

**SIDEA**

ENGINEERING SOLUTIONS  
Advanced Engineering

**GALIGRU**

SISTEMAS DE SEGURIDAD

**FEM Poste Casas - EC3  
Resultados**

180-H489-RP4-1412 REV.04  
20/09/2021

ISO 9001  
BUREAU VERITAS  
Certification



Nº: ES114614-1

## Índice

- Contexto
- Geometría
- Propiedades materiales
- Consideraciones previas
- Resultados
- Resumen y conclusiones

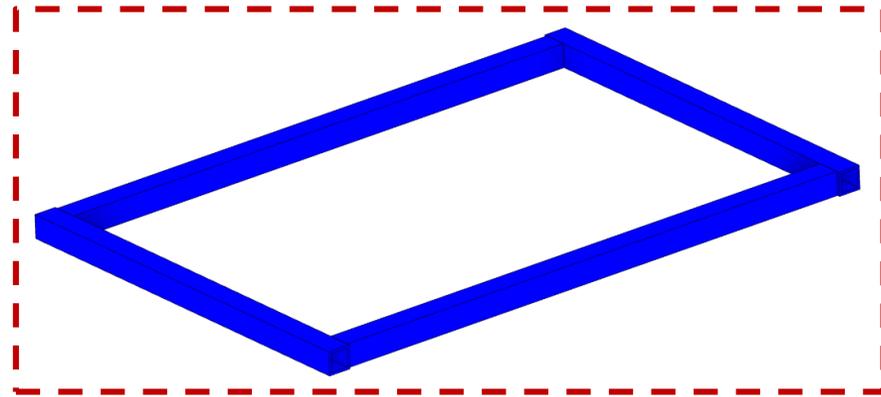
Revisión	Descripción
180-H489-RP4-1412	Resultados preliminares
Rev.02	Resultados finales: 7 casos de carga
Rev.03	Resultados finales: añadidos requeridos por el cliente
Rev.04	Resultados finales: correcciones según comentarios del cliente

## Contexto

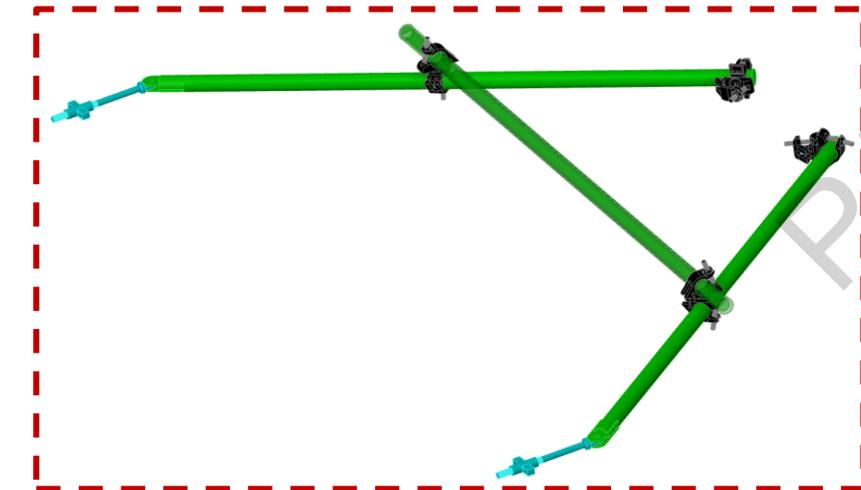
- GALIGRU desea evaluar su sistema de seguridad para trabajos en altura denominado "Poste Casas" para su posterior certificación.
- La evaluación se realiza considerando los requerimientos de la normativa específica para estructuras de anclaje de equipos anticaída, UNE-EN 795:2012 así como los de resistencia estructural presentes en el EC3.
- Se realiza un análisis de la carga máxima soportada para los distintos esquemas de sollicitación propuestos y detallados más adelante. Se ha tenido en cuenta la resistencia plástica de la estructura
- A continuación se da cuenta de los trabajos realizados y los resultados obtenidos

# Geometría

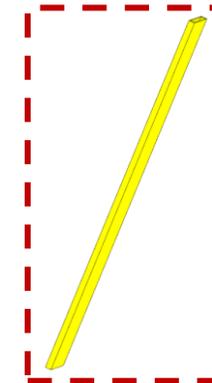
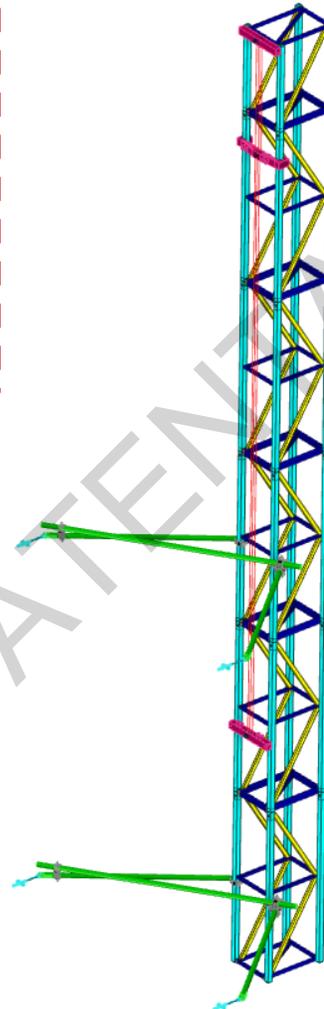
Geometría 3D a partir del diseño .dwg enviado por GALIGRU (modificación arriostramientos según reunión 30/07/2021)



