

UNIVERSIDADE NOVA DE LISBOA
Faculdade de Ciências e Tecnologia
Departamento de Engenharia Mecânica e Industrial

Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies

Por
Frederico Reis Mendes Vieira Grosso

Dissertação apresentada na faculdade de Ciências e Tecnologia da
Universidade Nova de Lisboa para obtenção de grau de Mestre em
Engenharia Mecânica

Orientador: Professor António Manuel Gonçalves Coelho

Lisboa
2009



AGRADECIMENTOS

Pela ajuda prestada na elaboração do presente.

- Professor António Coelho; Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNL
- Engenheiro João Grossinho; Fertagus, Transportes, S.A.
- Marco Fontes; Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNL
- Humberto Oliveira; Bresimar Automação, S.A.



SUMÁRIO

No interesse de uma contínua melhoria de processos e equipamentos, a empresa Fertagus, Travessia do Tejo, Transportes, S.A., procura uma solução que facilite e melhore as operações de revisão para o período de manutenção dos 1.200.000 quilómetros dos bogies dos seus comboios.

Um total de 144 bogies, durante um período de 2 anos, terá que ser desmontado por completo, todos os componentes revistos, novamente montados e posteriormente ensaiados para verificar se existem empenos no chassis ou assimetrias na resposta à aplicação da força.

Actualmente, a desmontagem é realizada por um método manual de compressão das molas da suspensão, o qual se revela ineficaz para a cadência de operações exigida, e a empresa não possui nenhum sistema que permita efectuar o teste pós-montagem.

Sendo assim, o método actual será substituído por um método mecânico. A solução proposta, Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies, está descrita nas páginas seguintes.



ABSTRACT

Aiming the continuous improvement of processes and equipments, the company Fertagus, Travessia do Tejo, Transportes, S.A., is searching for a solution to ease and improve the overhauling operations for the 1.200.000 kilometres maintenance period of the bogies of their trains.

During a 2 year period, a total of 144 bogies must be fully disassembled, all of the components reviewed, then reassembled and tested to search for bends in the chassis or asymmetries in the response to the application of the force.

Nowadays, the disassembling is achieved through manual spring compression which proves to be slow. Therefore, the method is considered ineffective for the demanded cadence of operations, and the company does not have a system for the post-assembling test.

Thus, the current method will be replaced with a mechanical method. The proposed solution, Bogie Disassembling and Testing Platform, is described in the following pages.



SIMBOLOGIA

Maiúsculas Latinas

- A – Área.
- E – Módulo de elasticidade.
- F – Força localizada.
- I – Momento de inércia.
- J_t – Momento de inércia à torção.
- M – Momento Flector.
- N – Esforço Normal.
- Q – Momento Estático.
- R – Resistência térmica. Reacção de apoio.
- S – Aço.
- V – Esforço transverso.
- W – Módulo de flexão.

Minúsculas Latinas

- d – Diâmetro. Direita.
- e – Esquerda.
- h – Altura. Horizontal.
- l – Comprimento.
- n – Factor de segurança. Número total de uma amostra.
- p – Pressão.
- q – Caudal.
- t – Espessura.
- v – Vertical.
- y – Flecha. Distância.

Minúsculas Gregas

- ε – Extensão.
- ν – Coeficiente de Poisson.
- π – Uso em matemática.
- ρ – Massa volúmica.
- σ – Tensão normal.
- τ – Tensão tangencial.



Siglas

DIN – Normas Alemãs.

EN – Normas Europeias.

NP – Normas Portuguesas.

ISO – Normas Internacionais.

ASTM – Normas Americanas.



ÍNDICE DE MATÉRIAS

Agradecimentos	2
Sumário	3
Abstract	4
Simbologia	5
1. Introdução ao Projecto	12
1.1. Aspectos Gerais	12
1.2. A Necessidade e a Solução	13
1.3. Requisitos	14
2. Plataforma (Modelação em 3D)	15
3. Longarinas	17
3.1. Características	17
3.2. Reforços	19
3.3. Ligações Aparafusadas	24
4. Vigas Superiores	26
4.1. Características	26
4.2. Reforços	27
4.3. Ligações Aparafusadas	28
5. Colunas	34
5.1. Características	34
5.2. Ligações Aparafusadas	34
6. Vigas Inferiores	36
6.1. Características	36
6.2. Reforços	36
6.3. Ligações Aparafusadas	36
7. Pórtico	38
7.1. Características	38
7.2. Acção dos Esforços	39
7.3. Cálculo das Tensões	42
8. Apoios das Longarinas	48
8.1. Apoio Simples	48
8.2. Apoio-Distanciador	49
8.3. Resistência do Solo	51



9. Células de Carga	52
9.1. Características	52
9.2. Colocação	53
10. Painéis Digitais	55
11. Carril	56
11.1. Características	56
11.2. Fixação	56
12. Actuadores Hidráulicos	57
12.1. Características	57
12.2. Colocação	60
12.3. Ligação Aparafusada	61
13. Olhais de Suspensão das Vigas Superiores	62
13.1. Características	62
13.2. Ligação Soldada	63
13.3. Ligação Aparafusada	65
14. Imagens em 2D	66
15. Conclusão	78
Bibliografia	79
Anexos	
Anexo A	81
Anexo B	82
Anexo C	84
Anexo D	85
Anexo E	86
Anexo F	87
Anexo G	90
Anexo H	93



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 – Força a exercer para as operações de desmontagem/montagem	12
Figura 1.2 – Força a exercer para o ensaio	13
Figura 2.1 – Vista geral da Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies	15
Figura 2.2 – Vista geral da Plataforma, com modelo proporcional de um bogie	15
Figura 2.3 – Vista lateral da Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies	16
Figura 2.4 – Vista de frente da Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies	16
Figura 3.1 – Dimensões e características do perfil IPE 600	17
Figura 3.2 – Cortes para os apoios das unidades de pesagem e passagem do pórtico	18
Figura 3.3 – Soldadura das chapas de apoio das unidades de pesagem e passagem do pórtico	19
Figura 3.4 – Deformação no apoio das células de carga sujeito a $F=115$ kN	21
Figura 3.5 – Tensão composta no apoio das células de carga sujeito a $F=115$ kN	21
Figura 3.6 – Secção de apoio das células de carga sem reforços e com reforços	22
Figura 3.7 – Deformação no apoio das células de carga, reforçado, sujeito a $F=115$ kN	23
Figura 3.8 – Tensão composta no apoio das células de carga, reforçado, sujeito a $F=115$ kN	23
Figura 3.9 – Soldadura dos reforços nas secções dos apoios das células de carga e passagem do pórtico	24
Figura 4.1 – Dimensões e características do perfil UNP 400	26
Figura 4.2 – Secção de apoio dos actuadores sem reforços e com reforços	27
Figura 4.3 – Soldadura dos reforços nas secções de apoio dos actuadores e secção central da viga	28
Figura 4.4 – Ligação aparafusada entre as vigas superiores e a coluna	29
Figura 4.5 – Esquema de distribuição de força no aparafusamento entre a viga superior e a coluna	30
Figura 4.6 – Furação e reforço da viga superior	32
Figura 5.1 – Dimensões e características do perfil HE 200 M	34



Figura 5.2 – Furação na coluna	35
Figura 6.1 – Soldadura dos reforços nas secções de apoio das longarinas e secção central da viga	36
Figura 6.2 – Furação e reforço da viga inferior	37
Figura 7.1 – Folgas entre o pórtico e o bogie	38
Figura 7.2 – Acção das forças no pórtico	39
Figura 7.3 – Perfil das vigas superiores	39
Figura 7.4 – Forças, reacções e restrições aplicadas no pórtico	40
Figura 7.5 – Deformação do pórtico quando sujeito a $F=350$ kN	41
Figura 7.6 – Valores da deformação do pórtico, em milímetros	42
Figura 7.7 – Distâncias dos centros de massa das secções I e II ao eixo z, no perfil UNP 400	44
Figura 7.8 – Distâncias dos centros de massa das secções I e II ao eixo z, no perfil HE 260 M	46
Figura 8.1 – Perspectiva do apoio simples	48
Figura 8.2 – Perspectiva do apoio-distanciador	49
Figura 8.3 – Deformação no apoio-distanciador, sujeito a $F=230$ kN	50
Figura 8.4 – Tensão composta no apoio-distanciador, sujeito a $F=230$ kN	50
Figura 8.5 – Dimensões da base do apoio-distanciador	51
Figura 9.1 – Célula de carga C2S, da AEP Transducers	51
Figura 9.2 – Unidade de pesagem da AEP Transducers	53
Figura 9.3 – Vistas ortogonais do carril + chapa de apoio	54
Figura 9.4 – Posicionamento da unidade de pesagem na longarina	54
Figura 10.1 – Esquema de ligação entre as células de carga e os painéis	55
Figura 10.2 – PAX Panel da Red Lion	55
Figura 11.1 – Fixador de carril	56
Figura 12.1 – Funcionamento do actuador hidráulico	57
Figura 12.2 – Pontos aplicação de carga	58
Figura 12.3 – Actuador CDH1/MF3 da Bosch-Rexroth	59
Figura 12.4 – Vistas ortogonais do apoio dos actuadores	60
Figura 12.5 – Perspectiva geral do actuador + apoio + tubagem	60
Figura 13.1 – Perspectiva geral dos olhais de suspensão das vigas superiores	62
Figura 13.2 – Perspectiva geral dos olhais + vigas superiores	62
Figura 13.3 – Ligação das asas às chapas laterais	63
Figura 13.4 – Esquema da ligação soldada e cordão de soldadura	63



ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 7.1 – Força segundo eixo x, força segundo eixo y e momento em torno do eixo z	41
Tabela 7.2 – Distâncias ao eixo z e áreas dos centros de massa das secções I e II, no perfil UNP 400	45
Tabela 7.3 – Distâncias ao eixo z e áreas dos centros de massa das secções I e II, no perfil HE 260 M	46
Tabela 12.1 – Diâmetros e peso do actuador CDH1/MF3	59
Tabela 12.2 – Áreas, Forças e Escoamentos do actuador CDH1/MF3	59

1. INTRODUÇÃO AO PROJECTO

1.1. Aspectos Gerais

O presente trabalho foi realizado em colaboração com a Fertagus, no âmbito da manutenção dos seus comboios. A empresa depara-se com um período intensivo de manutenção, cuja principal operação diz respeito à revisão dos 1.200.000 quilómetros dos bogies.

A manutenção supra-citada será efectuada durante um período de 2 anos em 144 bogies, e no âmbito das operações de revisão, é necessário que sejam completamente desmontados de forma a poder sujeitar de todos os seus componentes às verificações estipuladas para este período. Após a manutenção ou substituição dos componentes, o bogie terá que ser montado e ensaiado para despistar possíveis empenos no quadro, ou assimetrias na resposta à aplicação da força, criadas por uma montagem defeituosa.

Para as operações de montagem e desmontagem, a Fertagus utiliza um processo manual de compressão das molas da suspensão. O processo consiste na utilização de um fuso que é preso a ambas as extremidades da suspensão e que, ao ser apertado, comprime as molas (ver figura 1.1), permitindo assim soltar a suspensão e proceder à desmontagem dos restantes componentes. O processo é lento, pois o aperto manual é realizado independentemente para cada rodado e exige bastante esforço por parte dos operários.

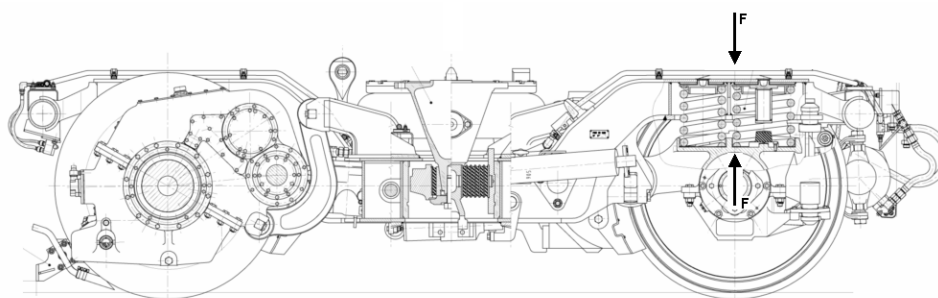


Figura 1.1 – Força a exercer para compressão das molas da suspensão

Para as operações de ensaio é necessário simular o peso da carruagem sobre o bogie e conseguir obter as reacções a esse carregamento sob cada roda (ver figura 1.2), e actualmente a Fertagus não possui nenhuma ferramenta para cumprir com esta necessidade.

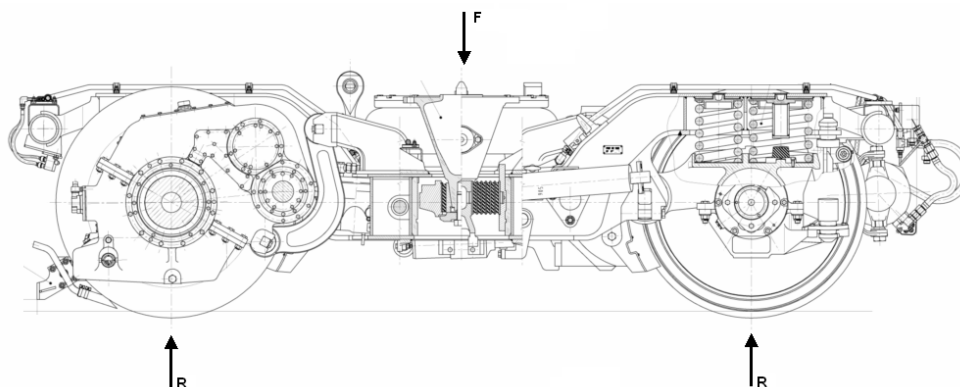


Figura 1.2 – Força a exercer para o ensaio

Assim sendo, a manutenção, que já por si implica a adjudicação de alguns serviços, implicaria também a adjudicação do processo de ensaio e a contratação de mão-de-obra adicional para as operações de desmontagem/montagem para assim poder cumprir com os requisitos.

1.2. A Necessidade e a Solução

Antecipando o tempo e custo destas operações, o Engenheiro responsável pela gestão das oficinas da Fertagus pretende arranjar uma solução que permita efectuar as operações de desmontagem e montagem de uma forma mais rápida e que permita também efectuar o ensaio dentro das instalações da empresa.

A solução proposta neste trabalho consiste em criar uma plataforma que incorpore um sistema hidráulico que permita realizar a força necessária para as operações de ensaio e de desmontagem/montagem, bem como um sistema de medição de carga para as operações de ensaio.

O sistema hidráulico é composto, entre outros componentes, por 2 actuadores cujos êmbolos assentam sobre a suspensão secundária, comprimindo uniformemente todo o bogie. Os actuadores serão aplicados num pórtico, concebido exclusivamente para os sustentar.

A restante estrutura sustentará o bogie e o sistema de teste. Este último será composto por, entre outros componentes, unidades de pesagem que permitem obter os dados necessários para efectuar as verificações.

Desta forma, o método actual de desmontagem é substituído por um método automático, mais rápido e seguro; e o teste dos bogies passa a ser efectuado nas oficinas da Fertagus. Para além disso, os operários podem utilizar a mesma máquina para as diversas operações.



Para a concepção da Plataforma de Desmontagem e Teste de Bogies foram considerados os requisitos indicados de seguida.

1.3. Requisitos

Os requisitos que se seguem foram fornecidos pela Fertagus.

- O sistema mecânico terá que efectuar uma força máxima sobre o bogie de 350 kN , para simular o peso da carruagem sobre o mesmo.
- A linha terá que ser colocada acima do nível do solo, pois os operários necessitam de espaço sob o bogie para desmontar a suspensão, e o solo não poderá ser perfurado para este efeito.
- O sistema terá que ser desmontável, para que possa ser reposicionado na oficina em possíveis alterações no *layout* da mesma.
- É necessário, desde o ponto de aplicação da força, 4 metros de linha ferroviária para um dos lados e 8 metros para o outro, perfazendo um total de 12 metros.

2. PLATAFORMA (MODELAÇÃO EM 3D)

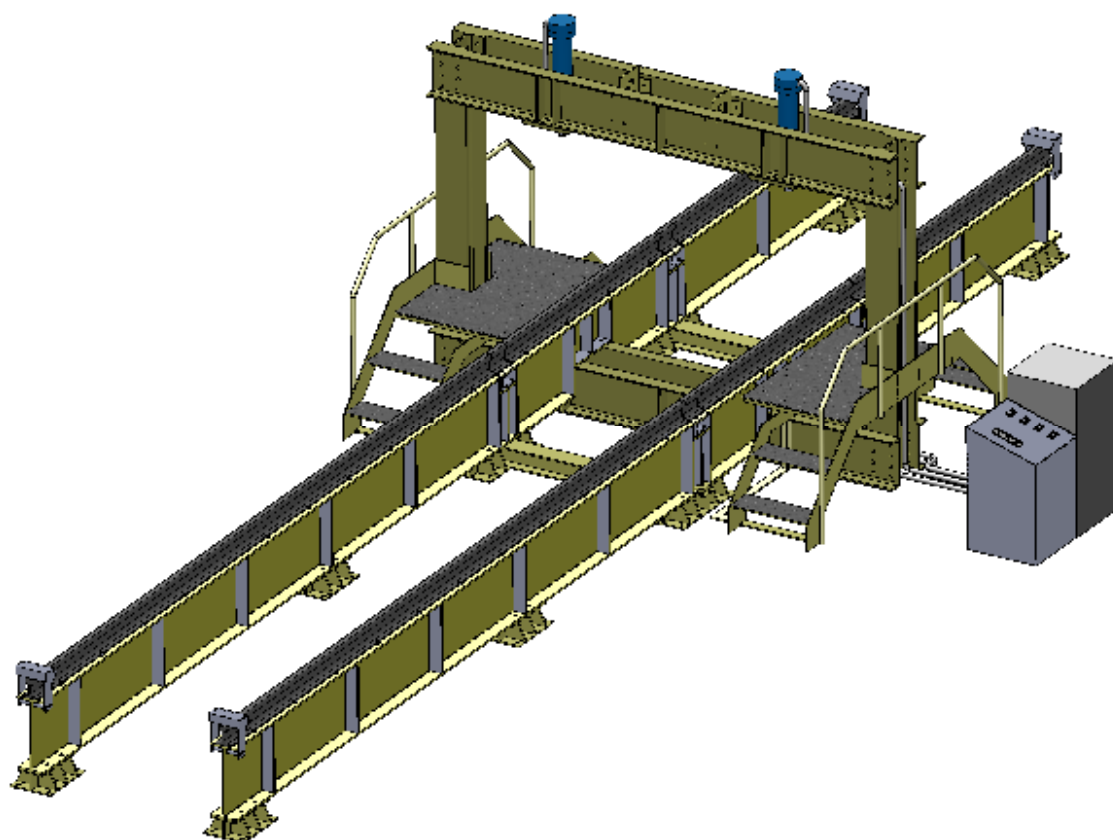


Figura 2.1 – Vista geral da Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies

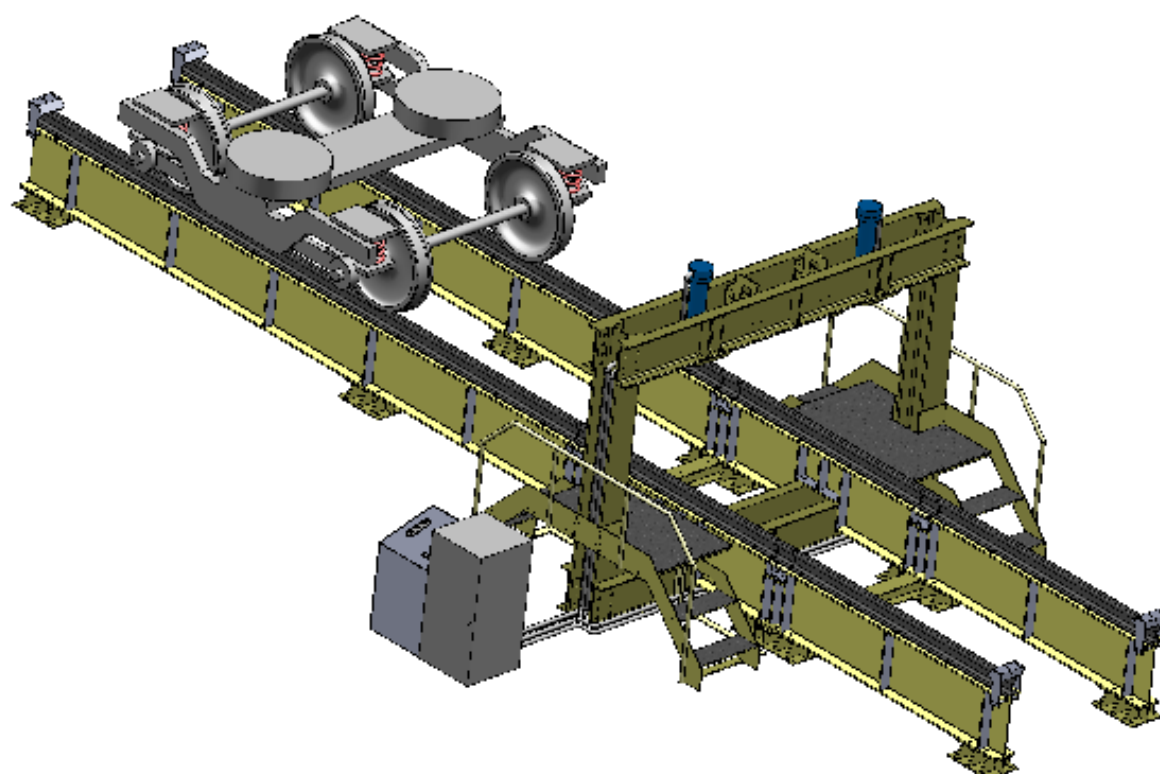


Figura 2.2 – Vista geral da Plataforma, com modelo proporcional de um bogie

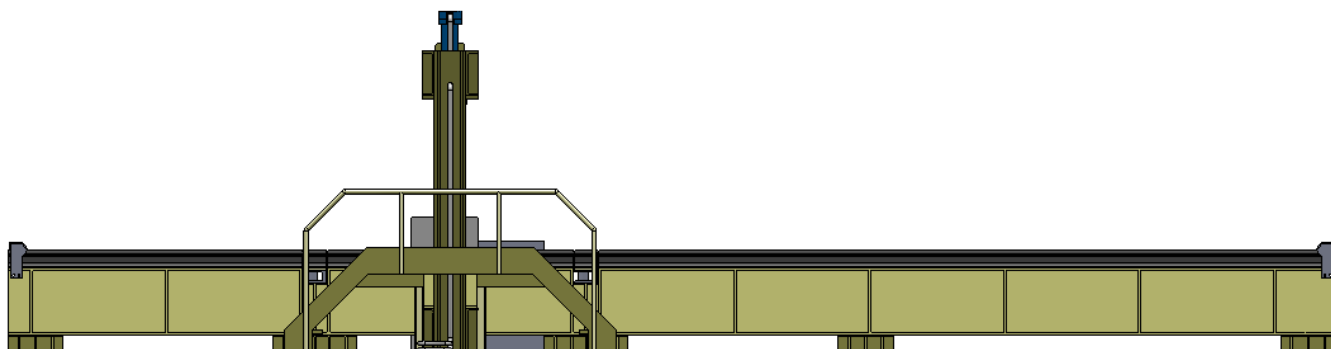


Figura 2.3 – Vista lateral da Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies

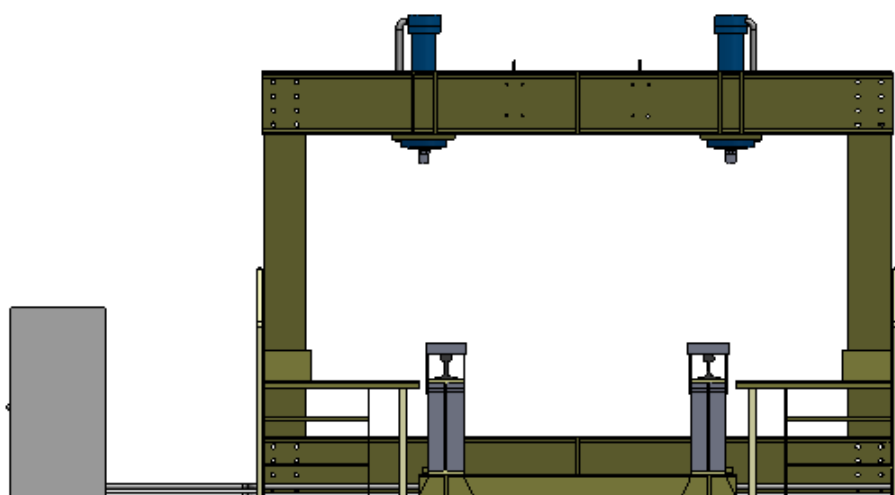


Figura 2.4 – Vista de frente da Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies

3. LONGARINAS

3.1. Características

O carril não pode ser colocado sobre o solo, pelo que será colocado sobre as longarinas concebidas especificamente para esta máquina.

O perfil seleccionado para as longarinas foi o perfil normalizado IPE 600, pela NP-2116 e DIN 1025 ⁽¹⁾. As dimensões e características estão apresentadas na tabela da figura 2.1.

Technical drawing of an IPE 600 profile showing dimensions: h, b, t, r, a, Wx, Wy, Ix, Iy, Sx, Sy, Jx, Jy, and the Y-Y and Z-Z axes.

Designação IPE	Massa m kg/m	Área A cm²	Dimensões										Valores estáticos								Dist. entre eixos de comp. e tração h ₀ cm	Momento de inércia à torção J _t cm ⁴	Área a pintar A _p cm²
			h	b	t _f	t _w	r	A	W _x	W _y	a	Y - Y				Z - Z							
												I _x cm ⁴	W _x cm ³	W _{pl,x} cm ³	I _y cm ⁴	W _y cm ³	W _{pl,y} cm ³	I _t cm ⁴					
600	122	196	590	230	18.2	16.2	24	120	60	26	82 000	3573	3812	24.9	9367	308	438.9	469	62.4	186	2.21		

Figura 3.1 – Dimensões e características do perfil IPE 600 ⁽¹⁾

Foi considerado que o perfil será fornecido com 12 metros, tendo então as longarinas o comprimento necessário para suportar os 12 metros de carril e não serão utilizadas junções. O aço escolhido é um aço carbono de construção comum, o S275 (S275 pela EN 10025, ST44 pela DIN 17100 ou A283 pela ASTM), que possui as seguintes características ⁽²⁾:

- ❖ Tensão de cedência: $\sigma_c = 275$ MPa
- ❖ Tensão de rotura: $\sigma_r = 430$ MPa
- ❖ Módulo de Young: $E = 210$ GPa

As longarinas não estarão em contacto directo com o solo, para eliminar problemas com a irregularidade do pavimento disponível na oficina e para aumentar a distância ao mesmo. Desta forma, serão colocadas a 160 mm do solo, correspondente à altura dos apoios criados com essa finalidade.



O carril será colocado sobre a face superior das longarinas e ligado às mesmas recorrendo ao uso de fixadores concebidos especificamente para o efeito.

O bogie ficará então sensivelmente a 920 mm de altura, correspondentes à soma das alturas do apoio, longarina e carril, permitindo assim aos operários um fácil acesso aos componentes a desmontar.

As longarinas terão que apoiar também as unidades de pesagem. Sobre estas unidades será colocado carril, pelo que será necessário efectuar cortes nas longarinas de forma a que esse mesmo carril fique ao nível do restante.

A altura do perfil das vigas inferiores, que é superior aos 160 mm de altura dos apoios das longarinas, faz com que seja necessário efectuar um corte nas longarinas também na secção onde o pórtico será colocado, para permitir a montagem do mesmo.

