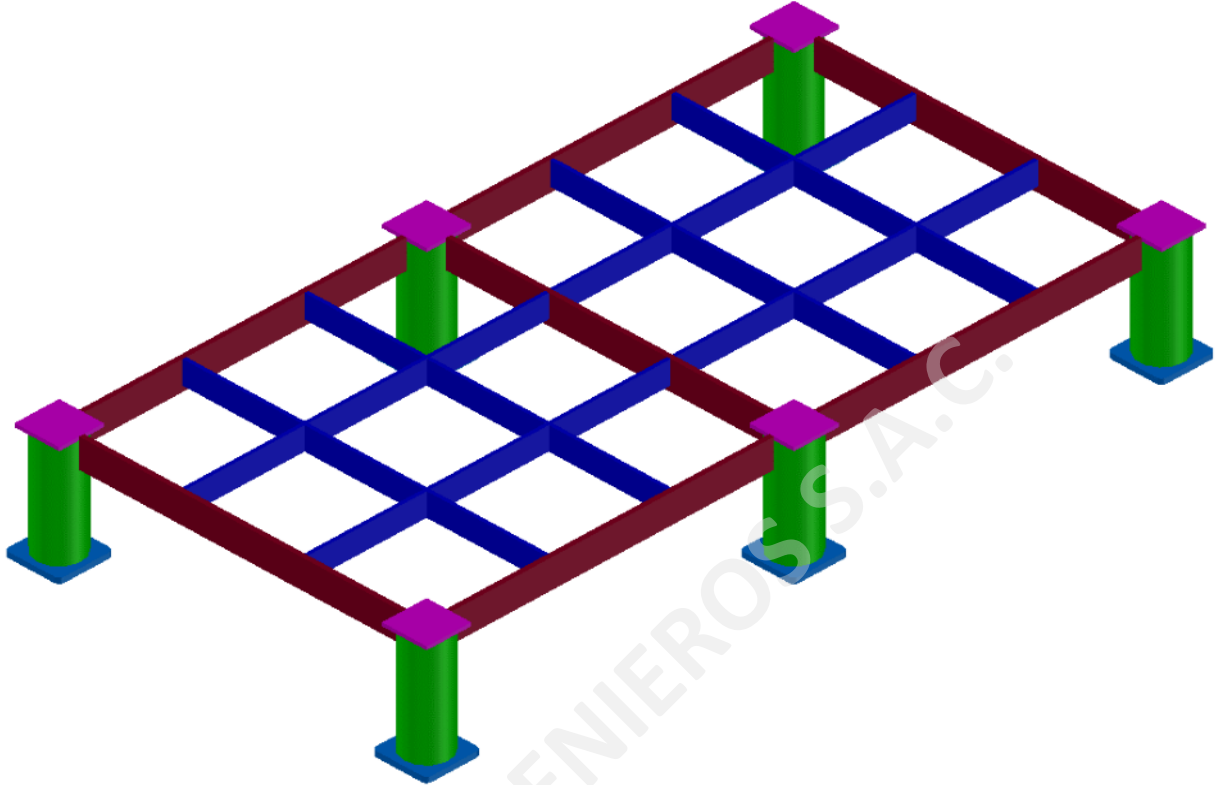


**Anexo N°5**  
**Memoria de Cálculo Parihuela (Rev. C)**

TAMA INGENIEROS S.A.C.



**PARIHUELAS METÁLICAS**  
**ELEMENTOS FINITOS**  
**CLIENTE: TAMA INGENIEROS S.A.C.**  
**OC: INTERNA**

Aprobado por : J.M.		Fecha: 21/03/2024	Firma:	
Revisado por : J.M.		Fecha: 20/03/2024	Firma:	
Preparado por : O.C.		Fecha: 20/03/2024	Firma:	
C	Emitido para aprobación	J.M.	20/03/2024	
B	Emitido para aprobación	J.M.	20/03/2024	
A	Emitido para revisión interna	J.M.	20/03/2024	
<b>Nº</b>	<b>Revisiones</b>	<b>Por</b>	<b>Fecha</b>	
CALCULO No. MC-T-CT-003-24		REVISION No. C	FECHA. 20/03/2024	

## ÍNDICE

1.-	General	3
	1.1 Objetivo	
	1.2 Códigos y estandares	
	1.3 Referencias	
	1.4 Consideraciones para el diseño	
	1.5 Materiales	
	1.6 Criterio de diseño por metodo de elementos finitos	
2.-	Diseño por método de elementos finitos	5
3.-	Diseño por método de elementos finitos (Parihuela E1)	6
	3.1 Simulación de la parihuela metálica	
4.-	Diseño por método de elementos finitos (Parihuela E2)	8
	4.1 Simulación de la parihuela metálica	
5	Conclusiones	10
6	Recomendaciones	10
7	Anexos	10

CALCULO No.

MC-T-CT-003-24

REVISION No.

C

FECHA.

20/03/2024

**1.- DESCRIPCION GENERAL**

**1.1 OBJETIVO.**

- Diseñar y calcular las parihuelas metálicas para la validacion de los elementos estructurales y optimizacion de material (el comportamiento estructural de la parihuela metálica) , brindando seguridad para sus condiciones operativas. Calculado mediante elementos finitos FEA.
- El programa Solidworks 2022 fue utilizado para su validacion

**1.2 CODIGOS Y ESTANDARES.**

ASTM *American Society for Testing and Materials*

**1.3 REFERENCIAS.**

- \*) T-GI-F-21 Embalaje de metal actual
- \*) T-GI-F-21 Embalaje de metal
- \*) T-GI-F-21 Tipos de embalaje 10 casos
- \*) Zacchei\_Design of new modular metal pallets\_ Experimental validation and life cycle analysis

**1.4 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO.**

Se tiene las siguientes consideraciones, tipos de Parihuelas:

DESIGNACIÓN	DESCRIPCIÓN	TIPO (Material)
E1	Para piezas livianas y semipesadas.	(Parihuela de acero)
E2	Para piezas pesadas	(Parihuela de acero)

**1.5 MATERIALES.**

- Planchas de acero en material ASTM A36 / ASTM A572 Gr.50 / ASTM A709 Gr.50

	Yield Point (min.)		Tensile Strength (min.)	
	ksi	Mpa	ksi	Mpa
ASTM A36	36	250	58-80	400-550
ASTM A572 Gr.50	50	345	65	450
ASTM A709 Gr.50	50	345	65	450

Fig. 01: Propiedades de los materiales

CALCULO No.

MC-T-CT-003-24

REVISION No.

C

FECHA.

20/03/2024

**1.6 CRITERIO DE DISEÑO POR METODO DE ELEMENTOS FINITOS**

- El análisis considera una modelación mediante el software de elementos finitos SolidWorks Simulation
- El criterio de aprobación del análisis estructural del Soporte del contratorque estará basado en la tensión de Von Mises.
- Existen cuatro teorías sobre la falla o ruptura. A) Von Mises B) Tresca C) Mohr y D) Máximo normal.
- Los resultados experimentales indican que, de todas estas teorías sobre la ruptura, en los materiales dúctiles la que da resultados más adaptados a la realidad es la teoría de distorsión máxima de **Von Mises (criterio de diseño)**

**Tensión de Von Mises**

La tensión de Von Mises es una magnitud física proporcional a la energía de distorsión. En ingeniería estructural se usa en el contexto de las teorías de fallo como indicador de un buen diseño para materiales dúctiles.

