0016	-0.0004	-0.0006
1370	-0.0007	0.0001	0.0002	-0.0014	-0.0004	-0.0006
1380	-0.0005	0.0001	-0.0002	-0.0014	-0.0004	-0.0006
1390	0.0012	-0.0006	-0.0113	0.0152	-0.0016	0.0019
1400	0.0019	-0.0006	-0.0170	0.0153	-0.0016	0.0019
1410	0.0065	-0.0006	-0.0546	0.0154	-0.0016	0.0019
1420	0.0072	-0.0006	-0.0603	0.0154	-0.0016	0.0019
1430	0.0075	-0.0006	-0.0632	0.0154	-0.0016	0.0019

CAESAR II 2018 Ver.10,00,00,7700, (Build 170726) Date: JUN  
4, 2021 Time: 1:17

Job Name: PRE WORK

Licensed To: SPLM: Edit company name in  
<system>\company.txt

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements

CASE 2 (OPE) W+D1+T1+P1

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
3	0.1110	0.0000	0.0400	-0.0000	0.0000	-0.0000
10	0.1110	0.0000	0.0400	-0.0000	0.0000	-0.0000
20	0.1110	0.0001	0.0444	-0.0001	0.0001	-0.0008
30	0.1111	0.0001	0.0490	-0.0001	0.0001	-0.0008
40	0.1111	0.0002	0.0537	-0.0001	0.0001	-0.0008
49	0.1053	0.0031	0.0744	-0.0015	0.0003	-0.0058
50	0.0914	0.0153	0.0814	-0.0027	0.0025	-0.0137
60	0.0565	0.0575	0.0911	-0.0007	0.0050	-0.0161
70	0.0472	0.0694	0.0948	-0.0007	0.0050	-0.0161
78	0.0233	0.1003	0.1061	0.0007	0.0061	-0.0160
79	0.0063	0.1178	0.1073	0.0010	0.0049	-0.0139
80	-0.0027	0.1257	0.0949	0.0013	0.0004	-0.0126
90	0.0057	0.1226	0.0094	-0.0049	-0.0019	-0.0056
100	0.0072	0.1185	-0.0000	-0.0064	-0.0019	-0.0048
110	0.0038	0.1091	0.0037	-0.0045	-0.0018	-0.0043
120	0.0007	0.0978	0.0042	-0.0018	-0.0016	-0.0032
130	-0.0020	0.0769	0.0018	0.0018	-0.0009	-0.0004
140	-0.0023	0.0684	0.0006	0.0018	-0.0009	-0.0004
150	-0.0023	0.0610	-0.0006	0.0010	-0.0007	0.0002
160	-0.0021	0.0526	-0.0013	0.0009	-0.0007	0.0003
170	-0.0019	0.0483	-0.0015	0.0001	-0.0005	0.0005
180	-0.0017	0.0441	-0.0015	0.0000	-0.0005	0.0005
190	-0.0007	0.0201	-0.0014	-0.0001	-0.0005	0.0005
200	-0.0006	0.0159	-0.0014	-0.0001	-0.0005	0.0005
210	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000
218	0.0090	0.0006	0.0244	-0.0006	0.0057	0.0016
219	0.0096	0.0006	0.0367	-0.0008	0.0026	0.0026
220	-0.0009	-0.0025	0.0397	-0.0004	-0.0057	0.0054
230	-0.0294	-0.0169	0.0236	-0.0010	-0.0073	0.0072
240	-0.0728	-0.0473	-0.0000	-0.0019	-0.0059	0.0104
250	-0.1271	-0.1008	-0.0151	-0.0031	0.0002	0.0138
260	-0.1814	-0.1651	-0.0000	-0.0042	0.0050	0.0153
270	-0.2467	-0.2393	0.0292	-0.0056	0.0062	0.0111
278	-0.2971	-0.2663	0.0473	-0.0067	-0.0001	0.0010
279	-0.3032	-0.2625	0.0354	-0.0026	-0.0193	-0.0139
280	-0.2829	-0.2563	0.0158	0.0023	-0.0360	-0.0209
288	-0.2661	-0.2553	0.0101	0.0024	-0.0369	-0.0231
289	-0.2214	-0.2479	0.0009	0.0043	-0.0442	-0.0300
290	-0.1754	-0.2357	-0.0000	0.0016	-0.0460	-0.0385
300	-0.1024	-0.2124	0.0010	0.0001	-0.0438	-0.0380
310	-0.0000	-0.1741	-0.0000	-0.0007	-0.0402	-0.0255
320	0.0531	-0.1306	-0.0022	0.0001	-0.0360	-0.0067
330	0.0545	-0.0870	-0.0000	0.0001	-0.0319	0.0042

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
340	0.0302	-0.0436	-0.0014	-0.0000	-0.0277	0.0086
350	-0.0011	-0.0001	-0.0000	0.0001	-0.0236	0.0081
360	-0.0203	0.0434	-0.0009	0.0001	-0.0194	0.0010
370	0.0000	0.0868	-0.0000	-0.0006	-0.0153	-0.0145
380	0.0773	0.1305	-0.0041	-0.0003	-0.0111	-0.0263
390	0.1686	0.1743	-0.0000	0.0024	-0.0069	-0.0224
398	0.1731	0.1768	0.0005	0.0025	-0.0067	-0.0218
399	0.1793	0.1903	0.0017	0.0048	-0.0047	-0.0009
400	0.1663	0.1855	0.0010	0.0057	-0.0020	0.0203
410	0.1587	0.1722	-0.0000	0.0057	-0.0018	0.0223
420	0.1150	0.0825	-0.0040	0.0056	0.0002	0.0263
430	0.0714	0.0000	-0.0000	0.0054	0.0010	0.0181
440	0.0279	-0.0409	0.0017	0.0053	0.0003	0.0066
450	-0.0156	-0.0511	-0.0000	0.0052	-0.0026	0.0005
460	-0.0264	-0.0513	-0.0037	0.0051	-0.0030	-0.0005
470	-0.0282	-0.0544	0.0038	0.0051	-0.0030	-0.0005
480	-0.0292	-0.0561	0.0080	0.0051	-0.0030	-0.0005
490	-0.0348	-0.0659	0.0320	0.0051	-0.0030	-0.0005
500	-0.0358	-0.0676	0.0362	0.0051	-0.0030	-0.0005
510	-0.0591	-0.0437	-0.0075	0.0050	0.0003	-0.0064
520	-0.1026	0.0000	-0.0000	0.0049	0.0029	-0.0203
530	-0.1463	0.0962	0.0085	0.0048	0.0010	-0.0322
540	-0.1900	0.2138	-0.0000	0.0046	-0.0085	-0.0326
548	-0.2040	0.2495	-0.0127	0.0046	-0.0122	-0.0298
549	-0.2206	0.2629	-0.0286	0.0053	-0.0178	-0.0091
550	-0.2221	0.2527	-0.0377	-0.0012	-0.0165	0.0145
560	-0.2151	0.2472	-0.0372	-0.0023	-0.0164	0.0164
570	-0.2096	0.2430	-0.0364	-0.0024	-0.0164	0.0164
580	-0.1781	0.2189	-0.0317	-0.0026	-0.0164	0.0166
590	-0.1726	0.2147	-0.0308	-0.0027	-0.0164	0.0166
600	-0.1507	0.1996	-0.0244	-0.0068	-0.0162	0.0186
610	-0.1445	0.1954	-0.0221	-0.0069	-0.0162	0.0186
620	-0.1090	0.1713	-0.0089	-0.0069	-0.0162	0.0186
630	-0.1028	0.1672	-0.0066	-0.0069	-0.0162	0.0186
640	-0.0718	0.1453	-0.0000	0.0040	-0.0159	0.0159
650	-0.0194	0.0869	-0.0749	0.0146	-0.0150	0.0067
660	-0.0149	0.0785	-0.0848	0.0145	-0.0150	0.0067
670	-0.0061	0.0579	-0.1007	0.0026	-0.0148	0.0041
680	-0.0033	0.0494	-0.1024	0.0024	-0.0148	0.0040
690	0.0010	0.0317	-0.0963	-0.0115	-0.0145	0.0021
700	0.0017	0.0276	-0.0925	-0.0116	-0.0145	0.0021
710	0.0056	0.0035	-0.0697	-0.0123	-0.0145	0.0020
720	0.0063	-0.0007	-0.0655	-0.0124	-0.0145	0.0020
730	0.0063	-0.0009	-0.0653	-0.0125	-0.0145	0.0020
738	0.0067	-0.0033	-0.0625	-0.0141	-0.0145	0.0018
739	0.0012	-0.0002	-0.0305	-0.0480	-0.0153	-0.0022
740	-0.0130	0.0457	-0.0000	-0.0637	-0.0155	-0.0036
748	-0.0266	0.1031	0.0110	-0.0630	-0.0151	-0.0046
749	-0.0401	0.1449	0.0389	-0.0392	-0.0124	-0.0050
750	-0.0489	0.1445	0.0617	-0.0058	-0.0111	-0.0059
760	-0.0606	0.1212	0.0620	0.0036	-0.0083	-0.0058
770	-0.0746	0.0832	0.0371	0.0104	-0.0037	-0.0023
780	-0.0757	0.0758	0.0306	0.0109	-0.0028	-0.0011