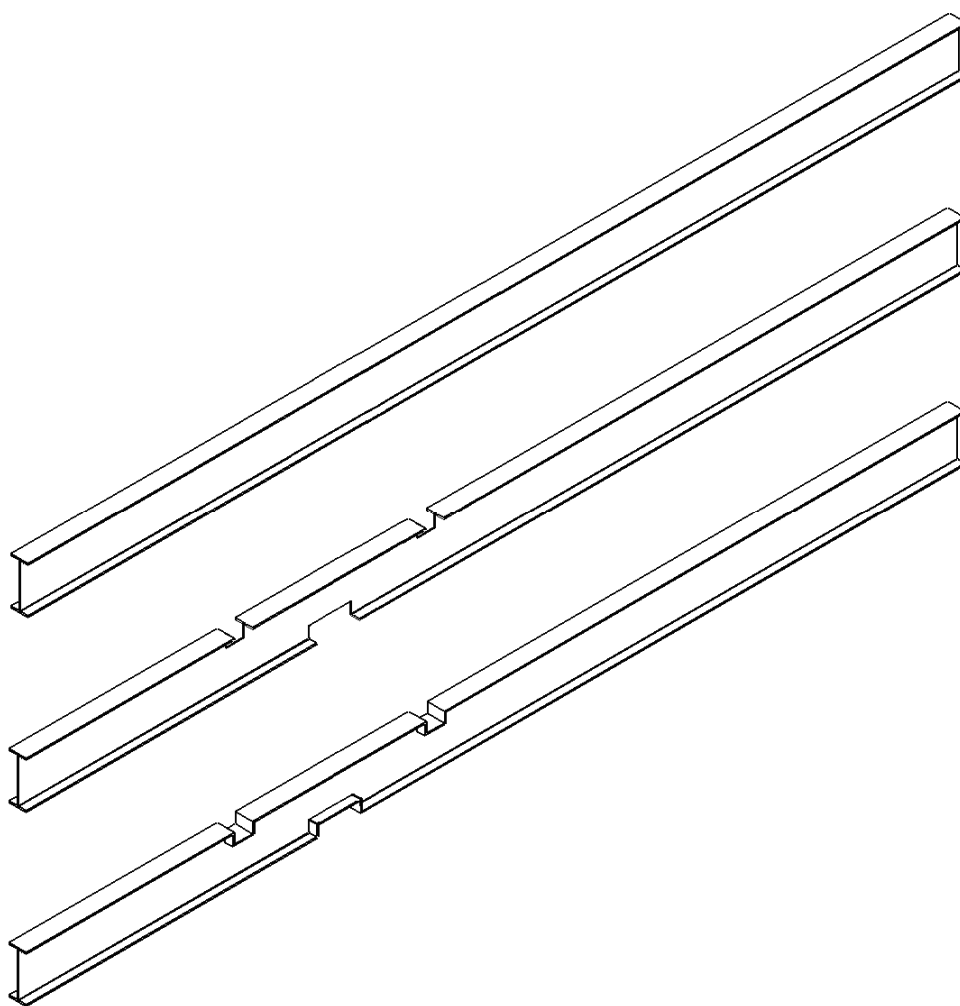


Figura 3.2 – Cortes para os apoios das unidades de pesagem e passagem do pórtico



Os cortes serão feitos para que tanto as unidades de pesagem como o pórtico estejam colocados nos locais adequados ao funcionamento correcto do produto.

Na figura 3.2, podem-se observar os dois cortes superiores, que correspondem ao local onde será soldado o apoio das unidades de pesagem. O corte inferior permite a passagem do pórtico e a sua correcta colocação, longitudinalmente, na plataforma.

As chapas serão então soldadas às longarinas com metal de adição. O metal de adição deve apresentar propriedades mecânicas não inferiores às do metal de base e possuir as adequadas características metalúrgicas, em face da natureza do metal de base, do processo de soldadura utilizado, do tipo de cordões a executar, das condições em que é efectuada a soldadura e ainda eventuais exigências relativas à utilização da estrutura ⁽¹⁾.

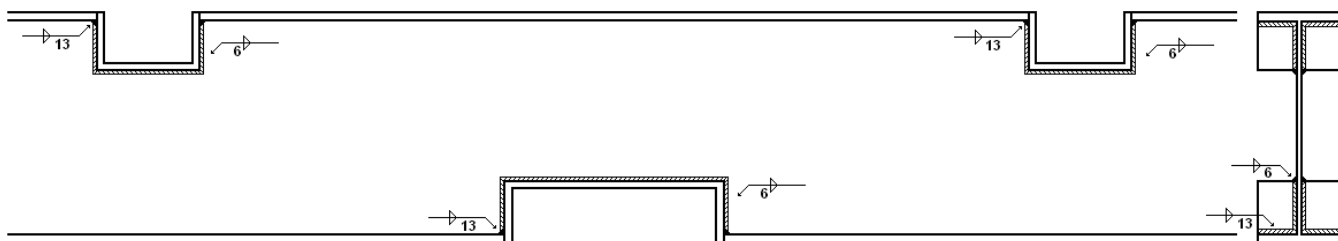


Figura 3.3 – Soldadura das chapas de apoio das unidades de pesagem e passagem do pórtico

Numa primeira fase são soldadas as chapas como representado na figura 3.3. Sendo que neste caso, a soldadura serve apenas como elemento de ligação, não tendo que suportar as forças aplicadas, será apenas necessário cumprir com as condições de dimensionamento de cordões de soldadura.

Os cordões de soldadura entre a chapa e a alma serão de ângulo e a sua espessura igual a 6 mm, respeitando assim as condições de dimensionamento de cordões de soldadura de ângulo e opostos*

Os cordões de soldadura entre a chapa e o banzo serão de ângulo e a sua espessura igual a 13 mm, respeitando assim as condições de dimensionamento de cordões de soldadura de ângulo*

*

-A espessura dos cordões de ângulo não deve ser superior a 0,7 da menor espessura dos elementos a ligar ⁽¹⁾

-A chapa intermédia de cordões de soldadura opostos deve ter a espessura mínima de 7mm ⁽¹⁾

-A espessura dos cordões de soldadura opostos não deve ser superior a metade da espessura da chapa intermédia ⁽³⁾



3.2. Reforços

Devido à carga a que estarão sujeitas por acção dos actuadores hidráulicos, as longarinas serão reforçadas com chapas em aço S275 de espessura igual à do banzo do perfil IPE 600.

É possível confirmar pela simulação realizada no software CosmosWorks®, representada na figura 3.4 e 3.5, que o perfil sem reforços aguentaria o esforço a que estaria sujeito, mas por questões de segurança, para diminuir a deformação do material, e porque não acresce significativamente o custo da plataforma, as longarinas são reforçadas em todo o seu comprimento.

Para as simulações foi criado um aço no software SolidWorks® com as características do S275. Os valores utilizados para as propriedades físicas foram os seguintes:

- ❖ Tensão de cedência: $\sigma_c = 275 \text{ MPa}$
- ❖ Tensão de rotura: $\sigma_r = 430 \text{ MPa}$
- ❖ Modulo de Young: $E = 210 \text{ GPa}$
- ❖ Coeficiente de Poisson: $\nu = 0,28$
- ❖ Massa volúmica $\rho = 0,0077 \text{ g} / \text{mm}^3$

As simulações foram criadas considerando também uma força aplicada de 115 kN , obtida da seguinte forma:

Força aplicada pelo sistema hidráulico = 350 kN

Peso próprio do bogie motor = $10880 \text{ kg} = 106733 \text{ N}$

Força aplicada sobre as células de carga = $\frac{350000 + 106733}{4} = 114183 \text{ N} \cong 115 \text{ kN}$

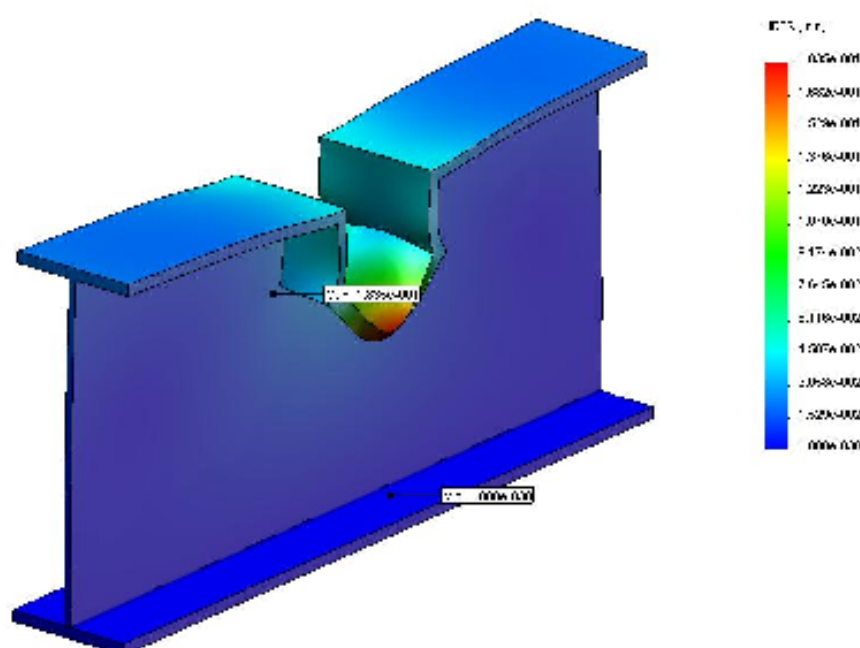


Figura 3.4 – Deformação no apoio das células de carga sujeito a $F=115$ kN

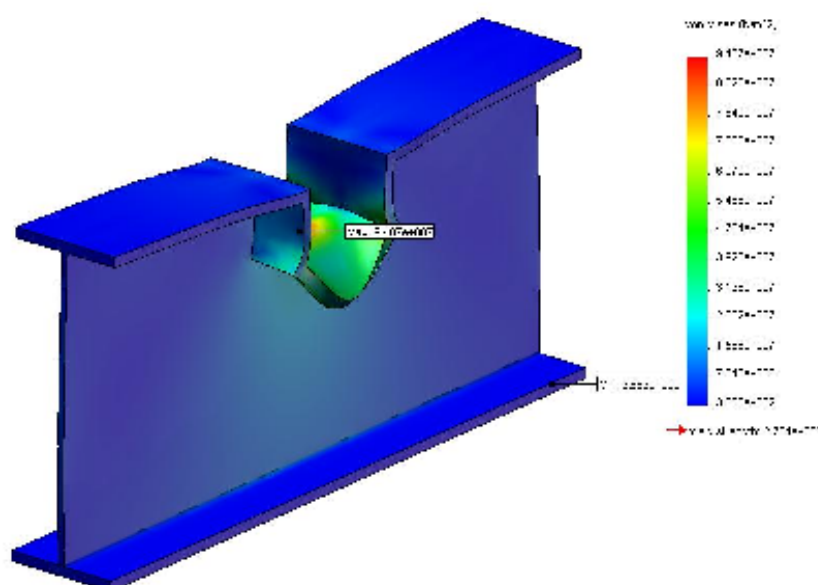


Figura 3.5 – Tensão composta* no apoio das células de carga sujeito a $F=115$ kN

É possível verificar que a deformação máxima é de $0,18 \text{ mm}$ e a tensão composta máxima é de $94,1 \text{ N/mm}^2$.

* Pelo Critério de Von Mises, $\sigma_{composta} \leq \sigma_{adm}$

Considerando a tensão admissível:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_c}{n} = \frac{275}{2} = 137,5 \text{ Mpa} = 137,5 \text{ N/mm}^2$$

Confirma-se portanto que $\sigma_{composta} = 94,1 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm}$

As chapas de reforço serão cortadas nos cantos interiores para que não existam problemas com a sua correcta colocação e para evitar o cruzamento dos cordões de soldadura, e são colocadas paralelamente à secção da viga, de ambos os lados.

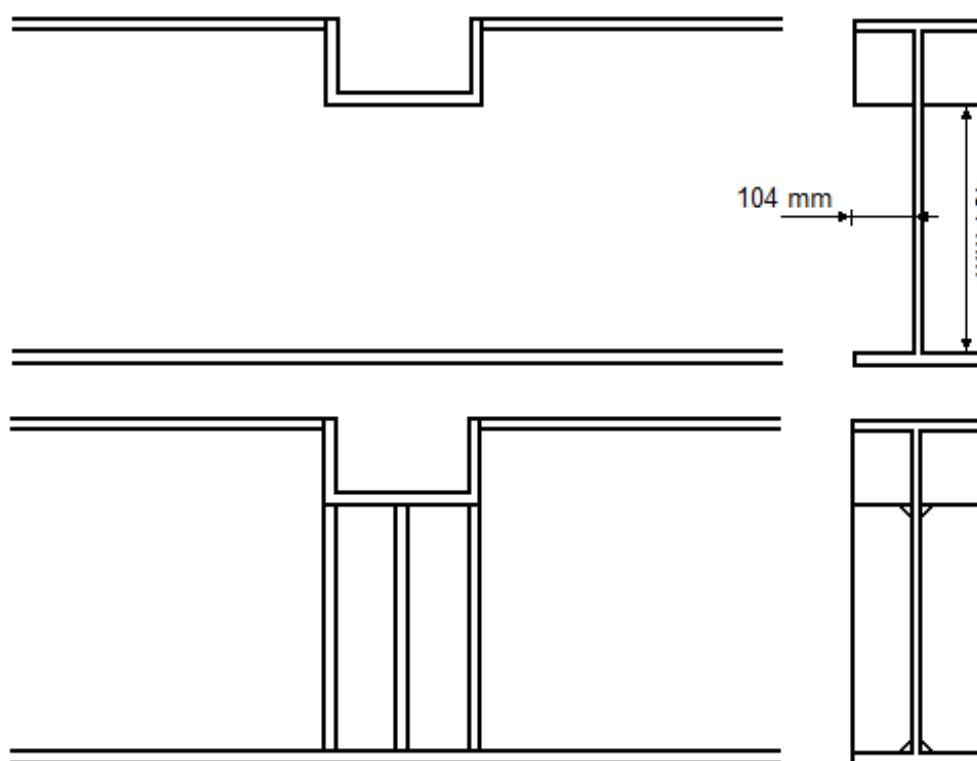


Figura 3.6 – Secção de apoio das células de carga sem reforços e com reforços

Os reforços serão então soldados na longarina, e a zona sujeita ao maior esforço, sob a célula de carga, será mais reforçada que as restantes. Ao realizar um teste no simulador CosmosWorks®, é possível verificar os deslocamentos e tensões na secção em questão, quando reforçada com três chapas colocadas em cada um dos lados, paralelamente à secção da viga.

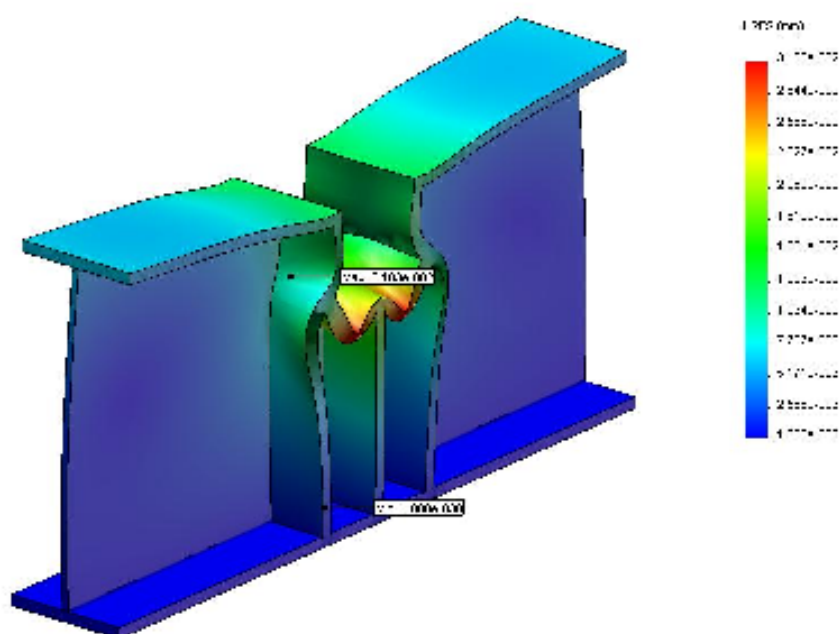


Figura 3.7 – Deformação no apoio das células de carga, reforçado, sujeito a $F=115$ kN

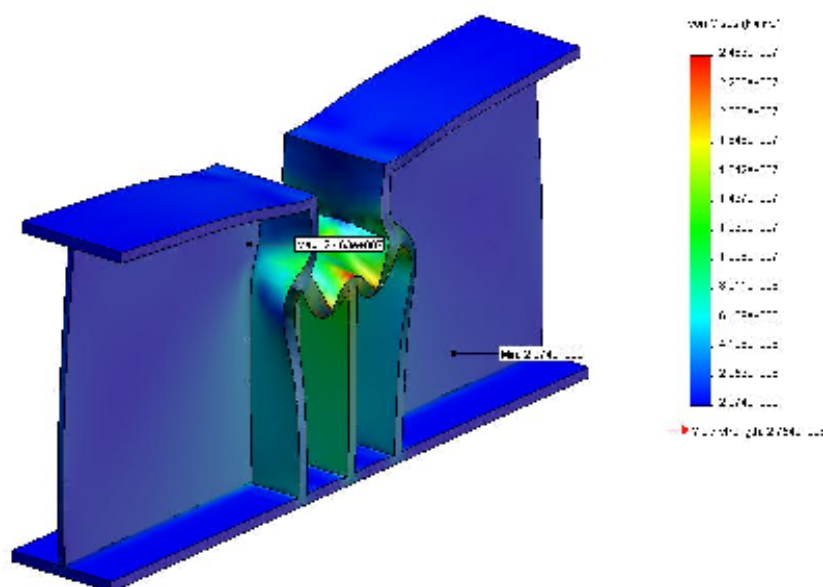


Figura 3.8 – Tensão composta no apoio das células de carga, reforçado, sujeito a $F=115$ kN

É possível verificar que, com os reforços, a deformação máxima é de $0,031$ mm e a tensão composta máxima é de $24,63$ N/mm².

Desta forma, a deformação é reduzida em 83% e as tensões em 74%.

As chapas de reforço serão então soldadas às longarinas com metal de adição. O metal de adição deve apresentar propriedades mecânicas não inferiores às do metal de base e possuir as adequadas características metalúrgicas, em face da natureza do metal de base, do processo de soldadura utilizado, do tipo de cordões a executar, das condições em que é efectuada a soldadura e ainda eventuais exigências relativas à utilização da estrutura ⁽¹⁾.

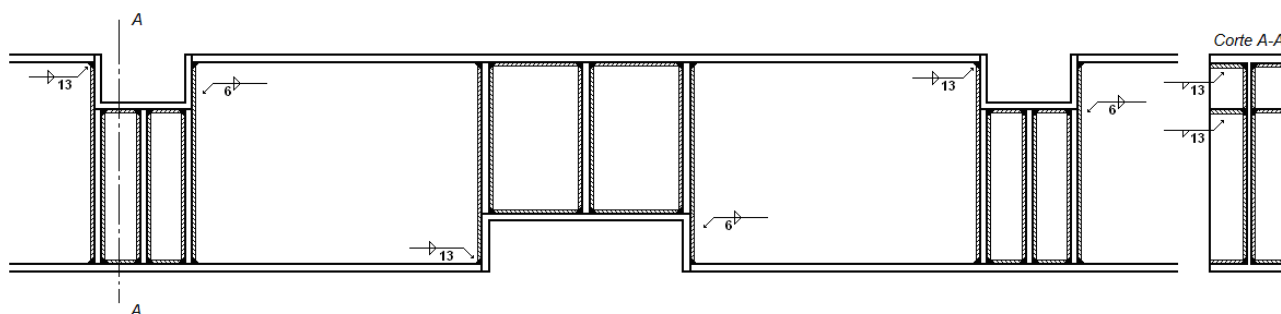


Figura 3.9 – Soldadura dos reforços nas secções dos apoios das células de carga e passagem do pórtico

Após terem sido soldadas as chapas como representado na figura 3.3, são soldados os reforços em todo o comprimento das longarinas, nos locais adequados. Na figura 3.9 é possível observar a colocação dos reforços nas zonas mais solicitadas da plataforma. Os cordões serão também de ângulo e com a mesma espessura que os anteriores.

Os restantes reforços serão colocados ao longo da plataforma, com um espaçamento de $1,2\text{ m}$, apenas para assegurar a resistência da plataforma em alguma situação imprevista de sobrecarga.

3.3. Ligações Aparafusadas

As ligações aparafusadas devem utilizar-se sempre que haja necessidade de efectuar ajustes ou proceder a desmontagem posterior ⁽¹⁾. Todas as ligações aparafusadas consideradas neste projecto foram concebidas com base nesse princípio.

As longarinas terão que ser furadas para que se obtenham as ligações aparafusadas que permitem o encaixe das unidades de pesagem, fixadores do carril, fixadores do pórtico, fixadores dos apoios e terminais de linha. A furação será coincidente com a dos restantes elementos a ligar.



As ligações são as seguintes:

-Ligação entre longarina e unidade de pesagem

Os furos que permitem o encaixe das unidades de pesagem podem ser efectuados na chapa de apoio das unidades, se esta resultar da união de chapas separadas, ou a mesma pode ser fundida com machos colocados nos locais apropriados, dispensando assim a operação de furação posterior. O diâmetro de cada furo é de 18 mm , igual à furação existente no kit de pesagem, e a ligação é estabelecida com a utilização de parafusos M17.

-Ligação entre longarina e fixadores do carril

Os furos que permitem encaixar os fixadores do carril serão realizados no banzo superior. O diâmetro de cada furo é de 11 mm , igual à furação existente dos fixadores do carril, e a ligação é estabelecida com a utilização de parafusos M10.

-Ligação entre longarina e vigas inferiores

Os furos que permitem o encaixe das vigas inferiores do pórtico e dos apoios serão realizados no banzo inferior, nos locais apropriados ao correcto encaixe dos mesmos. A distância transversal entre os furos é de 120 mm , de acordo com o tabelado para o perfil IPE 600, e o seu diâmetro é de 25 mm , o diâmetro máximo tabelado para o mesmo. A ligação é estabelecida com a utilização de parafusos M24.

-Ligação entre longarina e terminais de linha

Os furos que permitem o encaixe dos terminais de linha serão realizados na alma, em cada um dos extremos da longarina, nos locais apropriados ao correcto encaixe dos mesmos. O diâmetro de cada furo é de 21 mm , igual à furação existente no terminal de linha, e a ligação é estabelecida com a utilização de parafusos M20.

4.2. Reforços

De forma a reforçar as zonas mais solicitadas e diminuir a deformação do material, são soldadas à viga chapas de reforço de 19 mm de espessura, semelhantes às utilizadas para o reforço das longarinas, mas neste caso em aço S550.

As chapas serão soldadas com metal de adição. O metal de adição deve apresentar propriedades mecânicas não inferiores às do metal de base e possuir as adequadas características metalúrgicas, em face da natureza do metal de base, do processo de soldadura utilizado, do tipo de cordões a executar, das condições em que é efectuada a soldadura e ainda eventuais exigências relativas à utilização da estrutura ⁽¹⁾.

As chapas de reforço são cortadas nos cantos interiores para que não existam problemas com a sua correcta colocação e colocadas paralelamente à secção da viga.

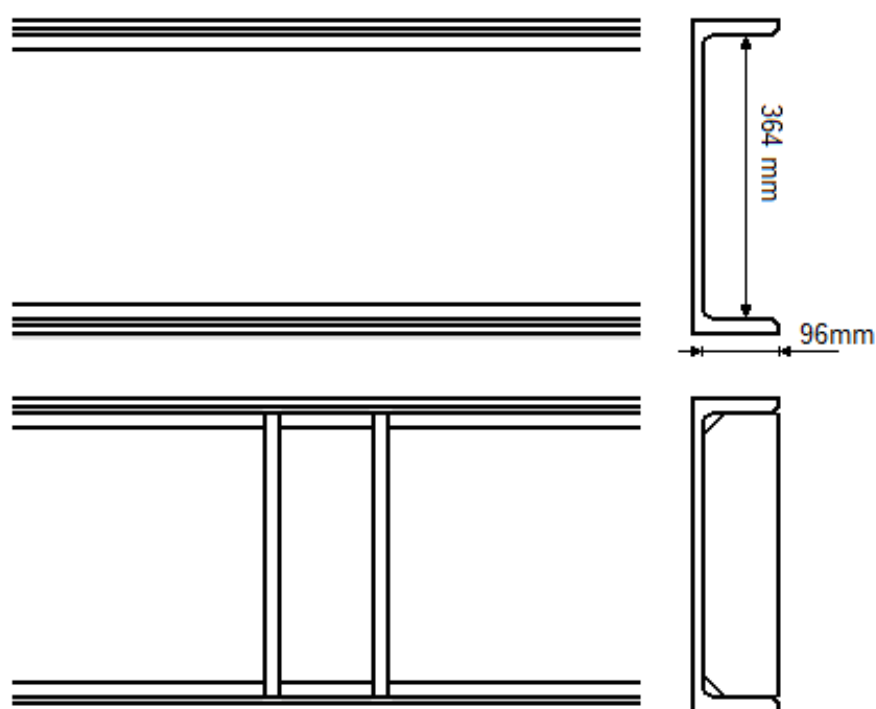


Figura 4.2 – Secção de apoio dos actuadores sem reforços e com reforços

Sendo que, neste caso, a soldadura funciona apenas como elemento de ligação, não tendo que suportar as forças aplicadas, será apenas necessário cumprir com as condições de dimensionamento de cordões de soldadura.

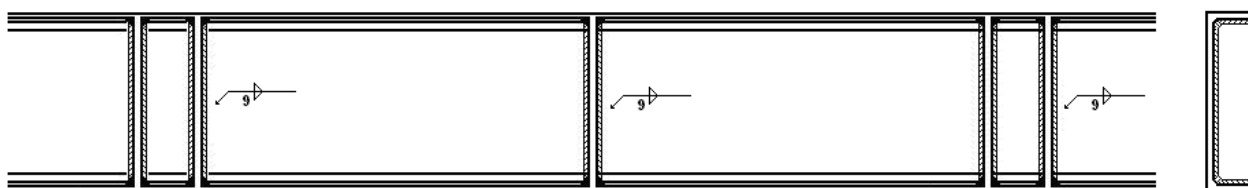


Figura 4.3 – Soldadura dos reforços nas secções de apoio dos actuadores e secção central da viga

Os cordões de soldadura entre a chapa e a alma são de ângulo e a sua espessura igual a 9mm, respeitando assim as condições de dimensionamento de cordões de soldadura de ângulo e opostos*.

Os cordões de soldadura entre a chapa e o banzo são de ângulo e a sua espessura igual a 9mm, respeitando assim as condições de dimensionamento de cordões de soldadura de ângulo e opostos*.

4.3. Ligações aparafusadas

Consideram-se dois tipos de ligações aparafusadas, aquelas cujo funcionamento se pode considerar semelhantemente ao das ligações rebitadas e que se designam por “correntes” e as ligações “pré-esforçadas”, cujo funcionamento se baseia na existência de forças de aperto e de atrito, resultantes do pré-esforço dos parafusos (e que se opõem ao desencosto e deslizamento dos elementos ligados) ⁽¹⁾. Na concepção deste produto foram utilizadas para as zonas críticas de esforços as ligações aparafusadas “correntes”.

Terão que ser realizados furos nas vigas superiores para que se obtenham as ligações aparafusadas que permitem a fixação das colunas, dos apoios dos actuadores hidráulicos e dos olhais de suspensão às vigas superiores.

As ligações são as seguintes:

*

-A espessura dos cordões de ângulo não deve ser superior a 0,7 da menor espessura dos elementos a ligar ⁽¹⁾

-A chapa intermédia de cordões de soldadura opostos deve ter a espessura mínima de 7mm ⁽¹⁾

-A espessura dos cordões de soldadura opostos não deve ser superior a metade da espessura da chapa intermédia ⁽³⁾

-Ligação entre viga superior e coluna

Os furos que permitem a fixação das colunas serão feitos na alma, em cada um dos extremos da viga, nos locais apropriados ao correcto encaixe dos mesmos. A fixação será estabelecida com a utilização de 8 parafusos em cada lado da viga, com um total de 32 parafusos nas vigas superiores.