La tensión de Von Mises puede calcularse fácilmente a partir de las tensiones principales del tensor, tensión en un punto de un sólido deformable, mediante la expresión:

$$\sigma_{VM} = \sqrt{\frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2}}$$

Siendo  $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$ ,  $\sigma_3$ , las tensiones principales y habiéndose obtenido la expresión a partir de la energía de distorsión en función de las tensiones principales:

$$E_{def,dist} = \frac{1}{6G} \left[ \frac{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}{2} \right]$$

La tensión de Von Mises y el criterio de fallo elástico asociado debe su nombre a Richard Edler von Mises (1913) propuso que un material dúctil sufría fallo elástico cuando la energía de distorsión elástica rebasaba cierto valor. Sin embargo, el criterio fue claramente formulado con anterioridad por Maxwell en 1865 más tarde también Huber (1904), en un artículo en polaco anticipó hasta cierto punto la teoría de fallo de Von Mises. Por todo esto a veces se llama a la teoría de fallo elástico basada en la tensión de Von Mises como teoría de Maxwell-Huber-Hencky-von Mises y también teoría de fallo.

**En consecuencia se prevé que ocurrirá la fluencia cuando:**

$$\sigma_{VM} \geq \sigma_{Fluencia\ acero} \dots\dots (Criterio\ de\ Diseño)$$

CALCULO No.

MC-T-CT-003-24

REVISION No.

C

FECHA.

20/03/2024

**2.- Diseño por Metodo de Elementos Finitos**

**2.1 Calculo de aplicación de fuerzas en la parihuela metálica**

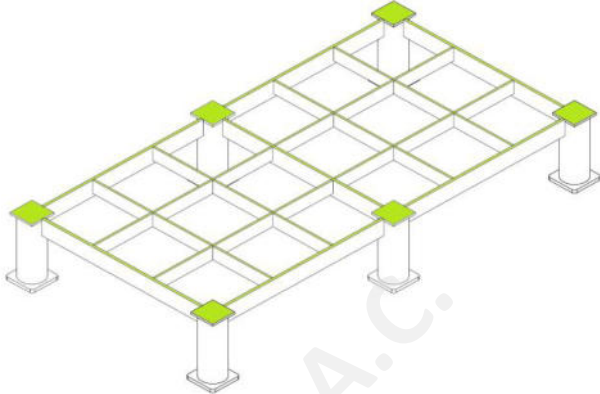
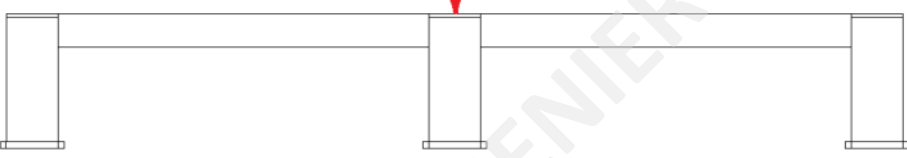
**Dimensiones :** Medidas generales y ubicación de cargas

La fuerza "F" se aplica depende del tipo de parihuela:

$W=mg$

Datos:

m = masa : ..... Kg  
g = gravedad : ..... m/s<sup>2</sup>

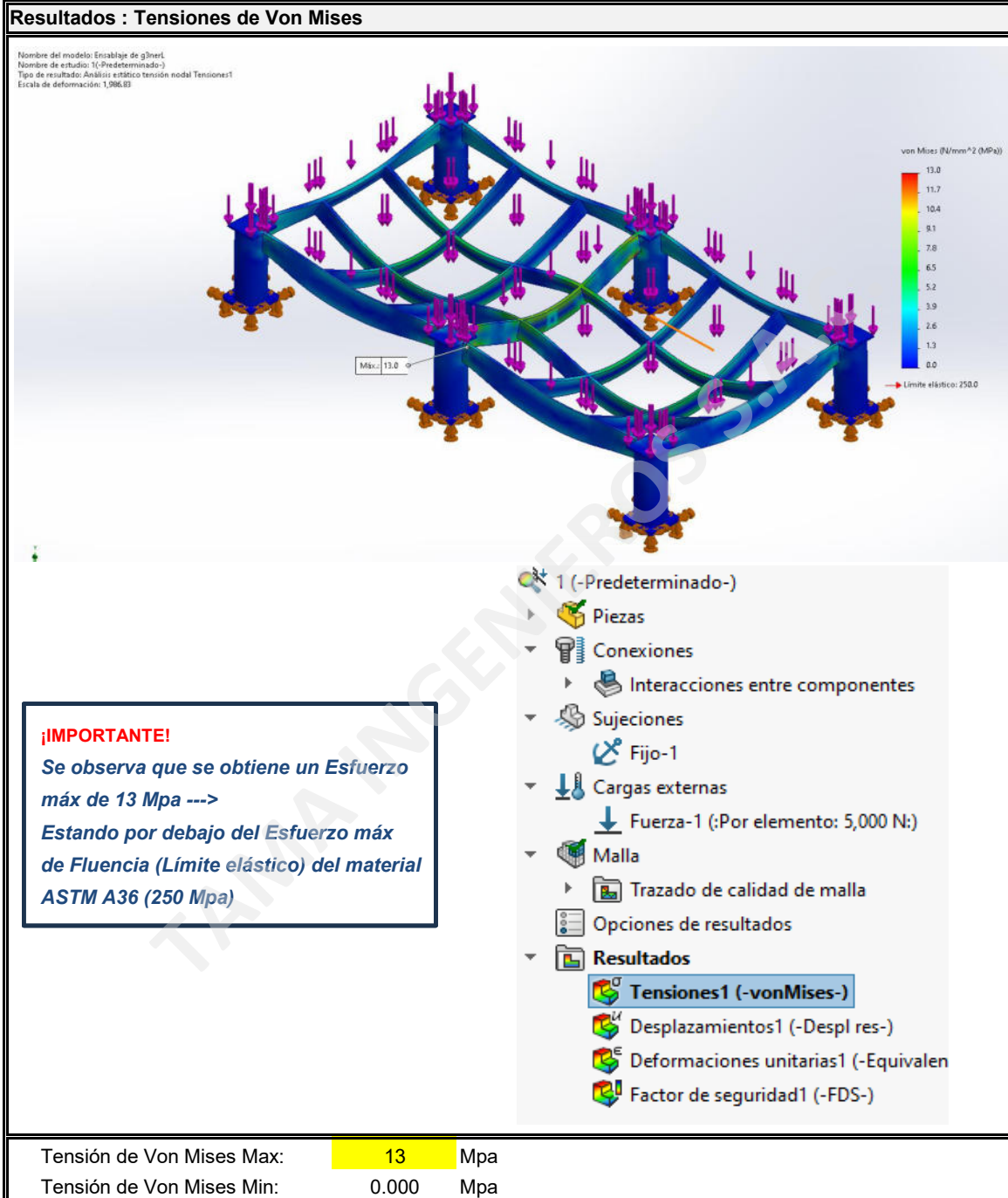
Calculos :

La fuerza "F" se aplica depende del tipo de parihuela, de acuerdo a la siguiente tabla:

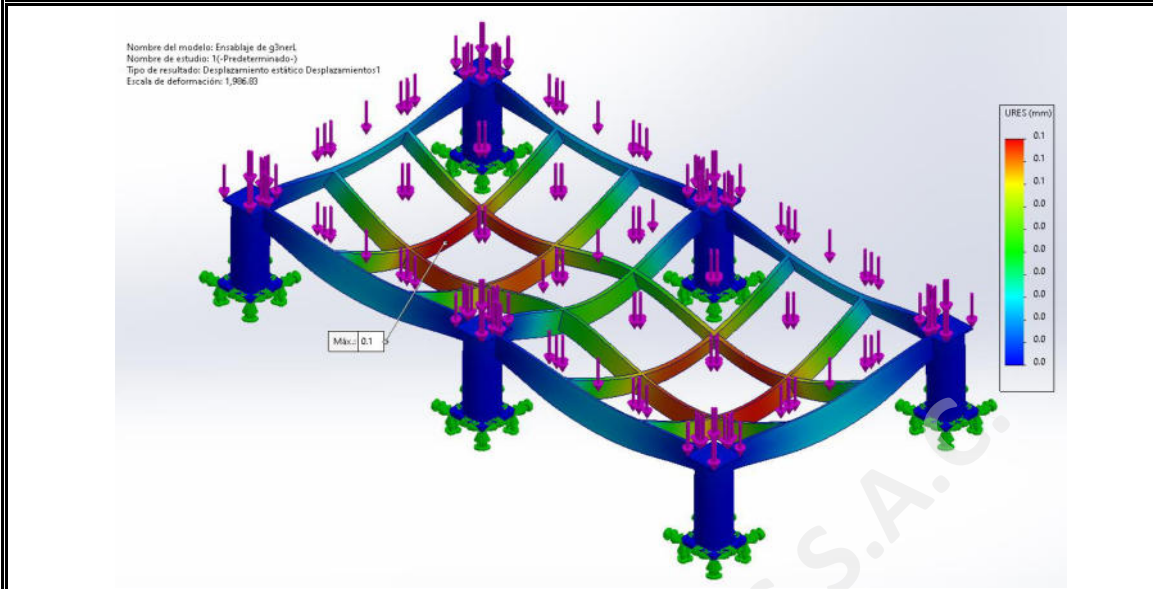
PARIHUELAS METÁLICAS		CARGA MÁX.
LIVIANAS - SEMIPESADAS ≤ 500 Kg/m <sup>2</sup>	E1	500 Kg/m <sup>2</sup>
PESADAS (500-1200 Kg/m <sup>2</sup> )	E2	1200 Kg/m <sup>2</sup>