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
790	-0.0765	0.0684	0.0241	0.0102	-0.0024	-0.0014
800	-0.0824	0.0290	-0.0000	0.0044	-0.0001	-0.0020
810	-0.0862	-0.0411	0.0111	-0.0076	0.0039	0.0023
818	-0.0576	-0.0964	0.0479	-0.0047	0.0070	0.0116
819	-0.0448	-0.1044	0.0406	0.0130	0.0044	0.0233
820	-0.0383	-0.0908	0.0235	0.0249	0.0023	0.0285
828	-0.0388	-0.0859	0.0211	0.0250	0.0023	0.0292
829	-0.0367	-0.0527	0.0096	0.0234	0.0038	0.0320
830	-0.0277	-0.0174	-0.0000	0.0184	0.0108	0.0296
840	-0.0196	0.0021	-0.0079	0.0153	0.0117	0.0284
850	-0.0154	0.0115	-0.0118	0.0153	0.0117	0.0283
860	0.0086	0.0653	-0.0342	0.0149	0.0116	0.0279
870	0.0128	0.0746	-0.0381	0.0149	0.0116	0.0278
880	0.0322	0.1060	-0.0535	0.0075	0.0085	0.0096
890	0.0362	0.0988	-0.0566	0.0032	0.0079	0.0049
900	0.0378	0.0947	-0.0576	0.0031	0.0079	0.0048
910	0.0394	0.0905	-0.0586	0.0030	0.0079	0.0048
920	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
930	-0.0745	0.0830	0.0235	0.0131	-0.0019	0.0048
938	-0.0733	0.0989	0.0098	0.0137	-0.0009	0.0163
939	-0.0701	0.1113	0.0028	0.0122	-0.0004	0.0235
940	-0.0629	0.1313	-0.0000	0.0113	0.0002	0.0359
950	-0.0628	0.1316	-0.0000	0.0113	0.0002	0.0360
960	-0.0591	0.1420	-0.0001	0.0112	0.0003	0.0360
970	-0.0407	0.1947	-0.0004	0.0110	0.0002	0.0360
980	-0.0222	0.2473	-0.0006	0.0108	0.0001	0.0357
990	-0.0187	0.2574	-0.0006	0.0107	0.0001	0.0356
1000	0.0024	0.2949	-0.0004	0.0005	0.0020	0.0047
1010	-0.0000	0.3015	-0.0000	0.0003	0.0020	0.0047
1020	-0.0024	0.3081	-0.0000	0.0002	0.0020	0.0047
1030	-0.0042	0.3127	0.0000	0.0002	0.0020	0.0047
1040	-0.0050	0.3151	0.0001	0.0002	0.0020	0.0047
1050	0.0062	0.2423	0.0015	-0.0012	0.0039	-0.0012
1060	-0.0003	0.1897	0.0054	0.0013	0.0059	-0.0002
1070	-0.0009	0.1789	0.0019	0.0046	0.0067	0.0019
1080	0.0000	0.1743	-0.0000	0.0073	0.0071	0.0036
1090	0.0017	0.1698	-0.0038	0.0098	0.0076	0.0054
1100	0.0035	0.1656	-0.0071	0.0099	0.0076	0.0055
1110	0.0142	0.1416	-0.0262	0.0099	0.0077	0.0058
1120	0.0255	0.1176	-0.0451	0.0098	0.0078	0.0061
1130	0.0276	0.1134	-0.0483	0.0097	0.0078	0.0062
1140	0.0108	0.1280	-0.0072	-0.0097	-0.0019	-0.0048
1150	0.0126	0.1327	-0.0108	-0.0097	-0.0019	-0.0048
1160	0.0244	0.1634	-0.0348	-0.0098	-0.0019	-0.0048
1170	0.0262	0.1681	-0.0384	-0.0098	-0.0019	-0.0048
1180	0.0271	0.1705	-0.0403	-0.0098	-0.0019	-0.0048
1190	0.1110	-0.0000	0.0400	0.0000	0.0000	0.0000
1200	0.1110	-0.0001	0.0444	0.0001	0.0001	0.0008
1210	0.1111	-0.0001	0.0490	0.0001	0.0001	0.0008
1220	0.1111	-0.0002	0.0537	0.0001	0.0001	0.0008
1229	0.1053	-0.0031	0.0744	0.0015	0.0003	0.0058
1230	0.0914	-0.0153	0.0814	0.0027	0.0025	0.0137
1240	0.0565	-0.0575	0.0911	0.0007	0.0050	0.0161

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
1250	0.0472	-0.0694	0.0948	0.0007	0.0050	0.0161
1258	0.0233	-0.1003	0.1061	-0.0007	0.0061	0.0160
1259	0.0063	-0.1178	0.1073	-0.0010	0.0049	0.0139
1260	-0.0027	-0.1257	0.0949	-0.0013	0.0004	0.0126
1270	0.0057	-0.1226	0.0094	0.0049	-0.0019	0.0056
1280	0.0072	-0.1185	-0.0000	0.0064	-0.0019	0.0048
1290	0.0038	-0.1091	0.0037	0.0045	-0.0018	0.0043
1300	0.0007	-0.0978	0.0042	0.0018	-0.0016	0.0032
1310	-0.0020	-0.0769	0.0018	-0.0018	-0.0009	0.0004
1320	-0.0023	-0.0684	0.0006	-0.0018	-0.0009	0.0004
1330	-0.0023	-0.0610	-0.0006	-0.0010	-0.0007	-0.0002
1340	-0.0021	-0.0526	-0.0013	-0.0009	-0.0007	-0.0003
1350	-0.0019	-0.0483	-0.0015	-0.0001	-0.0005	-0.0005
1353	0.1110	-0.0000	0.0400	0.0000	0.0000	0.0000
1360	-0.0017	-0.0441	-0.0015	-0.0000	-0.0005	-0.0005
1370	-0.0007	-0.0201	-0.0014	0.0001	-0.0005	-0.0005
1380	-0.0006	-0.0159	-0.0014	0.0001	-0.0005	-0.0005
1390	0.0108	-0.1280	-0.0072	0.0097	-0.0019	0.0048
1400	0.0126	-0.1327	-0.0108	0.0097	-0.0019	0.0048
1410	0.0244	-0.1634	-0.0348	0.0098	-0.0019	0.0048
1420	0.0262	-0.1681	-0.0384	0.0098	-0.0019	0.0048
1430	0.0271	-0.1705	-0.0403	0.0098	-0.0019	0.0048