Possibilidades de falha:

a) resistência do parafuso ao esforço de corte

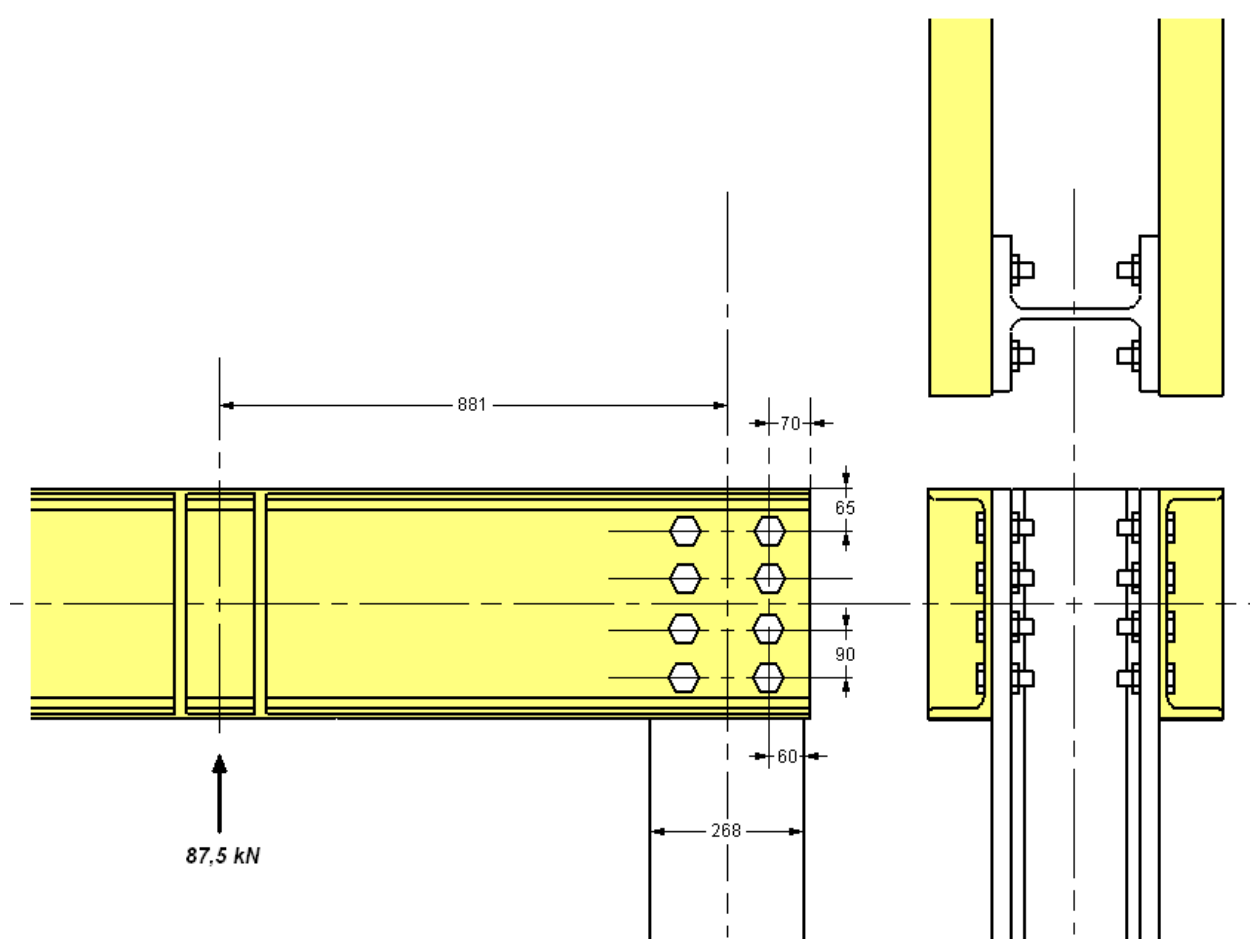


Figura 4.4 – Ligação aparafusada entre as vigas superiores e a coluna

Por conveniência, na figura 4.5 é possível observar o centro de cada parafuso num dos extremos da viga representados numa escala superior. O ponto central representa o centróide do grupo, descoberto por simetria. A carga total em cada parafuso é calculada em três passos.

No primeiro passo, o esforço transversal V é dividido igualmente por todos os parafusos, logo:

$$F' = \frac{V}{n}$$

onde n equivale ao número de parafusos no grupo e a força F' é chamada a carga primária, devida apenas ao esforço transversal.

No segundo passo é calculada a carga adicional devido ao momento M , através da fórmula:

$$F_n'' = \frac{M r_n}{r_1^2 + r_2^2 + r_3^2 + \dots}$$

onde r_1 , r_2 , r_3 , etc., são as distâncias radiais desde o centróide até ao centro de cada parafuso, F'' é chamada a carga secundária, devida apenas ao momento, e n se refere ao parafuso específico para o qual está a ser calculada a carga secundária ⁽⁴⁾.

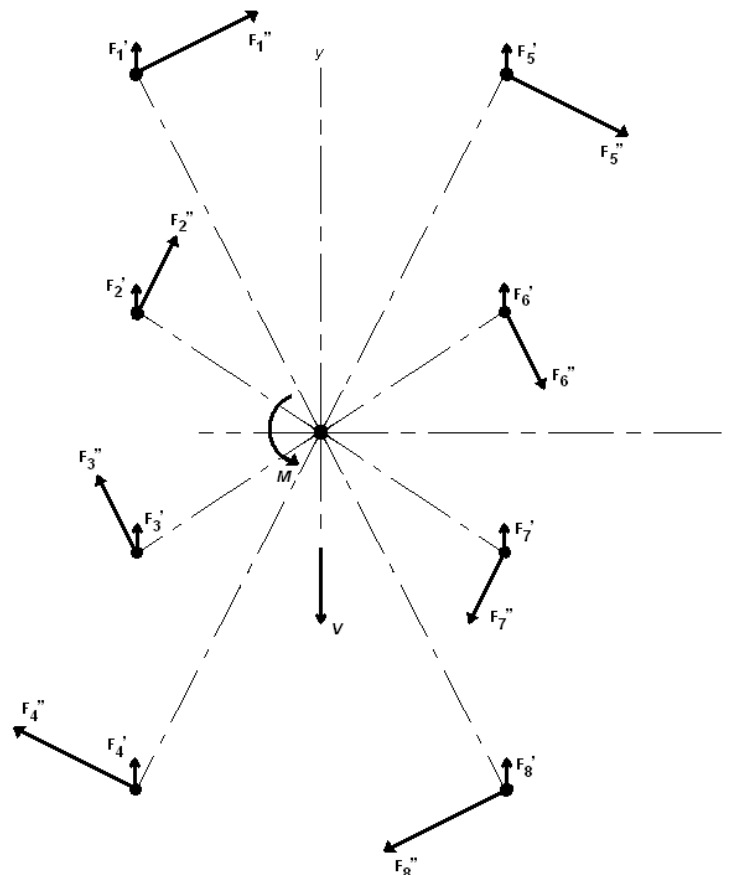


Figura 4.5 – Esquema de distribuição de força no aparafusamento entre a viga superior e a coluna



Considerando que a força se divide igualmente por cada grupo de parafusos, verifica-se então que $V = \frac{350}{4} = 87,5 \text{ kN}$, que $M = 87,5 \times 881 = 77087,5 \text{ Nm}$ e que

$$r_1 = r_4 = r_5 = r_8 = \sqrt{135^2 + 74^2} = 154 \text{ mm} \text{ e } r_2 = r_3 = r_6 = r_7 = \sqrt{45^2 + 74^2} = 86,6 \text{ mm}.$$

Logo obtém-se:

$$F' = \frac{V}{8} = 10,9 \text{ kN}$$

$$F_1'' = F_4'' = F_5'' = F_8'' = \frac{77087,5 \times 154}{124862,24} = 95,1 \text{ kN}$$

$$F_1'' = F_4'' = F_5'' = F_8'' = \frac{77087,5 \times 86,6}{124862,24} = 53,5 \text{ kN}$$

Os parafusos são dimensionados considerando a maior carga aplicada. Neste caso onde a soma vectorial das forças for superior, ou seja, nos parafusos 1 e 4.

$$\text{Pelo teorema de Carnot: } |\vec{a} + \vec{b}| = \sqrt{a^2 + b^2 - 2 \times a \times b \times \cos(a:b)}$$

$$|\vec{F}_1' + \vec{F}_1''| = \sqrt{10,9^2 + 95,1^2 + 2 \times 10,9 \times 95,1 \times \cos(118,4)} = 100,7 \text{ kN}$$

Escolhendo parafusos da classe 8.8*, sabe-se que:

$$\sigma_{ced} = 660 \text{ MPa}$$

Aplicando um factor de segurança $n = 2$ obtém-se:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_{ced}}{n} = 330 \text{ MPa} \text{ e } \tau_{adm} = 165 \text{ MPa}$$

*ver anexo c



Logo o diâmetro necessário é obtido através de $\tau_{adm} = \frac{F}{A}$

$$\tau_{adm} = 165 = \frac{100700}{A} \Leftrightarrow A = 610,3 \text{ mm}^2 \rightarrow d \geq 27,87 \text{ mm}$$

São então necessários parafusos M28 da classe 8.8.

b) resistência da viga superior ao esmagamento

A tensão será devida à pressão do parafuso contra a alma da viga superior, com espessura de 14 mm .

A tensão é obtida através de:

$$\sigma = \frac{F}{A_n}$$

Substituindo os valores o resultado é $\sigma = \frac{100700}{28 \times 14} = 256,9 \text{ MPa}$

Para obter um factor de segurança $n = 2$, será necessário seleccionar para as vigas superiores um material com $\sigma_{ced} \geq 514 \text{ MPa}$, como por exemplo o aço de alta resistência S550, que possui as seguintes características:

- ❖ Tensão de cedência: $\sigma_c = 550 \text{ Mpa}$
- ❖ Tensão de rotura: $\sigma_r = 600 \text{ Mpa}$
- ❖ Modulo de Young: $E = 210 \text{ Gpa}$

-Ligação entre vigas superiores e apoios dos actuadores

Os furos que permitem encaixar os apoios dos actuadores hidráulicos serão feitos no banzo inferior a 60 mm da superfície externa da alma, de acordo com o tabelado para o perfil UNP 400. Cada furo terá um diâmetro de 17 mm .

A ligação aparafusada é uma ligação pré-esforçada, estabelecida com a utilização de 6 parafusos M16 em cada apoio.

-Ligação entre vigas superiores e apoios dos actuadores

Os furos que permitem o encaixe dos olhais de suspensão das vigas superiores serão feitos na alma, nos locais apropriados ao correcto encaixe dos mesmos. O diâmetro de cada furo é de 17mm, coincidente com a furação existente nos olhais de suspensão. A ligação aparafusada é uma ligação corrente, obtida através da utilização de 8 parafusos M16 em cada olhal.

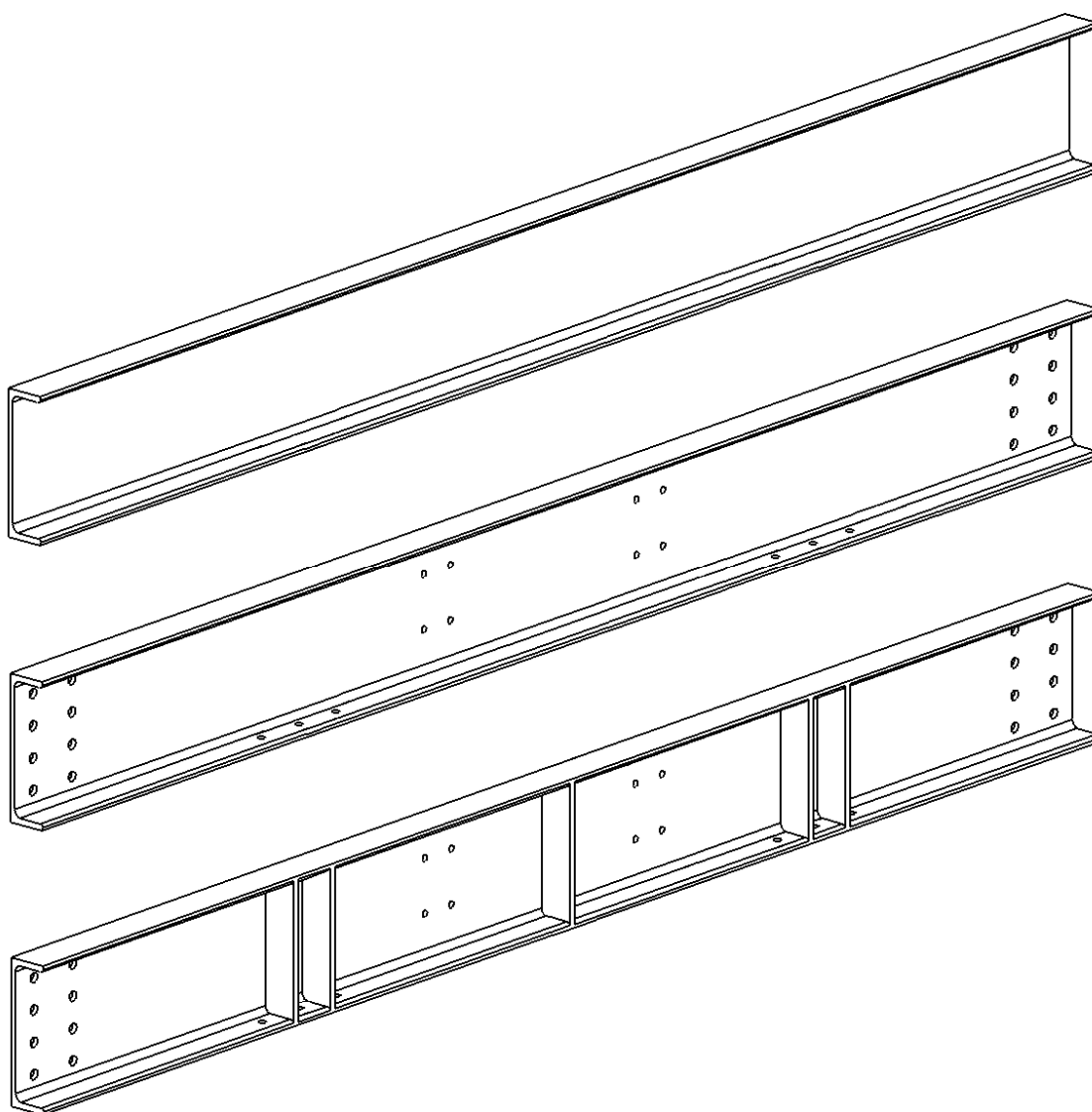


Figura 4.6 – Furação e reforço da viga superior



5. COLUNAS

5.1. Características

Cada coluna terá 2,7 m de comprimento, para permitir obter uma folga entre os actuadores e o bogie suficiente para a livre passagem do mesmo, em altura, pelo pórtico. Para a sua concepção foi seleccionado o aço S275, também utilizado nas longarinas.

O perfil seleccionado para as colunas foi o perfil normalizado HE 260 M, pela EN 53-62 ⁽¹⁾. As dimensões e características estão apresentadas na tabela da figura 5.1.

Designação	Norma	Área A cm²	Dimensões					Valores estatísticos								Momento de inércia I _z cm⁴	Área a pintar A _p cm²	Classificação EN 1090-1-1											
			h	b	L ₁	L ₂	t	Y-Y				Z-Z						Fusão eletrodo											
								I _y	W _y	W _{pl,y}	I _x	I _y	W _y	W _{pl,y}	I _x			I _y	W _y	W _{pl,y}	h ₁	b ₁	t ₁	h ₁	b ₁	t ₁			
HE	h	A	mm	mm	mm	mm	mm	cm⁴	cm³	cm³	cm⁴	cm⁴	cm³	cm³	cm³	cm⁴	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³	cm³
HEA	80,2	80,2	220	220	7,5	12,5	24	18400	800	2150	11,0	2600	860	220,7	6,80	62,4	1,48	2	3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3
H	80,8	170,6	240	240	10	17,5	24	14810	1050	1700	11,0	2700	900	200,0	6,50	126	1,50	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
M	170	219,6	240	240	10	22,5	24	27120	2300	3300	11,0	12400	1000	170,0	5,80	119	1,87	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Figura 5.1 – Dimensões e características do perfil HE 260 M ⁽¹⁾

5.2. Ligações aparafusadas

Para permitir a ligação aparafusada às vigas superiores e inferiores, as colunas terão que ser furadas nas suas extremidades. A furação será coincidente com a das vigas superiores e inferiores.

Possibilidades de falha

a) resistência da coluna ao esforço de tracção (perfil HE 260 M)

Área para o cálculo de esforço = Área de secção – 4 x Área do furo

$$A_{\text{secção}} = 2,196 \times 10^4 \text{ mm}^2 \quad A_{\text{furo}} = 29 \times 32,5 = 942,5 \text{ mm}^2$$

$$A = 2,196 \times 10^4 - (4 \times 942,5) = 1,819 \times 10^4 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{F}{A} \Leftrightarrow \sigma = \frac{175000}{1,819 \times 10^4} = 9,62 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm}$$

b) resistência da coluna ao esmagamento

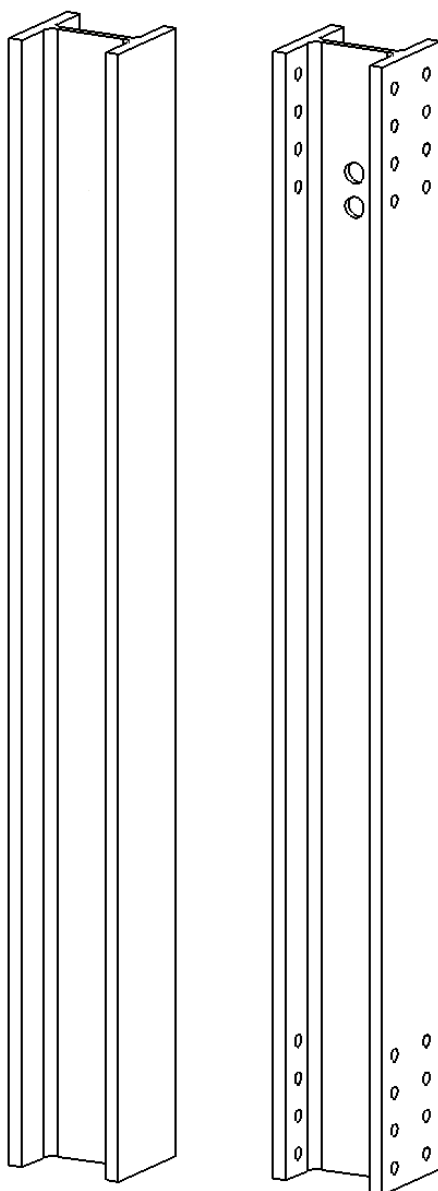
A tensão é provocada pela pressão que é exercida pelo parafuso no banzo da coluna, com 33 *mm* de espessura.

A tensão obtém-se através de:

$$\sigma = \frac{F}{A_n}$$

Substituindo os valores verifica-se que $\sigma = \frac{100700}{28 \times 33} = 108.98 \text{ MPa}$

Admitindo $\sigma_{adm} = 137,5 \text{ MPa}$ confirma-se portanto que $\sigma_{composta} = 108,98 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$



A coluna terá também que ser furada para permitir a passagem da tubagem do sistema hidráulico, evitando assim mais curvas na linha que resultariam numa maior perda de carga.

As passagens serão no topo superior da coluna, como demonstrado na figura 5.2. A passagem inferior estará colocada em linha com o bocal de admissão de óleo inferior do actuador hidráulico. A passagem superior estará colocada 82 *mm* acima da inferior, e para ambas foi considerado um diâmetro de 50 *mm*, suficiente para permitir a livre passagem da tubagem, cujo diâmetro máximo não excede os 20 *mm*.

Figura 5.2 – Furação na coluna

6. VIGAS INFERIORES

6.1. Características

A estrutura inferior do pórtico será composta, tal como a superior, por duas vigas de perfil UNP 400. Entre as vigas haverá o mesmo espaçamento de 290 mm , e cada viga terá também 4 m de comprimento.

Para a sua concepção foi considerado o aço S550, também utilizado nas vigas superiores, e com a mesma justificação.

As diferenças entre as vigas superiores e as inferiores resumem-se à localização dos reforços e furação para as ligações aparafusadas.

6.2. Reforços

Tal como nas vigas superiores, serão soldadas chapas às vigas inferiores de forma a reforçar as zonas mais solicitadas e diminuir a deformação do material. As chapas de reforço, com 19 mm de espessura, serão também em aço S550.

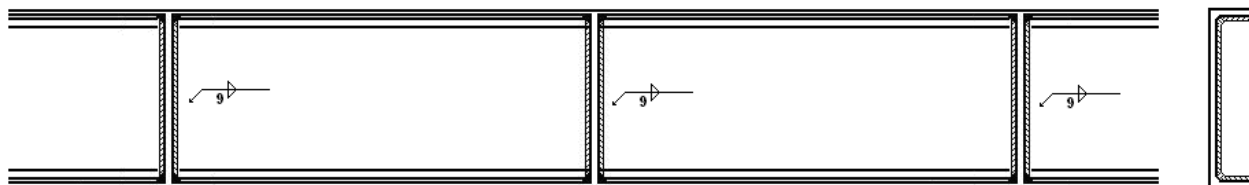


Figura 6.1 – Soldadura dos reforços nas secções de apoio das longarinas e secção central da viga

As vigas inferiores irão apoiar as longarinas e a colocação dos reforços diminui as tensões e deformações nas secções de apoio, quando o pórtico é sujeito ao esforço efectuado pelos actuadores hidráulicos. A soldadura dos reforços será idêntica à apresentada para as vigas superiores.

6.3. Ligações Aparafusadas

Para permitir a ligação às colunas e às longarinas, a furação nas vigas inferiores será coincidente com a dos restantes elementos a ligar. A furação no banzo superior, que permite a fixação das longarinas, será efectuada com base nas especificações do perfil UNP 400 e do perfil IPE 600 e na distância entre as longarinas, cujo eixo de simetria do



perfil deve estar separado por 1668mm, que corresponde à distância entre linhas presente na península ibérica.

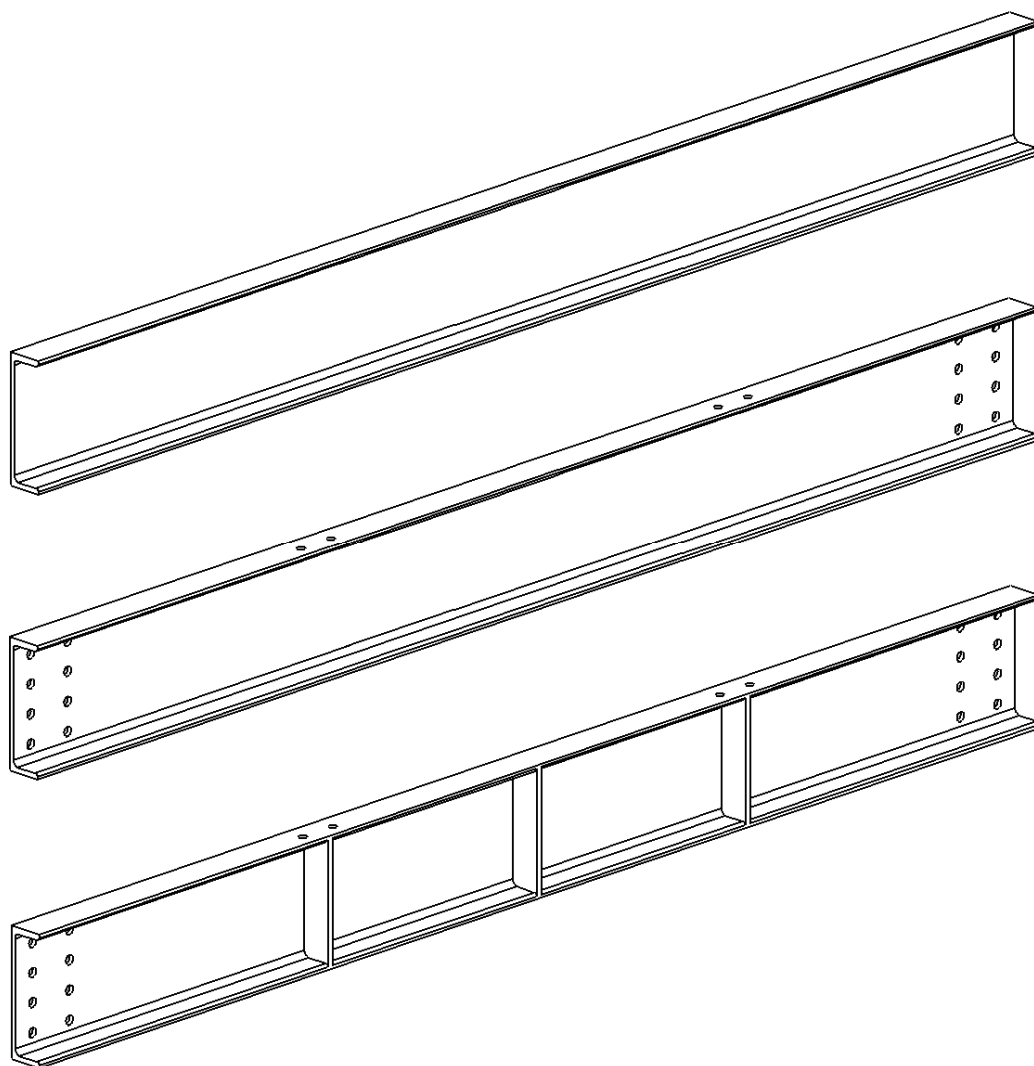


Figura 6.2 – Furação e reforço da viga inferior

7. PÓRTICO

7.1. Características

A união das vigas superiores, colunas e vigas inferiores compõe o pórtico. A sua colocação define a frente ou traseira da plataforma. De forma a cumprir com um dos requisitos iniciais, está colocado a 4 metros de um dos extremos das longarinas, sendo este extremo considerado a frente da plataforma.

Para que a desmontagem do bogie seja possível, as molas da suspensão têm que ser comprimidas em 40mm*.

As dimensões do pórtico permitem que exista folga tanto entre o bogie e as colunas como entre o bogie e os actuadores, quando os mesmos estão com o êmbolo completamente recolhido. As medidas do bogie, obtidas fisicamente nas oficinas da Fertagus **, são as seguintes:

- Altura = 950 mm (1000 mm se for considerada a tubagem)
- Largura = 2900 mm

Na figura 7.1 estão representadas as folgas existentes.

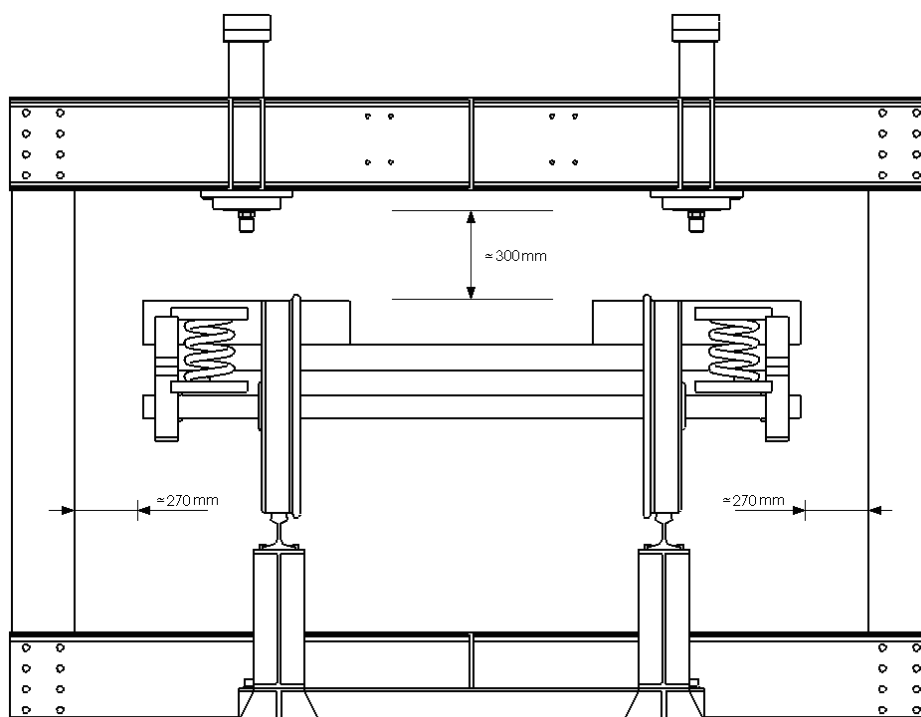


Figura 7.1 – Folgas entre o pórtico e o bogie

* informação fornecida pela Fertagus

** ver também anexo b

7.2. Acção dos Esforços

O pórtico irá estar sujeito à carga exercida pelos actuadores hidráulicos. Cada actuador irá realizar 175 kN de força sobre o bogie. Essa acção traduz-se, no pórtico, em forças sobre as vigas superiores e inferiores, como esquematizado na figura 7.2.

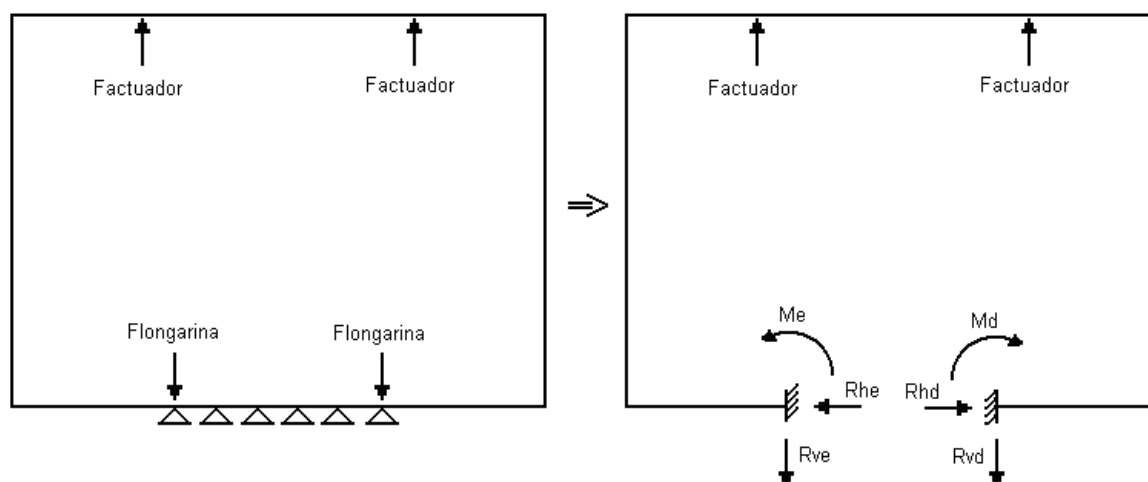


Figura 7.2 – Acção das forças no pórtico

As suas ligações rígidas tornam o pórtico numa estrutura hiperestática. Utilizando o software Ansys® de análise por elementos finitos, obtêm-se os valores de deformações e esforços no pórtico.