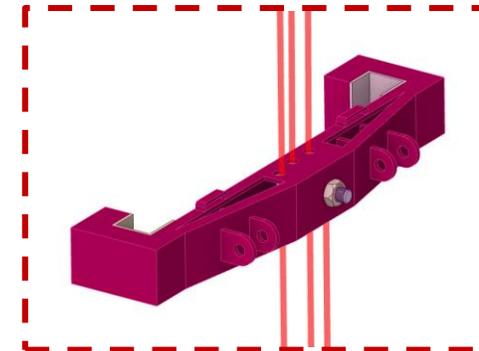
**MONTANTES**



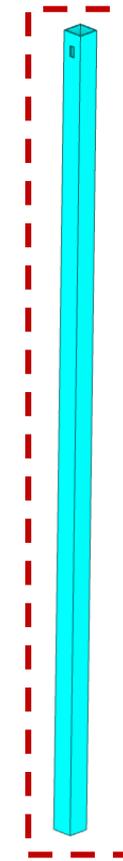
**ARRIOSTRAMIENTOS A PARED MOD**



**DIAGONALES**



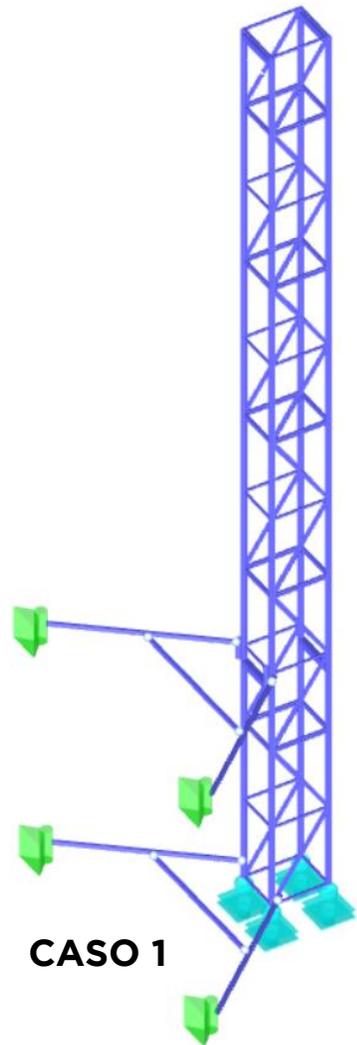
**CARRO**



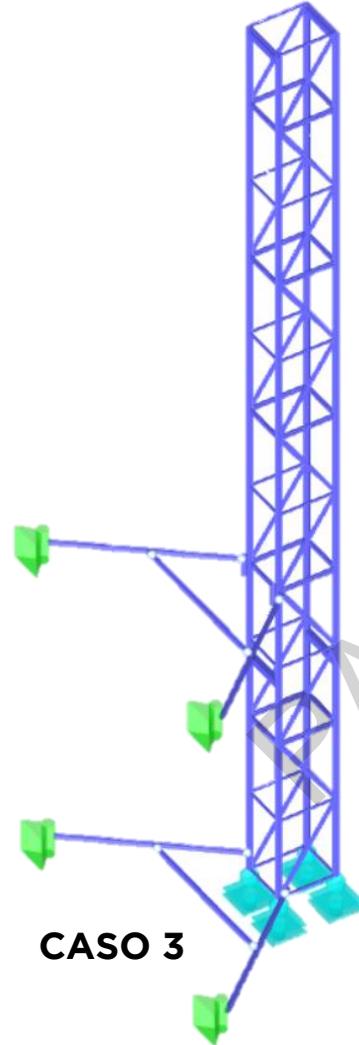
**CORDONES**

**Modelo 3D - Poste Casas**

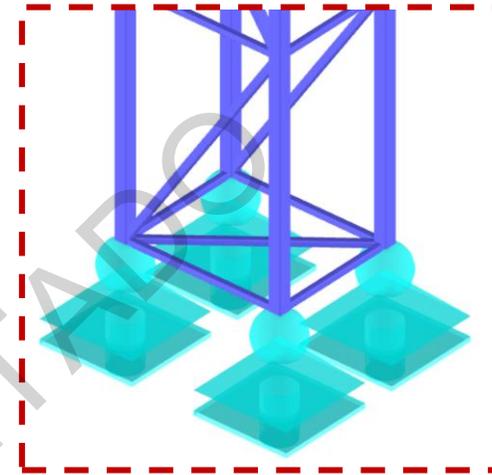
## Geometrías para 2 alturas – Casos 1 y 3