CAESAR II 2018 Ver.10,00,00,7700, (Build 170726) Date: JUN  
4, 2021 Time: 1:17

Job Name: PRE WORK

Licensed To: SPLM: Edit company name in  
<system>\company.txt

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements

CASE 3 (OPE) W+D2+T2+P2

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
3	0.2860	0.0000	0.1360	-0.0000	0.0000	-0.0000
10	0.2860	0.0000	0.1360	-0.0000	0.0000	-0.0000
20	0.2861	0.0001	0.1476	-0.0001	0.0002	-0.0015
30	0.2862	0.0002	0.1598	-0.0001	0.0002	-0.0016
40	0.2862	0.0002	0.1721	-0.0001	0.0002	-0.0016
49	0.2726	0.0038	0.2280	-0.0001	0.0028	-0.0106
50	0.2368	0.0246	0.2484	-0.0016	0.0063	-0.0251
60	0.1447	0.1026	0.2688	0.0037	0.0088	-0.0298
70	0.1202	0.1246	0.2753	0.0037	0.0088	-0.0298
78	0.0572	0.1820	0.2936	0.0073	0.0095	-0.0297
79	0.0160	0.2183	0.2878	0.0091	0.0059	-0.0268
80	-0.0022	0.2429	0.2521	0.0122	-0.0012	-0.0250
90	0.0218	0.3127	0.0249	0.0030	-0.0044	-0.0122
100	0.0252	0.3143	-0.0000	0.0004	-0.0043	-0.0108
110	0.0175	0.2894	-0.0010	0.0012	-0.0041	-0.0097
120	0.0103	0.2604	-0.0074	0.0020	-0.0036	-0.0077
130	0.0024	0.2041	-0.0111	0.0006	-0.0021	-0.0022
140	0.0010	0.1818	-0.0115	0.0005	-0.0021	-0.0021
150	0.0003	0.1620	-0.0115	-0.0012	-0.0015	-0.0007
160	-0.0002	0.1397	-0.0106	-0.0013	-0.0015	-0.0007
170	-0.0003	0.1282	-0.0100	-0.0024	-0.0012	-0.0001
180	-0.0003	0.1171	-0.0092	-0.0024	-0.0012	-0.0001
190	-0.0003	0.0537	-0.0043	-0.0026	-0.0011	-0.0000
200	-0.0003	0.0427	-0.0034	-0.0026	-0.0011	-0.0000
210	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
218	0.0169	-0.0009	0.0645	0.0004	0.0105	0.0091
219	0.0139	-0.0067	0.0955	0.0036	0.0034	0.0156
220	-0.0147	-0.0278	0.1022	0.0068	-0.0144	0.0299
230	-0.0902	-0.1042	0.0619	0.0051	-0.0186	0.0362
240	-0.2051	-0.2427	-0.0000	0.0024	-0.0147	0.0421
250	-0.3489	-0.4308	-0.0353	-0.0010	0.0000	0.0424
260	-0.4926	-0.6016	-0.0000	-0.0043	0.0146	0.0342
270	-0.6650	-0.7296	0.0942	-0.0084	0.0169	0.0119
278	-0.7981	-0.7265	0.1310	-0.0115	-0.0044	-0.0152
279	-0.8134	-0.7011	0.0968	-0.0023	-0.0519	-0.0503
280	-0.7613	-0.6777	0.0452	0.0075	-0.0908	-0.0661
288	-0.7190	-0.6744	0.0302	0.0075	-0.0928	-0.0710
289	-0.6035	-0.6557	0.0053	0.0087	-0.1092	-0.0869
290	-0.4801	-0.6246	-0.0000	0.0031	-0.1130	-0.1059
300	-0.2802	-0.5630	0.0022	0.0002	-0.1076	-0.1039
310	-0.0000	-0.4616	-0.0000	-0.0011	-0.0988	-0.0702

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
320	0.1494	-0.3463	-0.0027	0.0002	-0.0886	-0.0198
330	0.1564	-0.2309	-0.0000	0.0003	-0.0785	0.0114
340	0.0871	-0.1157	-0.0013	-0.0000	-0.0683	0.0246
350	0.0003	-0.0004	-0.0000	0.0000	-0.0582	0.0214
360	-0.0469	0.1148	-0.0012	0.0001	-0.0480	0.0021
370	0.0000	0.2300	-0.0000	-0.0003	-0.0379	-0.0326
380	0.1715	0.3457	-0.0023	0.0004	-0.0277	-0.0578
390	0.3709	0.4613	0.0053	0.0037	-0.0176	-0.0485
398	0.3807	0.4679	0.0061	0.0038	-0.0170	-0.0470
399	0.3911	0.5018	0.0061	0.0080	-0.0125	0.0004
400	0.3569	0.4904	0.0024	0.0103	-0.0046	0.0497
410	0.3367	0.4579	-0.0000	0.0102	-0.0039	0.0547
420	0.2212	0.2328	-0.0062	0.0096	0.0004	0.0688
430	0.1058	0.0000	-0.0000	0.0090	0.0015	0.0591
440	-0.0094	-0.1663	0.0021	0.0083	0.0002	0.0352
450	-0.1246	-0.2413	-0.0000	0.0077	-0.0026	0.0068
460	-0.1534	-0.2442	-0.0037	0.0076	-0.0029	-0.0014
470	-0.1552	-0.2487	0.0161	0.0076	-0.0029	-0.0014
480	-0.1562	-0.2512	0.0272	0.0076	-0.0029	-0.0014
490	-0.1618	-0.2656	0.0906	0.0076	-0.0029	-0.0014
500	-0.1627	-0.2681	0.1017	0.0076	-0.0029	-0.0014
510	-0.2399	-0.2036	-0.0073	0.0071	0.0003	-0.0323
520	-0.3552	0.0000	-0.0000	0.0065	0.0026	-0.0882
530	-0.4709	0.4007	0.0072	0.0058	0.0009	-0.1319
540	-0.5866	0.8816	-0.0000	0.0052	-0.0073	-0.1342
548	-0.6236	1.0288	-0.0110	0.0050	-0.0105	-0.1257
549	-0.6825	1.1015	-0.0248	0.0052	-0.0146	-0.0651
550	-0.7182	1.0883	-0.0324	-0.0014	-0.0130	0.0046
560	-0.7146	1.0736	-0.0318	-0.0025	-0.0128	0.0104
570	-0.7111	1.0625	-0.0310	-0.0025	-0.0128	0.0105
580	-0.6902	0.9991	-0.0260	-0.0028	-0.0127	0.0112
590	-0.6865	0.9880	-0.0251	-0.0028	-0.0127	0.0113
600	-0.6659	0.9480	-0.0190	-0.0061	-0.0123	0.0211
610	-0.6588	0.9370	-0.0170	-0.0061	-0.0123	0.0212
620	-0.6180	0.8735	-0.0052	-0.0061	-0.0122	0.0216
630	-0.6108	0.8625	-0.0032	-0.0060	-0.0122	0.0216
640	-0.5681	0.8049	-0.0000	0.0073	-0.0115	0.0255
650	-0.4404	0.6498	-0.1004	0.0202	-0.0097	0.0277
660	-0.4218	0.6275	-0.1140	0.0200	-0.0097	0.0277
670	-0.3757	0.5727	-0.1378	0.0060	-0.0090	0.0273
680	-0.3574	0.5504	-0.1418	0.0058	-0.0090	0.0273
690	-0.3190	0.5035	-0.1387	-0.0113	-0.0085	0.0263
700	-0.3103	0.4924	-0.1349	-0.0115	-0.0084	0.0263
710	-0.2602	0.4290	-0.1122	-0.0123	-0.0084	0.0262
720	-0.2515	0.4180	-0.1080	-0.0125	-0.0084	0.0262
730	-0.2511	0.4174	-0.1078	-0.0127	-0.0084	0.0262
738	-0.2459	0.4109	-0.1049	-0.0150	-0.0083	0.0259
739	-0.2297	0.4017	-0.0570	-0.0681	-0.0097	0.0197
740	-0.2321	0.4641	-0.0000	-0.0959	-0.0110	0.0169
748	-0.2418	0.5510	0.0291	-0.0954	-0.0108	0.0151
749	-0.2459	0.6102	0.0839	-0.0610	-0.0104	0.0128
750	-0.2409	0.5981	0.1249	-0.0104	-0.0107	0.0078
760	-0.2281	0.5360	0.1281	0.0045	-0.0087	0.0062



Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
770	-0.2101	0.4347	0.0905	0.0165	-0.0055	0.0063
780	-0.2063	0.4150	0.0801	0.0174	-0.0049	0.0067
790	-0.2030	0.3953	0.0699	0.0160	-0.0041	0.0049
800	-0.1991	0.2904	0.0341	0.0056	-0.0002	-0.0011
810	-0.2064	0.1037	0.0574	-0.0113	0.0067	0.0019
818	-0.1698	-0.0437	0.1068	-0.0055	0.0122	0.0167
819	-0.1505	-0.0677	0.0901	0.0189	0.0077	0.0370
820	-0.1404	-0.0542	0.0528	0.0338	0.0035	0.0461
828	-0.1411	-0.0475	0.0466	0.0339	0.0036	0.0474
829	-0.1327	0.0002	0.0172	0.0314	0.0046	0.0529
830	-0.1066	0.0577	-0.0000	0.0249	0.0111	0.0536
840	-0.0851	0.0934	-0.0082	0.0202	0.0121	0.0522
850	-0.0740	0.1108	-0.0122	0.0202	0.0121	0.0521
860	-0.0106	0.2098	-0.0352	0.0197	0.0120	0.0514
870	0.0005	0.2269	-0.0392	0.0196	0.0120	0.0512
880	0.0520	0.2849	-0.0552	0.0085	0.0089	0.0171
890	0.0592	0.2655	-0.0587	0.0038	0.0082	0.0091
900	0.0622	0.2544	-0.0600	0.0037	0.0082	0.0090
910	0.0652	0.2434	-0.0612	0.0036	0.0082	0.0089
920	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
930	-0.2035	0.4269	0.0614	0.0221	-0.0050	0.0156
938	-0.1980	0.4547	0.0251	0.0244	-0.0048	0.0331
939	-0.1880	0.4777	0.0071	0.0218	-0.0026	0.0437
940	-0.1688	0.5129	-0.0000	0.0192	0.0002	0.0601
950	-0.1685	0.5134	-0.0000	0.0192	0.0002	0.0602
960	-0.1589	0.5307	-0.0001	0.0191	0.0002	0.0602
970	-0.1102	0.6189	-0.0004	0.0187	0.0001	0.0601
980	-0.0615	0.7066	-0.0005	0.0183	0.0001	0.0596
990	-0.0521	0.7236	-0.0005	0.0182	0.0001	0.0594
1000	0.0037	0.7856	-0.0006	0.0009	0.0023	0.0075
1010	-0.0000	0.8030	-0.0000	0.0007	0.0023	0.0074
1020	-0.0039	0.8204	0.0002	0.0006	0.0023	0.0074
1030	-0.0066	0.8326	0.0004	0.0006	0.0023	0.0074
1040	-0.0080	0.8389	0.0005	0.0006	0.0023	0.0074
1050	0.0097	0.6462	0.0020	-0.0017	0.0043	-0.0019
1060	-0.0008	0.5069	0.0079	0.0010	0.0063	-0.0003
1070	-0.0013	0.4778	0.0018	0.0045	0.0072	0.0030
1080	0.0000	0.4656	-0.0000	0.0073	0.0076	0.0057
1090	0.0025	0.4534	-0.0038	0.0100	0.0080	0.0086
1100	0.0054	0.4424	-0.0072	0.0101	0.0080	0.0087
1110	0.0225	0.3790	-0.0268	0.0102	0.0081	0.0093
1120	0.0407	0.3156	-0.0463	0.0101	0.0082	0.0100
1130	0.0441	0.3045	-0.0496	0.0101	0.0082	0.0101
1140	0.0333	0.3394	-0.0020	-0.0028	-0.0043	-0.0108
1150	0.0373	0.3518	-0.0031	-0.0028	-0.0043	-0.0108
1160	0.0635	0.4329	-0.0103	-0.0030	-0.0043	-0.0108
1170	0.0675	0.4453	-0.0114	-0.0030	-0.0043	-0.0108
1180	0.0696	0.4516	-0.0120	-0.0030	-0.0043	-0.0108
1190	0.2860	-0.0000	0.1360	0.0000	0.0000	0.0000
1200	0.2861	-0.0001	0.1476	0.0001	0.0002	0.0015
1210	0.2862	-0.0002	0.1598	0.0001	0.0002	0.0016
1220	0.2862	-0.0002	0.1721	0.0001	0.0002	0.0016
1229	0.2726	-0.0038	0.2280	0.0001	0.0028	0.0106

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
1230	0.2368	-0.0246	0.2484	0.0016	0.0063	0.0251
1240	0.1447	-0.1026	0.2688	-0.0037	0.0088	0.0298
1250	0.1202	-0.1246	0.2753	-0.0037	0.0088	0.0298
1258	0.0572	-0.1820	0.2936	-0.0073	0.0095	0.0297
1259	0.0160	-0.2183	0.2878	-0.0091	0.0059	0.0268
1260	-0.0022	-0.2429	0.2521	-0.0122	-0.0012	0.0250
1270	0.0218	-0.3127	0.0249	-0.0030	-0.0044	0.0122
1280	0.0252	-0.3143	-0.0000	-0.0004	-0.0043	0.0108
1290	0.0175	-0.2894	-0.0010	-0.0012	-0.0041	0.0097
1300	0.0103	-0.2604	-0.0074	-0.0020	-0.0036	0.0077
1310	0.0024	-0.2041	-0.0111	-0.0006	-0.0021	0.0022
1320	0.0010	-0.1818	-0.0115	-0.0005	-0.0021	0.0021
1330	0.0003	-0.1620	-0.0115	0.0012	-0.0015	0.0007
1340	-0.0002	-0.1397	-0.0106	0.0013	-0.0015	0.0007
1350	-0.0003	-0.1282	-0.0100	0.0024	-0.0012	0.0001
1353	0.2860	-0.0000	0.1360	0.0000	0.0000	0.0000
1360	-0.0003	-0.1171	-0.0092	0.0024	-0.0012	0.0001
1370	-0.0003	-0.0537	-0.0043	0.0026	-0.0011	0.0000
1380	-0.0003	-0.0427	-0.0034	0.0026	-0.0011	0.0000
1390	0.0333	-0.3394	-0.0020	0.0028	-0.0043	0.0108
1400	0.0373	-0.3518	-0.0031	0.0028	-0.0043	0.0108
1410	0.0635	-0.4329	-0.0103	0.0030	-0.0043	0.0108
1420	0.0675	-0.4453	-0.0114	0.0030	-0.0043	0.0108
1430	0.0696	-0.4516	-0.0120	0.0030	-0.0043	0.0108