Para tal, foi considerado que para as vigas superiores e inferiores se utilizam, de acordo com as especificações do perfil UNP 400 (ver figura 4.1), os seguintes valores:

- ❖ Momento de inércia segundo o eixo ZZ: $I_z = 4,07 \times 10^8 \text{ mm}^4$
- ❖ Área de secção: $A = 1,83 \times 10^4 \text{ mm}^2$

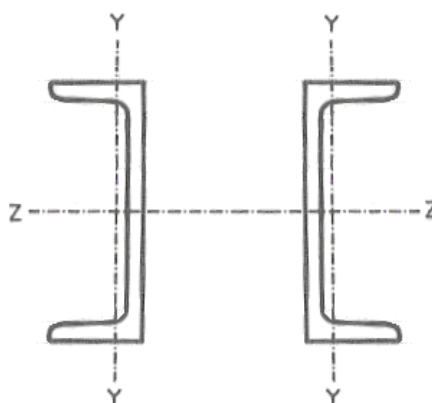


Figura 7.3 – Perfil das vigas superiores



Os valores foram obtidos duplicando os valores tabelados para o perfil UNP 400.

Para as colunas foi considerado que se utilizam, de acordo com as especificações do perfil HE 260 M (ver figura 5.1), os seguintes valores:

- ❖ Momento de inércia segundo o eixo ZZ: $I_z = 3,11 \times 10^8 \text{ mm}^4$
- ❖ Área de secção: $A = 2,20 \times 10^4 \text{ mm}^2$

Na definição das propriedades do material foram considerados os seguintes valores:

- ❖ Módulo de Young: $E = 210 \text{ GPa}$
- ❖ Coeficiente de Poisson $\nu = 0,28$

Os resultados obtidos no software Ansys® podem ser observados nas figuras seguintes e na tabela 7.1, que apresenta os valores da força segundo o eixo x, segundo o eixo y e momento em torno do eixo z.

Foram aplicadas forças nos pontos G e I, de valor $F = 175 \text{ kN}$, e restrições de translação e rotação nos pontos B e C.

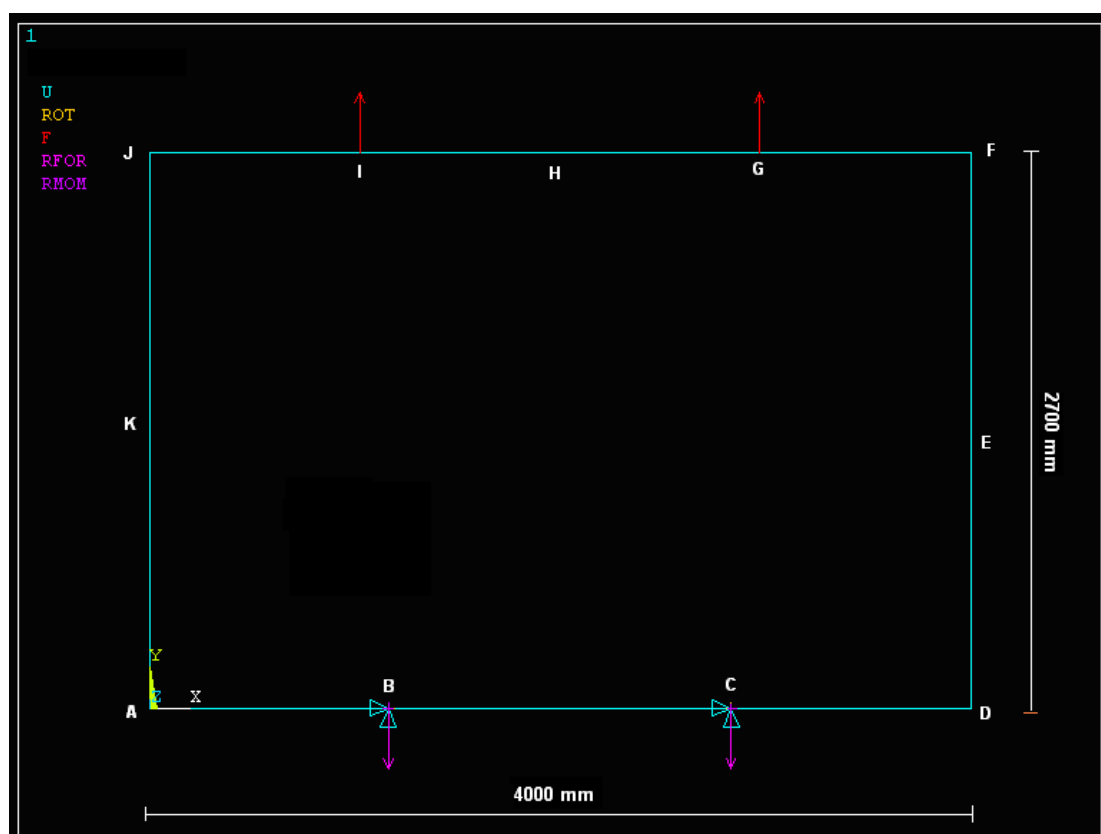


Figura 7.4 – Forças, reacções e restrições aplicadas no pórtico



Nó	F_x	F_y	M_z
A	17284	0.17500E+06	0.31353E+08
B	17284	0.17500E+06	0.17270E+09
C	17284	0.17500E+06	0.17270E+09
D	17284	0.17500E+06	0.31353E+08
E	17284	0.17500E+06	0.54686E+08
F	17284	0.17500E+06	0.78019E+08
G	17284	0.17500E+06	0.10136E+09
H	17284	0.18626E-08	0.10136E+09
I	17284	0.17500E+06	0.10136E+09
J	17284	0.17500E+06	0.78019E+08
K	17284	0.17500E+06	0.54686E+08

Tabela 7.1 – Força segundo eixo x, força segundo eixo y e momento em torno do eixo z

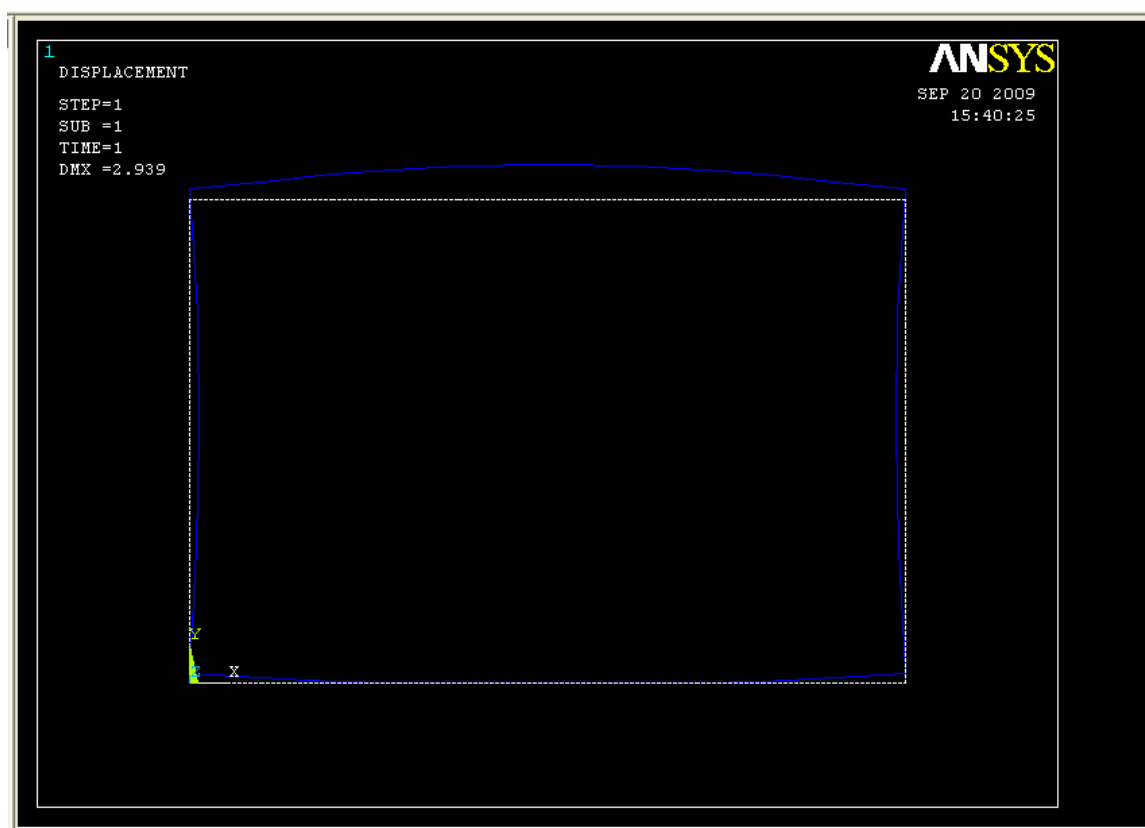


Figura 7.5 – Deformação do pórtico quando sujeito a $F=350$ kN

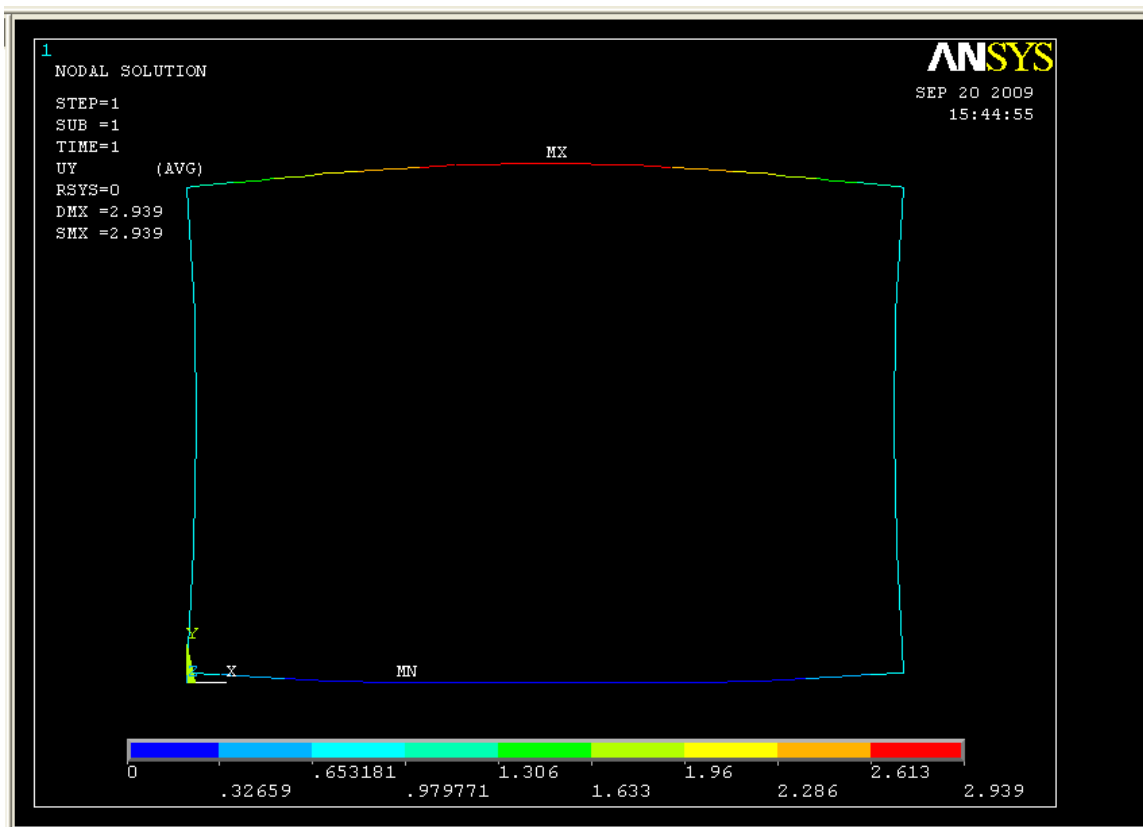


Figura 7.6 – Valores da deformação do pórtico, em milímetros

7.3. Cálculo das Tensões

a) Distribuição de tensões normais na secção onde o momento flector é máximo

A tensão normal ao longo de uma secção pode ser dada pela seguinte expressão:

$$\sigma_{xx} = \frac{N}{A} - \frac{M_z}{I_z} \times y + \frac{M_y}{I_y} \times z$$

As secções correspondentes aos pontos B e C (ver figura 7.4) encontram-se sujeitas ao maior momento flector, cujo valor é $M_z = 1,73 \times 10^8 \text{ N.mm}$.

O software oferece ainda um valor de esforço normal de $N = 1,73 \times 10^4 \text{ N}$, vindo deste modo:



$$y = -200\text{mm} \Rightarrow \sigma = \frac{1,73 \times 10^4}{1,83 \times 10^4} - \frac{1,73 \times 10^8}{4,07 \times 10^8} \times -200 = 85,96 \text{ N/mm}^2$$

$$y = 200\text{mm} \Rightarrow \sigma = \frac{1,73 \times 10^4}{1,83 \times 10^4} - \frac{1,73 \times 10^8}{4,07 \times 10^8} \times 200 = -84,07 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 85,96 \text{ MPa}$$

Considerando para o aço S550:

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{\sigma_c}{n} = \frac{550}{2} = 225 \text{ MPa} = 225 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\text{máx}} = 85,96 \text{ MPa} < \sigma_{\text{adm}}$$

É possível concluir então que a tensão normal máxima não excede a tensão admissível do aço S550.

No entanto, é necessário ainda verificar se o mesmo acontece nas colunas, pois tanto o perfil como o material são diferentes.

As secções das colunas correspondentes aos pontos F e J (ver figura 7.4) encontram-se sujeitas a um momento flector $M_z = 7,8 \times 10^7 \text{ N.mm}$.

O software oferece ainda um valor de esforço normal de $N = 1,75 \times 10^5 \text{ N}$, vindo deste modo:

$$y = -145\text{mm} \Rightarrow \sigma = \frac{1,75 \times 10^5}{2,2 \times 10^4} - \frac{7,8 \times 10^7}{3,11 \times 10^8} \times -145 = 44,32 \text{ N/mm}^2$$

$$y = 145\text{mm} \Rightarrow \sigma = \frac{1,75 \times 10^5}{2,2 \times 10^4} - \frac{7,8 \times 10^7}{3,11 \times 10^8} \times 145 = -28,41 \text{ N/mm}^2$$



$$\sigma_{m\acute{a}x} = 44,32 \text{ MPa}$$

Considerando para o aço S275:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_c}{n} = \frac{275}{2} = 137,5 \text{ MPa} = 137,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m\acute{a}x} = 44,32 \text{ MPa} < \sigma_{adm}$$

A tensão normal máxima nas colunas não excede a tensão admissível do aço S275.

b) Distribuição de tensões tangenciais na secção onde o esforço transversal  máximo

A tensão tangencial pode ser obtida através da seguinte expressão:

$$\tau = \frac{V \times Q}{I_z \times t}$$

O esforço transversal  máximo entre os segmentos $\overline{AB}$, $\overline{CD}$, $\overline{FG}$ e $\overline{IJ}$ e de valor $|V_{m\acute{a}x}| = 1,75 \times 10^5 \text{ N}$. O momento esttico é obtido por $Q = A \times y$.

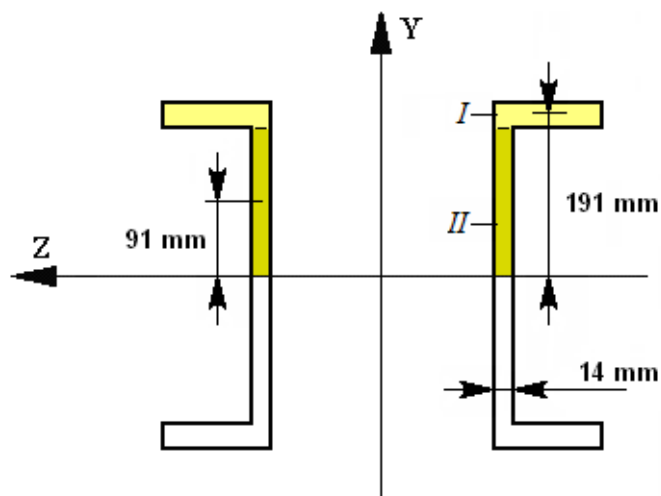


Figura 7.7 – Distâncias dos centros de massa das secções I e II ao eixo z, no perfil UNP 400



O centróide do momento estático é obtido por:

	$y_i (mm)$	$A_i (mm^2)$	$y_i \times A_i$
I	191	3960	$7,56 \times 10^5$
II	91	5096	$4,64 \times 10^5$
Σ	—	9056	$1,22 \times 10^6$

Tabela 7.2 – Distâncias ao eixo z e áreas dos centros de massa das secções I e II, no perfil
UNP 400

$$\text{Distância do centróide ao eixo z} \rightarrow y = \frac{\sum y_i \times A_i}{\sum A_i} = \frac{1,22 \times 10^6}{9056} = 134,7 \text{ mm}$$

$$Q = 9056 \times 134,7 = 1,22 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{1,75 \times 10^5 \times 1,22 \times 10^6}{4,07 \times 10^8 \times 14} = 37,47 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\text{máx}} = 37,47 \text{ MPa}$$

Considerando para o aço S550:

$$\tau_{\text{adm}} = \frac{\sigma_{\text{adm}}}{n} = \frac{225}{2} = 112,5 \text{ MPa} = 112,5 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau_{\text{máx}} = 49,04 \text{ MPa} < \tau_{\text{adm}}$$



É possível concluir então que a tensão de corte máxima não excede a tensão admissível do aço S550.

No entanto, é necessário ainda verificar se o mesmo acontece nas colunas, pois tanto o perfil como o material são diferentes.

O esforço transversal é constante nas colunas e de valor $|V| = 1,72 \times 10^4 \text{ N}$.

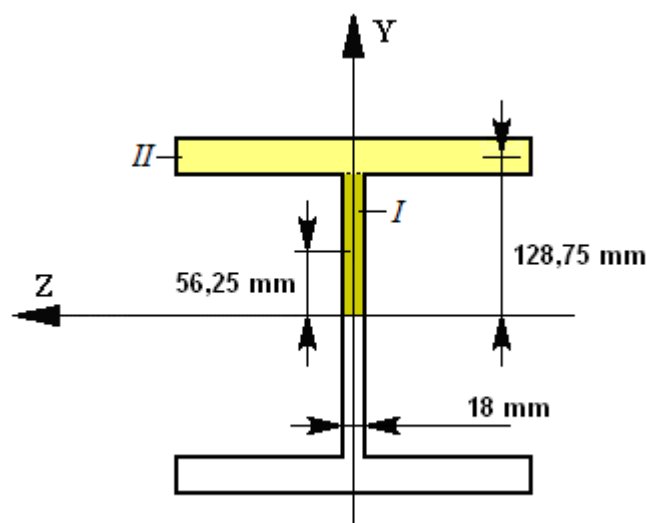


Figura 7.8 – Distâncias dos centros de massa das secções I e II ao eixo z, no perfil HE 260 M

O centróide do momento estático é obtido por:

	$y_i \text{ (mm)}$	$A_i \text{ (mm}^2\text{)}$	$y_i \times A_i$
I	128,75	8710	$1,12 \times 10^6$
II	56,25	2025	$1,14 \times 10^5$
Σ	—	10735	$1,23 \times 10^6$

Tabela 7.3 – Distâncias ao eixo z e áreas dos centros de massa das secções I e II, no perfil HE 260 M

$$\text{Distância do centróide ao eixo z} \rightarrow y = \frac{\sum y_i \times A_i}{\sum A_i} = \frac{1,23 \times 10^6}{10735} = 114,6 \text{ mm}$$



$$Q = 10735 \times 114,6 = 1,23 \times 10^6 \text{ mm}^3$$

$$\tau = \frac{1,72 \times 10^4 \times 1,23 \times 10^6}{3,11 \times 10^8 \times 18} = 3,78 \text{ N / mm}^2$$

$$\tau = 3,78 \text{ MPa}$$

Considerando para o aço S550:

$$\tau_{adm} = \frac{\sigma_{adm}}{n} = \frac{137,5}{2} = 68,75 \text{ MPa} = 68,75 \text{ N / mm}^2$$

$$\tau = 3,78 \text{ MPa} < \tau_{adm}$$

É possível concluir então que a tensão de corte nas colunas não excede a tensão admissível do aço S275 ⁽⁵⁾.

Na figura 7.6 é possível verificar que a flecha máxima é de 2,94 mm, pelo que se conclui que a flecha é apenas 0,074% do comprimento da viga superior.

$$\text{Flecha} \rightarrow \frac{2,94}{4000} \times 100 = 0,074\%$$

8. APOIOS DAS LONGARINAS

Os apoios das longarinas, em aço S275, têm o propósito principal de impedir que a longarina assente directamente no solo, para evitar problemas de eventuais irregularidades no piso, e para aumentar a distância do carril ao solo.

Foram concebidos 2 tipos de apoios:

8.1. Apoio Simples

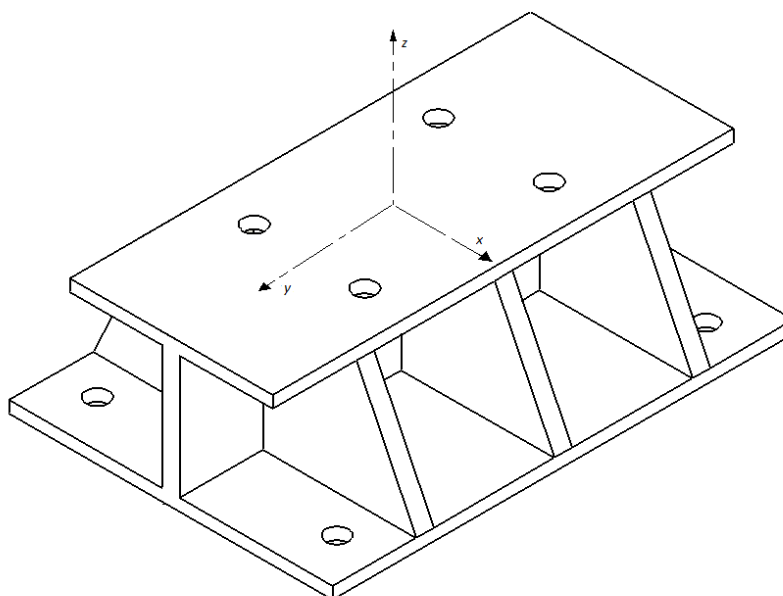


Figura 8.1 – Perspectiva do apoio simples

Sendo seis no total, três sob cada longarina, os apoios simples têm apenas a função de conector entre a longarina e o solo. São os apoios sujeitos ao menor esforço por não estarem colocados directamente sob a zona de aplicação de carga.

A ligação entre o apoio e a longarina e o apoio e o solo é obtida através de um aparafusamento, que se opõe ao deslizamento dos elementos ligados. É, no entanto, uma ligação sujeita a cargas bastante reduzidas, pois a aplicação da carga é vertical, segundo o eixo z , e no mesmo sentido que o esforço de aperto. Os esforços sobre a ligação são, portanto, considerados desprezáveis.

8.2. Apoio-Distanciador

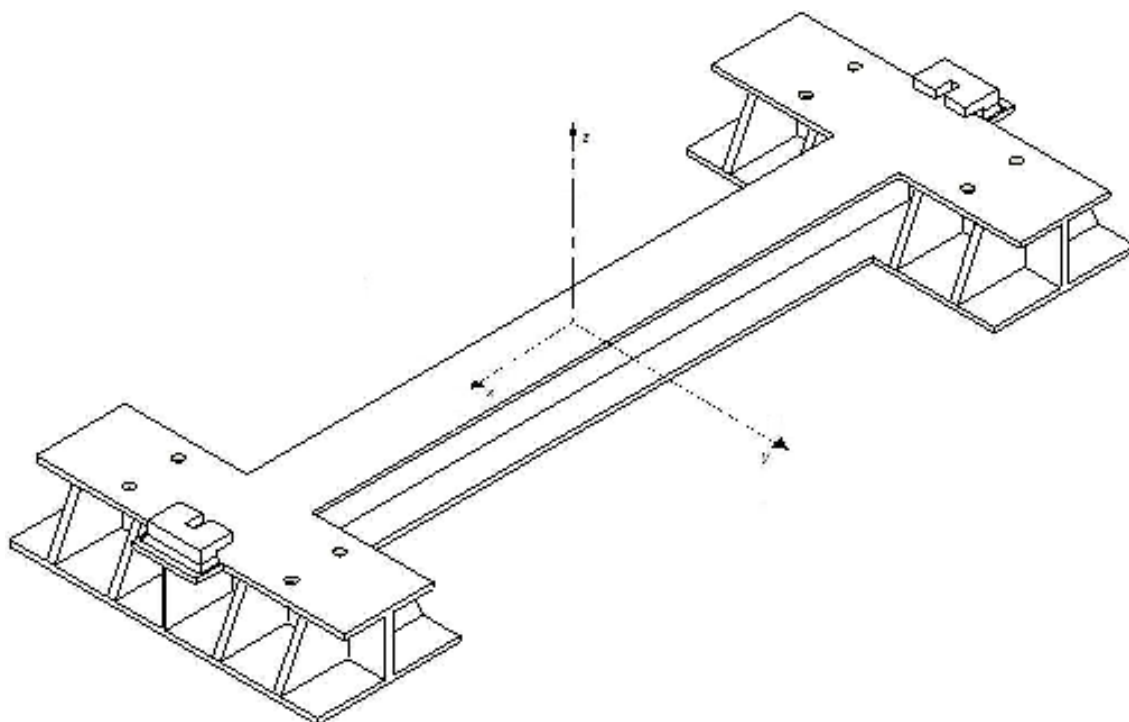


Figura 8.2 – Perspectiva do apoio-distanciador

Sendo dois no total, colocados directamente sob as células de carga, os apoios-distanciadores não só têm a função de conector entre a longarina e o solo, como a de garantir o espaçamento correcto entre as longarinas. São os apoios sujeitos ao maior esforço, pois estão directamente sob a zona de aplicação de carga.

É possível confirmar de uma forma célere e precisa, utilizando um simulador como o CosmosWorks®, que os apoios concebidos aguentam os esforços devido à carga a que estão sujeitos.

As simulações foram criadas considerando uma força aplicada de 230 kN , divididos de igual forma sobre as duas superfícies de contacto entre o apoio-distanciador e a longarina. A força é obtida da mesma forma que para as simulações efectuadas no ponto 3.

Força aplicada pelo sistema hidráulico = 350 kN

Peso próprio do bogie motor = $10880\text{ kg} = 106733\text{ N}$

$$\text{Força aplicada sobre o apoio-distanciador} = \frac{350000 + 106733}{2} = 228366 \text{ N} \cong 230 \text{ kN}$$

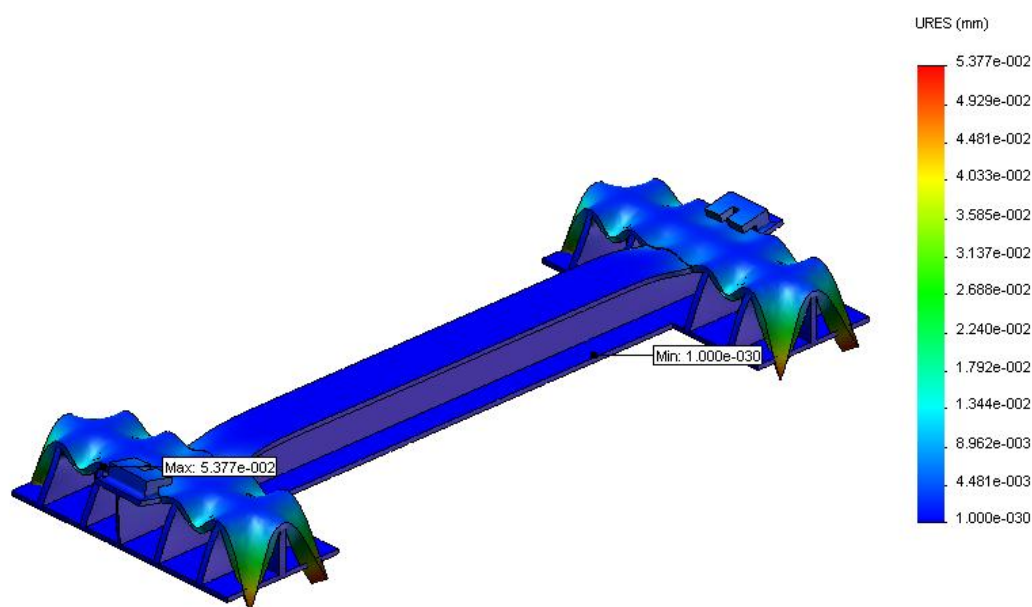


Figura 8.3 – Deformação no apoio-distanciador, sujeito a $F=230 \text{ kN}$

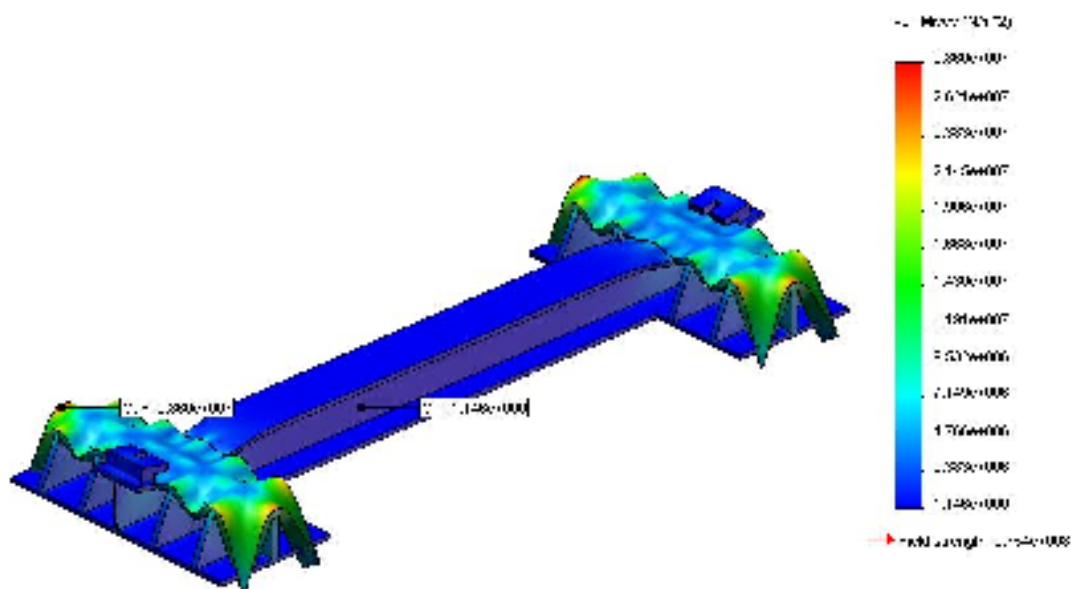


Figura 8.4 – Tensão composta no apoio-distanciador, sujeito a $F=230 \text{ kN}$

É possível verificar que a deformação máxima é de $0,054 \text{ mm}$ e a tensão composta máxima é de $28,6 \text{ N/mm}^2$.