CASO 1

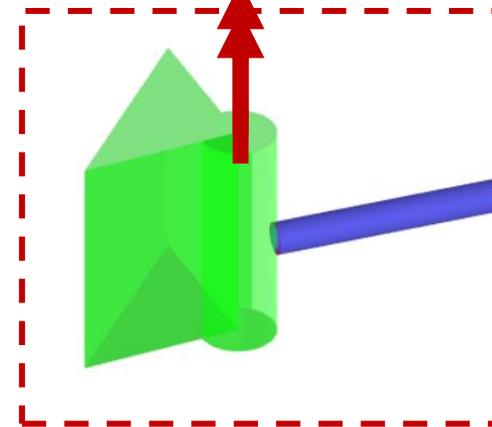


CASO 3



**APOYO NO-LINEAL**

**EL POSTE SÓLO  
ESTÁ LIMITADO  
FRENTE A  
DESCENSOS**

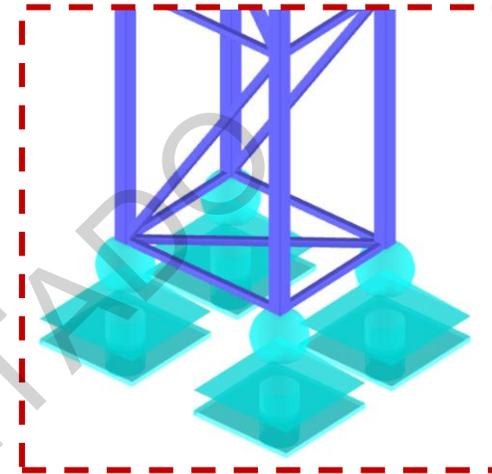
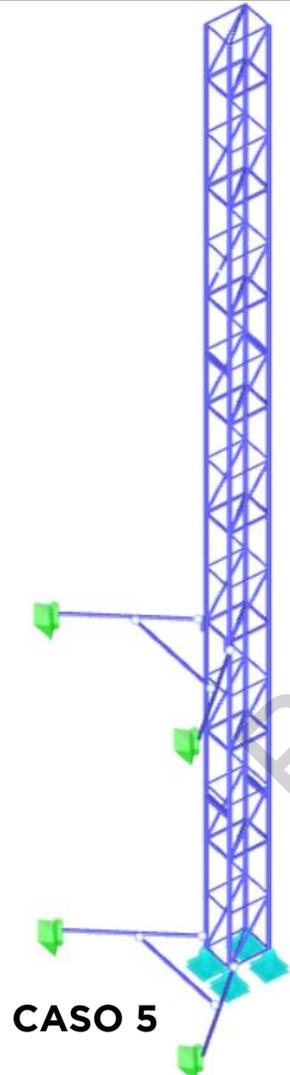
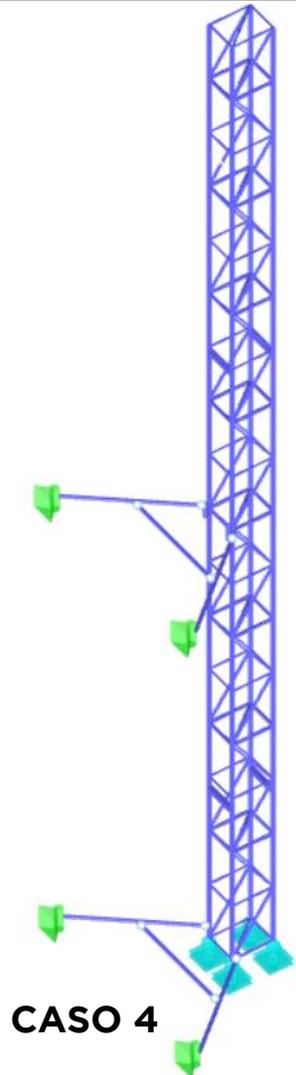