CAESAR II 2018 Ver.10,00,00,7700, (Build 170726) Date: JUN 4, 2021 Time: 1:17

Job Name: PRE WORK

Licensed To: SPLM: Edit company name in <system>\company.txt

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements  
CASE 4 (SUS) W+P1

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
3	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
10	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
20	-0.0000	0.0001	-0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0004
30	-0.0000	0.0001	-0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0004
40	-0.0001	0.0002	-0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0004
49	-0.0019	0.0028	-0.0011	-0.0024	-0.0025	-0.0031
50	-0.0033	0.0102	-0.0044	-0.0036	-0.0020	-0.0071
60	-0.0032	0.0317	-0.0078	-0.0036	0.0002	-0.0082
70	-0.0032	0.0378	-0.0076	-0.0036	0.0003	-0.0082
78	-0.0032	0.0534	-0.0051	-0.0036	0.0017	-0.0081
79	-0.0045	0.0601	-0.0021	-0.0041	0.0024	-0.0066
80	-0.0061	0.0577	-0.0011	-0.0055	0.0002	-0.0055
90	-0.0009	0.0085	-0.0001	-0.0101	-0.0012	-0.0022
100	-0.0000	0.0006	-0.0000	-0.0110	-0.0011	-0.0018
110	-0.0012	0.0006	0.0068	-0.0085	-0.0011	-0.0015
120	-0.0022	-0.0002	0.0120	-0.0044	-0.0009	-0.0010
130	-0.0027	-0.0001	0.0107	0.0026	-0.0006	0.0002
140	-0.0026	-0.0001	0.0089	0.0026	-0.0005	0.0002
150	-0.0023	-0.0001	0.0068	0.0025	-0.0004	0.0005
160	-0.0020	-0.0001	0.0052	0.0025	-0.0004	0.0005
170	-0.0018	-0.0001	0.0043	0.0018	-0.0003	0.0005
180	-0.0017	-0.0001	0.0037	0.0017	-0.0003	0.0005
190	-0.0006	-0.0001	0.0006	0.0015	-0.0003	0.0005
200	-0.0005	-0.0001	0.0001	0.0015	-0.0003	0.0005
210	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
218	0.0004	-0.0002	-0.0001	0.0002	0.0001	-0.0001
219	0.0002	-0.0005	-0.0003	0.0006	-0.0007	-0.0000
220	-0.0001	-0.0007	-0.0012	0.0007	-0.0008	-0.0001
230	-0.0001	-0.0005	-0.0022	0.0010	0.0001	-0.0001
240	-0.0000	0.0001	-0.0000	0.0014	0.0001	-0.0002
250	0.0000	0.0009	-0.0015	0.0020	0.0003	-0.0000
260	0.0001	-0.0003	-0.0000	0.0025	-0.0015	0.0007
270	0.0002	-0.0065	-0.0143	0.0032	-0.0009	0.0014
278	0.0002	-0.0123	-0.0088	0.0037	0.0028	0.0013
279	-0.0008	-0.0118	-0.0062	0.0040	0.0025	0.0006
280	-0.0020	-0.0082	-0.0055	0.0048	0.0004	0.0001
288	-0.0021	-0.0060	-0.0054	0.0048	0.0003	0.0000
289	-0.0017	-0.0016	-0.0035	0.0051	-0.0007	-0.0004
290	-0.0010	0.0000	-0.0000	0.0016	-0.0008	-0.0004
300	-0.0004	0.0000	0.0010	0.0001	-0.0009	-0.0002
310	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0007	-0.0009	-0.0001
320	0.0001	0.0000	-0.0022	0.0001	-0.0010	0.0000
330	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0002	-0.0011	0.0000

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
340	-0.0000	0.0000	-0.0014	-0.0000	-0.0012	0.0000
350	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0012	-0.0000
360	-0.0000	0.0000	-0.0011	0.0001	-0.0013	-0.0000
370	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0004	-0.0014	-0.0000
380	0.0000	0.0000	-0.0031	-0.0002	-0.0014	0.0000
390	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0015	-0.0015	0.0000
398	-0.0000	0.0000	0.0003	0.0015	-0.0015	0.0000
399	-0.0000	0.0000	0.0012	0.0019	-0.0014	0.0000
400	-0.0000	0.0000	0.0008	0.0021	-0.0013	0.0000
410	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0022	-0.0014	0.0000
420	-0.0000	-0.0000	-0.0035	0.0027	0.0001	0.0000
430	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0031	0.0009	-0.0000
440	-0.0000	0.0000	0.0016	0.0036	0.0003	0.0000
450	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0040	-0.0026	0.0000
460	-0.0000	-0.0001	-0.0037	0.0042	-0.0030	0.0000
470	-0.0018	-0.0025	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
480	-0.0028	-0.0039	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
490	-0.0086	-0.0119	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
500	-0.0096	-0.0132	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
510	-0.0000	-0.0001	-0.0077	0.0045	0.0002	0.0000
520	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0050	0.0031	-0.0001
530	-0.0000	0.0003	0.0093	0.0054	0.0012	0.0001
540	-0.0000	-0.0012	-0.0000	0.0059	-0.0093	0.0009
548	-0.0001	-0.0024	-0.0139	0.0060	-0.0132	0.0011
549	0.0003	-0.0034	-0.0312	0.0068	-0.0187	0.0009
550	0.0007	-0.0037	-0.0417	-0.0003	-0.0169	0.0000
560	0.0007	-0.0037	-0.0417	-0.0016	-0.0167	-0.0001
570	0.0007	-0.0037	-0.0412	-0.0016	-0.0167	-0.0001
580	0.0006	-0.0037	-0.0379	-0.0019	-0.0167	-0.0001
590	0.0005	-0.0037	-0.0372	-0.0020	-0.0167	-0.0001
600	0.0004	-0.0037	-0.0311	-0.0075	-0.0160	-0.0001
610	0.0004	-0.0037	-0.0285	-0.0076	-0.0160	-0.0001
620	0.0002	-0.0037	-0.0138	-0.0077	-0.0160	-0.0001
630	0.0002	-0.0037	-0.0112	-0.0077	-0.0160	-0.0001
640	0.0003	-0.0038	-0.0000	-0.0008	-0.0151	0.0002
650	0.0032	-0.0042	-0.0366	0.0068	-0.0127	0.0009
660	0.0038	-0.0042	-0.0412	0.0067	-0.0127	0.0009
670	0.0055	-0.0043	-0.0467	-0.0012	-0.0119	0.0010
680	0.0061	-0.0043	-0.0459	-0.0013	-0.0119	0.0010
690	0.0076	-0.0045	-0.0383	-0.0092	-0.0111	0.0010
700	0.0079	-0.0045	-0.0352	-0.0092	-0.0111	0.0010
710	0.0099	-0.0045	-0.0172	-0.0095	-0.0111	0.0010
720	0.0102	-0.0045	-0.0140	-0.0095	-0.0111	0.0010
730	0.0102	-0.0045	-0.0138	-0.0096	-0.0111	0.0010
738	0.0104	-0.0045	-0.0117	-0.0098	-0.0110	0.0010
739	0.0075	-0.0009	-0.0024	-0.0085	-0.0104	0.0011
740	-0.0002	0.0031	-0.0000	-0.0016	-0.0088	0.0013
748	-0.0078	0.0039	-0.0001	-0.0007	-0.0085	0.0012
749	-0.0138	0.0031	-0.0006	0.0020	-0.0069	0.0015
750	-0.0148	0.0022	-0.0025	0.0016	-0.0062	0.0016
760	-0.0120	0.0022	-0.0048	0.0005	-0.0052	0.0015
770	-0.0075	0.0021	-0.0028	-0.0013	-0.0035	0.0015
780	-0.0066	0.0021	-0.0019	-0.0013	-0.0032	0.0015

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
790	-0.0056	0.0020	-0.0011	-0.0011	-0.0030	0.0016
800	-0.0004	0.0019	-0.0000	0.0016	-0.0020	0.0015
810	0.0057	0.0020	-0.0140	-0.0002	-0.0003	0.0007
818	0.0078	0.0020	0.0010	-0.0052	0.0010	0.0003
819	0.0073	0.0002	0.0055	-0.0043	0.0016	-0.0003
820	0.0053	-0.0021	0.0068	-0.0009	0.0027	-0.0007
828	0.0048	-0.0022	0.0068	-0.0007	0.0027	-0.0008
829	0.0021	-0.0016	0.0056	0.0023	0.0045	-0.0000
830	0.0001	-0.0004	-0.0000	0.0034	0.0104	0.0002
840	0.0001	-0.0003	-0.0075	0.0039	0.0110	0.0001
850	0.0001	-0.0003	-0.0112	0.0039	0.0110	0.0001
860	0.0001	-0.0000	-0.0322	0.0039	0.0109	0.0001
870	0.0001	-0.0000	-0.0358	0.0040	0.0109	0.0001
880	0.0001	0.0001	-0.0500	0.0052	0.0077	0.0000
890	0.0001	0.0001	-0.0520	0.0018	0.0072	0.0000
900	0.0001	0.0001	-0.0526	0.0017	0.0071	0.0000
910	0.0001	0.0001	-0.0532	0.0017	0.0071	0.0000
920	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
930	-0.0049	0.0014	-0.0018	-0.0012	-0.0029	0.0013
938	-0.0020	0.0002	-0.0018	-0.0010	-0.0027	0.0009
939	-0.0004	-0.0001	-0.0011	-0.0008	-0.0025	0.0006
940	0.0001	-0.0001	-0.0000	-0.0008	0.0001	-0.0000
950	0.0001	-0.0001	-0.0000	-0.0008	0.0001	-0.0000
960	0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0008	0.0001	-0.0000
970	0.0001	-0.0001	-0.0003	-0.0007	0.0001	-0.0000
980	0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0007	0.0000	-0.0000
990	0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0007	0.0000	-0.0000
1000	0.0001	-0.0002	0.0000	-0.0004	0.0017	0.0001
1010	0.0000	-0.0002	-0.0000	-0.0005	0.0017	0.0001
1020	-0.0001	-0.0002	-0.0005	-0.0006	0.0017	0.0001
1030	-0.0001	-0.0002	-0.0007	-0.0006	0.0017	0.0001
1040	-0.0001	-0.0002	-0.0008	-0.0006	0.0017	0.0001
1050	0.0004	-0.0002	0.0021	-0.0008	0.0034	0.0001
1060	0.0007	-0.0002	0.0038	0.0016	0.0051	0.0000
1070	-0.0000	0.0001	0.0019	0.0046	0.0058	0.0000
1080	-0.0000	0.0001	-0.0000	0.0070	0.0063	0.0000
1090	0.0000	0.0001	-0.0037	0.0093	0.0068	0.0000
1100	0.0000	0.0001	-0.0069	0.0094	0.0068	0.0000
1110	0.0000	0.0001	-0.0249	0.0094	0.0069	0.0000
1120	0.0001	0.0001	-0.0426	0.0091	0.0069	0.0000
1130	0.0001	0.0001	-0.0456	0.0090	0.0070	0.0000
1140	0.0014	0.0006	-0.0106	-0.0142	-0.0011	-0.0018
1150	0.0020	0.0006	-0.0159	-0.0143	-0.0011	-0.0018
1160	0.0064	0.0006	-0.0510	-0.0144	-0.0011	-0.0018
1170	0.0071	0.0006	-0.0564	-0.0144	-0.0011	-0.0018
1180	0.0074	0.0006	-0.0591	-0.0144	-0.0011	-0.0018
1190	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
1200	-0.0000	-0.0001	-0.0000	0.0001	-0.0001	0.0004
1210	-0.0000	-0.0001	-0.0000	0.0001	-0.0001	0.0004
1220	-0.0001	-0.0002	-0.0000	0.0001	-0.0001	0.0004
1229	-0.0019	-0.0028	-0.0011	0.0024	-0.0025	0.0031
1230	-0.0033	-0.0102	-0.0044	0.0036	-0.0020	0.0071
1240	-0.0032	-0.0317	-0.0078	0.0036	0.0002	0.0082

