

ESTUDO DE CASO – CARRO PANELA

OBJETIVO

O objetivo deste serviço foi o fornecimento de engenharia para análise de integridade estrutural, através de cálculos e simulações computacionais, pelo método de elementos finitos e verificações analíticas dos componentes mecânicos e estruturais do carro panela (com mecanismo de basculamento) de forma a atender aos requisitos do processo de dessulfuração de gusa na panela – processo KR (nas condições de carga mínima e máxima, isto é, 280 t e 330 t de gusa líquido, respectivamente).

MATERIAIS UTILIZADOS

- ASTM A-36 Chapas estruturais
- AISI 4140 Eixos e pinos

PARÂMETROS DE CÁLCULO

- Capacidade Nominal Máxima: 330 t (carga líquida) + 125 t (panela + refratário)
- Capacidade Nominal Mínima: 280 t (carga líquida) + 125 t (panela + refratário)
- Capacidade de Projeto: 500 t

NORMAS E CÓDIGOS

- ASME Sec. II Part D. Properties: American Society of Mechanical Engineers.
- AISE 6: Specification For Electrical Overhead Traveling Cranes for Steel Mill Service.

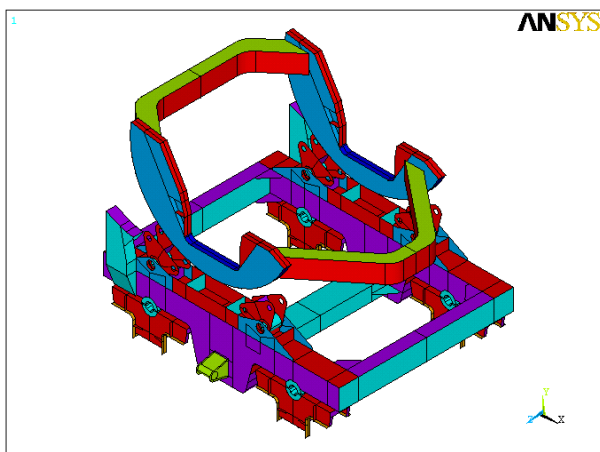


Figura 1 - Detalhe do modelo em elementos finitos - projeto original do carro.

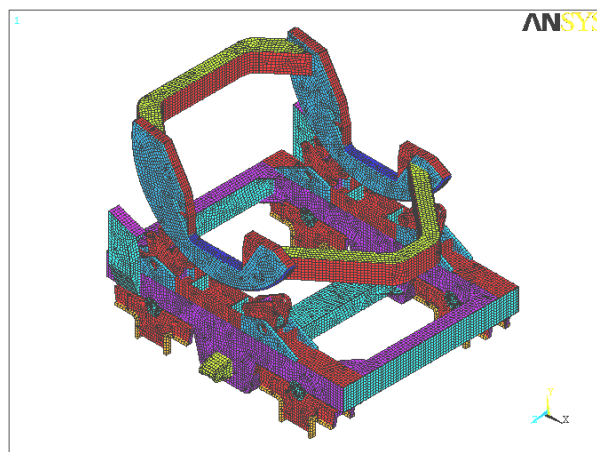


Figura 2 - Detalhe dos elementos do modelo em elementos finitos.

ESCOPO DOS SERVIÇOS

Recebemos da contratante o projeto básico, contendo as dimensões gerais necessárias a suportação da panela e mecanismos requeridos para translação e giro do equipamento.

A partir deste projeto básico o contratante requisitou a checagem estrutural e mecânica do equipamento, visando principalmente à orientação do projeto para redução de custos para compra/fabricação dos componentes estruturais/mecânicos.

Foi gerado inicialmente o modelo geométrico da estrutura no programa específico de cálculo (Figura 1 e Figura 2), definidas então as cargas a serem aplicadas e os casos de carregamento requisitados por norma.

As cargas foram aplicadas aos modelos concebidos e os resultados analisados (Figura 3 e 4).