### 3.- Diseño por Metodo de Elementos Finitos (Parihuela E1)

3.1 Simulación de la parihuela metálica : Se considera la simulación en las condiciones mas críticas

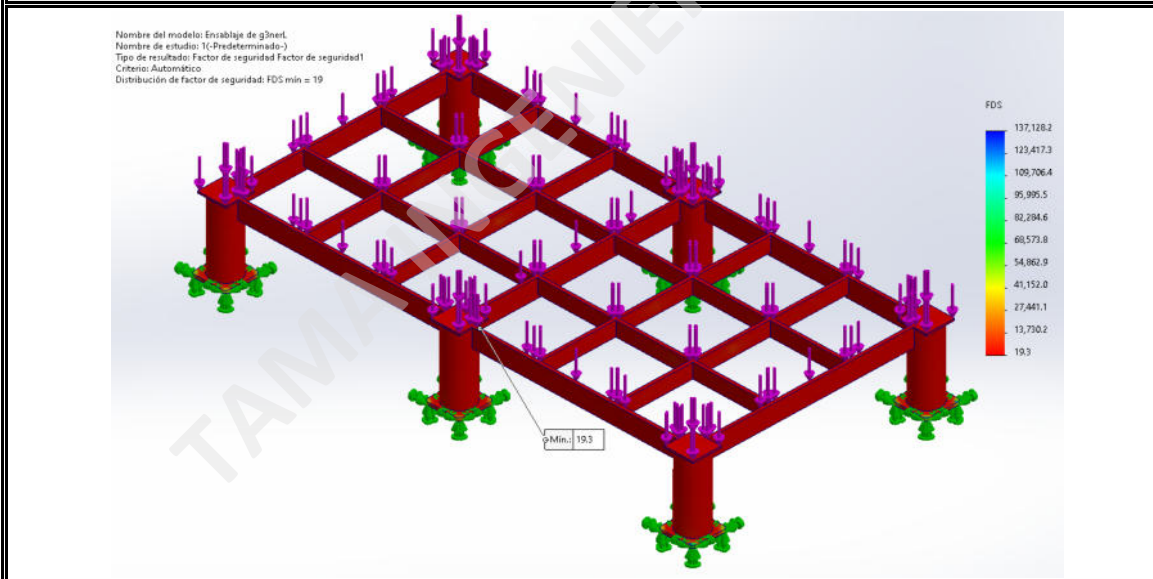


**Resultados : Desplazamiento**



Desplazamiento Max:	0.100	mm
Desplazamiento Min:	0.000	mm

**Resultados : Factor de seguridad FDS**



**Se observa un factor de seguridad de 19.3**

Factor Seguridad Min:	19.3
-----------------------	------

CALCULO No.  
MC-T-CT-003-24

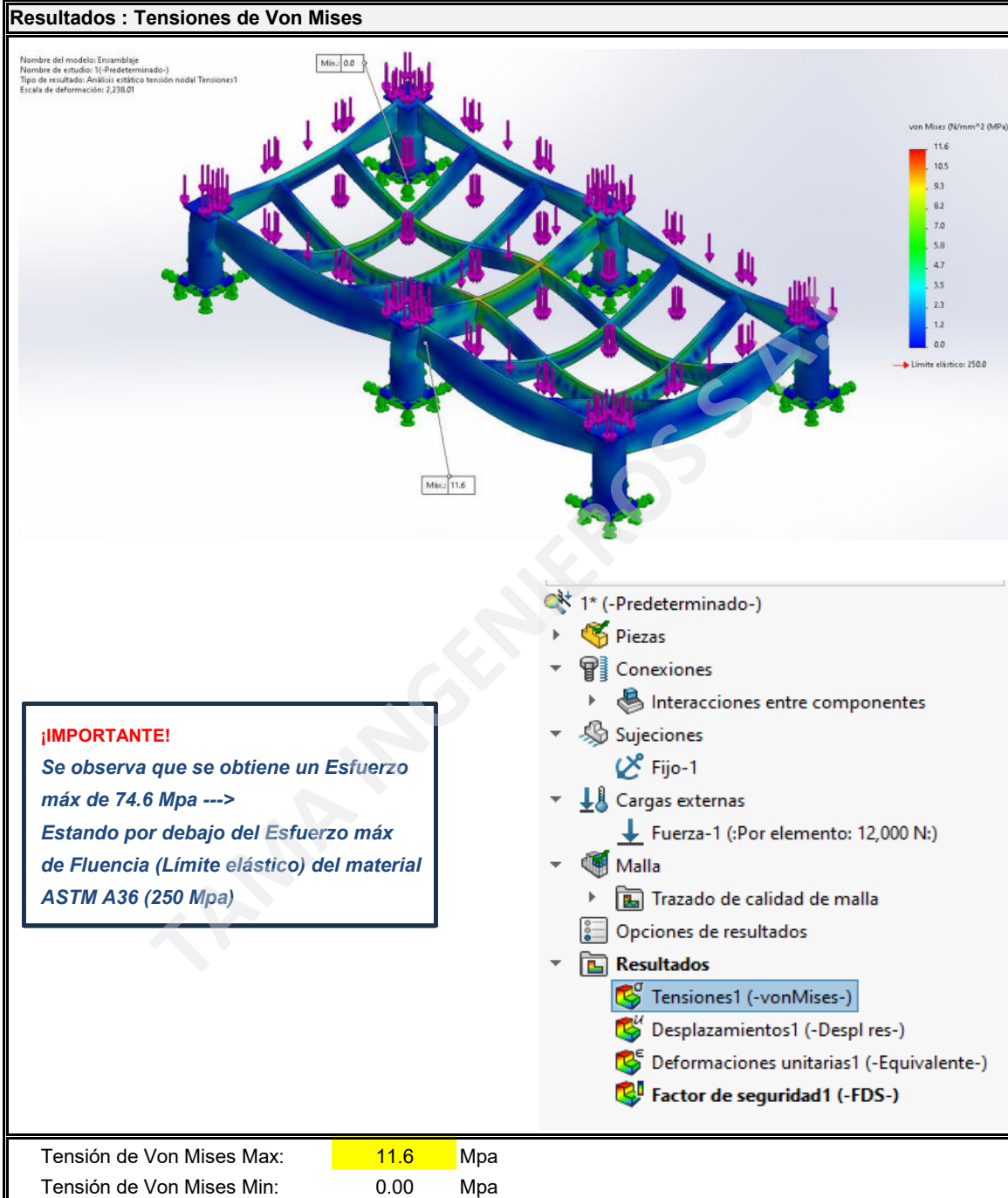
REVISION No.  
C

FECHA.  
20/03/2024



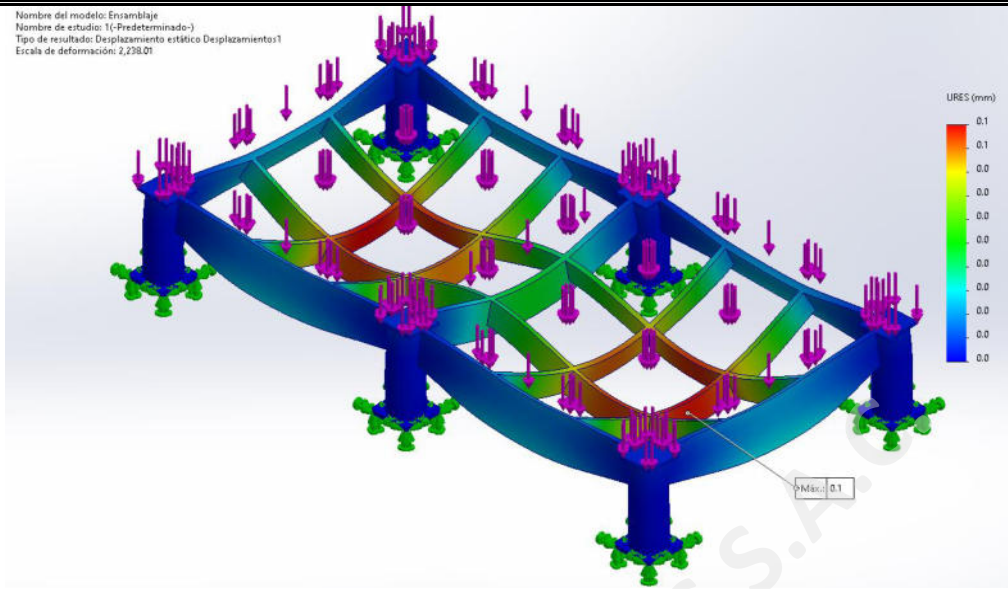
**4.- Diseño por Metodo de Elementos Finitos (Parihuela E2)**

**4.1 Simulación de la parihuela metálica :** Se considera la simulación en las condiciones mas críticas .



**Resultados : Desplazamiento**

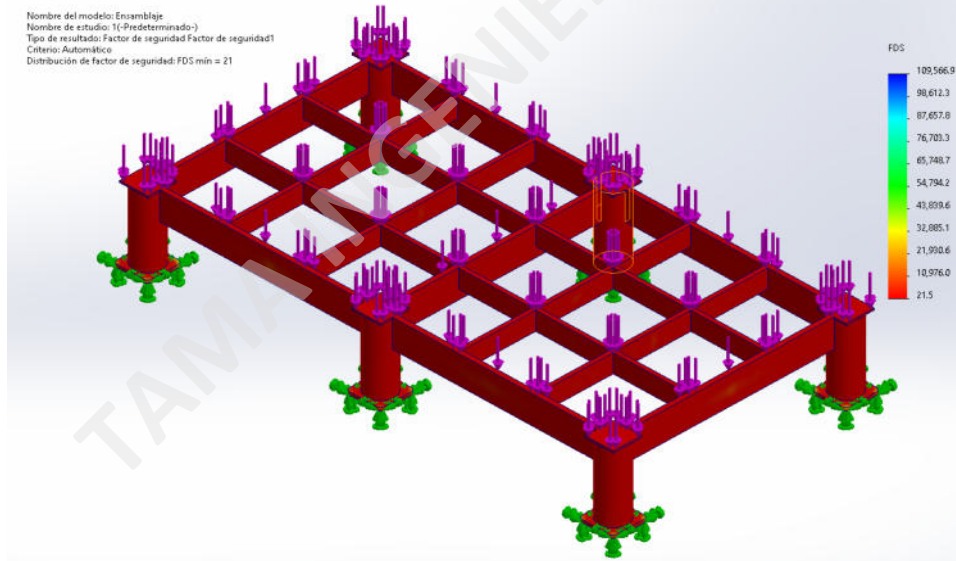
Nombre del modelo: Ensamblaje  
Nombre de estudio: 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1  
Escala de deformación: 2,298.01



Desplazamiento Max: 0.100 mm  
Desplazamiento Min: 0.000 mm

**Resultados : Factor de seguridad FDS**

Nombre del modelo: Ensamblaje  
Nombre de estudio: 1(-Predeterminado-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor de seguridad1  
Criterio: Automático  
Distribución de factor de seguridad: FDS min = 21



*Se observa un factor de seguridad de 21.5*

Factor Seguridad Min: 21.5

CALCULO No.

MC-T-CT-003-24

REVISION No.

C

FECHA.

20/03/2024

**5- Conclusiones**

De acuerdo a los resultados obtenidos en el acápite anterior Simulación de Parihuela Metálica se tiene:

**-Parihuela "E1"**

- La tensión máxima de Von Mises calculado es de **13 Mpa**, siendo este valor menor a 250 Mpa para el material analizado ASTM A36.
- El factor de seguridad mínimo calculado es de **19.3** por lo cual se asegura que el esfuerzo de Von Mises (Esfuerzo calculado) no supera el esfuerzo de fluencia del material.

**-Parihuela "E2"**

- La tensión máxima de Von Mises calculado es de **11.6 Mpa**, siendo este valor menor a 250 Mpa para el material analizado ASTM A36.
- El factor de seguridad mínimo calculado es de **21.5** por lo cual se asegura que el esfuerzo de Von Mises (Esfuerzo calculado) no supera el esfuerzo de fluencia del material.

**6.- Recomendaciones**

Se recomienda pintar la parihuela para evitar la corrosión.

**7.- Anexos**

- \* Parihuela Metálica Liviana - Semipesada (E1) - PLANO: T0323526 R.0
- \* Parihuela Metálica Liviana - Pesada (E2) - PLANO: T0323527 R.0
- \* Placa de Identificación - PLANO: T032528 R.0

CALCULO No.

MC-T-CT-001-24

REVISION No.

C

FECHA.

20/03/2024

TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN CALDERERIA (ISO 13920)										Medidas nominales (valores en mm.)									
más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000	más de 4000 hasta 8000	más de 8000 hasta 12000	más de 12000 hasta 16000	más de 16000 hasta 20000	20000	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9

**TAMA INGENIEROS S.A.C.**

ESTA ESTRUCTURA HA SIDO DISEÑADA Y FABRICADA POR TAMA INGENIEROS S.A.C. Calle 3, Mz. B, Lt. 1, Urbanización Bardsillo, Ate, Lima, Perú / Telf.: 715-1281 E-mail: tamasac@tama.pe / ventas@tamasac@tama.pe Página Web: www.tamaingenieros.pe Diseñado para manipulación con MONTACARGAS (NO IZAR)

TIEMPO DE VIDA ÚTIL ESPERADO DE 20 AÑOS PESO NETO: \_\_\_\_\_ Kg.