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
1250	-0.0032	-0.0378	-0.0076	0.0036	0.0003	0.0082
1258	-0.0032	-0.0534	-0.0051	0.0036	0.0017	0.0081
1259	-0.0045	-0.0601	-0.0021	0.0041	0.0024	0.0066
1260	-0.0061	-0.0577	-0.0011	0.0055	0.0002	0.0055
1270	-0.0009	-0.0085	-0.0001	0.0101	-0.0012	0.0022
1280	-0.0000	-0.0006	-0.0000	0.0110	-0.0011	0.0018
1290	-0.0012	-0.0006	0.0068	0.0085	-0.0011	0.0015
1300	-0.0022	0.0002	0.0120	0.0044	-0.0009	0.0010
1310	-0.0027	0.0001	0.0107	-0.0026	-0.0006	-0.0002
1320	-0.0026	0.0001	0.0089	-0.0026	-0.0005	-0.0002
1330	-0.0023	0.0001	0.0068	-0.0025	-0.0004	-0.0005
1340	-0.0020	0.0001	0.0052	-0.0025	-0.0004	-0.0005
1350	-0.0018	0.0001	0.0043	-0.0018	-0.0003	-0.0005
1353	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
1360	-0.0017	0.0001	0.0037	-0.0017	-0.0003	-0.0005
1370	-0.0006	0.0001	0.0006	-0.0015	-0.0003	-0.0005
1380	-0.0005	0.0001	0.0001	-0.0015	-0.0003	-0.0005
1390	0.0014	-0.0006	-0.0106	0.0142	-0.0011	0.0018
1400	0.0020	-0.0006	-0.0159	0.0143	-0.0011	0.0018
1410	0.0064	-0.0006	-0.0510	0.0144	-0.0011	0.0018
1420	0.0071	-0.0006	-0.0564	0.0144	-0.0011	0.0018
1430	0.0074	-0.0006	-0.0591	0.0144	-0.0011	0.0018

CAESAR II 2018 Ver.10,00,00,7700, (Build 170726) Date: JUN

4, 2021 Time: 1:17

Job Name: PRE WORK

Licensed To: SPLM: Edit company name in  
<system>\company.txt

DISPLACEMENTS REPORT: Nodal Movements

CASE 5 (SUS) W+P2

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
3	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
10	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000	-0.0000
20	-0.0000	0.0001	-0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0004
30	-0.0000	0.0001	-0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0004
40	-0.0001	0.0002	-0.0000	-0.0001	-0.0001	-0.0004
49	-0.0019	0.0028	-0.0011	-0.0024	-0.0025	-0.0031
50	-0.0033	0.0102	-0.0044	-0.0036	-0.0020	-0.0071
60	-0.0032	0.0317	-0.0078	-0.0036	0.0002	-0.0082
70	-0.0032	0.0378	-0.0076	-0.0036	0.0003	-0.0082
78	-0.0032	0.0534	-0.0051	-0.0036	0.0017	-0.0081
79	-0.0045	0.0601	-0.0021	-0.0041	0.0024	-0.0066
80	-0.0061	0.0577	-0.0011	-0.0055	0.0002	-0.0055
90	-0.0009	0.0085	-0.0001	-0.0101	-0.0012	-0.0022
100	-0.0000	0.0006	-0.0000	-0.0110	-0.0011	-0.0018
110	-0.0012	0.0006	0.0068	-0.0085	-0.0011	-0.0015
120	-0.0022	-0.0002	0.0120	-0.0044	-0.0009	-0.0010
130	-0.0027	-0.0001	0.0107	0.0026	-0.0006	0.0002
140	-0.0026	-0.0001	0.0089	0.0026	-0.0005	0.0002
150	-0.0023	-0.0001	0.0068	0.0025	-0.0004	0.0005
160	-0.0020	-0.0001	0.0052	0.0025	-0.0004	0.0005
170	-0.0018	-0.0001	0.0043	0.0018	-0.0003	0.0005
180	-0.0017	-0.0001	0.0037	0.0017	-0.0003	0.0005
190	-0.0006	-0.0001	0.0006	0.0015	-0.0003	0.0005
200	-0.0005	-0.0001	0.0001	0.0015	-0.0003	0.0005
210	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000
218	0.0004	-0.0002	-0.0001	0.0002	0.0001	-0.0001
219	0.0002	-0.0005	-0.0003	0.0006	-0.0007	-0.0000
220	-0.0001	-0.0007	-0.0012	0.0007	-0.0008	-0.0001
230	-0.0001	-0.0005	-0.0022	0.0010	0.0001	-0.0001
240	-0.0000	0.0001	-0.0000	0.0014	0.0001	-0.0002
250	0.0000	0.0009	-0.0015	0.0020	0.0003	-0.0000
260	0.0001	-0.0003	-0.0000	0.0025	-0.0015	0.0007
270	0.0002	-0.0065	-0.0143	0.0032	-0.0009	0.0014
278	0.0002	-0.0123	-0.0088	0.0037	0.0028	0.0013
279	-0.0008	-0.0118	-0.0062	0.0040	0.0025	0.0006
280	-0.0020	-0.0082	-0.0055	0.0048	0.0004	0.0001
288	-0.0021	-0.0060	-0.0054	0.0048	0.0003	0.0000
289	-0.0017	-0.0016	-0.0035	0.0051	-0.0007	-0.0004
290	-0.0010	0.0000	-0.0000	0.0016	-0.0008	-0.0004
300	-0.0004	0.0000	0.0010	0.0001	-0.0009	-0.0002
310	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0007	-0.0009	-0.0001
320	0.0001	0.0000	-0.0022	0.0001	-0.0010	0.0000
330	0.0000	0.0000	-0.0000	0.0002	-0.0011	0.0000
340	-0.0000	0.0000	-0.0014	-0.0000	-0.0012	0.0000
350	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0012	-0.0000
360	-0.0000	0.0000	-0.0011	0.0001	-0.0013	-0.0000
370	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0004	-0.0014	-0.0000