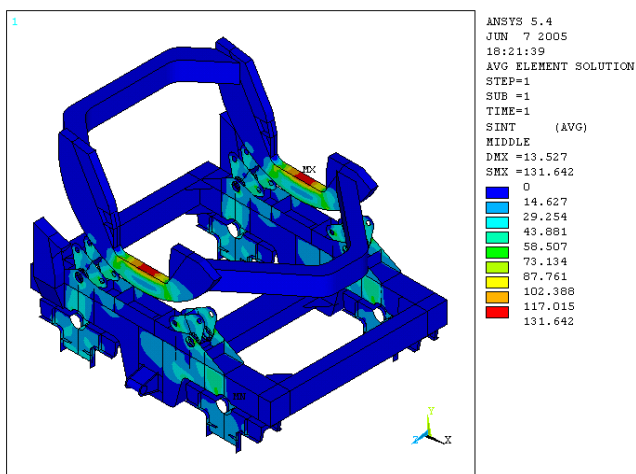


Figura 3 - Detalhe dos resultados de tensão do modelo em elementos finitos.

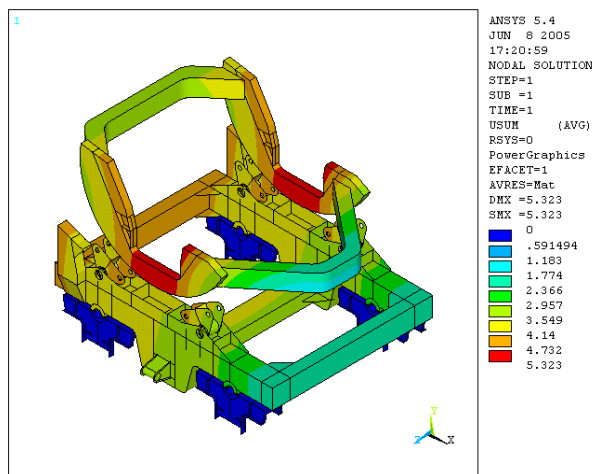


Figura 4 - Detalhe do projeto após receber as modificações propostas pela FGF.

RESULTADOS.

O modelo original apresentava-se superdimensionado sendo realizado redução de peso estrutural e melhoramento dos componentes mecânicos.

Este novo modelo foi testado de forma iterativa ate que o melhor resultado foi alcançado. - O cliente sempre participa das etapas de definição de premissa e projeto.

Os componentes mecânicos foram calculados levando-se em conta a cargas de trabalho (vide Figura 8) e a vida esperada a fadiga, segundo as normas AISE e FEM.

As curvas de torque do motor de giro foram levantadas, para as diferentes posições do CG (Figura 6 e 7) e o sistema de acionamento do giro que originalmente era por engrenamento pinhão/coróa perfil envolvente AGMA foi alterado para pinhão com coróa de pinos, reduzindo assim custos de fabricação e montagem e aumentando a vida do sistema (Figura 5).