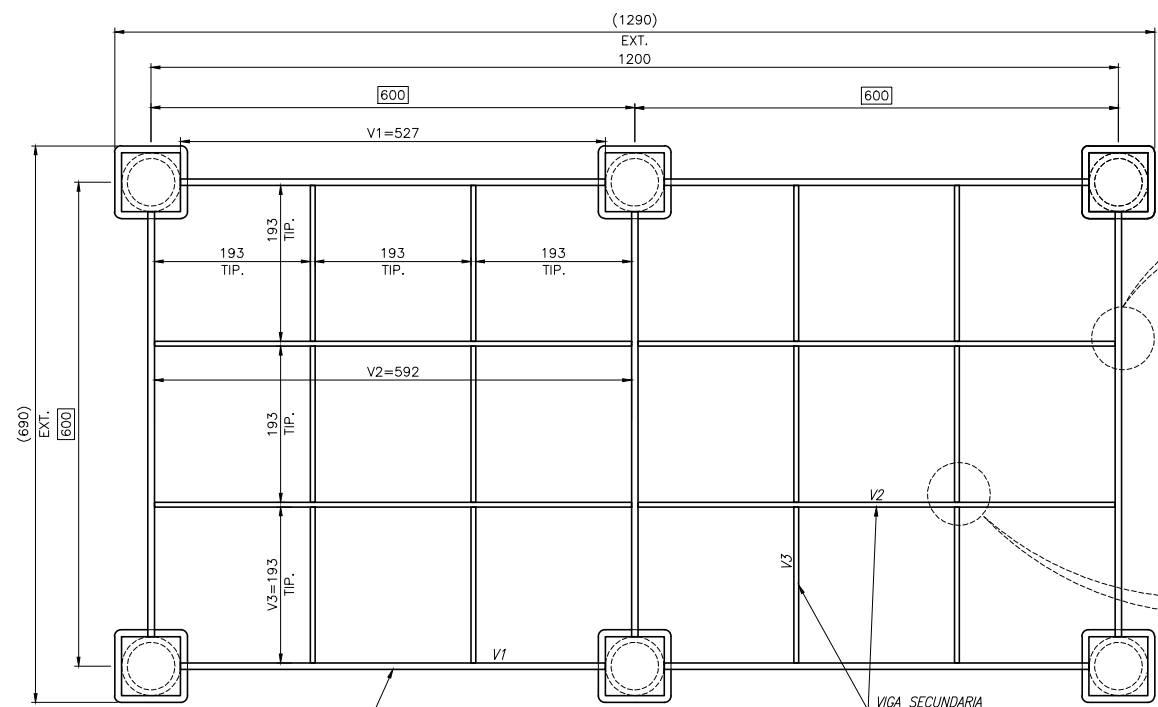
DIMENSIONES: \_\_\_\_\_ mm. SERIE Nº: OTIP- \_\_\_\_\_

CARGA MÁX. 500 Kg/m<sup>2</sup> 1200 Kg/m<sup>2</sup> FECHA DE FABRICACIÓN: / /

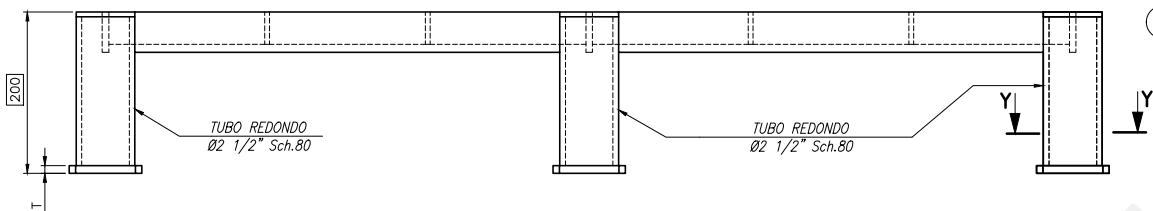
REV.	DESCRIPCION	POR	APROB.	FECHA
0	EMITIDO PARA SU FABRICACION	O.D.G.	E.S.M	20.02.24