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
380	0.0000	0.0000	-0.0031	-0.0002	-0.0014	0.0000
390	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0015	-0.0015	0.0000
398	-0.0000	0.0000	0.0003	0.0015	-0.0015	0.0000
399	-0.0000	0.0000	0.0012	0.0019	-0.0014	0.0000
400	-0.0000	0.0000	0.0008	0.0021	-0.0013	0.0000
410	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0022	-0.0014	0.0000
420	-0.0000	-0.0000	-0.0035	0.0027	0.0001	0.0000
430	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0031	0.0009	-0.0000
440	-0.0000	0.0000	0.0016	0.0036	0.0003	0.0000
450	-0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0040	-0.0026	0.0000
460	-0.0000	-0.0001	-0.0037	0.0042	-0.0030	0.0000
470	-0.0018	-0.0025	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
480	-0.0028	-0.0039	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
490	-0.0086	-0.0119	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
500	-0.0096	-0.0132	-0.0038	0.0042	-0.0030	0.0000
510	-0.0000	-0.0001	-0.0077	0.0045	0.0002	0.0000
520	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0050	0.0031	-0.0001
530	-0.0000	0.0003	0.0093	0.0054	0.0012	0.0001
540	-0.0000	-0.0012	-0.0000	0.0059	-0.0093	0.0009
548	-0.0001	-0.0024	-0.0139	0.0060	-0.0132	0.0011
549	0.0003	-0.0034	-0.0312	0.0068	-0.0187	0.0009
550	0.0007	-0.0037	-0.0417	-0.0003	-0.0169	0.0000
560	0.0007	-0.0037	-0.0417	-0.0016	-0.0167	-0.0001
570	0.0007	-0.0037	-0.0412	-0.0016	-0.0167	-0.0001
580	0.0006	-0.0037	-0.0379	-0.0019	-0.0167	-0.0001
590	0.0005	-0.0037	-0.0372	-0.0020	-0.0167	-0.0001
600	0.0004	-0.0037	-0.0311	-0.0075	-0.0160	-0.0001
610	0.0004	-0.0037	-0.0285	-0.0076	-0.0160	-0.0001
620	0.0002	-0.0037	-0.0138	-0.0077	-0.0160	-0.0001
630	0.0002	-0.0037	-0.0112	-0.0077	-0.0160	-0.0001
640	0.0003	-0.0038	-0.0000	-0.0008	-0.0151	0.0002
650	0.0032	-0.0042	-0.0366	0.0068	-0.0127	0.0009
660	0.0038	-0.0042	-0.0412	0.0067	-0.0127	0.0009
670	0.0055	-0.0043	-0.0467	-0.0012	-0.0119	0.0010
680	0.0061	-0.0043	-0.0459	-0.0013	-0.0119	0.0010
690	0.0076	-0.0045	-0.0383	-0.0092	-0.0111	0.0010
700	0.0079	-0.0045	-0.0352	-0.0092	-0.0111	0.0010
710	0.0099	-0.0045	-0.0172	-0.0095	-0.0111	0.0010
720	0.0102	-0.0045	-0.0140	-0.0095	-0.0111	0.0010
730	0.0102	-0.0045	-0.0138	-0.0096	-0.0111	0.0010
738	0.0104	-0.0045	-0.0117	-0.0098	-0.0110	0.0010
739	0.0075	-0.0009	-0.0024	-0.0085	-0.0104	0.0011
740	-0.0002	0.0031	-0.0000	-0.0016	-0.0088	0.0013
748	-0.0078	0.0039	-0.0001	-0.0007	-0.0085	0.0012
749	-0.0138	0.0031	-0.0006	0.0020	-0.0069	0.0015
750	-0.0148	0.0022	-0.0025	0.0016	-0.0062	0.0016
760	-0.0120	0.0022	-0.0048	0.0005	-0.0052	0.0015
770	-0.0075	0.0021	-0.0028	-0.0013	-0.0035	0.0015
780	-0.0066	0.0021	-0.0019	-0.0013	-0.0032	0.0015
790	-0.0056	0.0020	-0.0011	-0.0011	-0.0030	0.0016
800	-0.0004	0.0019	-0.0000	0.0016	-0.0020	0.0015
810	0.0057	0.0020	-0.0140	-0.0002	-0.0003	0.0007
818	0.0078	0.0020	0.0010	-0.0052	0.0010	0.0003
819	0.0073	0.0002	0.0055	-0.0043	0.0016	-0.0003
820	0.0053	-0.0021	0.0068	-0.0009	0.0027	-0.0007
828	0.0048	-0.0022	0.0068	-0.0007	0.0027	-0.0008
829	0.0021	-0.0016	0.0056	0.0023	0.0045	-0.0000



Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
830	0.0001	-0.0004	-0.0000	0.0034	0.0104	0.0002
840	0.0001	-0.0003	-0.0075	0.0039	0.0110	0.0001
850	0.0001	-0.0003	-0.0112	0.0039	0.0110	0.0001
860	0.0001	-0.0000	-0.0322	0.0039	0.0109	0.0001
870	0.0001	-0.0000	-0.0358	0.0040	0.0109	0.0001
880	0.0001	0.0001	-0.0500	0.0052	0.0077	0.0000
890	0.0001	0.0001	-0.0520	0.0018	0.0072	0.0000
900	0.0001	0.0001	-0.0526	0.0017	0.0071	0.0000
910	0.0001	0.0001	-0.0532	0.0017	0.0071	0.0000
920	0.0000	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000
930	-0.0049	0.0014	-0.0018	-0.0012	-0.0029	0.0013
938	-0.0020	0.0002	-0.0018	-0.0010	-0.0027	0.0009
939	-0.0004	-0.0001	-0.0011	-0.0008	-0.0025	0.0006
940	0.0001	-0.0001	-0.0000	-0.0008	0.0001	-0.0000
950	0.0001	-0.0001	-0.0000	-0.0008	0.0001	-0.0000
960	0.0001	-0.0001	-0.0001	-0.0008	0.0001	-0.0000
970	0.0001	-0.0001	-0.0003	-0.0007	0.0001	-0.0000
980	0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0007	0.0000	-0.0000
990	0.0001	-0.0002	-0.0003	-0.0007	0.0000	-0.0000
1000	0.0001	-0.0002	0.0000	-0.0004	0.0017	0.0001
1010	0.0000	-0.0002	-0.0000	-0.0005	0.0017	0.0001
1020	-0.0001	-0.0002	-0.0005	-0.0006	0.0017	0.0001
1030	-0.0001	-0.0002	-0.0007	-0.0006	0.0017	0.0001
1040	-0.0001	-0.0002	-0.0008	-0.0006	0.0017	0.0001
1050	0.0004	-0.0002	0.0021	-0.0008	0.0034	0.0001
1060	0.0007	-0.0002	0.0038	0.0016	0.0051	0.0000
1070	-0.0000	0.0001	0.0019	0.0046	0.0058	0.0000
1080	-0.0000	0.0001	-0.0000	0.0070	0.0063	0.0000
1090	0.0000	0.0001	-0.0037	0.0093	0.0068	0.0000
1100	0.0000	0.0001	-0.0069	0.0094	0.0068	0.0000
1110	0.0000	0.0001	-0.0249	0.0094	0.0069	0.0000
1120	0.0001	0.0001	-0.0426	0.0091	0.0069	0.0000
1130	0.0001	0.0001	-0.0456	0.0090	0.0070	0.0000
1140	0.0014	0.0006	-0.0106	-0.0142	-0.0011	-0.0018
1150	0.0020	0.0006	-0.0159	-0.0143	-0.0011	-0.0018
1160	0.0064	0.0006	-0.0510	-0.0144	-0.0011	-0.0018
1170	0.0071	0.0006	-0.0564	-0.0144	-0.0011	-0.0018
1180	0.0074	0.0006	-0.0591	-0.0144	-0.0011	-0.0018
1190	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
1200	-0.0000	-0.0001	-0.0000	0.0001	-0.0001	0.0004
1210	-0.0000	-0.0001	-0.0000	0.0001	-0.0001	0.0004
1220	-0.0001	-0.0002	-0.0000	0.0001	-0.0001	0.0004
1229	-0.0019	-0.0028	-0.0011	0.0024	-0.0025	0.0031
1230	-0.0033	-0.0102	-0.0044	0.0036	-0.0020	0.0071
1240	-0.0032	-0.0317	-0.0078	0.0036	0.0002	0.0082
1250	-0.0032	-0.0378	-0.0076	0.0036	0.0003	0.0082
1258	-0.0032	-0.0534	-0.0051	0.0036	0.0017	0.0081
1259	-0.0045	-0.0601	-0.0021	0.0041	0.0024	0.0066
1260	-0.0061	-0.0577	-0.0011	0.0055	0.0002	0.0055
1270	-0.0009	-0.0085	-0.0001	0.0101	-0.0012	0.0022
1280	-0.0000	-0.0006	-0.0000	0.0110	-0.0011	0.0018
1290	-0.0012	-0.0006	0.0068	0.0085	-0.0011	0.0015
1300	-0.0022	0.0002	0.0120	0.0044	-0.0009	0.0010
1310	-0.0027	0.0001	0.0107	-0.0026	-0.0006	-0.0002
1320	-0.0026	0.0001	0.0089	-0.0026	-0.0005	-0.0002
1330	-0.0023	0.0001	0.0068	-0.0025	-0.0004	-0.0005
1340	-0.0020	0.0001	0.0052	-0.0025	-0.0004	-0.0005