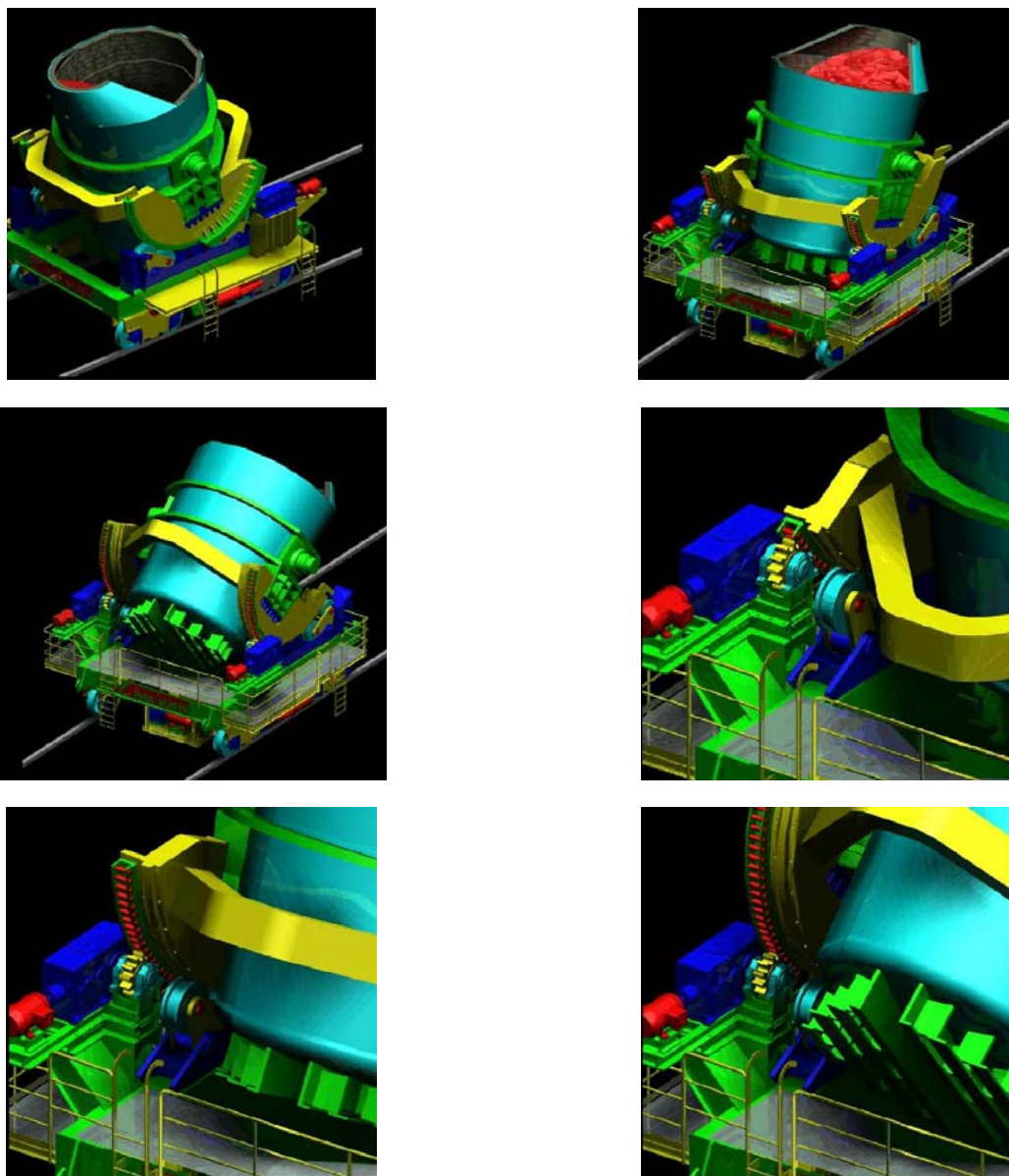


Figura 5 - Foi realizado a alteração do sistema de acionamento do giro que originalmente era por engrenamento pinhão/coróa perfil envolvente AGMA para pinhão com coróa de pinos, reduzindo assim custos de fabricação e montagem e aumentando também a vida do sistema.