**APOYO LINEAL**

**LA BARRA PUEDE  
GIRAR EN ESTE  
PUNTO EN TORNO  
A LAS FLECHAS  
EN ROJO**

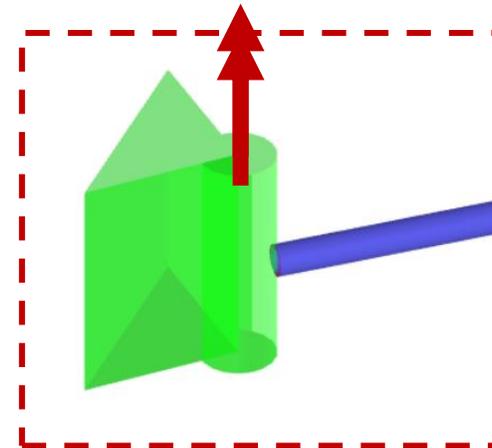
Modelo de Barras - Poste Casas

## Geometrías para más de 2 alturas – Casos 4 y 5



**APOYO NO-LINEAL**

**EL POSTE SÓLO  
ESTÁ LIMITADO  
FRENTE A  
DESCENSOS**

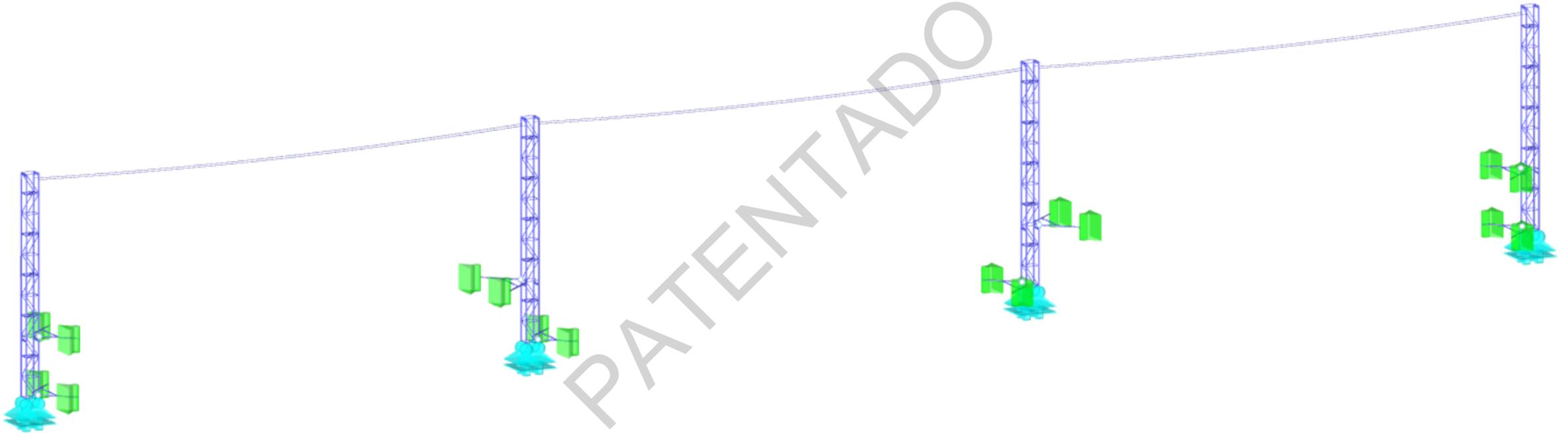


**APOYO LINEAL**

**LA BARRA PUEDE  
GIRAR EN ESTE  
PUNTO EN TORNO  
A LAS FLECHAS  
EN ROJO**

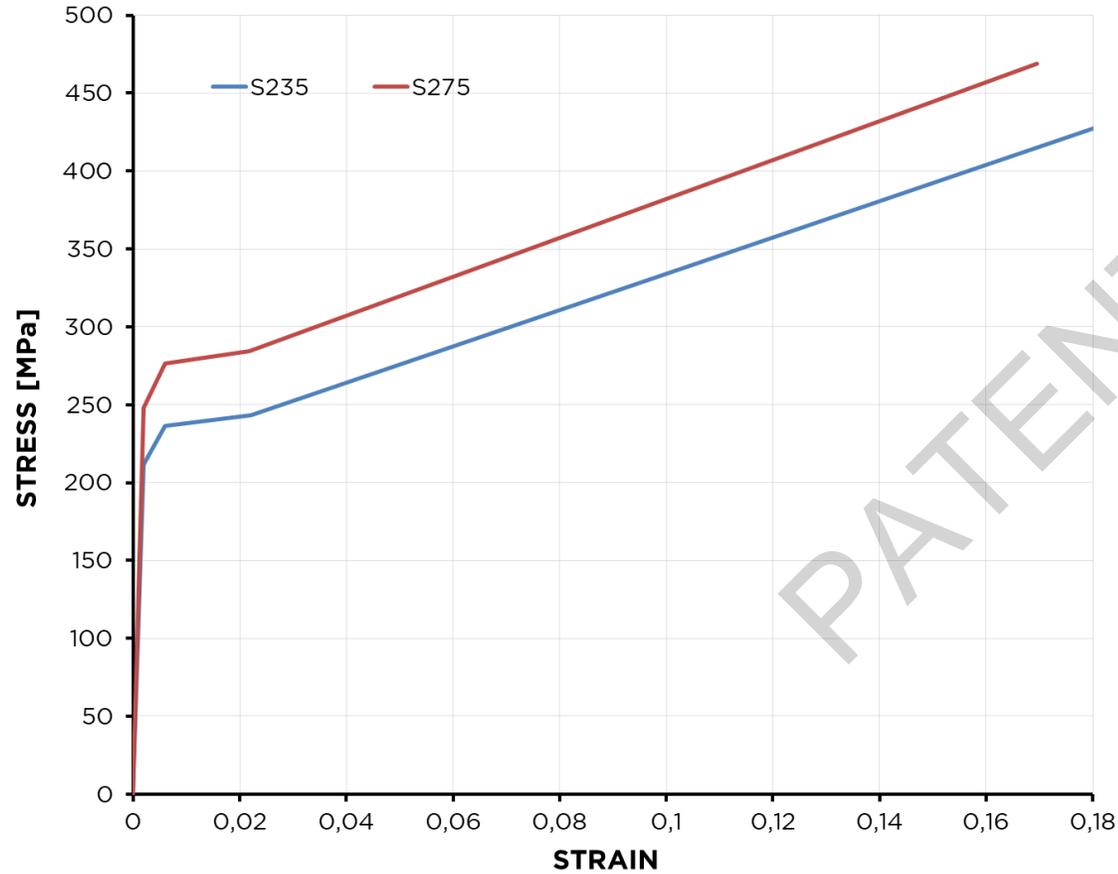
Modelo de Barras - Poste Casas

## Geometría para tres vanos – Caso 6



Modelo de Barras - Poste Casas

# Materiales



	S235 [ $\gamma_M=1$ ]	S275 [ $\gamma_M=1$ ]	Tornillos	Bulones
Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	7850	7850	8000	8000
Módulo Young [GPa]	210	210	210	210
Ratio Poisson	0.3	0.3	0.3	0.3
Límite elástico $f_y$ [MPa]	235	275	360	240
Resistencia última $f_u$ [MPa]	360	360	800	430