Node	DX cm.	DY cm.	DZ cm.	RX deg.	RY deg.	RZ deg.
1350	-0.0018	0.0001	0.0043	-0.0018	-0.0003	-0.0005
1353	0.0000	-0.0000	-0.0000	0.0000	-0.0000	0.0000
1360	-0.0017	0.0001	0.0037	-0.0017	-0.0003	-0.0005
1370	-0.0006	0.0001	0.0006	-0.0015	-0.0003	-0.0005
1380	-0.0005	0.0001	0.0001	-0.0015	-0.0003	-0.0005
1390	0.0014	-0.0006	-0.0106	0.0142	-0.0011	0.0018
1400	0.0020	-0.0006	-0.0159	0.0143	-0.0011	0.0018
1410	0.0064	-0.0006	-0.0510	0.0144	-0.0011	0.0018
1420	0.0071	-0.0006	-0.0564	0.0144	-0.0011	0.0018
1430	0.0074	-0.0006	-0.0591	0.0144	-0.0011	0.0018

## 5. Cargas nos suportes

Node	Load Case	FX N. TYPE=Displ. Reaction;	FY N.	FZ N.	MX N.m.	MY N.m.	MZ N.m.
3							
	4 (SUS)	1211	2854	-20134	-5129	-3408	-9502
	5 (SUS)	1211	2854	-20134	-5129	-3408	-9502
	MAX	1211/L4	2854/L4	20134/L4	5129/L4	3408/L4	9502/L4
10		TYPE=Rigid ANC;					
	4 (SUS)	1211	2854	-20134	-5129	-3408	-9502
	5 (SUS)	1211	2854	-20134	-5129	-3408	-9502
	MAX	1211/L4	2854/L4	20134/L4	5129/L4	3408/L4	9502/L4
100		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-5	1018	-95165	0	0	0
	5 (SUS)	-5	1018	-95165	0	0	0
	MAX	-5/L4	1018/L4	95165/L4			
210		TYPE=Rigid ANC;					
	4 (SUS)	-946	7	-27159	362	-319	-130
	5 (SUS)	-946	7	-27159	362	-319	-130
	MAX	-946/L4	7/L4	27159/L4	362/L4	319/L4	130/L4
240		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-73	201	-9064	0	0	0
	5 (SUS)	-73	201	-9064	0	0	0
	MAX	-73/L4	201/L4	9064/L4			
260		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	157	-469	-12898	0	0	0
	5 (SUS)	157	-469	-12898	0	0	0
	MAX	157/L4	469/L4	12898/L4			
290		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-1667	71	-13251	0	0	0
	5 (SUS)	-1667	71	-13251	0	0	0
	MAX	-1667/L4	71/L4	13251/L4			
310		TYPE=Rigid X; Rigid +Z;					
	4 (SUS)	83	78	-5445	0	0	0
	5 (SUS)	83	78	-5445	0	0	0
	MAX	83/L4	78/L4	5445/L4			
330		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	38	38	-8896	0	0	0
	5 (SUS)	38	38	-8896	0	0	0

	MAX	38/L4	38/L4	8896/L4	-		
350		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-6	29	-7927	0	0	0
	5 (SUS)	-6	29	-7927	0	0	0
	MAX	-6/L4	29/L4	7927/L4	-		
370		TYPE=Rigid X; Rigid +Z;					
	4 (SUS)	2	23	-9433	0	0	0
	5 (SUS)	2	23	-9433	0	0	0
	MAX	2/L4	23/L4	9433/L4	-		
390		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-11	20	-4687	0	0	0
	5 (SUS)	-11	20	-4687	0	0	0
	MAX	-11/L4	20/L4	4687/L4	-		
410		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-27	2	-5607	0	0	0
	5 (SUS)	-27	2	-5607	0	0	0
	MAX	-27/L4	2/L4	5607/L4	-		
430		TYPE=Rigid Y; Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-34	8	-7392	0	0	0
	5 (SUS)	-34	8	-7392	0	0	0
	MAX	-34/L4	8/L4	7392/L4	-		
450		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-41	-59	-28051	0	0	0
	5 (SUS)	-41	-59	-28051	0	0	0
	MAX	-41/L4	59/L4	28051/L4	-		
520		TYPE=Rigid Y; Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-112	419	-4154	0	0	0
	5 (SUS)	-112	419	-4154	0	0	0
	MAX	-112/L4	419/L4	4154/L4	-		
540		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-85	-2043	-25993	0	0	0
	5 (SUS)	-85	-2043	-25993	0	0	0
	MAX	-85/L4	2043/L4	25993/L4	-		
640		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	477	-6585	-41603	0	0	0
	5 (SUS)	477	-6585	-41603	0	0	0

	MAX	477/L4	6585/L4	41603/L4			
740		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-347	5393	-27257	0	0	0
	5 (SUS)	-347	5393	-27257	0	0	0
	MAX	-347/L4	5393/L4	27257/L4			
800		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-652	3388	-12527	0	0	0
	5 (SUS)	-652	3388	-12527	0	0	0
	MAX	-652/L4	3388/L4	12527/L4			
830		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	113	-699	-25296	0	0	0
	5 (SUS)	113	-699	-25296	0	0	0
	MAX	113/L4	699/L4	25296/L4			
920		TYPE=Rigid ANC;					
	4 (SUS)	22	721	-15120	-25226	2873	-41
	5 (SUS)	22	721	-15120	-25226	2873	-41
	MAX	22/L4	721/L4	15120/L4	25226/L4	2873/L4	41/L4
940		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	142	-177	-13355	0	0	0
	5 (SUS)	142	-177	-13355	0	0	0
	MAX	142/L4	177/L4	13355/L4			
1010		TYPE=Rigid X; Rigid +Z;					
	4 (SUS)	651	-520	-22888	0	0	0
	5 (SUS)	651	-520	-22888	0	0	0
	MAX	651/L4	520/L4	22888/L4			
1080		TYPE=Rigid X; Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-96	153	-46166	0	0	0
	5 (SUS)	-96	153	-46166	0	0	0
	MAX	-96/L4	153/L4	46166/L4			
1190		TYPE=Rigid ANC;					
	4 (SUS)	1211	-2854	-20134	5129	-3408	9502
	5 (SUS)	1211	-2854	-20134	5129	-3408	9502
	MAX	1211/L4	2854/L4	20134/L4	5129/L4	3408/L4	9502/L4
1280		TYPE=Rigid +Z;					
	4 (SUS)	-5	-1018	-95165	0	0	0
	5 (SUS)	-5	-1018	-95165	0	0	0

	MAX	-5/L4	1018/L4	-	95165/L4	-	
1353		TYPE=Displ. Reaction;					
	4 (SUS)	1211	-2854	-20134	5129	-3408	9502
	5 (SUS)	1211	-2854	-20134	5129	-3408	9502
	MAX	1211/L4	2854/L4	20134/L4	5129/L4	3408/L4	9502/L4

Fonte: Elaborado pela autora no Caesar II, 2021

---