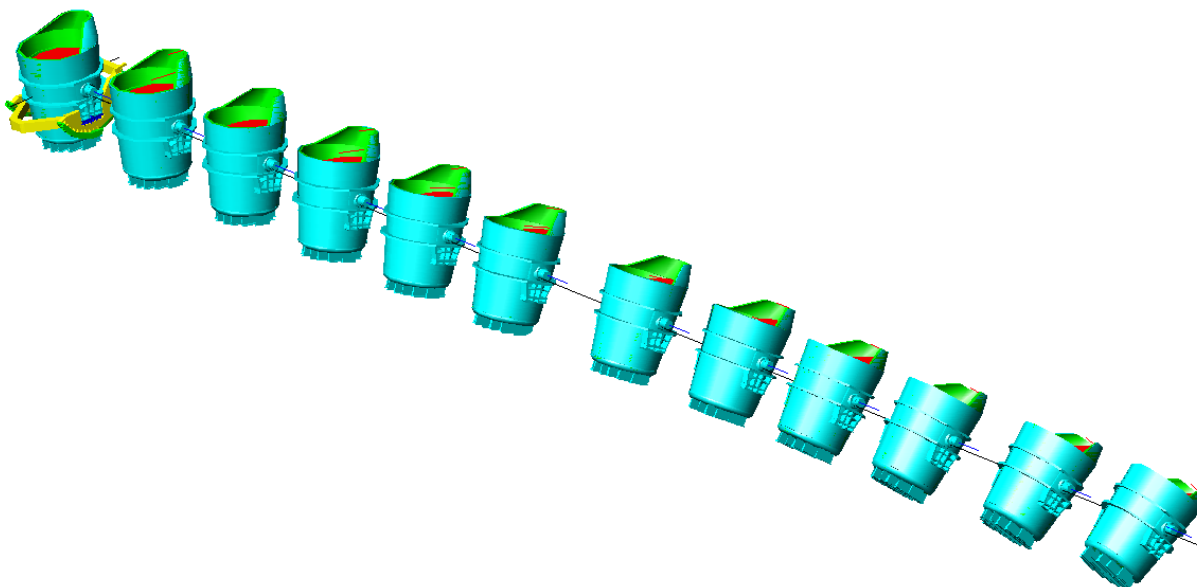


Figura 6 - Simulação do giro da panela para determinação do Centro de grávida com a variação da carga líquida.

Elemento	Peso (kgf)	X (mm)	Y (mm)	X*Peso	Y*Peso
Panela	62172	147	-639	9108198	-39744073
Carro	33677	313	-1189	10550511	-40048094
Refratário	62042	179	-627	11116065	-38881721
				0	0
Total	157891	195	-752	30774774	-118673888

Inclinação da Panela 0 graus (Carga Nominal)

	Peso (kgf)	X c.g.(mm)	Y c.g.(mm)	X*Peso	Y*Peso
Panela + Refratário	157891	163	-633	25736152	-99944687
Metal líquido	330000	86	-463	28380000	-152757000
Panela+Refr.+Metal Líquido	487891	111	-518	54116152	-252701687

Valores Totais de torque

Torque kgfm	54116,1515
-------------	------------

Inclinação da Panela 5 graus (Carga Nominal)

	Peso (kgf)	X c.g.(mm)	Y c.g.(mm)	X*Peso	Y*Peso
Panela + Refratário	157891	129	-766	20314556	-120904496
Metal líquido	330000	74	-470	24512400	-155166000
Panela+Refr.+Metal Líquido	487891	92	-566	44826956	-276070496

Torque kgfm	44826,95567
-------------	-------------

Inclinação da Panela 10 graus (Carga Nominal)

	Peso (kgf)	X c.g.(mm)	Y c.g.(mm)	X*Peso	Y*Peso
Panela + Refratário	157891	61	-774	9699731	-122214948
Metal líquido	330000	65	-469	21308100	-154869000
Panela+Refr.+Metal Líquido	487891	64	-568	31007831	-277083948

Torque kgfm	31007,83149
-------------	-------------

Inclinação da Panela 15 graus (Carga Nominal)

	Peso (kgf)	X c.g.(mm)	Y c.g.(mm)	X*Peso	Y*Peso
Panela + Refratário	157891	-6	-776	-988914	-122595271
Metal líquido	330000	54	-481	17697900	-158574900
Panela+Refr.+Metal Líquido	487891	34	-576	16708986	-281170171

Torque kgfm	16708,98649
-------------	-------------

Figura 7 - Determinação do centro de gravidade do conjunto durante o basculamento do carro

1 - Dados

MPa := $10^6 \cdot \text{Pa}$ kN := newton·1000
 $Q_T := 100000 \cdot \text{kgf}$ Peso do Carro
 $Q_U := 500000 \cdot \text{kgf}$ Carga útil

2 - Mecanismo de translação do carro panela

2.1 - Dimensionamento do diâmetro das rodas

$L_{Tr} := 4500 \text{ mm}$ Entre eixos do carro
 Medido entre pinos do truque
 $L_{TrQu} := 1664 \text{ mm}$ Distância horizontal entre o CG da carga e
 o eixo do carro mais próximo

$$P_{\max} := \frac{Q_T}{8} + \frac{Q_U(L_{Tr} - L_{TrQu})}{L_{Tr} \cdot 4} \quad \text{Carga máxima nas rodas}$$

$$P_{\max} = 91277.78 \text{ kgf}$$

$$P_{\min} := \frac{Q_T}{8} + \frac{(Q_U)(L_{TrQu})}{L_{Tr} \cdot 4}$$

$$P_{\min} = 58722.22 \text{ kgf}$$

$$P_{\text{mean}} := \frac{P_{\min} + 2P_{\max}}{3}$$

$$P_{\text{mean}} = 80425.93 \text{ kgf}$$

Condição atual

Cálculo Pela FEM

$b := 130 \text{ mm}$ Largura útil do trilho DIN A150
 $D_{RT} := 1000 \text{ mm}$ Diâmetro da roda do Trolley
 $n_{\text{roda}} := 6.37 \frac{1}{\text{min}}$ Velocidade tangencial da roda