Considerando a tensão admissível:

$$\sigma_{adm} = \frac{\sigma_c}{n} = \frac{275}{2} = 137,5 \text{ MPa} = 137,5 \text{ N/mm}^2$$

Confirma-se portanto que $\sigma_{composta} = 28,6 \text{ N/mm}^2 < \sigma_{adm}$

A furação nos apoios é coincidente com a furação na longarina, cumprindo com o tabelado para o perfil IPE 600, e a ligação aparafusada é estabelecida com a utilização de parafusos M24.

8.3. Resistência do Solo

É necessário também confirmar se a betonilha aguentará com o esforço que os apoios transmitem sem entrar em ruptura.

Admitindo que o solo será constituído por uma betonilha fraca, com tensão de ruptura de aproximadamente 15Mpa*, pode constatar-se que:

$$\sigma_{bet} = 15 \text{ MPa}$$

Admitindo $F = 230 \text{ kN}$ e $A_{apoio} = 742880 \text{ mm}^2$

$$\sigma = \frac{230000}{742880} = 0,31 \text{ MPa} \ll \sigma_{bet}$$

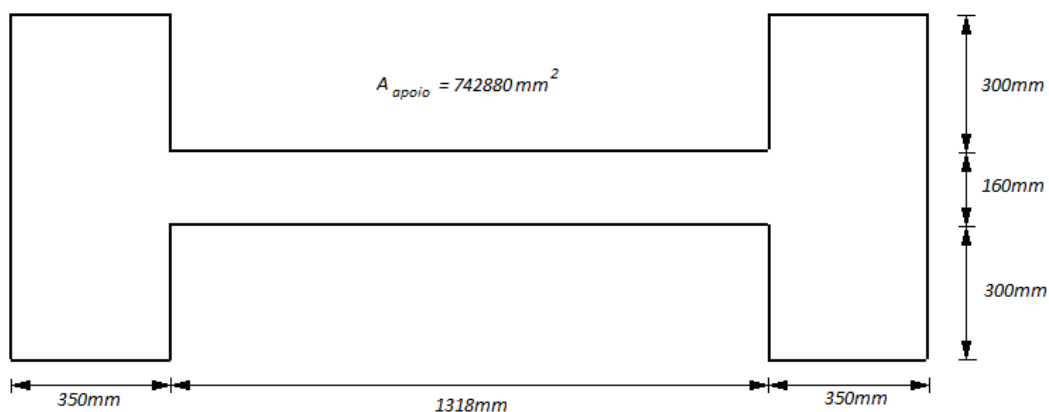


Figura 8.5 – Dimensões da base do apoio-distanciador

*ver anexo e

9. CÉLULAS DE CARGA

9.1. Características

As células de carga são elementos essenciais para cumprir com um dos requisitos funcionais da plataforma: o ensaio dos bogies.

O seu funcionamento baseia-se na Ponte de Wheatstone, cujo princípio assenta na medição de variações da resistência eléctrica (e não valores absolutos de resistência) de extensómetros, as quais são proporcionais à extensão que se pretende medir. O sinal de entrada é necessariamente regulado em termos de voltagem ou de corrente. A condição inicial é $V = R \times I$ ⁽⁶⁾.

A Ponte de Wheatstone é quase universalmente utilizada em células de carga porque facilita a anulação de efeitos de temperatura indesejáveis.

É portanto um método indicado para poder obter as reacções em cada uma das rodas, de forma tanto a poder verificar se o sistema de amortecimento do bogie está bem montado e é adequado, como para despistar possíveis empenos.

Somando a força exercida pelos actuadores com o peso próprio do bogie, cada uma das células teria que suportar aproximadamente 115 kN .

A célula escolhida para o efeito é a célula C2S, da AEP Transducers, com capacidade para 20 t , sensibilidade de 2 mV/V e um erro combinado inferior a 0,05%*.

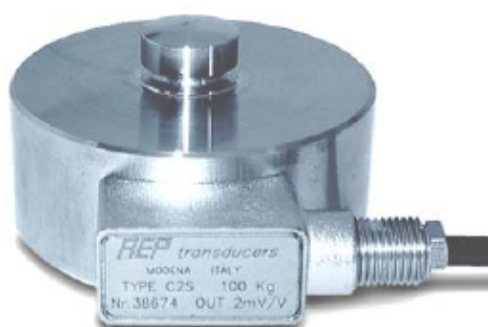


Figura 9.1 – Célula de carga C2S, da AEP Transducers

*ver anexo f



A célula de carga recebe um sinal de corrente, que irá variar com a variação da resistência, e o mesmo será encaminhado através de um cabo para um painel apropriado que fará a conversão para quilogramas ou Newtons.

Para que possam ser aplicadas nos locais apropriados e fornecer o apoio que o carril necessita, as células de carga são inseridas em plataformas concebidas com o propósito de facilitar a instalação das células de carga nos sistemas ou produtos para os quais estão a ser utilizadas.

A plataforma de montagem escolhida foi a UPC3, também da AEP Transducers, que em conjunto com a célula C2S e a cabeça de pressão adequada permitem obter a unidade de pesagem apresentado na figura abaixo*.



Figura 9.2 – Unidade de pesagem da AEP Transducers

Sobre a unidade de pesagem é necessário colocar o carril. Um troço de carril será soldado a uma chapa com furação coincidente à da unidade de pesagem, como apresentado na figura 9.3. A fixação da unidade, tanto à longarina como à chapa supracitada, é obtida através de parafusos M16.

9.2. Colocação

As unidades de pesagem são colocadas nos apoios criados propositadamente nas longarinas para o efeito. O recorte permite que o troço de carril colocado sobre a célula permaneça ao mesmo nível do restante, como se pode observar na figura 9.4.

*ver anexo f

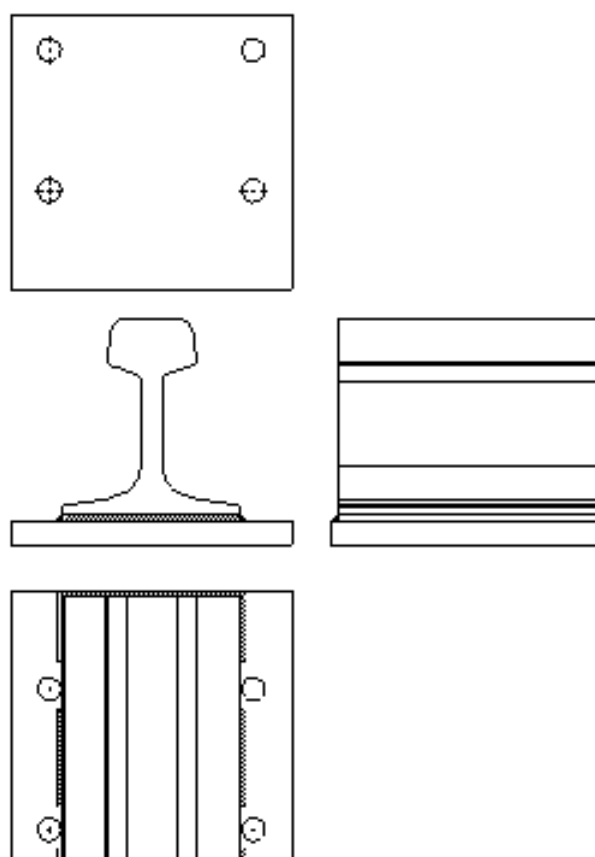


Figura 9.3 – Vistas ortogonais do carril + chapa de apoio

O carregamento da célula de carga fará com que a esta oscile verticalmente, fazendo com que o troço de carril colocado sobre a mesma também oscile. No entanto, essa oscilação não será superior a $0,2\text{ mm}$, pelo que não irá interferir com a estabilidade do bogie sobre o carril nem provocar ressaltos.



Figura 9.4 – Posicionamento da unidade de pesagem na longarina

10. PAINÉIS DIGITAIS

Os painéis digitais permitem obter a informação pretendida, seja em quilogramas ou em Newtons, para o qual basta alterar o *output* do painel. Cada célula será ligada a um painel, permitindo obter a força individualmente.

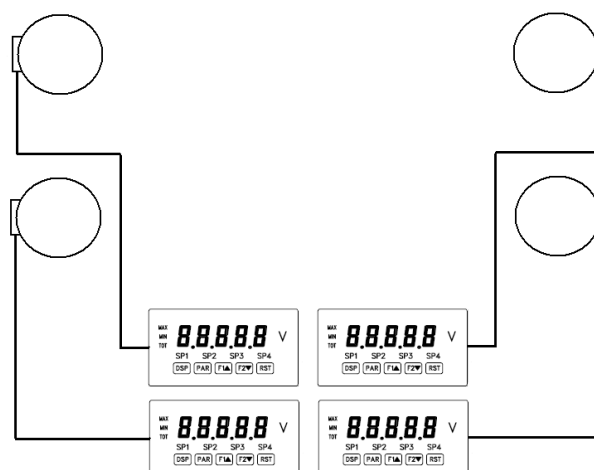


Figura 10.1 – Esquema de ligação entre as células de carga e os painéis

Os painéis serão montados na consola do operador, onde estarão também montados os comandos do sistema hidráulico, para que operador consiga facilmente obter a informação desejada.

Os painéis escolhidos para o efeito são os 1/8 DIN Analog Input Panel Meters, modelo PAXS da Red Lion, indicados pela empresa Bresimar, importadora da AEP Transducers. As dimensões e características estão apresentadas no anexo G.



Figura 10.2 – PAX Panel da Red Lion

11. CARRIL

11.1. Características

O carril considerado na elaboração deste produto foi o carril de perfil 54 E1, correspondente à norma EN 13674-1:2003, com um peso de $54,77 \text{ kg/m}$.

Foi escolhido por ser o perfil de carril utilizado pela Fertagus. As dimensões e características estão apresentadas no anexo A.

Para permitir o movimento vertical das células, nos 12 m de comprimento da plataforma estarão presentes 5 troços de carril, cortado com o comprimento adequado a cada secção. Serão necessários para cada uma das longarinas troços de carril com 6664 mm (traseira da plataforma), 2664 mm (frente da plataforma), 2228 mm (entre as células) e dois de 212 mm (sobre as células).

11.2. Fixação

Os troços de carril são colocados sobre o banzo superior das longarinas e ligados às mesmas pela utilização de fixadores, de ferro fundido e com um furo de 11 mm de diâmetro, criados especificamente para o efeito. A sua colocação implica a furação do banzo superior das longarinas, em cada um dos troços de banzo, com um espaçamento transversal de 160 mm e longitudinal máximo de 600 mm entre cada furo, e com um diâmetro de 11 mm . A união entre os fixadores e as longarinas é obtida utilizando parafusos M10x40.

O eixo de simetria do carril ficará coincidente com o da longarina, com fixadores de ambos os lados.

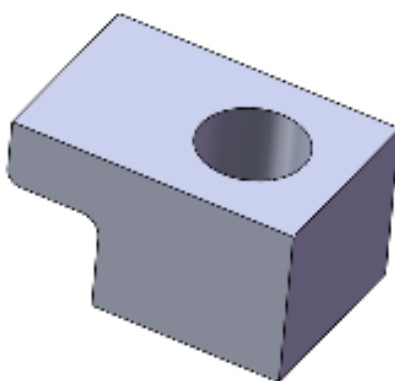


Figura 11.1 – Fixador de carril

12. ACTUADORES HIDRÁULICOS

12.1. Características

A utilização de um sistema hidráulico foi a opção escolhida para exercer sobre o bogie a força máxima de 350 kN , como solicitado pela Fertagus. E são os actuadores hidráulicos que irão efectuar essa mesma força.

O funcionamento do sistema baseia-se no aproveitamento do efeito da pressão que ocorre quando uma força é aplicada sobre uma superfície.

$$p = \frac{F}{A}$$

Um óleo específico para este tipo de sistemas é bombeado para dentro do cilindro do actuador hidráulico. O aumento de pressão na câmara superior fará com que o êmbolo se desloque e imprima a força sobre o bogie.

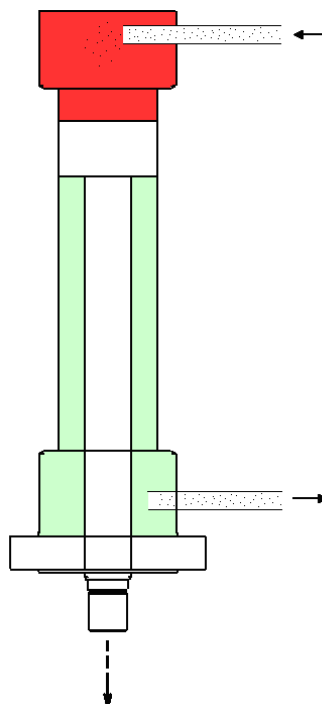


Figura 12.1 – Funcionamento do actuador hidráulico

A força poderia ser exercida por apenas um actuador, mas a aplicação de carga terá que ser efectuada sobre a suspensão secundária. Os pontos de apoio estão assinalados na figura 12.2.

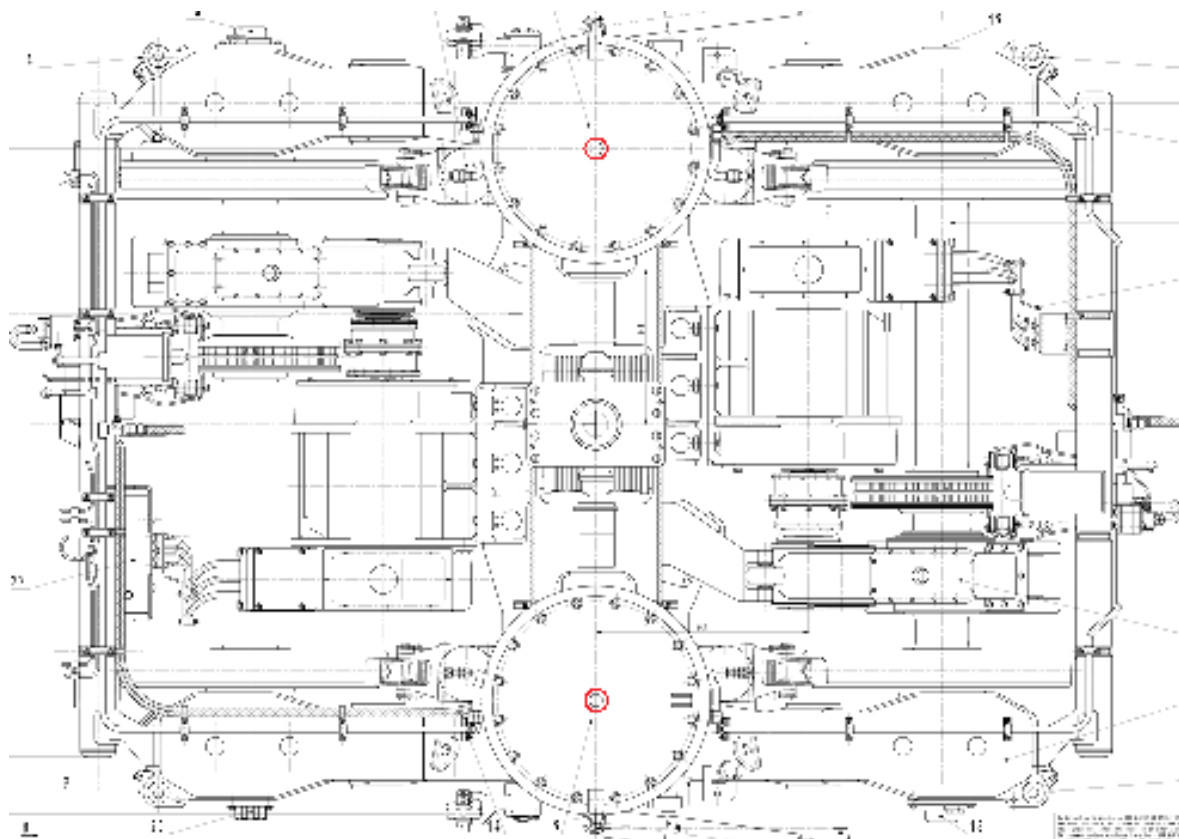


Figura 12.2 – Pontos aplicação de carga

Sendo assim, a escolha incidiu sobre a utilização de dois actuadores separados por 1950 mm , a distância entre os centros de aplicação de carga no bogie*.

A simetria dos pontos de aplicação face ao bogie permite que o carregamento seja uniforme.

O actuador escolhido foi o CDH1 (cilindro diferencial redondo) com fixação MF3 (flange redondo no cabeçote) da Bosch-Rexroth, com as seguintes características:

Pressão nominal: 250 bar

Velocidade de curso: Até $0,5\text{ m/s}$

Diâmetro do êmbolo: 125 mm

Diâmetro da haste: 70 mm

Curso: 500 mm

A escolha foi tomada com base na informação disponível no site da Bosch-Rexroth, que dispõe de um critério de selecção por dados técnicos que, partindo de valores iniciais de

*ver também anexo b



pressão, força de compressão, curso, ângulo de montagem, entre outros, fornece a opção adequada de entre os vários produtos existentes ⁽⁷⁾.



Figura 12.3 – Actuador CDH1/MF3 da Bosch-Rexroth

Diâmetro, Pesos

Êmbolo	Haste do Êmbolo	Cilindro CD com curso de 0 mm	Por cada 100 mm de curso
AL ϕ mm	MM ϕ mm	MF3 kg	kg
125	70	93	7,3

Tabela 12.1 – Diâmetros e peso do actuador CDH1/MF3*

As dimensões principais do cilindro correspondem à norma DIN ISO 3320*.

Áreas, Forças, Escoamentos

Êmbolo	Haste	Relação de Área	Áreas			Força a 250 bar			Escoamento a 0,1 m/s		
			Êmbolo	Haste	Anel	Pressão	Dif.	Tracção	Avanço	Dif.	Retorno
AL ϕ mm	MM ϕ mm	ϕ A_1 / A_3	A_1 cm^2	A_2 cm^2	A_3 cm^2	F_1 kN	F_2 kN	F_3 kN	q_{v1} L/min	q_{v2} L/min	q_{v3} L/min
125	70	1,46	122,72	38,48	84,24	306,75	96,20	210,55	73,6	23,1	50,5

Tabela 12.2 – Áreas, Forças e Escoamentos do actuador CDH1/MF3*

*ver anexo h

12.2. Colocação

Para fixar os actuadores às vigas superiores, serão utilizados apoios criados especificamente para o efeito. Os apoios, com 30mm de espessura, têm um formato rectangular, com um orifício central que permite a fixação dos actuadores e um canal lateral para permitir a passagem e encaixe da tubagem, como representado na figura 12.5.

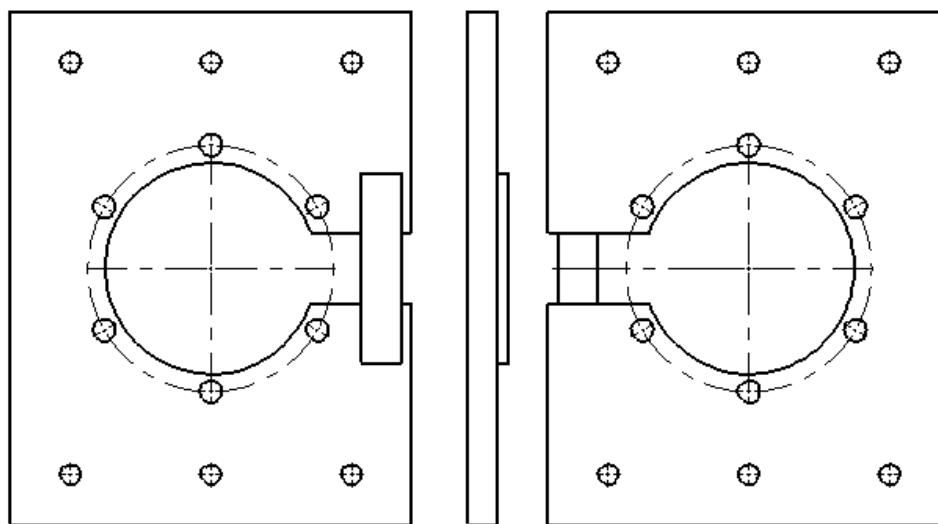


Figura 12.4 – Vistas ortogonais do apoio dos actuadores

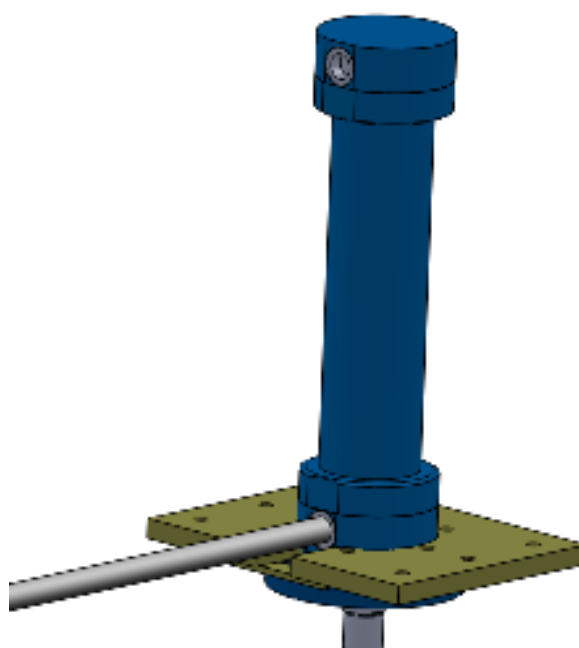


Figura 12.5 – Perspectiva geral do actuador + apoio + tubagem



12.3. Ligação Aparafusada

Os actuadores serão aparafusados ao apoio. A flange do actuador tem uma furação pré-definida, pelo que o apoio terá uma furação, em torno do seu eixo central (ver figura 12.4) coincidente com a existente na flange.

É também através de uma ligação aparafusada pré-esforçada que os apoios serão presos às vigas superiores.

Admitindo, para a ligação supra-citada, parafusos M16, é necessário verificar a condição de reversibilidade, ou seja, se os parafusos desapertam sem a aplicação de momento.

$$M16 \rightarrow d = 16 \quad p = 2 \quad e \quad n = 1 \quad \text{então} \quad l = n \times p = 2^*$$

Coeficiente de atrito metal-metal $\mu = 0,2$

Sendo que para rosca métrica o ângulo de rosca é $\alpha = 30^\circ$, então

$$\sec(\alpha) = \frac{1}{\cos(\alpha)} \Leftrightarrow \sec(30) = \frac{1}{\cos(30)} = 1,54$$

$$d_m = d - 0,649519 \times p^*$$

$$d_m = 16 - 0,649519 \times 2 \Leftrightarrow d_m = 14,7$$

Para ser reversível, é necessário que $T_d \leq 0$

$$T_d = \frac{F \times d_m}{2} \left(\frac{\pi \times \mu \times d_m \times \sec(\alpha) - l}{\pi \times d_m + \mu \times l \times \sec(\alpha)} \right)$$

Pela equação é possível concluir que para $T_d \leq 0$ então $\pi \times \mu \times d_m \times \sec(\alpha) \leq l$

$$\pi \times 0,2 \times 14,7 \times 1,54 \leq 2 \Leftrightarrow 14,2 \leq 2 \rightarrow P.F.$$

Logo a montagem é irreversível ⁽³⁾.

*ver anexo d

13. OLHAIS DE SUSPENSÃO DAS VIGAS SUPERIORES

13.1. Características

Os olhais de suspensão possibilitam a sustentação das vigas superiores no ar e assim facilitam a sua desmontagem ou montagem nas colunas.

São compostas por 5 peças independentes, cuja conexão é efectuada através de ligação soldada.

As chapas laterais permitem a fixação às vigas superiores, as asas permitem a suspensão das mesmas por ligação a gancho ou cabo de suspensão, e os reforços permitem anular as pequenas torções das vigas, quando estão sujeitas à carga efectuada pelo sistema hidráulico.

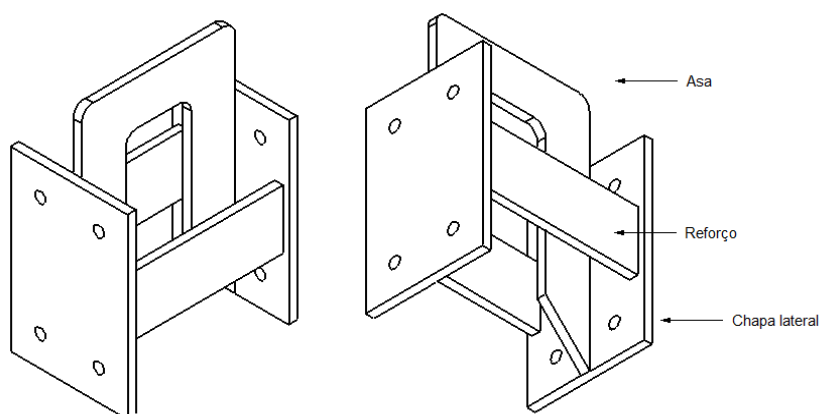


Figura 13.1 – Perspectiva geral dos olhais de suspensão das vigas superiores

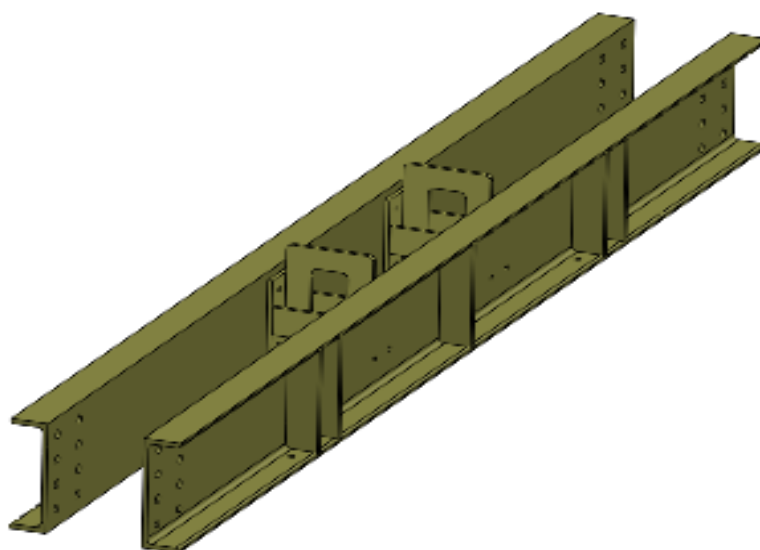


Figura 13.2 – Perspectiva geral dos olhais + vigas superiores

13.2. Ligação Soldada

A ligação entre as chapas laterais e a asa é efectuada através de soldadura, mas neste caso não será apenas um elemento de conexão, pois o cordão de soldadura terá que suportar a carga exercida pelas vigas superiores.

Como é possível confirmar pela tabela da figura 4.1, a massa do perfil UNP 400 é de $71,8 \text{ kg/m}$. Sendo que será necessário suportar duas vigas com 4 m , e como existem dois olhal de suspensão, considera-se que cada olhal terá que suportar uma força $F = 71,8 \times 4 \times 9,81 = 2817,4 \text{ N}$.