**INGENIERIA VALIDO PARA FABRICACION**  
V.B. / Fecha: 02/04/24

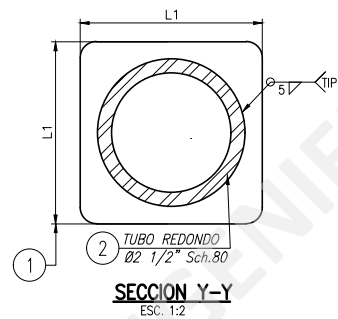
O.T.P.: 19  
O.T.P.: 20



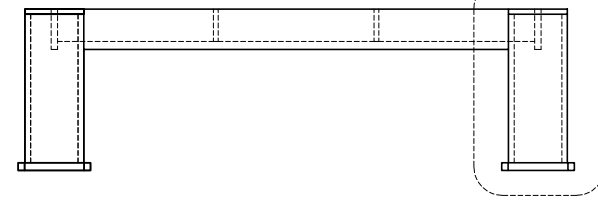
**VISTA DE PLANTA**  
ESC. 1:1



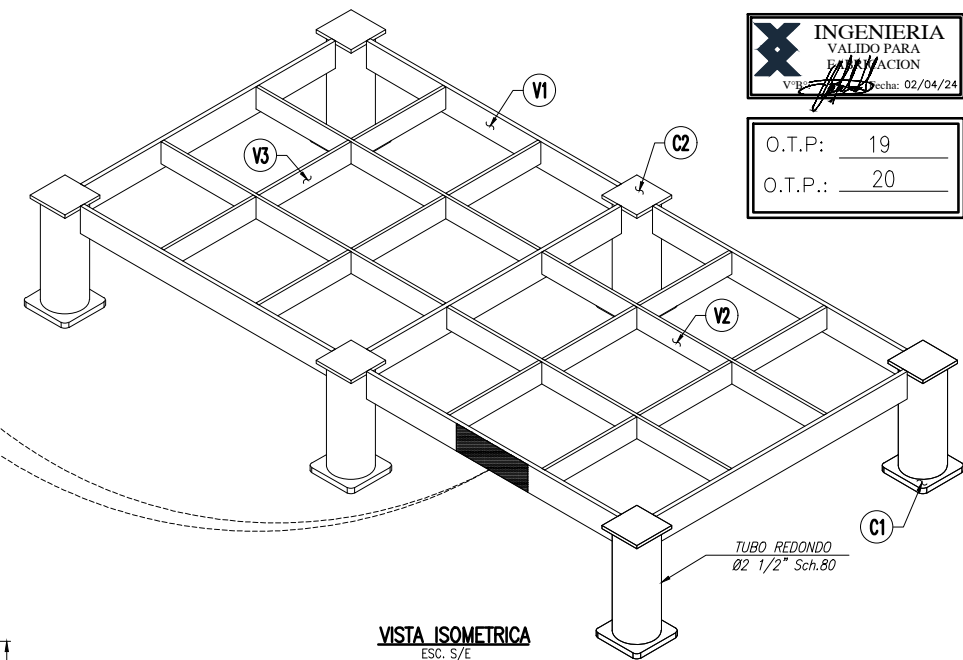
**VISTA FRONTAL**  
ESC. 1:1



**SECCION Y-Y**  
ESC. 1:2



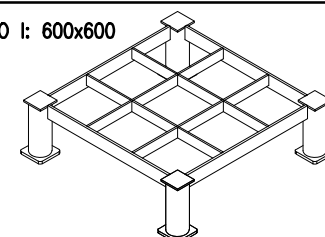
**VISTA LATERAL**  
ESC. 1:1



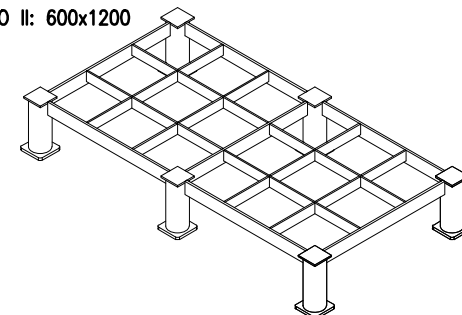
**VISTA ISOMETRICA**  
ESC. 5/E

**TIPOS DE PARIHUELAS METÁLICAS:**

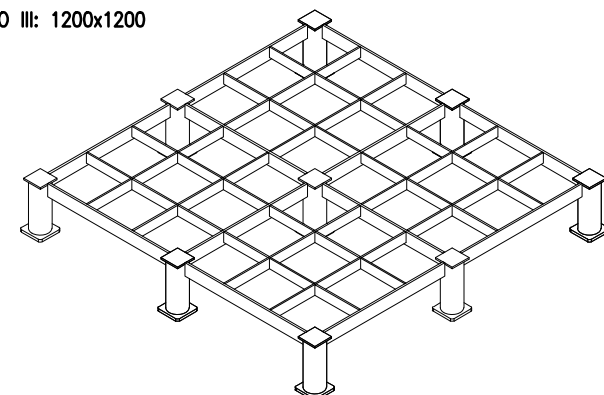
TIPO I: 600x600



TIPO II: 600x1200



TIPO III: 1200x1200



- NOTAS:
- TODAS LAS DIMENSIONES INDICADAS ESTÁN DADAS EN MILIMETROS (mm), SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
  - ELIMINAR FILOS & REBASAS 0.25 x 45°.
  - LONGITUD VARIABLE, SE DEFINE EN CAMPO.

PLATE "V1"						PLATE "V2"						PLATE "V3"						PLATE "C1"				PLATE "C2"									
N°	e	H	L	Ix-x (mm <sup>4</sup> )	Iy-y (mm <sup>4</sup> )	Peso (Kg)	N°	e	H	L	Ix-x (mm <sup>4</sup> )	Iy-y (mm <sup>4</sup> )	Peso (Kg)	N°	e	H	L	Ix-x (mm <sup>4</sup> )	Iy-y (mm <sup>4</sup> )	Peso (Kg)	N°	T	L1	L1	Peso (Kg)	N°	t	L2	L2	Peso (Kg)	
1	8	50	527	83333	2133	1.65	1	6	40	592	32000	720	1.12	1	6	40	193	32000	720	0.36	1	6	90	90	0.38	1	4.5	73	73	0.18	
2	9.5	50	527	98958	3572	1.96	2	8	40	592	42667	1707	1.49	2	8	40	193	42667	1707	0.48	2	8	90	90	0.50	2	5	73	73	0.20	
3	10	50	527	104167	4167	2.06	3	9.5	40	592	50667	2858	1.76	3	9.5	40	193	50667	2858	0.57	3	9.5	90	90	0.60	3	6	73	73	0.25	

PARIHUELAS METÁLICAS		
TIPO	DESCRIPCION	CARGA
E1	PARIHUELA PARA PIEZAS LIVIANAS Y SEMI PESADAS	≤500Kg/m <sup>2</sup>

**TAMA INGENIEROS S.A.C.**  
**PARIHUELA METÁLICA LIVIANA-SEMI PESADA(TIPO A)**  
**ARREGLO GENERAL**

Dibujado: O.D.G.	Aprobado: E.C.C.	Escala: IND.	Proyeccion	Peso:	O.T.	No. PLANO	Rev.
Revisado: E.S.M.	Fecha: 22.03.24	Formato: A1	---	---	****-*	T032526	1

TAMA INGENIEROS S.A.C. advierte que copiar, reproducir o usar indebidamente, la informacion contenida en este plano sin una debida autorizacion de sus propietarios, esta penada ante la ley.

TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN CALDERERIA (ISO 13920)										Medidas nominales (valores en mm.)									
más de 30 hasta 120	más de 120 hasta 400	más de 400 hasta 1000	más de 1000 hasta 2000	más de 2000 hasta 4000	más de 4000 hasta 8000	más de 8000 hasta 12000	más de 12000 hasta 16000	más de 16000 hasta 20000	más de 20000 hasta 20000	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9

**TAMA INGENIEROS S.A.C.**

ESTA ESTRUCTURA HA SIDO DISEÑADA Y FABRICADA POR TAMA INGENIEROS S.A.C. Calle 3, Mz. B, Lt. 1, Urbanización Barbedillo, Ate, Lma, Perú / Tel.: 715-1281 E-mail: tamaingenieros@tama.pe Página Web: www.tamaingenieros.pe Diseñado para manipulación con MONTACARGAS (NO IZAR)

TIEMPO DE VIDA ÚTIL ESPERADO DE 20 AÑOS PESO NETO: \_\_\_\_\_ Kg

DIMENSIONES: \_\_\_\_\_ mm. SERIE N°: OTIP- \_\_\_\_\_

CARGA MÁX.: 900 Kg/m<sup>2</sup> 1200 Kg/m<sup>2</sup> FECHA DE FABRICACIÓN: / /

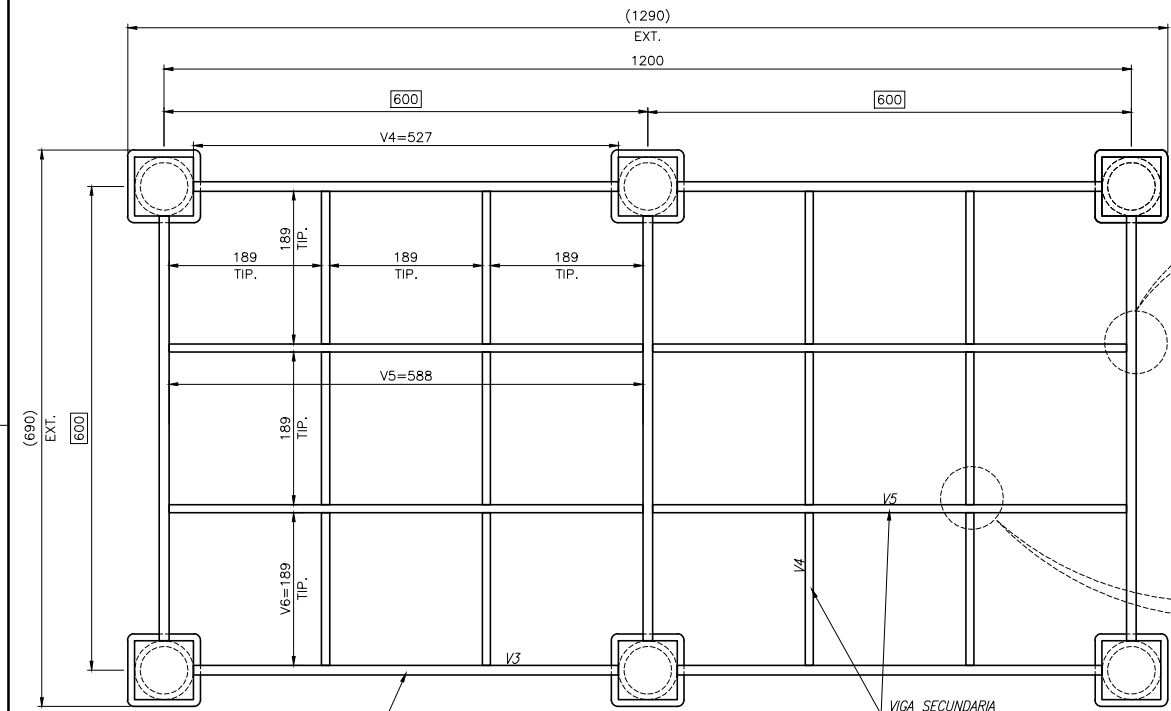
REV.	DESCRIPCION	POR	APROB.	FECHA
1	SE AGREGA LA DENOMINACIÓN "TIPO B", "V4", "V4" Y "V5"	O.D.G.	E.C.C.	02.04.24