LOS RESULTADOS QUE SE MOSTRARÁN  
A CONTINUACIÓN PRESUPONEN EL USO  
DE UN ACERO S275

# CONSIDERACIONES PREVIAS

PATENTADO

## Consideraciones previas

- En aras de quedarnos del lado de la seguridad, ante la falta de especificación, se ha optado por suponer la menor calidad disponible en normativa tanto para los tornillos como para los bulones que asegure el correcto desempeño de la estructura
- No se hace comprobación de los tornillos a pared frente a pérdida de apriete, puesto que el cálculo no arroja posibilidad alguna de que esto suceda (esfuerzo de torsión despreciable en ese punto)
- Para el caso de los tornillos tanto del carro como de los topes superior e inferior, se hace una comprobación general del lado de la seguridad ante la sollicitación a cortante máxima que sería esperable según catálogo de proveedor de la eslinga
- No se han tenido en cuenta los coeficientes de seguridad del EC3, únicamente se ha aplicado la metodología de análisis que en este código se recoge

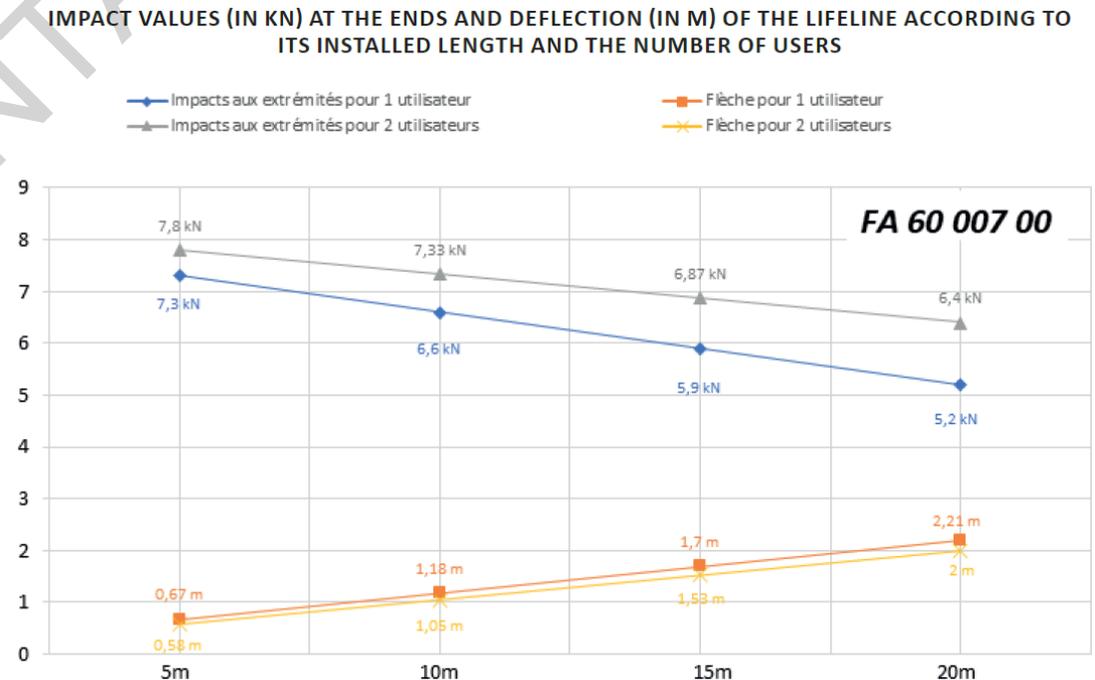
## Consideraciones previas

- Para la determinación de las cargas de viento se ha acudido a lo establecido en el eurocódigo. De manera que:
  - Se ha considerado una velocidad básica ( $v_b$ ) de 20[m/s] para situación accidental de fuertes vientos
  - Se ha considerado una velocidad básica ( $v_b$ ) de 12[m/s] para situación de servicio, concomitante con la carga propia de la estructura (denominada *Carga soportada* en las subsiguientes tablas)
  - Se ha supuesto la Categoría de terreno más desfavorable de las propuestas por el eurocódigo [cat 0]
- Al final del apartado de resultados se muestran, de manera resumida, las conclusiones acerca de las siguientes situaciones concretas propuestas por el cliente para su estudio, entre las que están:
  - Arriostramiento superior ubicado en el centro de vano entre montantes consecutivos
  - Carga en sentido opuesto al de anclaje de los arriostramientos a pared
  - Anclaje superior a pared dispuesto en sentido inverso al inferior
  - Anclaje superior a pared dispuesto de manera inclinada

## Consideraciones previas

- Se ha omitido el desarrollo completo del Caso 2 en este informe y su consideración se engloba en el apartado final de situaciones concretas [consultar en P41 del informe]
- Se han estudiado los siguientes esquema de sobrecarga de uso:
  - Carga horizontal pura de 15kN
  - Situación más desfavorable para un usuario de línea (vano 5m):  $F_H=7.05\text{kN}$ ;  $F_V=1.89\text{kN}$
  - Situación más desfavorable para dos usuarios de línea (vano 5m):  $F_H=7.60\text{kN}$ ;  $F_V=1.7\text{kN}$

Las cargas en vertical y horizontal de los dos últimos puntos se corresponden con la distribución realizada según la siguiente tabla:



## Consideraciones previas

	F (kN)	Deflection (m)	Installed length (m)	Angle (deg)	Fx (kN)	Fz (kN)
<b>1 User</b>	7,30	0,67	5	15	7,051	1,890
	6,60	1,18	10	13	6,424	1,516
	5,90	1,70	15	13	5,754	1,304
	5,20	2,21	20	12	5,077	1,122
<b>2 Users</b>	7,80	0,58	5	13	7,598	1,763
	7,33	1,05	10	12	7,174	1,506
	6,87	1,53	15	12	6,731	1,373
	6,40	2,00	20	11	6,276	1,255

PATENTADO

## Consideraciones previas

- En las subsiguientes tablas se referirá al objetivo de resistencia de 15kN, considerada a distintas alturas, con la nomenclatura de “carga objetivo”
- En las subsiguientes tablas se referirá a la carga que cada estructura es capaz de soportar, considerada a distintas alturas, con la nomenclatura de “carga soportada”
- La columna de “flecha horizontal” que aparece recogida en las subsiguientes tablas se refiere al valor del desplazamiento horizontal a la altura de aplicación de la “carga soportada”
- De modo análogo ocurre con la columna de “flecha vertical”

## Resumen de casos de carga

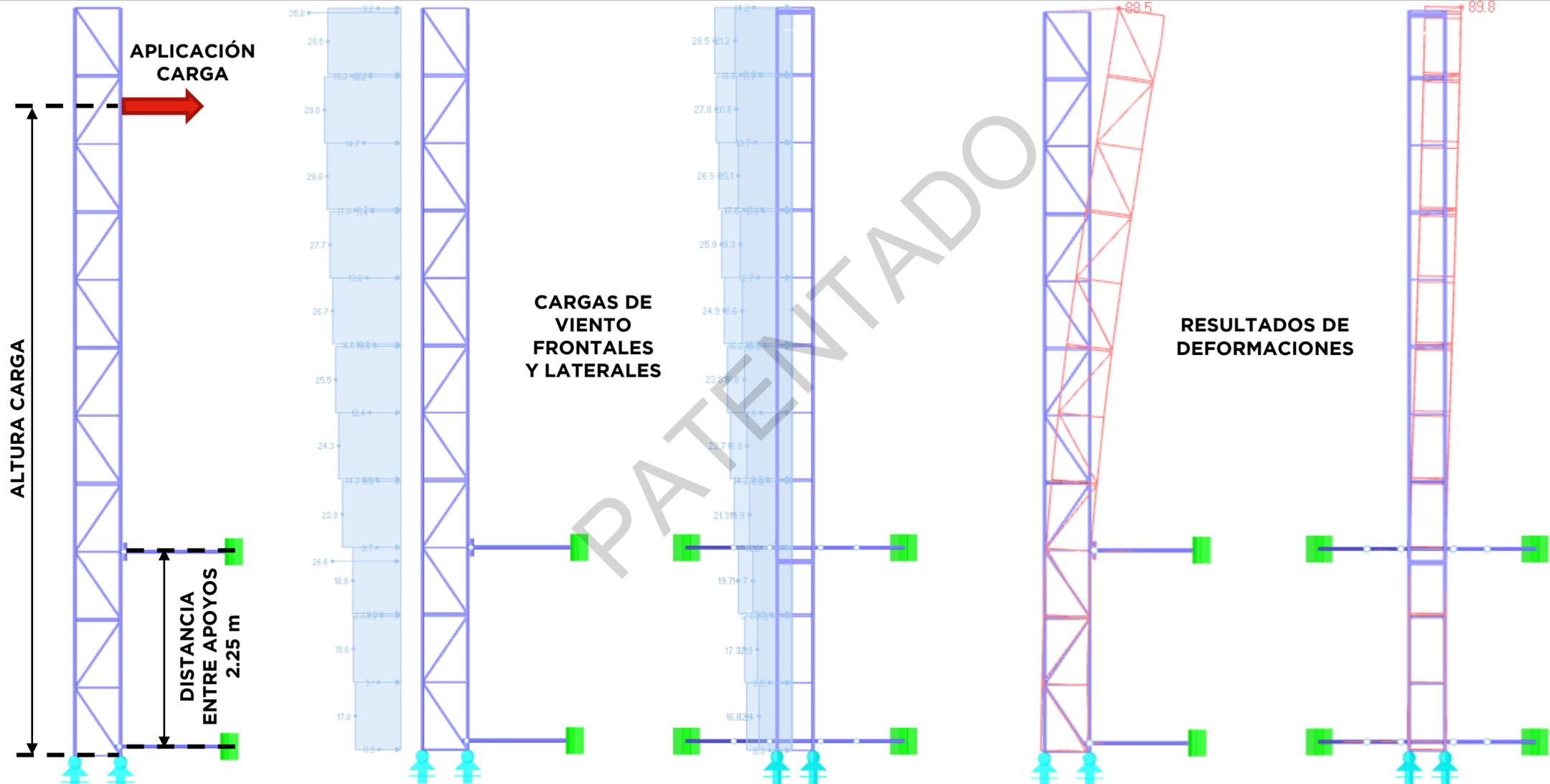
- Resumen de casos:
  - **Caso 1:** Mástil de 5 módulos más tramo final, con arriostamiento superior a 2.25m
  - **Caso 2:** Mástil de 5 módulos más tramo final, con arriostamiento superior a 2.63m
  - **Caso 3:** Mástil de 5 módulos más tramo final, con arriostamiento superior a 3.00m
  - **Caso 4:** Mástil de 8 módulos más tramo final, con arriostamiento superior a 4.50m
  - **Caso 5:** Mástil de 8 módulos más tramo final, con arriostamiento superior a 6.00m
  - **Caso 6:** Doble mástil de 5 módulos más tramo final, con arriostamiento superior a 2.25m
  - **Carga de viento ELU:** Cada uno de los casos anteriores solicitados de cargas de viento para Estado Límite Último (ELU)
  - **Casos singulares:** Variantes de casos anteriores para evaluar cambios concretos