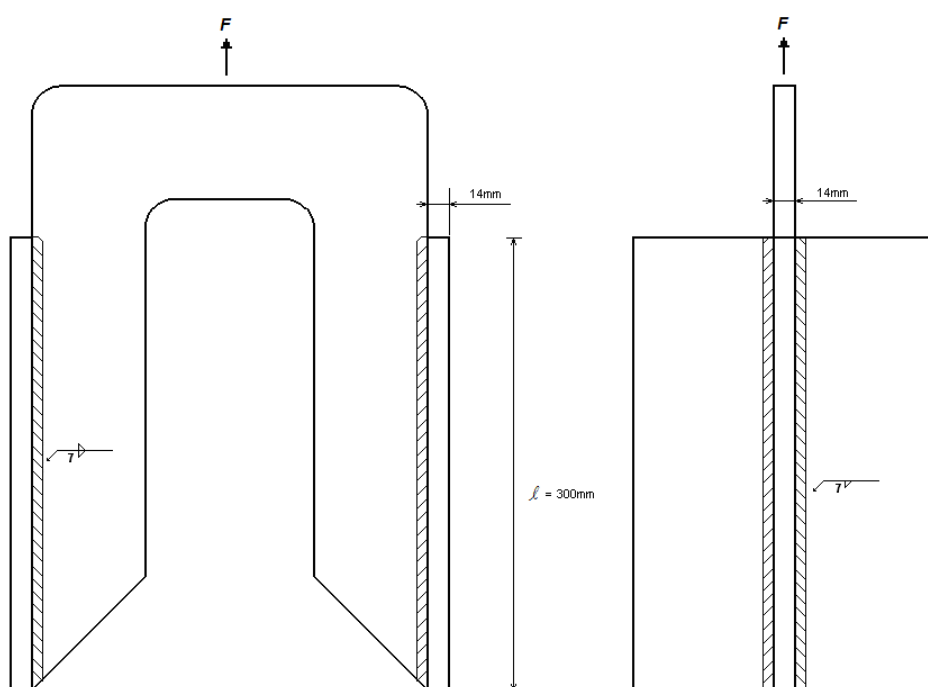


Figura 13.3 – Ligação das asas às chapas laterais

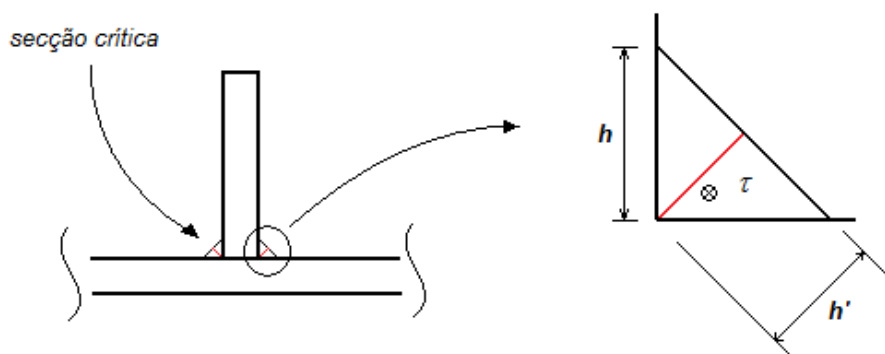


Figura 13.4 – Esquema da ligação soldada e cordão de soldadura



Assim sendo, é necessário determinar a tensão que o material de adição terá que suportar, para que se possa fazer uma escolha adequada. Tem-se que:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad A = h' \times \Delta x \quad \Delta x \rightarrow \text{comprimento de soldadura} \quad h' = \frac{\sqrt{2}}{2} h$$

Uma vez que os cordões de soldadura são opostos e que existe a limitação da espessura da chapa central, admite-se um cordão de soldadura com $h = 7 \text{ mm}^*$.

Partindo de:

$$l = 300 \text{ mm}; h = 7 \text{ mm}; F = 2817,4 \text{ N}$$

$$\Delta x = 4 \times l$$

$$\text{Obtém-se } \sigma_{com} = 2 \times \tau \Leftrightarrow \sigma_{com} = \frac{\sqrt{2} \times F}{h \times 2 \times l} \Leftrightarrow \sigma_{com} = 0,95 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com} \leq \sigma_{adm} = \frac{\sigma_{ced}}{n}$$

Admitindo um factor de segurança $n = 2$ conclui-se que o metal de adição deverá ter $\sigma_{ced} \geq 1,9 \text{ MPa}$ ⁽³⁾. Considerando para a concepção dos olhais de suspensão o aço S275, com $\sigma_{ced} \geq 275 \text{ MPa}$, e tendo em conta que o metal de adição deve apresentar propriedades mecânicas não inferiores às do metal de base, a segurança da ligação está garantida.

A soldadura entre as chapas laterais e os serve apenas como elemento de ligação, ao contrário da ligação acima estudada. Assim sendo, será apenas necessário cumprir com as condições de dimensionamento de cordões de soldadura.

Os cordões de soldadura entre as chapas laterais e os reforços serão de ângulo e a sua espessura igual a 7 mm , respeitando assim as condições de dimensionamento de cordões de soldadura de ângulo e opostos*.

*

-A espessura dos cordões de ângulo não deve ser superior a 0,7 da menor espessura dos elementos a ligar ⁽¹⁾

-A chapa intermédia de cordões de soldadura opostos deve ter a espessura mínima de 7 mm ⁽¹⁾

-A espessura dos cordões de soldadura opostos não deve ser superior a metade da espessura da chapa intermédia ⁽³⁾



13.3. Ligação Aparafusada

No que diz respeito à ligação aparafusada entre o olhal de suspensão e a viga, é possível verificar que para o cálculo da resistência do parafuso ao corte se obtém:

$$\tau = \frac{F}{A} \quad A = \pi r^2 \Leftrightarrow A = \frac{\pi}{4} d^2$$

$$\sigma_{com} = 2 \tau = \frac{8F}{\pi d^2} \leq \sigma_{adm}$$

Como existem 8 parafusos em cada olhal, $F = \frac{2817,4N}{8} = 352,18 \text{ N}$

E considerando parafusos M16, verifica-se que:

$$\sigma_{com} = \frac{8 \times 352,18}{\pi \times 16^2} \leq \sigma_{adm}$$

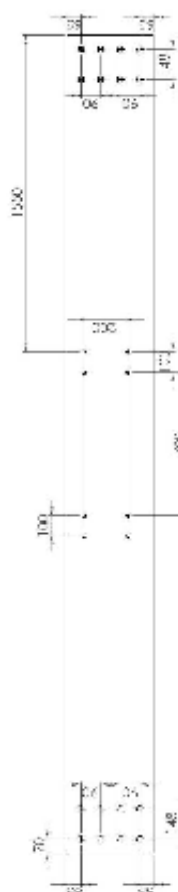
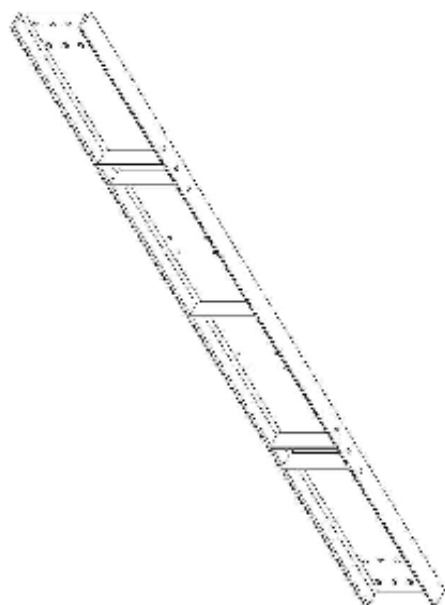
$$\sigma_{com} = 3,5 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{com} \leq \sigma_{adm} = \frac{\sigma_{ced}}{n}$$

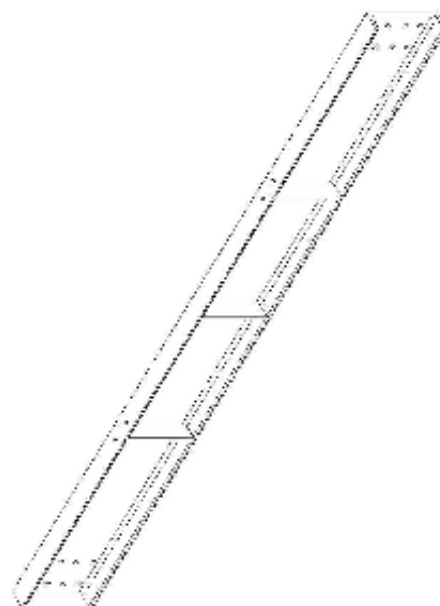
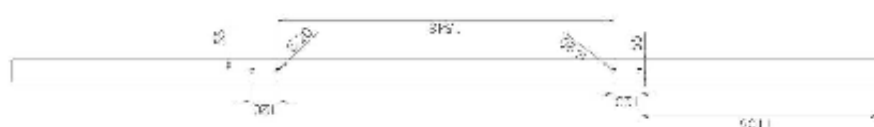
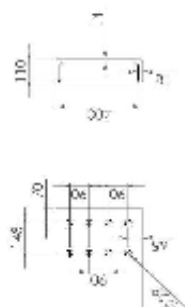
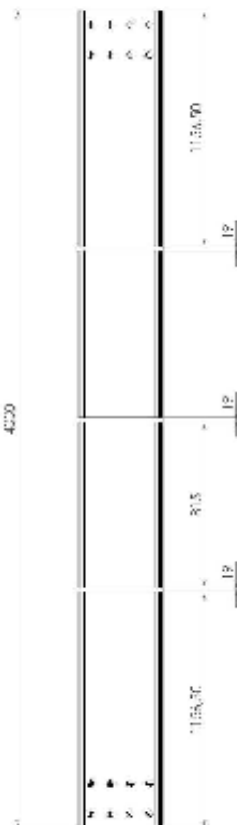
Admitindo um factor de segurança $n = 2$ conclui-se que o metal dos parafusos deverá ter $\sigma_{ced} \geq 7 \text{ MPa}$.



14. IMAGENS EM 2D

Viga
Superior

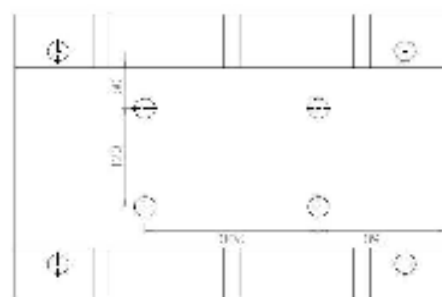
69

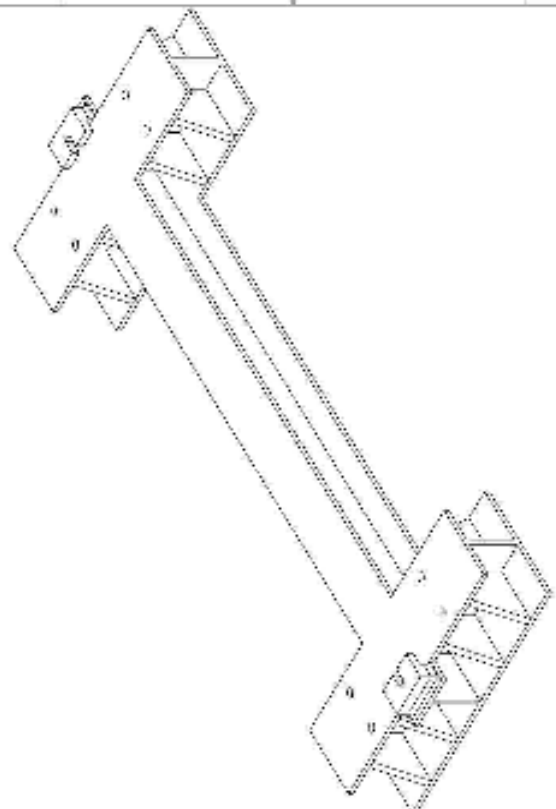
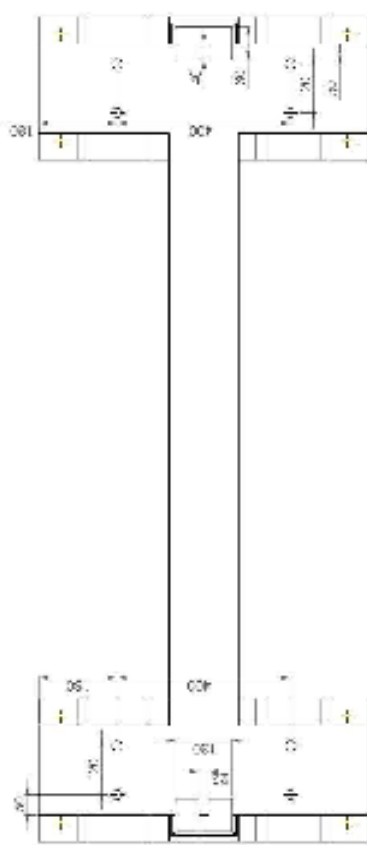
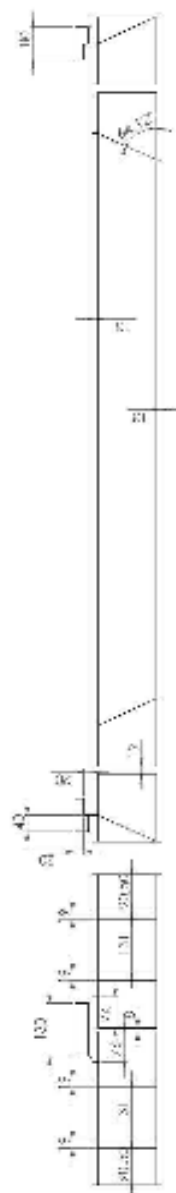
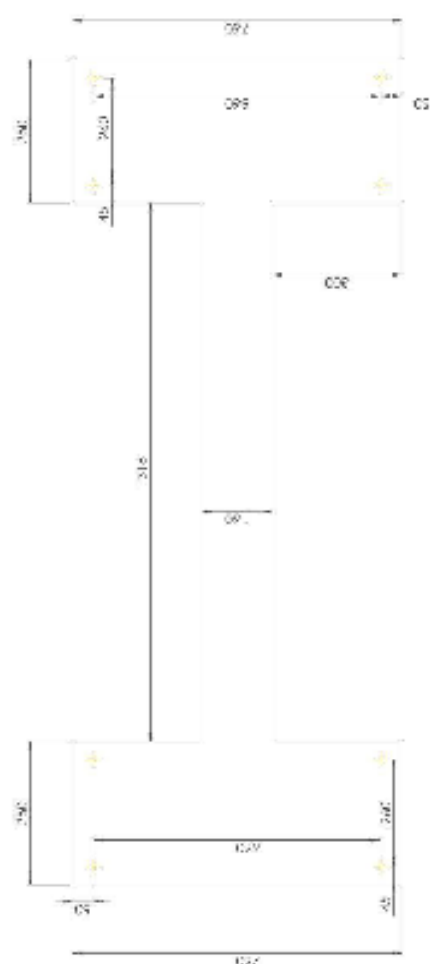


Item	Quantidade	Valor
1. Viga Inferior	1	1156.30
2. Viga Superior	1	1156.90
Total		
1156.30		
1156.90		
2313.20		

escala	1:10
autor	J. M. L.
data	10/01/2011

Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies	Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies
Desenho Nº 4	Desenho Nº 4

[illegible]

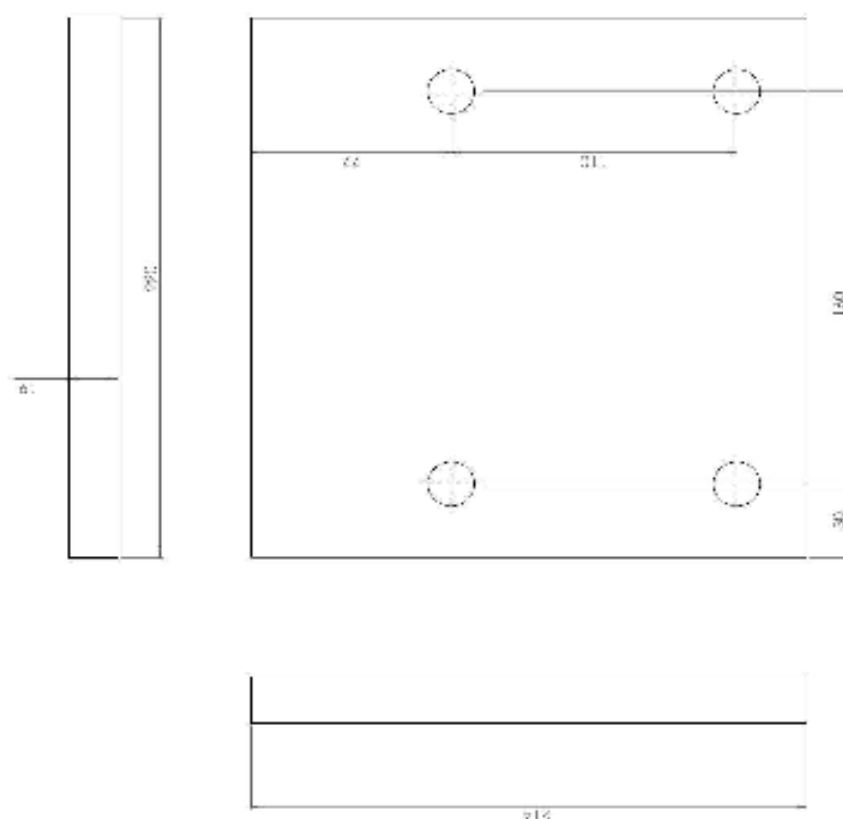
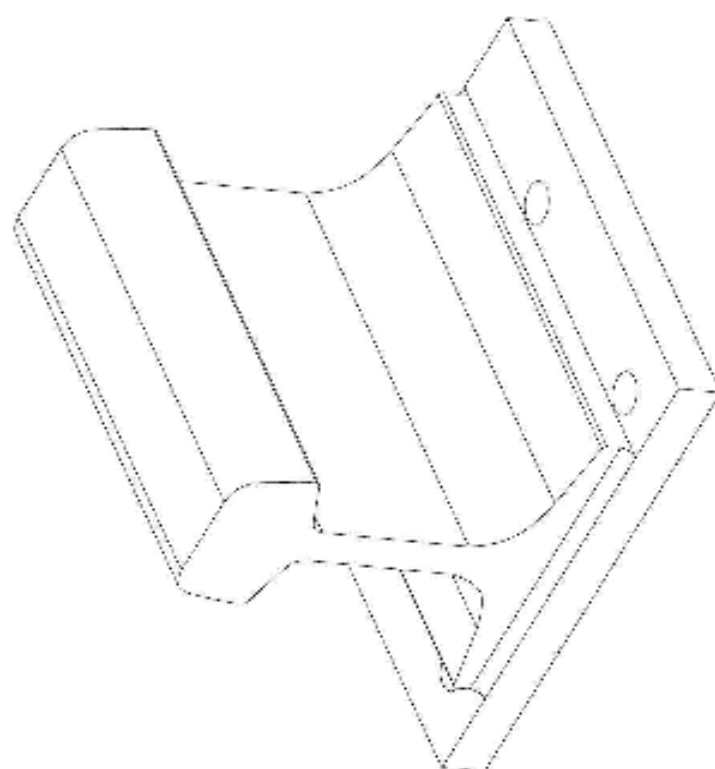


Projeto	Nome	Projeto	Nome de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho
Desenho		Projeto	Projeto de Trabalho

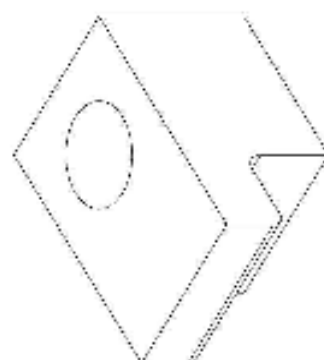
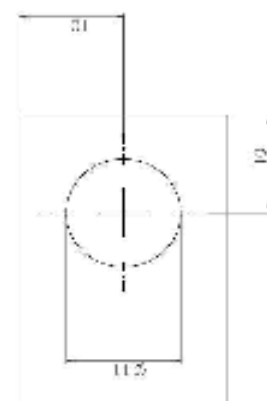
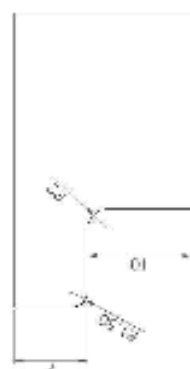
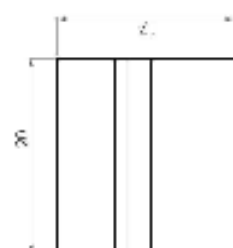
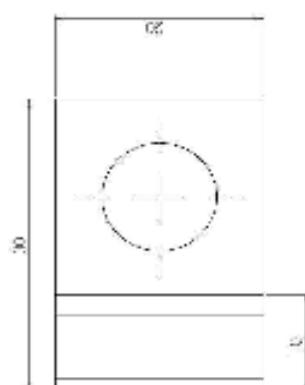
Apoio-Distanciador

Desenho Nº 6

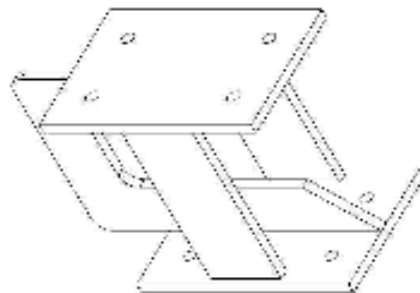
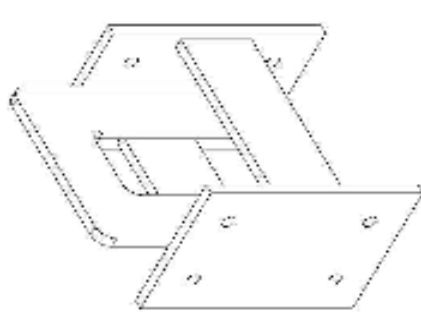
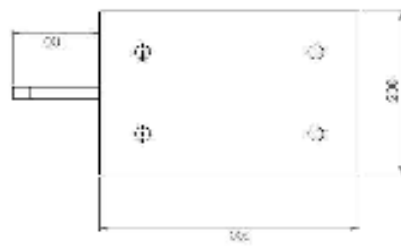
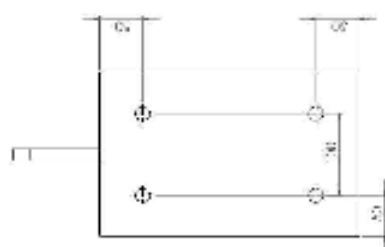
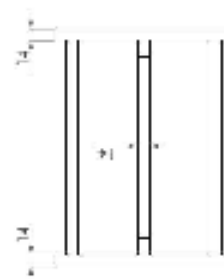
Montagem do carril no suporte



Projeto	Reviz	Reviz	Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies	Interação Nova de Infra-estrutura de C.R.O.A. e C.R.O.A. 2.0	
Calcular					
Verificar					
Desenho	Auto	Auto	Suporte de Carril para Unidade de Pesagem		
Auto	Auto	Auto			
Auto	Auto	Auto	Resumo N° 7		



Nome	Matrícula	Item	Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies	Universidade Federal do Rio de Janeiro
Disciplina	Matrícula	Item	Fixador do carril	Desenho Técnico
Assunto	Matrícula	Item		
Assunto	Matrícula	Item		
Assunto	Matrícula	Item		



Nome	Matheus de Oliveira	Instituto Mau de Labora tório de Ciências e Tecnologia
Endereço		
Telefone		
Olhal de Suspensão das Vigas Superiores		Desenho Nº 12
Desenho Nº		
Auto		



15. CONCLUSÃO

O estudo e concepção da Plataforma de Desmontagem e Ensaio de Bogies foi, do ponto de vista académico e pessoal, aliciante pela vertente prática que lhe é inerente, tendo, nesse âmbito, sido realizado com vista à construção da solução apresentada.

O sistema apresentado cumpre os requisitos definidos pela entidade empresarial solicitadora e as regras e normas de concepção de estruturas metálicas.

Foram estudadas e discutidas várias hipóteses de solução, estudados componentes, formatos e ligações diversas, acabando por se chegar à Plataforma apresentada, sendo esta a concepção que reunia as melhores condições em termos de funcionalidade e exequibilidade.

Sendo um produto de concepção unitária, foi dada prioridade à robustez na concepção, em detrimento da preocupação sobre poupança de material.

Todos os subprodutos apresentados que foram seleccionados, e não concebidos, não têm um carácter de prevalência face a produtos de outras marcas e modelos, desde que, caso se opte pela sua alteração, se garantam as mesmas especificidades nos produtos, a segurança nas suas ligações à Plataforma e a sua correcta funcionalidade na mesma.