$$n_o := \left(\frac{6.3}{8} \right) \frac{1}{\text{min}}$$

$$F_v := \left(\frac{1.15}{1.14} \right)$$

$$c_1 := \text{finterp}(n_o, F_v, n_{\text{roda}})$$

Fator de Velocidade $c_1 = 1.15$

Para Grupo 4m - 5m $c_2 = 0.8$

Pressão limite $P_L := 0.72 \frac{\text{kgf}}{\text{mm}^2}$

Pressão de contato $\frac{P_{\text{mean}}}{b \cdot D_{RT}} = 6.07 \times 10^6 \text{ Pa}$

Pressão admissível $P_{\text{adm1}} := c_1 \cdot c_2 \cdot P_L$

$$P_{\text{adm1}} = 6.49 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Fator de Segurança $FS := \frac{P_{\text{adm1}}}{\frac{P_{\text{mean}}}{b \cdot D_{RT}}} \quad FS = 1.07$

Fator de Segurança Maior que 1 - A roda atende

2.2 - Motor de translação do carro panela

Potência requerida

1 Motor 280 S/M - 55 kW - 890 RPM

Potência Total $hp_{\text{total}} := 1.55 \text{ kW}$ $hp_{\text{total}} = 73.76 \text{ hp}$

Redutor $i := 139.72$ $i = 139.72$

Rotação do motor $n_{\text{motor}} := \frac{890}{\text{min}}$

Rotação da roda $n_{\text{roda}} := \frac{n_{\text{motor}}}{i}$ $n_{\text{roda}} = 6.37 \frac{1}{\text{min}}$

Perímetro da Roda $P_r := \pi \cdot D_{RT}$ $P_r = 3141.59 \text{ mm}$

Velocidade da roda $v_{\text{roda}} := P_r \cdot n_{\text{roda}}$ $v_{\text{roda}} = 20.01 \frac{\text{m}}{\text{min}}$

Velocidade de translação do carro $v_1 := v_{\text{roda}}$ $v_1 = 20.01 \frac{\text{m}}{\text{min}}$ $v_1 = 65.65 \frac{\text{ft}}{\text{min}}$

Condição atual

$K_s := 1.4$ Fator de serviço

$D_{RT} = 1000 \text{ mm}$ Diâmetro da Roda

$a_p := 0.2 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$ $a_p = 0.66 \frac{\text{ft}}{\text{s}^2}$ Aceleração Máxima Permitida

$t_{ap} := v_1 \frac{1}{a_p}$ $t_{ap} = 1.67 \text{ s}$ Tempo de aceleração

$K_a := 0.0010$ Fator de Aceleração

$K_t := 1$ Fator de correção da temperatura ambiente, para $T=40^\circ$.

$N_T := \lceil 16.5 \cdot K_s \cdot K_a \cdot v_1 (Q_U + Q_T) \cdot K_t \rceil$ Potência necessária

$N_T = 45.33 \text{ kW}$ $N_T = 60.79 \text{ hp}$

2.3 - Cálculo dos rolamentos das rodas

CARGAS RADIAIS

Carga radial no rolamento $F_r := P_{\text{mean}} \frac{342}{594}$
 $F_r = 46305.84 \text{ kgf}$

CARGAS AXIAIS

Aceleração da ponte $a := 1 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$

Força axial máxima $F_{\text{amax}} := \frac{a}{g} \cdot P_{\max}$
 $F_{\text{amax}} = 9307.74 \text{ kgf}$

Força axial mínima $F_{\text{amin}} := \frac{a}{g} \cdot P_{\min}$

Carga axial $F_a := \frac{2 \cdot F_{\text{amax}} + F_{\text{amin}}}{3}$ $F_a = 8201.16 \text{ kgf}$

Rolamento 23138 CC/W33

Capacidade de carga dinâmica $C := 1200000 \text{ N}$

Capacidade de carga estática $C_o := 2080000 \text{ N}$

$c := \frac{F_a}{F_r}$ $c = 0.18$

Figura 8 – Planilhas de Cálculo do mecanismo principais do Carro de Basculamento calculado pela FGF.