**INGENIERIA VALIDO PARA FABRICACION**

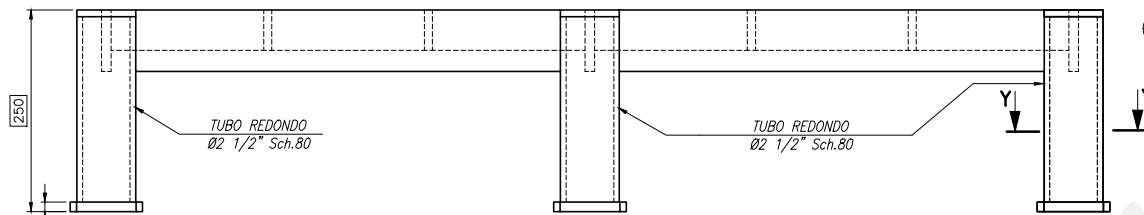
V.P. [Firma] Fecha: 02/04/24

O.T.P.: 21

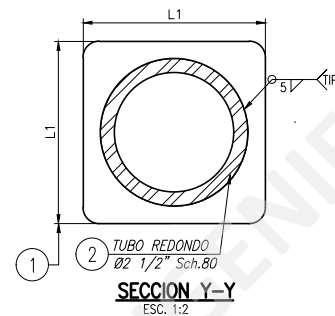
O.T.P.: 22



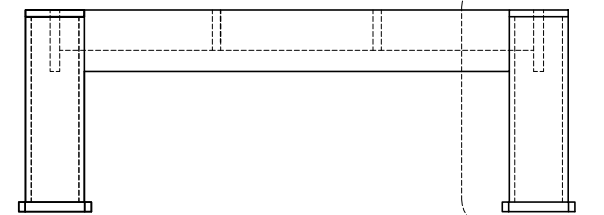
**VISTA DE PLANTA**  
ESC. 1:5



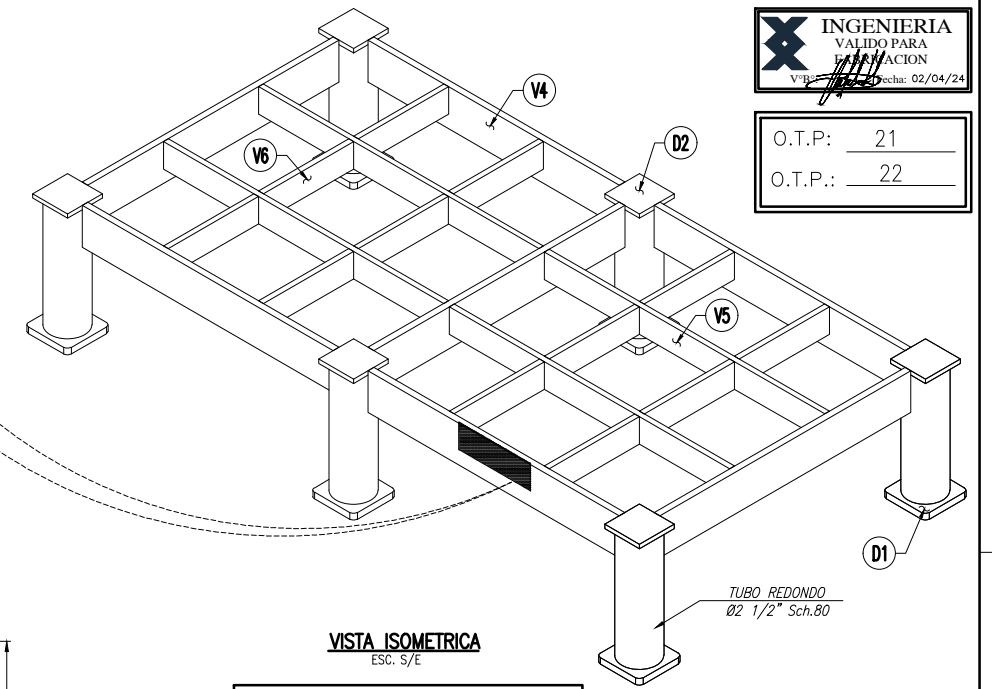
**VISTA FRONTAL**  
ESC. 1:5



**SECCION Y-Y**  
ESC. 1:2



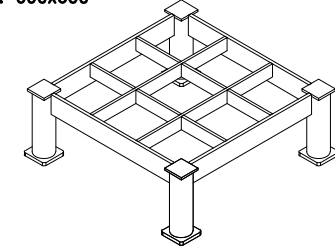
**VISTA LATERAL**  
ESC. 1:5



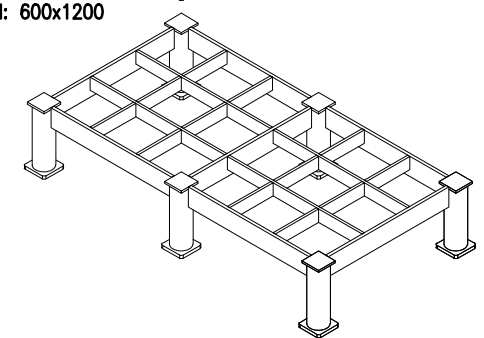
**VISTA ISOMETRICA**  
ESC. 5/8

**TIPOS DE PARIHUELAS METÁLICAS:**

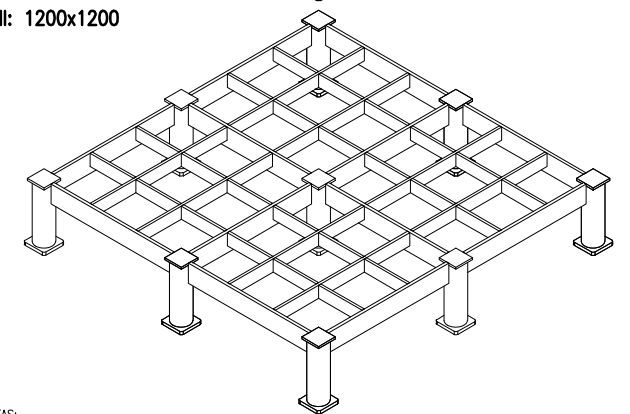
TIPO I: 600x600



TIPO II: 600x1200

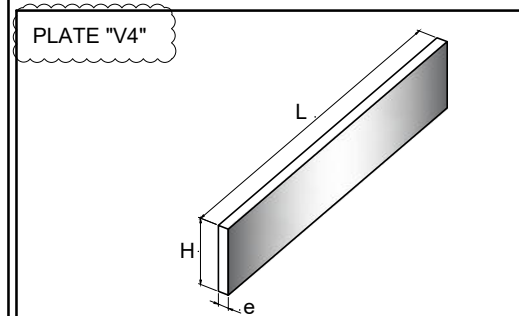


TIPO III: 1200x1200

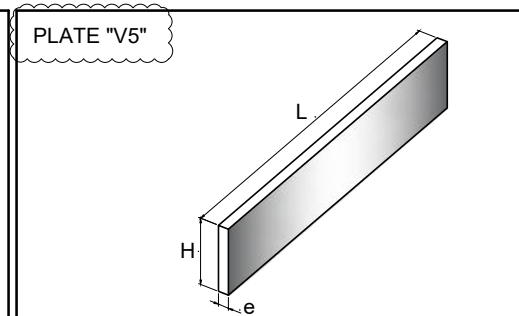


NOTAS:

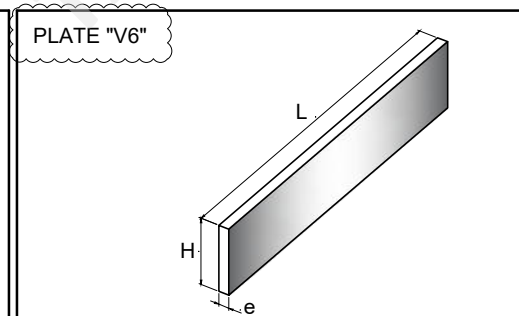
- TODAS LAS DIMENSIONES INDICADAS ESTÁN DADAS EN MILIMETROS (mm), SALVO INDICACIÓN CONTRARIA.
- ELIMINAR FILOS & REBASAS 0.25 x 45°.
- LONGITUD VARIABLE, SE DEFINE EN CAMPO.



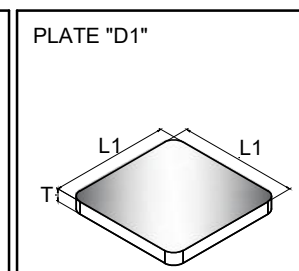
N°	e	H	L	Ix-x (mm <sup>4</sup> )	Iy-y (mm <sup>4</sup> )	Peso (Kg)
1	12	76	527	438976	10944	3.77
2	16	76	527	585301	25941	4.63
3	19	76	527	695045	43440	5.34
4	25	76	527	914533	98958	6.20



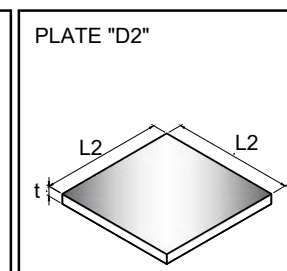
N°	e	H	L	Ix-x (mm <sup>4</sup> )	Iy-y (mm <sup>4</sup> )	Peso (Kg)
1	8	50	588	83333	2133	1.47
2	10	50	588	104167	4167	1.84
3	12	50	588	125000	7200	2.21



N°	e	H	L	Ix-x (mm <sup>4</sup> )	Iy-y (mm <sup>4</sup> )	Peso (Kg)
1	8	50	189	83333	2133	0.47
2	10	50	189	104167	4167	0.59
3	12	50	189	125000	7200	0.71



N°	T	L1	L1	Peso (Kg)
1	12	90	90	0.75
2	16	90	90	1.00
3	19	90	90	1.20
4	25	90	90	1.58
5	32	90	90	2.00



N°	t	L2	L2	Peso (Kg)
1	8	73	73	0.33
2	10	73	73	0.42
3	12	73	73	0.50

PARIHUELAS METÁLICAS		
TIPO	DESCRIPCION	CARGA
E2	PARIHUELA PARA PIEZAS PESADAS	≤1200Kg/m <sup>2</sup>

**TAMA INGENIEROS S.A.C.**


**PARIHUELA METÁLICA PESADA (TIPO B)**

**ARREGLO GENERAL**

Dibujado: O.D.G.	Aprobado: E.C.C.	Escala: IND.	Proyeccion	Peso:	O.T.	No. PLANO	Rev.
Revisado: E.S.M.	Fecha: 02.04.24	Formato: A1	---	---	---	T032527	1

TAMA INGENIEROS S.A.C. advierte que copiar, reproducir o usar indebidamente, la información contenida en este plano sin una debida autorización de sus propietarios, esta penada ante la ley.

VER NOTA DEL LOGO

	ESTA ESTRUCTURA HA SIDO DISEÑADA Y FABRICADA POR TAMA INGENIEROS S.A.C. Calle 3, Mz. B, Lt. 1, Urbanización Barbadillo, Ate, Lima, Perú / Telf.: 715-1281 E-mail: <a href="mailto:tamasac@tama.pe">tamasac@tama.pe</a> / <a href="mailto:ventashardox@tama.pe">ventashardox@tama.pe</a> Página Web: <a href="http://www.tamaingenieros.pe">www.tamaingenieros.pe</a> Diseñado para manipulación con MONTACARGAS (NO IZAR)	
	TIEMPO DE VIDA ÚTIL ESPERADO DE 20 AÑOS	PESO NETO: <input type="text"/> Kg.
DIMENSIONES: <input type="text"/> mm.	SERIE N°: <input type="text"/> OTP-	
CARGA MÁX.: 500 Kg/m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/> 1200 Kg/m <sup>2</sup> <input type="checkbox"/>	FECHA DE FABRICACIÓN: <input type="text"/> / <input type="text"/> / <input type="text"/>	



ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS	
INSPECCION VISUAL (VI)	100%

ITEM 1  
 ESC. 1:1

- TEXTO (BAJO RELIEVE FONDO NEGRO)
- ALTURA DE LETRA: 2mm


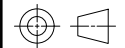
NOTAS PARA EL LOGO

- 1.- TODAS LAS DIMENSIONES EN mm. SALVO INDICACION CONTRARIA
- 2.- COLOR DEL LOGO: AZUL ACERO, RAL 5011
- 3.- TIPO DE LETRA PARA "TAMA": DOTUM
- 4.- TIPO DE LETRA PARA "INGENIEROS S.A.C.": ARIAL UNICODE MS

NOTAS:

1. TODAS LAS DIMENSIONES EN mm, SALVO INDICACION CONTRARIA.
2. PARA UBICACION VER PLANO: T032526-T032527

PRECISION CLASE "A"	TOLERANCIAS ADMISIBLES PARA MEDIDAS DE LONGITUD EN CALDERERIA (ISO 13920)										Medidas nominales (valores en mm.)		
	màs de 30 hasta 120	màs de 120 hasta 400	màs de 400 hasta 1000	màs de 1000 hasta 2000	màs de 2000 hasta 4000	màs de 4000 hasta 8000	màs de 8000 hasta 12000	màs de 12000 hasta 16000	màs de 16000 hasta 20000	màs de 20000			
	±1	±1	±2	±3	±4	±5	±6	±7	±8	±9			
REV.	DESCRIPCION										POR	APROB.	FECHA
0	EMITIDO PARA FABRICACIÓN										O.D.G.	E.C.C.	26.02.24

110330100332	AISI304	1	PLACA DE IDENTIFICACIÓN PL.2mm x 50 x 140	1	0.11	0.01	
			PARIHUELAS METÁLICAS	1	0.1	0.01	
Código / #Parte	Mat. / Plano	Item	Descripción	Cant.	Peso (kg)	Area (m2)	
				TAMA INGENIEROS S.A.C. PARIHUELAS METÁLICAS PLACA DE IDENTIFICACIÓN			
Dibujado: O.D.G.	Aprobado: E.C.C.	Escala: IND.	Proyeccion	Peso: 0.1 Kg.	O.T.P.: XXX-24	No. PLANO T032528	Rev. 0
Revisado: E.S.M.	Fecha: 26.02.24	Formato: A2					
TAMA INGENIEROS S.A.C. advierte que copiar, reproducir o usar indebidamente, la informacion contenida en este plano sin una debida autorizacion de sus propietarios, esta penada ante la ley.							