CASO 1

**RESULTADOS**

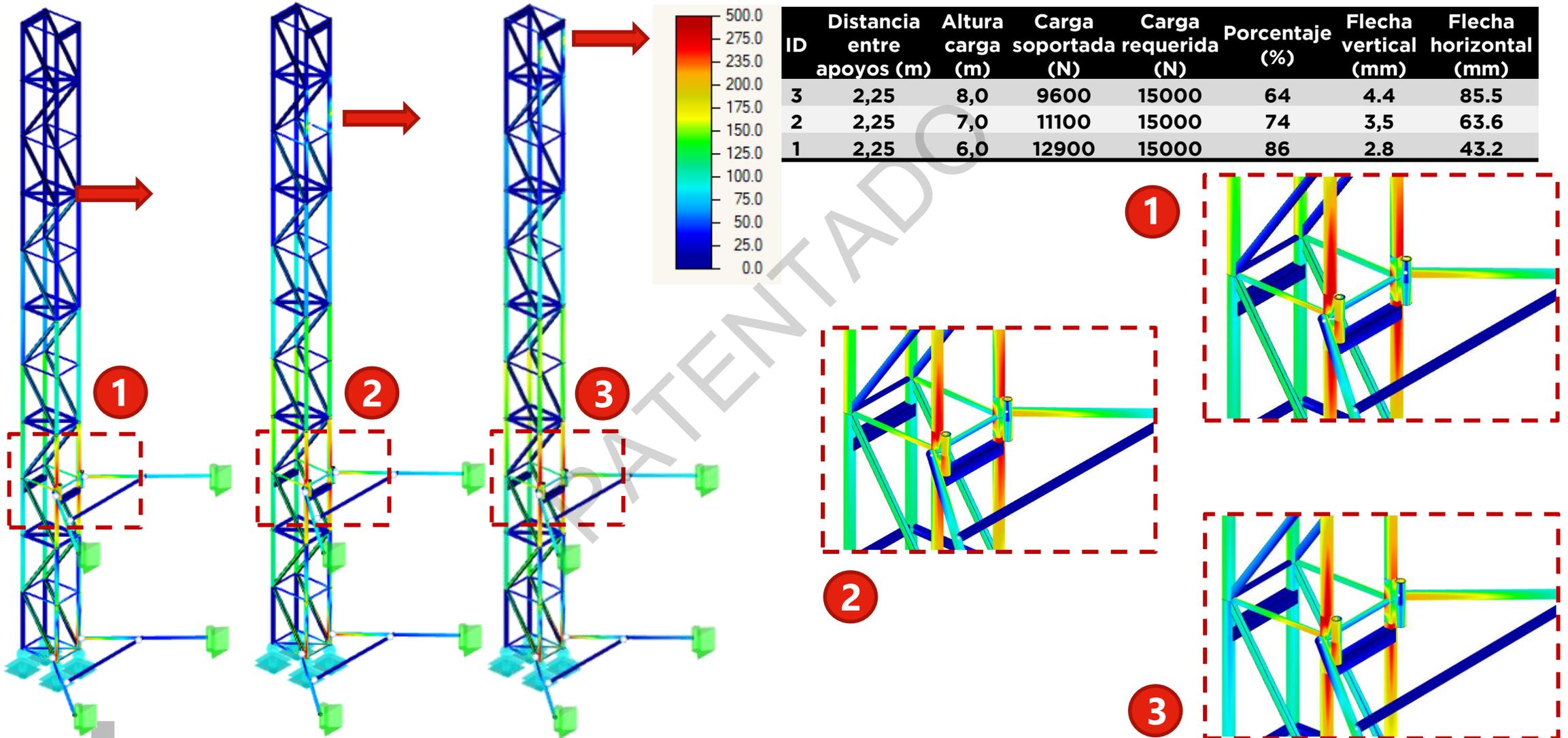
PROTEGIDO

# Resultados - Caso 1



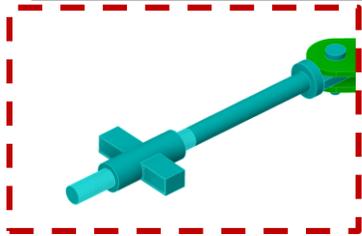
Esquema de cargas y resultados de deformaciones

## Resultados - Caso 1

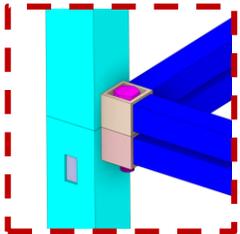


Carga admisible y resultados de tensiones equivalentes (Von Mises)

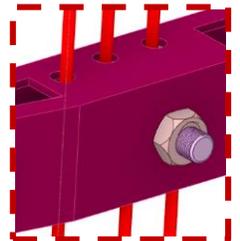
## Resultados - Caso 1



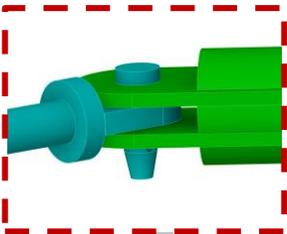
TORNILLO PARED	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	2,25	8,0	9600	0	106560	-	15093	71040	-	0,212	OK
	2,25	7,0	11100	0	106560	-	15292	71040	-	0,215	OK
	2,25	6,0	12900	0	106560	-	15298	71040	-	0,215	OK