BIBLIOGRAFIA

- (1) – Reis, A. Correia; Farinha, M. Brazão; Farinha, J.P. Brazão; *Tabelas Técnicas*, Edições Técnicas E.T.L., 2005

- (2) – BSS Steelstrip; http://www.steelstrip.co.uk/structural_steels.htm, página actualizada em Janeiro de 2007, consultada em Junho de 2009

- (3) – Martinho, Alberto; Apontamentos da disciplina de Órgãos de Máquinas 1, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNL, 2007

- (4) – Shigley, Joseph Edward; Mischke, Charles R.; *Mechanical Engineering Design*, Fifth Edition, McGraw-Hill International Editions, 1989

- (5) – Cardoso, João; Apontamentos da disciplina de Mecânica dos Sólidos 2, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNL, 2006

- (6) – Urgueira, António Vale; Apontamentos da disciplina de Métodos Experimentais em Engenharia Mecânica, Faculdade de Ciências e Tecnologia, UNL, 2008

- (7) – Bosch-Rexroth; <http://www.boschrexroth.com>, página consultada em Abril de 2009

- (8) – Cunha, Luis Veiga da; *Desenho Técnico*, 13ª Edição, Fundação Calouste Glubenkian, 2004

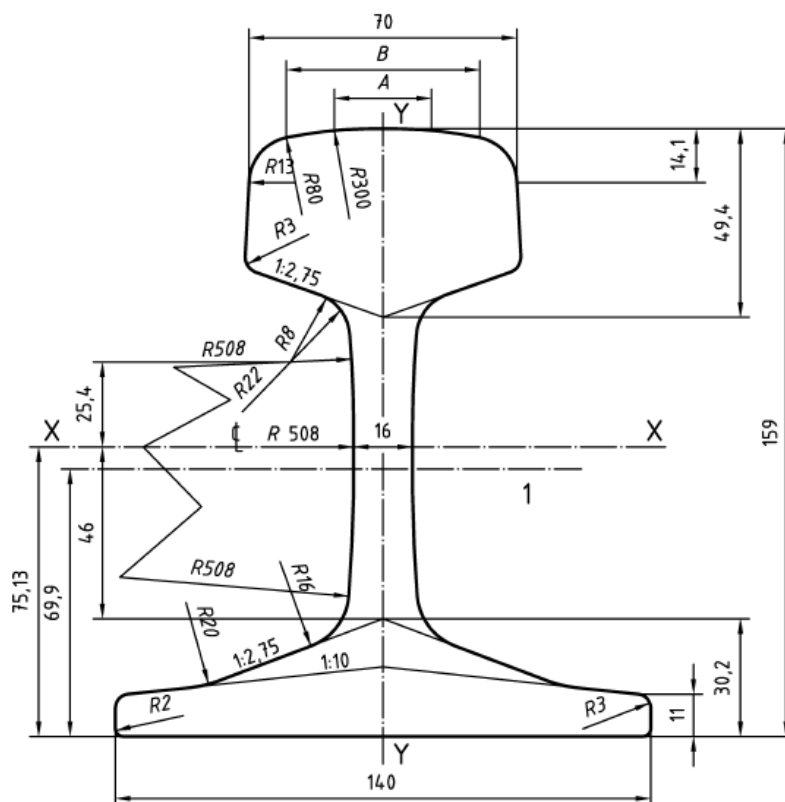


ANEXOS



ANEXO A - Perfil do carril 54E1, pela EN 13674-1:2003 (E)

Dimensions in millimetres



Key

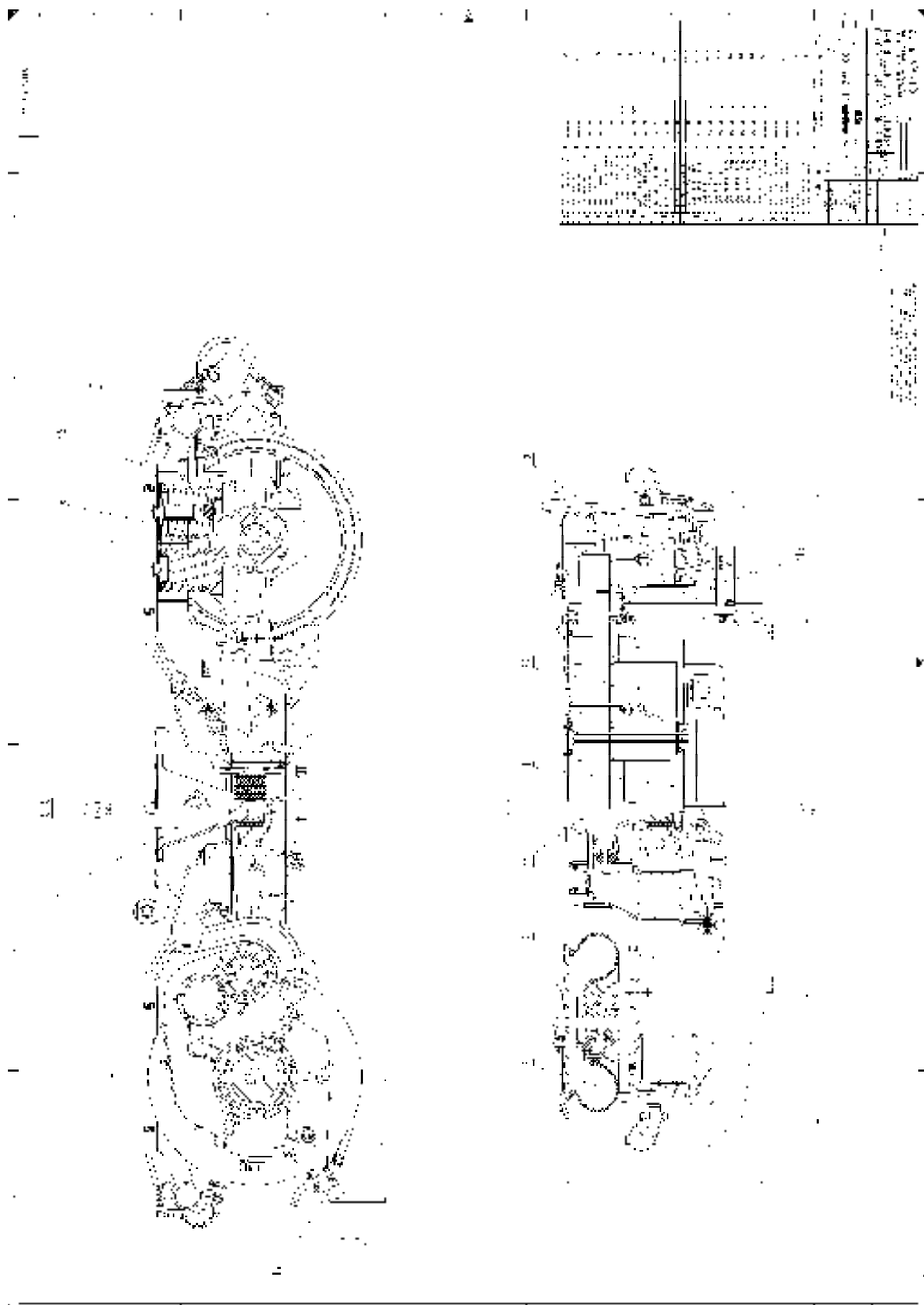
1 Centre line of branding

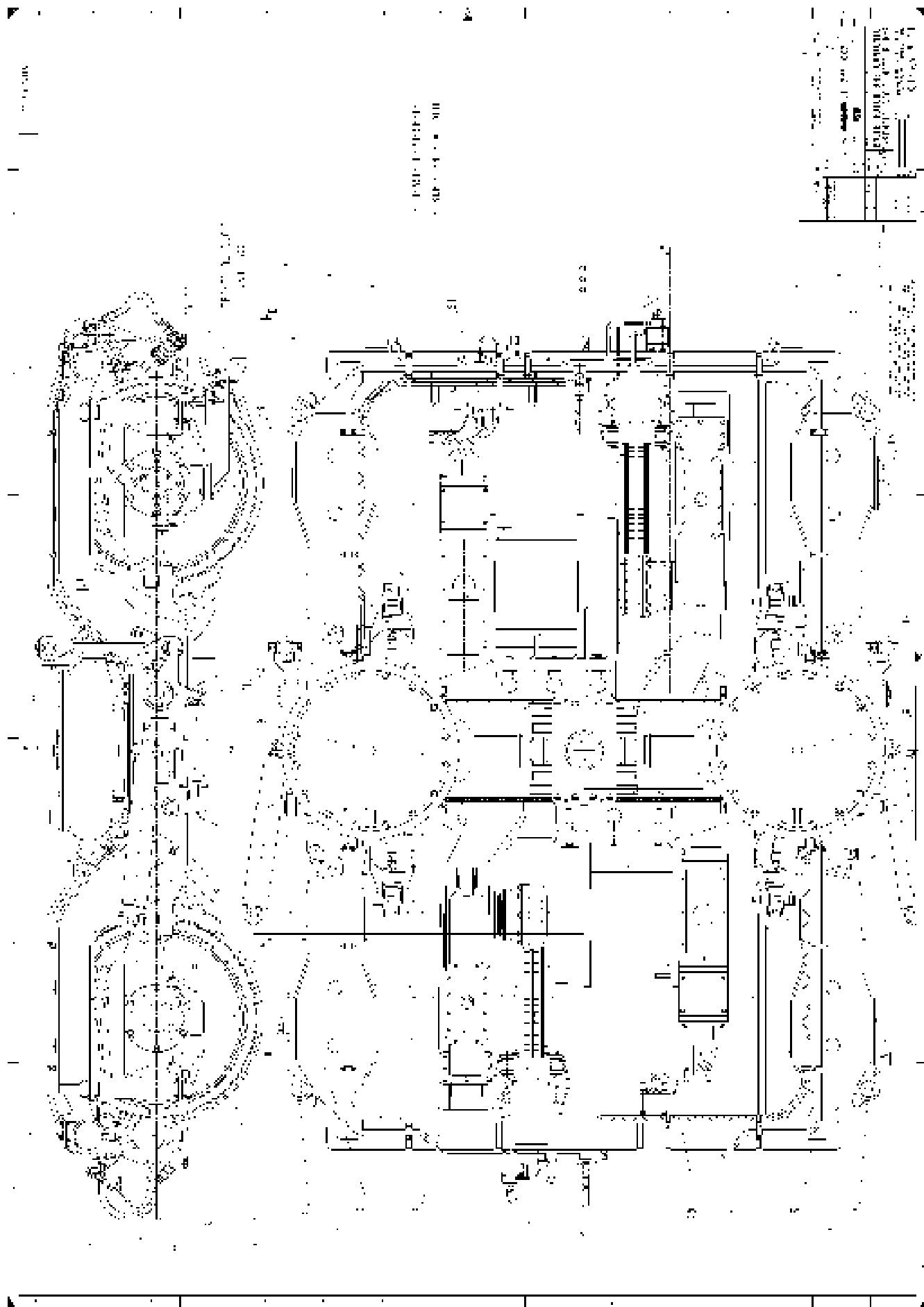
Cross-sectional area	: 69,77	cm ²
Mass per metre	: 54,77	kg/m
Moment of inertia x-x axis	: 2337,9	cm ⁴
Section modulus - Head	: 278,7	cm ³
Section modulus - Base	: 311,2	cm ³
Moment of inertia y-y axis	: 419,2	cm ⁴
Section modulus y-y axis	: 59,9	cm ³

Indicative dimensions : A = 20,024 mm

B = 49,727 mm

ANEXO B – Vistas gerais dos bogies motores







ANEXO C – Tabela de classes de propriedades mecânicas de parafusos e porcas métricas (retirada do livro *Mechanical Engineering Design*)

TABLE 8-6

Metric Mechanical-Property Classes for Steel Bolts, Screws, and Studs*

PROPERTY CLASS	SIZE RANGE, INCLUSIVE	MINIMUM PROOF STRENGTH, MPa	MINIMUM TENSILE STRENGTH, MPa	MINIMUM YIELD STRENGTH, MPa	MATERIAL	HEAD MARKING
4.6	M5–M36	225	400	240	Low or medium carbon	
4.8	M1.6–M16	310	420	340	Low or medium carbon	
5.8	M5–M24	380	520	420	Low or medium carbon	
8.8	M16–M36	600	830	660	Medium carbon, Q&T	
9.8	M1.6–M16	650	900	720	Medium carbon, Q&T	
10.9	M5–M36	830	1040	940	Low-carbon martensite, Q&T	
12.9	M1.6–M36	970	1220	1100	Alloy, Q&T	

*The thread length for bolts and cap screws is

$$L_t = \begin{cases} 2d + 6 & L \leq 125 \\ 2d + 12 & 125 < L \leq 200 \\ 2d + 25 & L > 200 \end{cases}$$

where L is the bolt length. The thread length for structural bolts is slightly shorter than given above.



ANEXO D – Tabela de diâmetros e áreas de roscas métricas de passo normal e passo fino (retirada do livro *Mechanical Engineering Design*)

NOMINAL MAJOR DIAMETER d	COARSE-PITCH SERIES			FINE-PITCH SERIES		
	PITCH p	TENSILE- STRESS AREA A_t	MINOR- DIAMETER AREA A_r	PITCH p	TENSILE- STRESS AREA A_t	MINOR- DIAMETER AREA A_r
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1120	1050	2	1260	1230
48	5	1470	1380	2	1670	1630
56	5.5	2030	1910	2	2300	2250
64	6	2680	2520	2	3030	2980
72	6	3460	3280	2	3860	3800
80	6	4340	4140	1.5	4850	4800
90	6	5590	5360	2	6100	6020
100	6	6990	6740	2	7560	7470
110				2	9180	9080

*The equations and data used to develop this table have been obtained from ANSI B1.1-1974 and B18.3.1-1978. The minor diameter was found from the equation $d_r = d - 1.226869p$, and the pitch diameter from $d_m = d - 0.649519p$. The mean of the pitch diameter and the minor diameter was used to compute the tensile-stress area.



ANEXO E – Tensões de ruptura de diversos materiais (retirada do livro *Tabelas Técnicas*)

7.12.4 — Tensões de ruptura de diversos materiais

Materiais	Tensões de ruptura à compressão (MPa)	Materiais	Tensões de ruptura à tração (MPa)			
a) Argamassas (traço 1:3 em peso) (°C)		e) Plásticos, à temperatura ordinária (°C)				
de cal ordinária (aos 28 dias)	2 - 4	f) Metais				
de cal hidráulica	3 - 5	aço normal de construção (ou A24)	2 370			
aos 7 dias	3 - 5	aço St 50 (baleia) e tor 40	500			
aos 28 dias	5 - 14	aço St 60 (malha) e tor 50	600			
de cimento tipo Portland	20	aço bi	800			
aos 7 dias	30	aço de alta resistência	2 520			
aos 28 dias	30	aço silício	500 - 620			
de cimento de alta resistência	25	aço manganezi	750 - 1100			
aos 7 dias	50	aço cromo	550 - 750			
aos 28 dias	50	aço níquel	520 - 900			
de cimento aluminoso (fundido)	35	aço cromo níquel	750 - 1000			
aos 7 dias	50	aço vazado	350 - 700			
aos 28 dias	50	aço multilaminado	400 - 600			
argamassa de gesso	5 - 9	alumínio fundido	80 - 120			
b) Betões (°C) (densidade 2400 kg/m³)		alumínio laminado e recozido	70 - 110			
de cimento tipo Portland (aos 28 dias)	20 - 30	alumínio para estruturas	420			
de cimento de alta resistência (aos 28 dias)	22 - 40	bronze	200			
betão de cal hidráulica	4 - 14	bronze para cascos	200			
c) Pedras naturais (°C)		cobre laminado ou em chapas	200 - 230			
Andesito { 1 aos planos de clivagem	170	chumbo ordinário	150			
{ 11 aos planos de clivagem	88	chumbo endurecido	180			
basalto	100 - 300	costão	350			
calcário	20 - 190	ferro fundido	120 - 320			
diabase	130 - 300	ferro fundido	150			
granito	100 - 280	latão	450			
gneiss	150 - 230	latão laminado	450			
marfita	80 - 170	níquel fundido	410 - 490			
marfita	20 - 200	níquel laminado e cozido	450 - 510			
mármore	50 - 180	zircão	160			
pátulo	100 - 200	g) Madeiras (°C)				
seixão	150 - 200	Tensões de ruptura (MPa)				
xisto	70	Flexão Corte Tração Compressão				
d) Pedras artificiais						
Blocos de argamassa de cimento de	2ª qualidade	Carvalho	90	10	90	50
boa qualidade	7	{ 11	90	10	90	50
qualidade superior	10	{ 1	90	10	100	50
Tijolos furados de	2ª qualidade	{ 11	110	10	140	50
boa qualidade	7 - 10	{ 1	110	10	140	50
qualidade superior	15	{ 1	110	10	140	50
Tijolos maciços de	2ª qualidade	freixo	100	7	10	50
boa qualidade	7 - 10	{ 1	100	7	10	50
qualidade superior	15	{ 1	100	7	10	50
		nogueira	120	7	140	60
		{ 1	120	7	140	60
		pitagore	90	10	100	50
		{ 1	90	10	100	50
		pinho	70	7	90	50
		{ 1	70	7	90	50
		{ 1	70	7	90	50



ANEXO F – Célula C2S e plataformas de montagem UPC, da AEP Transducers

Data sheet: C2S.100.R4

www.aep.it

C2S

Cella di carico
Load cell

Accessori Accessories



- ① Testa di carico / Loading head
- ② Piastra base / Mounting plate

Unità di pesatura ③
Weighing unit



RoHS
COMPLIANCE

Cella di carico a basso profilo
Alta stabilità a lungo termine
Interamente saldata al LASER
Per applicazioni dinamiche

Low profile load cell
Long term high stability
Completely LASER welded
For dynamic applications

OIML R60

Raccomandazione di riferimento.
Reference recommendation.

OPZIONE :



II 2 G Ex ib IIC T5

OPTION :

II 2 D Ex ibD 21 T115°C

Certificato: TÜV 06 ATEX 553026 X

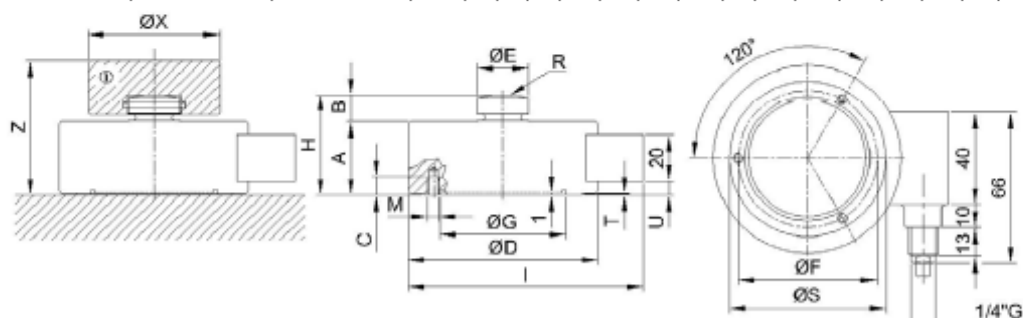
Certificate: TÜV 06 ATEX 553026 X

Dimensioni Dimensions

[mm]



CODE (Class C1)	CODE (Class C2)	CODE (Class C3)	LOAD	A	B	C	ØD	ØE	ØF	ØG	H	I	M	n°M	R	S	T	U
CC2S82100KC15	CC2S82100KC25	CC2S82100KC35	100 kg															
CC2S82250KC15	CC2S82250KC25	CC2S82250KC35	250 kg															
CC2S82500KC15	CC2S82500KC25	CC2S82500KC35	500 kg															
CC2S821TC15	CC2S821TC25	CC2S821TC35	1 t	32	12	11	82	22	68	52.3	44	102	M8	3	50	60	0.3	6
CC2S822TC15	CC2S822TC25	CC2S822TC35	2.5 t															
CC2S825TC15	CC2S825TC25	CC2S825TC35	5 t															
CC2S827TC15	CC2S827TC25	CC2S827TC35	7.5 t															
CC2S8210TC15	CC2S8210TC25	CC2S8210TC35	10 t															
CC2S12620TC15H	CC2S12620TC25H	CC2S12620TC35H	20 t	50	14	12	126	35	90	77.3	64	148	M8	3	160	100	0.5	15
CC2S12630TC15H	CC2S12630TC25H	CC2S12630TC35H	30 t															
CC2S16550TC15	CC2S16550TC25	CC2S16550TC35	50 t															
CC2S16575TC15	CC2S16575TC25	CC2S16575TC35	75 t	60	20	20	165	60	130	92.3	80	188	M16	4	300	115	1	17
CC2S165100TC15	CC2S165100TC25	CC2S165100TC35	100 t															



C2S:	CODE		ACCESSORIES (optional):	ACCESSORI (opzionali):	Z	ØX
100, 250, 500 kg 1, 2.5, 5, 7.5, 10 t	CTIC22	①	Loading head.	Testa di carico.	59	57
	CPB120D82	②	Mounting plate.	Piastra base	/	/
	CUPC2	③	Weighing unit.	Unità di pesatura.	/	/
20, 30 t	CTIC35	①	Loading head.	Testa di carico.	82	76
	CUPC3	③	Weighing unit.	Unità di pesatura.	/	/
50, 75, 100 t	CTIC60	①	Loading head.	Testa di carico.	106	126



Dati Tecnici		Technical Data		
CLASSE DI PRECISIONE: OIML R60	ACCURACY CLASS: OIML R60	C1	C2	C3
DIVISIONI LEGALI	LEGAL DIVISIONS	1000	2000	3000
CARICO NOMINALE (E_{max})	NOMINAL LOAD (E_{max})	100-250-500 kg 1-2.5-5-7.5-10-20-30-50-75-100 t		
INTERVALLO MINIMO DI VERIFICA (V_{min})	MINIMUM VERIFICATION INTERVAL (V_{min})	$E_{max} / 10000$		
ERRORE COMBINATO NON RIPETIBILITA' RITORNO A ZERO dopo 30 min. CREEP al carico nominale: a) dopo 30 min. b) dopo 20 e 30 min.	COMBINED ERROR NON REPEATABILITY ZERO RETURN over 30 min. CREEP at nominal load: a) over 30 min. b) over 20 and 30 min.	$\leq \pm 0.045\%$ $\leq \pm 0.015\%$ $\leq \pm 0.036\%$ $\leq \pm 0.035\%$ $\leq \pm 0.010\%$	$\leq \pm 0.023\%$ $\leq \pm 0.010\%$ $\leq \pm 0.026\%$ $\leq \pm 0.028\%$ $\leq \pm 0.008\%$	$\leq \pm 0.018\%$ $\leq \pm 0.008\%$ $\leq \pm 0.016\%$ $\leq \pm 0.022\%$ $\leq \pm 0.005\%$
EFFETTO DELLA TEMPERATURA (10 °C) a) sullo zero b) sulla sensibilità	TEMPERATURE EFFECT (10 °C) a) on zero b) on sensitivity	$\leq \pm 0.030\%$ $\leq \pm 0.030\%$	$\leq \pm 0.024\%$ $\leq \pm 0.017\%$	$\leq \pm 0.020\%$ $\leq \pm 0.010\%$
SENSIBILITA' NOMINALE TOLLERANZA DI CALIBRAZIONE	NOMINAL SENSITIVITY CALIBRATION TOLERANCE	2mV/V $\leq \pm 0.1\%$		
RESISTENZA DI INGRESSO RESISTENZA DI USCITA RESISTENZA DI ISOLAMENTO BILANCIAMENTO DI ZERO ALIMENTAZIONE DI RIFERIMENTO ALIMENTAZIONE NOMINALE ALIMENTAZIONE MAX.	INPUT RESISTANCE OUTPUT RESISTANCE INSULATION RESISTANCE ZERO BALANCE RECOMMENDED SUPPLY VOLTAGE NOMINAL SUPPLY VOLTAGE MAXIMUM SUPPLY VOLTAGE	700 $\pm$ 2 Ω 700 $\pm$ 2 Ω > 5 G Ω $\leq \pm 1\%$ 10 V 1-15 V 18 V		
VALORI MECCANICI LIMITE riferiti al carico nominale: a) carico minimo b) carico di servizio c) carico limite d) carico di rottura e) massimo carico trasversale f) carico dinamico limite FRECCIA MAX. AL CARICO NOMINALE	MECHANICAL LIMIT values referred to nominal load: a) minimum load b) service load c) max permissible load d) breaking load e) max transverse load f) max permissible dynamic load DISPLACEMENT AT NOMINAL LOAD	0% 120% 150% >300% 50% 50% ~0.06 mm ~0.16 mm ~0.23 mm		
TEMPERATURA DI RIFERIMENTO CAMPO NOMINALE DI TEMPERATURA TEMPERATURA DI ESERCIZIO TEMPERATURA DI STOCCAGGIO	REFERENCE TEMPERATURE TEMPERATURE NOMINAL RANGE SERVICE TEMPERATURE STORAGE TEMPERATURE	+23°C -10/+40 °C -20/+70 °C -20/+80 °C		
PESO CLASSE DI PROTEZIONE (EN 60529) MATERIALE DELLA CELLA LUNGHEZZA CAVO VITI DI FISSAGGIO: a) diametro b) classe di resistenza c) coppia di serraggio	WEIGHT PROTECTION CLASS (EN 60529) EXECUTION MATERIAL CABLE LENGTH FIXING SCREWS a) diameter b) resistance class c) tightening torque	~1.3 kg ~3.4 kg ~9.4 kg IP68 (100h at 1m water column) Acciaio Inox / Stainless Steel 5m M8 M8 M16 12.9 12.9 12.9 80 Nm 80Nm 230 Nm		

Accelerazione di gravità $g=9.80434 \text{ m/s}^2$ / Acceleration of gravity $g=9.80434 \text{ m/s}^2$

Collegamenti Elettrici Electrical Connections

Cavo schermato PVC 105°C, Ø 5.2mm a 4 conduttori Ø0.35mm² stagnati.

PVC 105°C shielded cable, Ø 5.2mm with 4 tinned Ø0.35mm² conductors.

Load Cell	OUTPUT	CABLE	CAVO
	EXCITATION+ EXCITATION - OUTPUT+ OUTPUT-	Red Black White Yellow Shield*	Rosso Nero Bianco Giallo Schermo*

*Collegato al corpo della cella di carico.
Connected to the body of the load cell.

AEP transducers

Dasa-Räregister
EN ISO 9001 (2000)
IQ-1100-01

Centro SIT n° 93

ATEX
Production Quality
Assurance Certified n°
TUV 06 ATEX 553793 Q

41010 Cognento (MODENA) Italy Via Bottego 33/A Tel:+39-(0)59-346441 Fax:+39-(0)59-346437 E-mail: aep@aep.it

Al fine di migliorare le prestazioni tecniche del prodotto, la società si riserva di apportare variazioni senza preavviso.
In order to improve the technical performances of the product, the company reserves the right to make any dynamometer without notice.



Data Sheet: UPC.100.R2

www.aep.it

UPC

Unità di pesatura
Weighing unit

L'unità di pesatura realizzata interamente in acciaio inox (AISI 304) è stata progettata per facilitare l'installazione di sistemi di pesatura e dosaggio nei serbatoi, silos, tramogge statiche o soggette a vibrazioni.

All'UPC2 può essere abbinata una cella di carico CBS o C2S che garantisce: una classe di precisione di 1000, 2000 o 3000 divisioni e una classe di protezione IP68.

L'unità di pesatura è dotata di sistemi di AUTO ALLINEAMENTO del carico e di COMPENSAZIONE DELLO SCORRIMENTO TRASVERSALE in modo da mantenere ELEVATE CARATTERISTICHE METROLOGICHE anche in presenza di assestamenti, dilatazioni termiche, errori di posizionamento, spinte trasversali e deformazioni delle strutture.

This weighing unit, completely executed in stainless steel (AISI 304), has been designed to ease the installation of weighing and dosing systems, in tanks, bins and in static or vibrating hoppers.

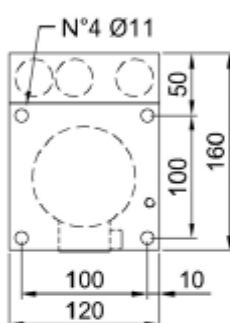
A CBS or C2S load cell can be paired to UPC2 to obtain an accuracy class of 1000, 2000 or 3000 divisions and an IP68 protection class.

The weighing unit is equipped with LOAD SELF ALIGNMENT and TRANSVERSE SHIFT COMPENSATION to ensure HIGH METROLOGICAL PERFORMANCES even in case of adjustments, thermal expansion, positioning errors, transverse thrusts and deformation of structures.

UPC2 (Max. Load 10 t)

Dimensioni *Dimensions*

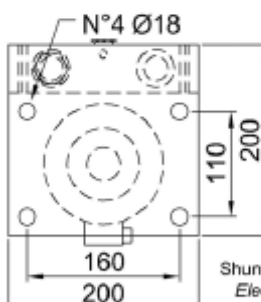
[mm]



UPC3 (Max. Load 30 t)

Dimensioni *Dimensions*

[mm]

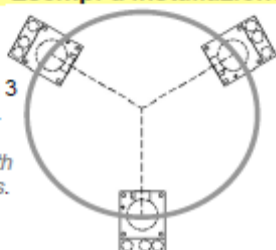


Esempi d'installazione

Installation examples

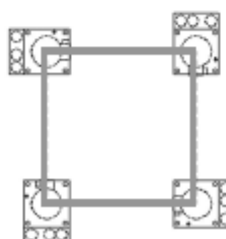
Sistema circolare a 3 punti di appoggio.

Circular system with 3 supporting points.



Sistema quadro a 4 punti di appoggio.

Square system with 4 supporting points.





ANEXO G – Painéis Digitais PAX, da Red Lion



Tel +1 (717) 767-6511
Fax +1 (717) 764-0839
www.redlion.net

Bulletin No. PAX-H
Drawing No. LP0545
Released 5/08

MODEL PAX – 1/8 DIN ANALOG INPUT PANEL METERS



- PROCESS, VOLTAGE, CURRENT, TEMPERATURE, AND STRAIN GAGE INPUTS
- 5-DIGIT 0.56" RED SUNLIGHT READABLE DISPLAY
- VARIABLE INTENSITY DISPLAY
- 16 POINT SCALING FOR NON-LINEAR PROCESSES
- PROGRAMMABLE FUNCTION KEYS/USER INPUTS
- 9 DIGIT TOTALIZER (INTEGRATOR) WITH BATCHING
- OPTIONAL CUSTOM UNITS OVERLAY W/BACKLIGHT
- FOUR SETPOINT ALARM OUTPUTS (W/OPTION CARD)
- COMMUNICATION AND BUS CAPABILITIES (W/OPTION CARD)
- RETRANSMITTED ANALOG OUTPUT (W/OPTION CARD)
- CRIMSON PROGRAMMING SOFTWARE
- NEMA 4X/IP65 SEALED FRONT BEZEL

GENERAL DESCRIPTION

The PAX[®] Analog Panel Meters offer many features and performance capabilities to suit a wide range of industrial applications. Available in five different models to handle various analog inputs, including DC Voltage/Current, AC Voltage/Current, Process, Temperature, and Strain Gage Inputs. Refer to pages 4 through 6 for the details on the specific models. The optional plug-in output cards allow the opportunity to configure the meter for present applications, while providing easy upgrades for future needs.

The meters employ a bright 0.56" LED display. The unit is available with a red sunlight readable or a standard green LED. The intensity of display can be adjusted from dark room applications up to sunlight readable, making it ideal for viewing in bright light applications.

The meters provide a MAX and MIN reading memory with programmable capture time. The capture time is used to prevent detection of false max or min readings which may occur during start-up or unusual process events.

The signal totalizer (integrator) can be used to compute a time-input product. This can be used to provide a readout of totalized flow, calculate service intervals of motors or pumps, etc. The totalizer can also accumulate batch weighing operations.

The meters have four setpoint outputs, implemented on Plug-in option cards. The Plug-in cards provide dual FORM-C relays (5A), quad FORM-A (3A), or either quad sinking or quad sourcing open collector logic outputs. The setpoint alarms can be configured to suit a variety of control and alarm requirements.

Communication and Bus Capabilities are also available as option cards. These include RS232, RS485, Modbus, DeviceNet, and Profibus-DP. Readout values and setpoint alarm values can be controlled through the bus. Additionally, the meters have a feature that allows a remote computer to directly control the outputs of the meter. With an RS232 or RS485 card installed, it is possible to configure the meter using a Windows[®] based program. The configuration data can be saved to a file for later recall.

A linear DC output signal is available as an optional Plug-in card. The card provides either 20 mA or 10 V signals. The output can be scaled independent of the input range and can track either the input, totalizer, max or min readings.

Once the meters have been initially configured, the parameter list may be locked out from further modification in its entirety or only the setpoint values can be made accessible.

The meters have been specifically designed for harsh industrial environments. With NEMA 4X/IP65 sealed bezel and extensive testing of noise effects to CE requirements, the meter provides a tough yet reliable application solution.

SAFETY SUMMARY

All safety related regulations, local codes and instructions that appear in this literature or on equipment must be observed to ensure personal safety and to prevent damage to either the instrument or equipment connected to it. If equipment is used in a manner not specified by the manufacturer, the protection provided by the equipment may be impaired.

Do not use this unit to directly command motors, valves, or other actuators not equipped with safeguards. To do so can be potentially harmful to persons or equipment in the event of a fault to the unit.



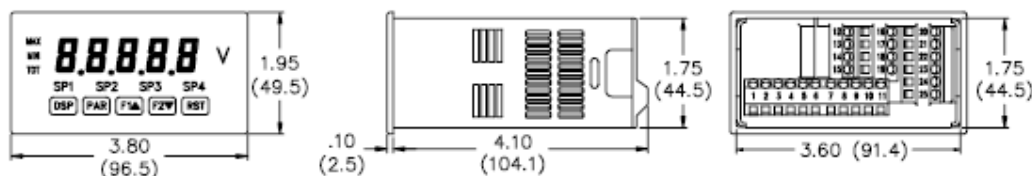
CAUTION: Risk of Danger
Read complete instructions prior to
installation and operation of the unit.



CAUTION: Risk of electric shock.

DIMENSIONS In inches (mm)

Note: Recommended minimum clearance (behind the panel) for mounting clip installation is 2.1" (53.4) H x 5.0" (127) W.





MODEL PAXH - AC TRUE RMS VOLT AND CURRENT

- FOUR VOLTAGE RANGES (300 VAC Max)
- FIVE CURRENT RANGES (5 A Max)
- ACCEPTS AC OR DC COUPLED INPUTS
- THREE WAY ISOLATION: POWER, INPUT AND OUTPUTS

PAXH SPECIFICATIONS

INPUT RANGES:

Isolation To Option Card Commons and User Input Commons: 125 Vrms
Isolation To AC Power Terminals: 250 Vrms

INPUT RANGE	ACCURACY*	IMPEDANCE (60 Hz)	MAX CONTINUOUS OVERLOAD	MAX DC BLOCKING	RESOLUTION
200 mV	0.1% of reading +0.4 mV	686 Kohm	30 V	±10 V	0.01 mV
2 V	0.1% of reading +2 mV	686 Kohm	30 V	±50 V	0.1 mV
20 V	0.1% of reading +20 mV	686 Kohm	300 V	±300 V	1 mV
300 V	0.2% of reading +0.3 V	686 Kohm	300 V	±300 V***	0.1 V
200 µA	0.1% of reading +0.4 µA	1.11 Kohm	15 mA	±15 mA	0.01 µA
2 mA	0.1% of reading +2 µA	111 ohm	50 mA	±50 mA	0.1 µA
20 mA	0.1% of reading +20 µA	11.1 ohm	150 mA	±150 mA	1 µA
200 mA	0.1% of reading +0.2 mA	1.1 ohm	500 mA	±500 mA	10 µA
5 A	0.5% of reading +5 mA	0.02 ohm	7 A**	±7 A***	1 mA

*Conditions for accuracy specification:

- 20 minutes warmup
- 18-28°C temperature range, 10-75% RH non-condensing
- 50 Hz - 400 Hz sine wave input
- 1% to 100% of range
- Add 0.1% reading + 20 counts error over 0-50°C range
- Add 0.2% reading + 10 counts error for crest factors: up to 3, add 1% reading up to 5
- Add 0.5% reading + 10 counts of DC component
- Add 1% reading + 20 counts error over 20 Hz to 10 KHz range

** Non-repetitive surge rating: 15 A for 5 seconds

*** Inputs are direct coupled to the input divider and shunts. Input signals with high DC component levels may reduce the usable range.

MAX CREST FACTOR (Vp/VRMS): 5 @ Full Scale Input

INPUT COUPLING: AC or AC and DC

INPUT CAPACITANCE: 10 pF

COMMON MODE VOLTAGE: 125 VAC working

COMMON MODE REJECTION: (DC to 60 Hz) 100 dB

MODEL PAXS - STRAIN GAGE INPUT

- LOAD CELL, PRESSURE AND TORQUE BRIDGE INPUTS
- DUAL RANGE INPUT: ±24 mV OR ±240 mV
- SELECTABLE 5 VDC OR 10 VDC BRIDGE EXCITATION
- PROGRAMMABLE AUTO-ZERO TRACKING

PAXS SPECIFICATIONS

SENSOR INPUTS:

INPUT RANGE	ACCURACY* (18 to 28°C)	ACCURACY* (0 to 50°C)	IMPEDANCE	MAX CONTINUOUS OVERLOAD	RESOLUTION
±24 mVDC	0.02% of reading +3 µV	0.07% of reading +4 µV	100 Mohm	30 V	1 µV
±240 mVDC	0.02% of reading +30 µV	0.07% of reading +40 µV	100 Mohm	30 V	10 µV

* After 20 minute warm-up. Accuracy is specified in two ways: Accuracy over an 18 to 28°C and 10 to 75% RH environment, and accuracy over a 0 to 50°C and 0 to 85% RH (non-condensing environment). Accuracy over the 0 to 50°C range includes the temperature coefficient effect of the meter.

CONNECTION TYPE: 4-wire bridge (differential)
2-wire (single-ended)

COMMON MODE RANGE (w.r.t. input common): 0 to +5 VDC
Rejection: 80 dB (DC to 120 Hz)

BRIDGE EXCITATION:

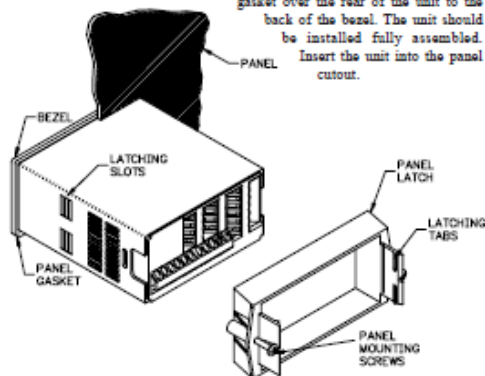
- Jumper Selectable: 5 VDC @ 65 mA max., ±2%
- 10 VDC @ 125 mA max., ±2%
- Temperature coefficient (ratio metric): 20 ppm/°C max.



1.0 INSTALLING THE METER

Installation

The PAX meets NEMA 4X/IP65 requirements when properly installed. The unit is intended to be mounted into an enclosed panel. Prepare the panel cutout to the dimensions shown. Remove the panel latch from the unit. Slide the panel gasket over the rear of the unit to the back of the bezel. The unit should be installed fully assembled. Insert the unit into the panel cutout.



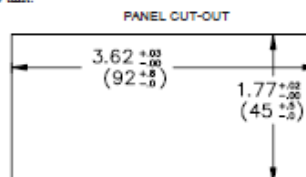
While holding the unit in place, push the panel latch over the rear of the unit so that the tabs of the panel latch engage in the slots on the case. The panel latch should be engaged in the farthest forward slot possible. To achieve a proper seal, tighten the latch screws evenly until the unit is snug in the panel (Torque to approximately 7 in-lbs [79N-cm]). Do not over-tighten the screws.

Installation Environment

The unit should be installed in a location that does not exceed the maximum operating temperature and provides good air circulation. Placing the unit near devices that generate excessive heat should be avoided.

The bezel should be cleaned only with a soft cloth and neutral soap product. Do NOT use solvents. Continuous exposure to direct sunlight may accelerate the aging process of the bezel.

Do not use tools of any kind (screwdrivers, pens, pencils, etc.) to operate the keypad of the unit.



2.0 SETTING THE JUMPERS

The meter can have up to four jumpers that must be checked and / or changed prior to applying power. The following Jumper Selection Figures show an enlargement of the jumper area.

To access the jumpers, remove the meter base from the case by firmly squeezing and pulling back on the side rear finger tabs. This should lower the latch below the case slot (which is located just in front of the finger tabs). It is recommended to release the latch on one side, then start the other side latch.

Input Range Jumper

This jumper is used to select the proper input range. The input range selected in programming must match the jumper setting. Select a range that is high enough to accommodate the maximum input to avoid overloads. The selection is different for each meter. See the Jumper Selection Figure for appropriate meter.

Excitation Output Jumper

If your meter has excitation, this jumper is used to select the excitation range for the application. If excitation is not being used, it is not necessary to check or move this jumper.

User Input Logic Jumper

This jumper selects the logic state of all the user inputs. If the user inputs are not used, it is not necessary to check or move this jumper.

PAXH:

Signal Jumper

This jumper is used to select the signal type. For current signals, the jumper is installed. For voltage signals, remove the jumper from the board. (For 2 V inputs, this removed jumper can be used in the "2 V only" location.)

Couple Jumper

This jumper is used for AC / DC couple. If AC couple, then the jumper is removed from the board. If DC couple is used, then the jumper is installed.

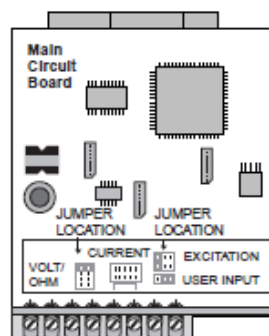
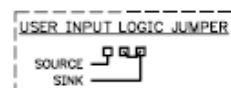
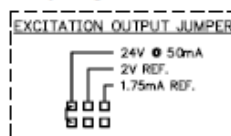
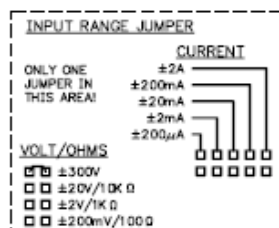
PAXD Jumper Selection

Input Range Jumper

One jumper is used for voltage/ohms or current input ranges. Select the proper input range high enough to avoid input signal overload. Only one jumper is allowed in this area. Do not have a jumper in both the voltage and current ranges at the same time. Avoid placing the jumper across two ranges.

JUMPER SELECTIONS

The (✓) indicates factory setting.





ANEXO H – Cilindro Hidráulico CDH1, da Bosch-Rexroth

Electric Drives
and Controls

Hydraulics

Linear Motion and
Assembly Technologies

Pneumatics

Service

Rexroth
Bosch Group

Cilindro Hidráulico Mill Type

RP 17 331/09.05
Substitui: 02.05

1/44

Tipo CDH1 / CGH1

Séries: 1X (êmbolo Ø 40 para 220 mm)
2X (êmbolo Ø 220 para 320 mm)
Pressão nominal 250 bar (25 MPa)



Índice

Conteúdo	Página	Conteúdo	Página
Dados técnicos	2	Conexões flangeadas	18
Diametros, pesos	2	Sistema de medição de posição	20
Áreas, forças, vazões	3	Sensor de aproximação	24
Tolerâncias	3	Tomador de pressão	26
IHC-Designer	4	Olhal simples CSA	27
Vista geral das fixações	4	Olhal com rótula	28
Dados para pedido	5	Flambagem	31
Olhal simples no fundo	MP3	Amortecedor de fim de curso	34
Olhal com rótula no fundo	MP5	Pecas de reposição	37
Flange redondo no cabeçote	MF3	Torque de aperto	39
Flange redondo no fundo	MF4	Jogos de vedação	40
Munhão	M14		
Fixação por pés	MS2		

Características

- 6 tipos de fixação
- Ø do êmbolo: 40 a 320 mm
- Ø da haste: 28 a 220 mm
- Cursos de até 6 m



Software de engenharia: IHC-Designer from Rexroth

Solicitar uma cópia ao seu Representante local
ou através do Hot line
atendimento.cliente@boschrexroth.com.br

**Dados técnicos** (para aplicações fora desses parâmetros, consulte-nos!)**Normas:**

Padrão Bosch Rexroth; as dimensões principais como diâmetro do êmbolo e diâmetro da haste correspondem à norma DIN ISO 3320.

Pressão nominal: 250 bar

Pressão estática de teste: 375 bar

Pressões de operação superiores sob encomenda.

As pressões de operação especificadas só se aplicam a operação em condições livres de impacto. Com cargas extremas, como por exemplo, alta sequência de ciclos, é necessário que os elementos de fixação e a conexão rosca da haste sejam dimensionados com resistência adequada.

Posição de montagem: opcional

Fluido hidráulico / faixa de temperatura do fluido hidráulico:

HL, HLP, HFD-R: -20 °C para +50 °C

HFA: +5 °C para +55 °C

Água glicol HFC sob consulta.

Faixa de viscosidade: 2,8 a 380 mm²/s

Classe de contaminação ISO

Grau de contaminação máximo admissível do fluido hidráulico conf. ISO 4406 (C) classe 20/18/15

Velocidade de curso: até 0,5 m/s (dependendo das conexões para tubos)

Valvula de desaeração padrão: protegida contra soldura

Revestimento: Os cilindros hidráulicos são pintados, por padrão, (em azul genciano RAL 5010), com uma espessura máxima de 80 µm. Outros tons de cor sob encomenda.

Aprovação: cada cilindro é testado conforme padrão Bosch Rexroth.

Cilindros com características de aplicação diferentes dos valores indicados podem ser oferecidos em versão especial.

Cilindros com Ø do êmbolo > 320 mm estão disponíveis como ABS (Applications Based Standardisation) mediante solicitação.

Para montagem, início de funcionamento e manutenção de cilindros hidráulicos, consulte o catálogo RE 07 100.

Diâmetro, pesos

Êmbolo Ø mm	Haste de êmbolo Ø mm	Cilindro CD com curso de 0 mm					Para cada 100 mm de curso kg	Cilindro CG com curso de 0 mm			Para cada 100 mm de curso kg
		MP3 ¹ MP5 ¹ kg	MP3 ² MP5 ² kg	MF3 MF4 kg	MT4 kg	MS2 kg		MF3 kg	MT4 kg	MS2 kg	
40	22	7	12	9	8	9	0,9	10	9	9	1,2
	28	7	12	9	8	9	1,0	10	9	10	1,5
50	28	10	16,5	14	12	12	1,2	15	14	14	1,6
	36	10	16,5	14	12	13	1,5	15	14	14	2,3
63	36	16	25,5	22	19	19	2,1	24	21	21	2,9
	45	16	25,5	22	19	20	2,6	24	22	22	3,8
80	45	25	35	30	29	31	2,9	34	33	35	4,1
	56	26	36	31	30	32	3,6	35	34	36	5,5
100	56	43	58,5	52	50	52	4,6	59	56	58	6,6
	70	44	59,5	53	51	53	5,7	60	58	60	9,9
125	70	79	99	93	91	90	7,3	103	101	100	10,3
	90	80	100	95	93	92	9,2	106	105	104	14,2
140	90	111	137	127	130	131	10,7	145	147	148	15,7
	100	112	139	128	131	132	11,9	146	149	150	18,1
160	100	168	205	198	200	209	12,6	230	233	241	18,8
	110	169	206	200	202	210	13,9	234	236	244	21,4
180	110	236	283	270	269	278	14,7	314	312	322	22,1
	125	239	286	272	271	281	16,8	319	318	327	26,5
200	125	306	361	346	346	358	19,0	369	367	380	28,6
	140	309	364	351	349	361	21,5	376	373	386	33,5
220	140	452	556	515	479	509	27,1	598	562	593	39,1
	160						30,9				46,7
250	160	582	710	664	618	649	32,7	784	739	770	48,5
	180						36,9				56,9
280	180	753	950	846	784	822	44,2	961	919	957	64,2
	200						48,8				73,4
320	200	1125	1404	1290	1160	1222	55,2	1452	1343	1385	79,8
	220						60,4				90,2

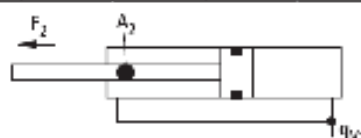
¹ Peso sem sistema de medição de posição

² Peso com sistema de medição de posição



Áreas, forças, vazões

Êmbolo	Haste	Relação de área	Êmbolo	Áreas			Força a 250 bar ¹⁾			Vazão a 0,1 m/s ²⁾		
				Haste	Anel		Pressão	Dil.	Tração	Avanço	Dil.	Retorno
AL	MM	η	A_1	A_2	A_3		F_1	F_2	F_3	q_{v1}	q_{v2}	q_{v3}
Ø mm	Ø mm	A_1/A_2	cm ²	cm ²	cm ²		kN	kN	kN	L/min	L/min	L/min
40	22 28	1,43 1,96	12,56	3,80 6,16	9,76 6,40		31,40	9,50 15,40	21,90 16,00	7,5	2,9 3,7	5,3 3,8
50	28 36	1,46 2,08	19,63	6,16 10,18	13,47 9,45		49,10	15,40 25,45	33,70 23,65	11,9	3,7 6,1	8,1 5,7
63	36 45	1,48 2,04	31,17	10,18 15,90	20,99 15,27		77,90	25,45 39,75	52,45 38,15	18,7	6,1 9,5	12,6 9,2
80	45 56	1,46 1,96	50,26	15,90 24,63	34,36 23,63		125,65	39,75 61,55	85,90 64,10	30,2	9,5 14,8	20,7 15,4
100	56 70	1,46 1,96	78,54	24,63 36,46	53,91 40,06		196,35	61,55 96,20	134,80 100,15	47,1	14,8 23,1	32,3 24,0
125	70 90	1,46 2,08	122,72	36,46 63,62	84,24 59,10		306,75	96,20 159,06	210,55 147,70	73,6	23,1 38,2	50,5 35,4
140	90 100	1,70 2,04	153,94	63,62 78,54	90,32 75,40		384,75	159,06 196,35	225,70 188,40	92,4	38,2 47,1	54,2 45,3
160	100 110	1,64 1,90	201,06	78,54 95,06	122,50 106,00		502,50	196,35 237,65	306,15 264,85	120,6	47,1 57,0	73,5 63,6
180	110 125	1,60 1,93	254,47	95,06 122,72	159,43 131,73		636,17	237,65 306,80	398,52 329,37	152,7	57,0 73,6	95,7 79,1
200	125 140	1,64 1,96	314,16	122,72 153,96	191,44 160,20		785,25	306,80 384,90	478,45 400,35	188,5	73,6 92,4	114,9 96,1
220	140 160	1,68 2,12	380,1	153,9 201,0	226,2 179,1		950,3	384,9 502,6	565,5 447,7	226,1	92,4 120,7	135,7 107,4
250	160 180	1,69 2,08	490,8	201,0 254,4	289,8 236,4		1227,2	502,7 636,2	724,5 581,0	294,5	120,7 152,7	173,8 141,8
280	180 200	1,70 2,04	615,7	254,4 314,1	361,3 301,6		1539,4	636,2 785,4	909,2 753,9	369,4	152,7 188,5	216,7 180,8
320	200 220	1,64 1,90	804,2	314,1 380,1	490,1 424,2		2010,6	785,4 950,3	1225,2 1060,3	482,5	188,5 228,1	294,0 254,4


¹⁾ Força teórica (sem considerar a eficiência)

²⁾ Velocidade de curso

Tolerâncias para ISO 8135

Dimensão da instalação	WC	XC ²⁾	XO ²⁾	XS ^{1),2)}	XV ³⁾	ZP ²⁾	Tolerâncias de curso
Tipo de tração	MP3	MP3	MP3	MS2	MI4	MF4	
Curso	Tolerâncias						
< 1250	± 2	± 1,5	± 1,5	± 2	± 2	± 1,5	+ 2
> 1250 – ≤ 3150	± 4	± 3	± 3	± 4	± 4	± 3	+ 5
> 3150 – ≤ 8000	± 8	± 5	± 5	± 8	± 8	± 5	+ 8

¹⁾ Não padronizado

²⁾ Incluindo curso

IHC-Designer: Software de engenharia

O programa interativo "IHC-Designer" (Interactive Hydraulic Cylinder Designer) é um meio auxiliar de engenharia e seleção de cilindros hidráulicos.

Com o auxílio do IHC-Designer, os engenheiros podem projetar máquinas e sistemas através do questionário de tipo guiado logicamente, a fim de encontrar a solução ideal de cilindro de modo rápido e confiável. O software permite que as tarefas do projeto e engenharia sejam realizadas com maior

rapidez e eficiência. Após ser guiado pela seleção de produto, o usuário obtém rapidamente dados técnicos confiáveis e preços dos componentes selecionados, bem como os respectivos dados CAD 2D e 3D na formatação de arquivo correto para todos os sistemas CAD atuais.

Você, como usuário, reduz assim seus custos e aumenta sua competitividade.

Vista geral dos tipos de fixação

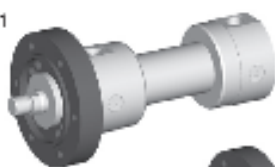
CDH1 MP3

Vide páginas 6, 7



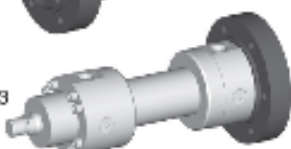
CDH1 MF3

Vide páginas 10, 11



CDH1 MF4

Vide páginas 12, 13



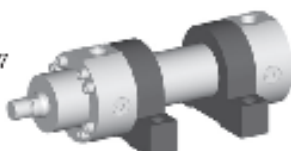
CDH1 MT4

Vide páginas 14, 15



CDH1 MS2

Vide páginas 16, 17



CDH1 MP5

Vide páginas 8, 9



CGH1 MF3

Vide páginas 10, 11



CGH1 MT4

Vide páginas 14, 15



CGH1 MS2

Vide páginas 16, 17



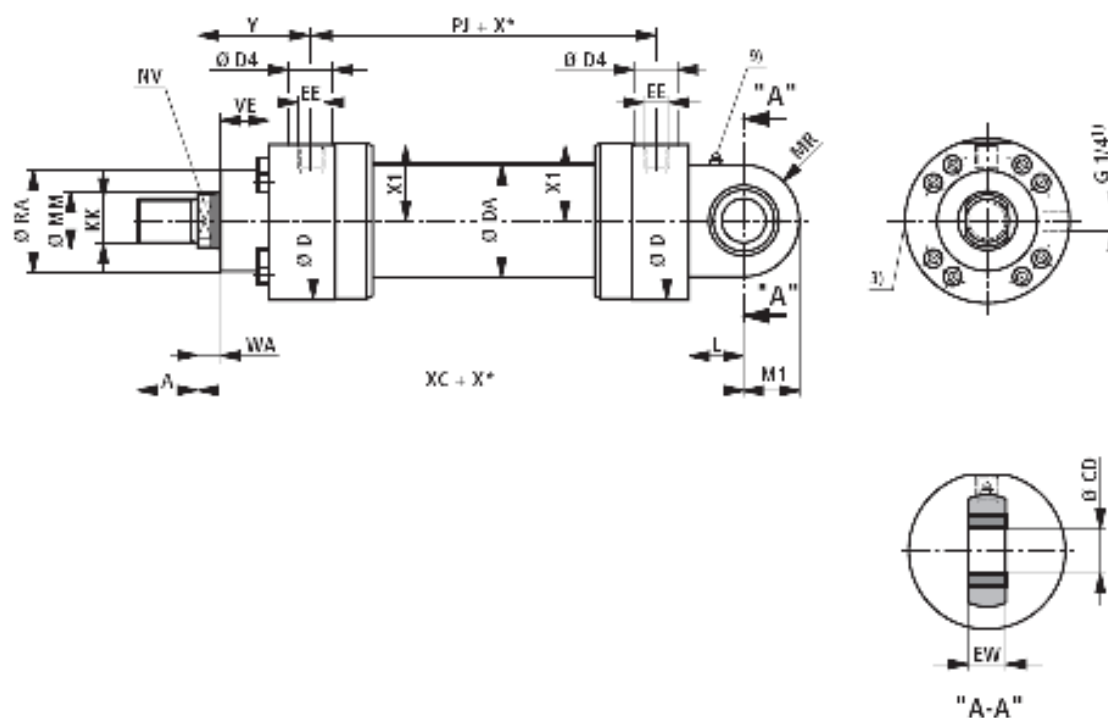
Detalhes de pedido

- ¹⁾ = Somente pistão Ø 40 a 200 mm
- ²⁾ = O munhão pode ser montado no lugar desejado
A dimensão "XV" sempre deve ser mencionada em texto claro e em mm, em caso de pedido
- ³⁾ = Somente haste de êmbolo Ø 22 a 110 mm
- ⁴⁾ = Somente haste de êmbolo Ø 22 a 140 mm
- ⁵⁾ = Não é possível para MF4
- ⁶⁾ = Padrão para vedações tipo M, T, S e
êmbolo Ø 220 a 320 mm;
Não é possível para vedações tipo A, B
- ⁷⁾ = Para a versão CG, só um olhal com rótula / olhal
simples é montado
- ⁸⁾ = Somente MF3; MT4; MS2
- ⁹⁾ = Possível somente em conjunto com o sistema de
medição de posição "T"

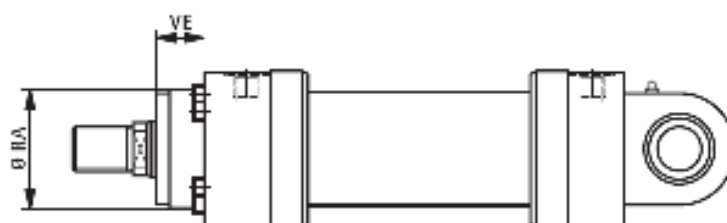
- ¹⁰⁾ = Somente êmbolo Ø 80 a 320 mm
- ¹¹⁾ = Não para êmbolo Ø 320 mm
- ¹²⁾ = Para a versão CG somente em uma extremidade da
haste do êmbolo
- ¹³⁾ = Não são possíveis as vedações tipo A, B ;
Não é possível haste tipo "H";
Não é possível haste Ø 22 mm;
Amortecimento de fim de curso possível para haste do
êmbolo Ø 45 mm; não é possível para versão CG
Curso máximo a ser considerado, páginas 21
- ¹⁴⁾ = Curso permitido a ser considerado, páginas 31 a 33
- ¹⁵⁾ = Não é possível para extremidade da haste de êmbolo
tipo N

Oihal simples no fundo MP3

CDH1 MP3; AL-Ø 40-200 mm



Para vedações tipo "A", "B" e AL Ø 160 - 200 mm





Dimensões MP3 (em mm)

AL Ø	MM Ø	KK 5)	A 6)	KK 5)	A 6)	NV	D	DA	D4 2)	EE 4)	EE 4)	Y	PJ
40	22/28	M16x1.5	16	M18x2	30	16/22	86	60	34	G 1/2	M22x1.5	79	120
50	28/36	M22x1.5	22	M24x2	35	22/30	102	60	34	G 1/2	M22x1.5	67	120
63	36/45	M28x1.5	28	M30x2	45	30/36	120	78	42	G 3/4	M27x2	100	133
80	45/56	M36x1.5	35	M39x3	55	36/46	140	95	42	G 3/4	M27x2	104	146
100	56/70	M45x1.5	45	M50x3	75	46/60	170	125	47	G 1	M33x2	124	171
125	70/90	M56x1.5	58	M64x3	95	60/75	206	150	58	G 1 1/4	M42x2	135	205
140	90/100	M65x1.5	65	M80x3	110	75/85	226	170	58	G 1 1/4	M42x2	156	219
160	100/110	M80x2	80	M90x3	120	85/95	265	190	65	G 1 1/2	M46x2	165	240
180	110/125	M100x2	100	M100x3	140	95/110	292	210	65	G 1 1/2	M46x2	199	264
200	125/140	M110x2	110	M110x4	150	110/120	310	235	65	G 1 1/2	M46x2	205	278

AL Ø	MM Ø	X1	WA	XC	L	MR	M1	CD H11	EW -0.4	RA ⁷⁾ 18	VE ⁷⁾	RA ⁸⁾ 18	VE ⁸⁾
40	22/28	41	14	252	32.5	31	26	25	23	52	40	52	20
50	28/36	48.5	18	265	37.5	36	32.5	30	28	65	40	65	16
63	36/45	56.5	22	302	45	42	40	35	30	75	45	75	17
80	45/56	67	20	330	50	52	50	40	35	95	45	95	19
100	56/70	82	30	385	60	65	62.5	50	40	115	55	115	20
125	70/90	99	32	447	70	70	70	60	50	135	60	135	17
140	90/100	109.5	35	490	75	82	82	70	55	155	70	155	22
160	100/110	129	40	550	85	95	95	80	60	200	80	200	30
180	110/125	142.5	40	610	90	113	113	90	65	220	90	220	30
200	125/140	152	40	645	115	125	125	100	70	235	95	235	35

AL = Ø do êmbolo

MM = Ø da haste

X1 = Curso

¹⁾ = Desaceração: Olhando-se sobre a haste, a posição sempre está 90° deslocada em relação à conexão para tubos (em sentido horário)

²⁾ = Ø D4 máx. 0.5 mm de profundidade

³⁾ = Válvula estranguladora eo com amortecedor de fim de curso tipo "E" (180° em relação à válvula de desaceração)

⁴⁾ = Conexões flangeadas, vide tabela separada a pág. 18 e 19

⁵⁾ = Rosca tipo "G"

⁶⁾ = Rosca tipo "W"

⁷⁾ = Dimensões para cilindros com vedações tipo M, T e S

⁸⁾ = Dimensões para cilindros com vedações tipo A e B

⁹⁾ = Graxeira cabeçote cônico formato A conf. DIN 71 412