TORNILLO UNIÓN MÓDULOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	2,25	8,0	9600	48530	81430	194527	240	54287	9608	0,430	OK
	2,25	7,0	11100	45090	81430	194527	240	54287	9608	0,400	OK
	2,25	6,0	12900	40520	81430	194527	240	54287	9608	0,360	OK



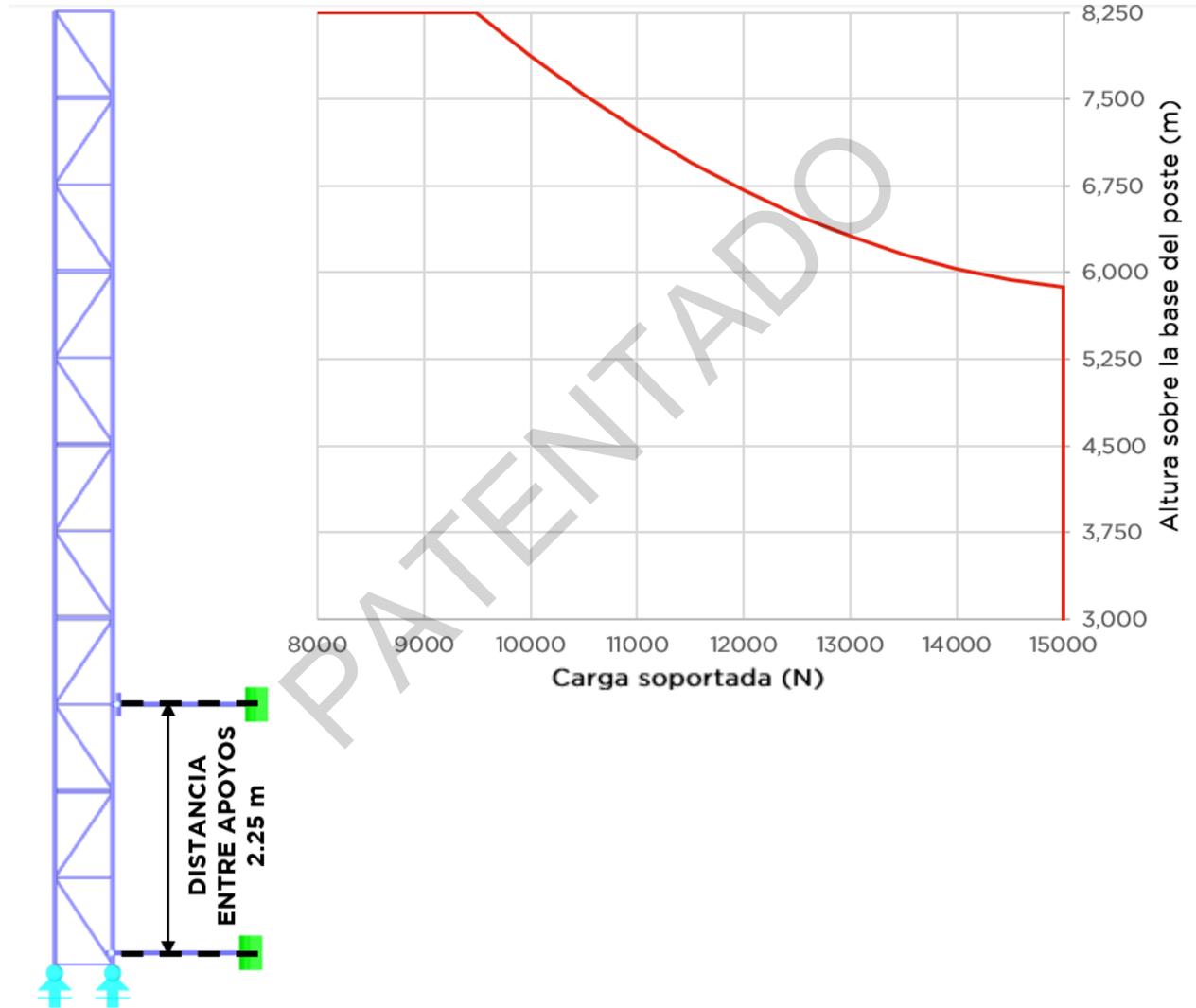
TORNILLO CARRO	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	2,25	8,0	9600	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	2,25	7,0	11100	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	2,25	6,0	12900	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK



BULÓN ARRIOSTRAMIENTOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Rd,ELS}$ (N)	$M_{Ed,ELS}$ (N.m)	$M_{Rd,ELS}$ (N.m)	$\sigma_{H,ELS}$ (Mpa)	Presión local de contacto	Resultado
	2,25	8,0	9600	23480	11740	21120	32285	77208	648,43	0,943	OK
	2,25	7,0	11100	23790	11895	21120	32711	77208	652,70	0,949	OK
	2,63	6,0	12900	23800	11900	21120	32725	77208	652,84	0,950	OK

### Comprobación Elementos Unión (EC3)

## Resultados - Caso 1



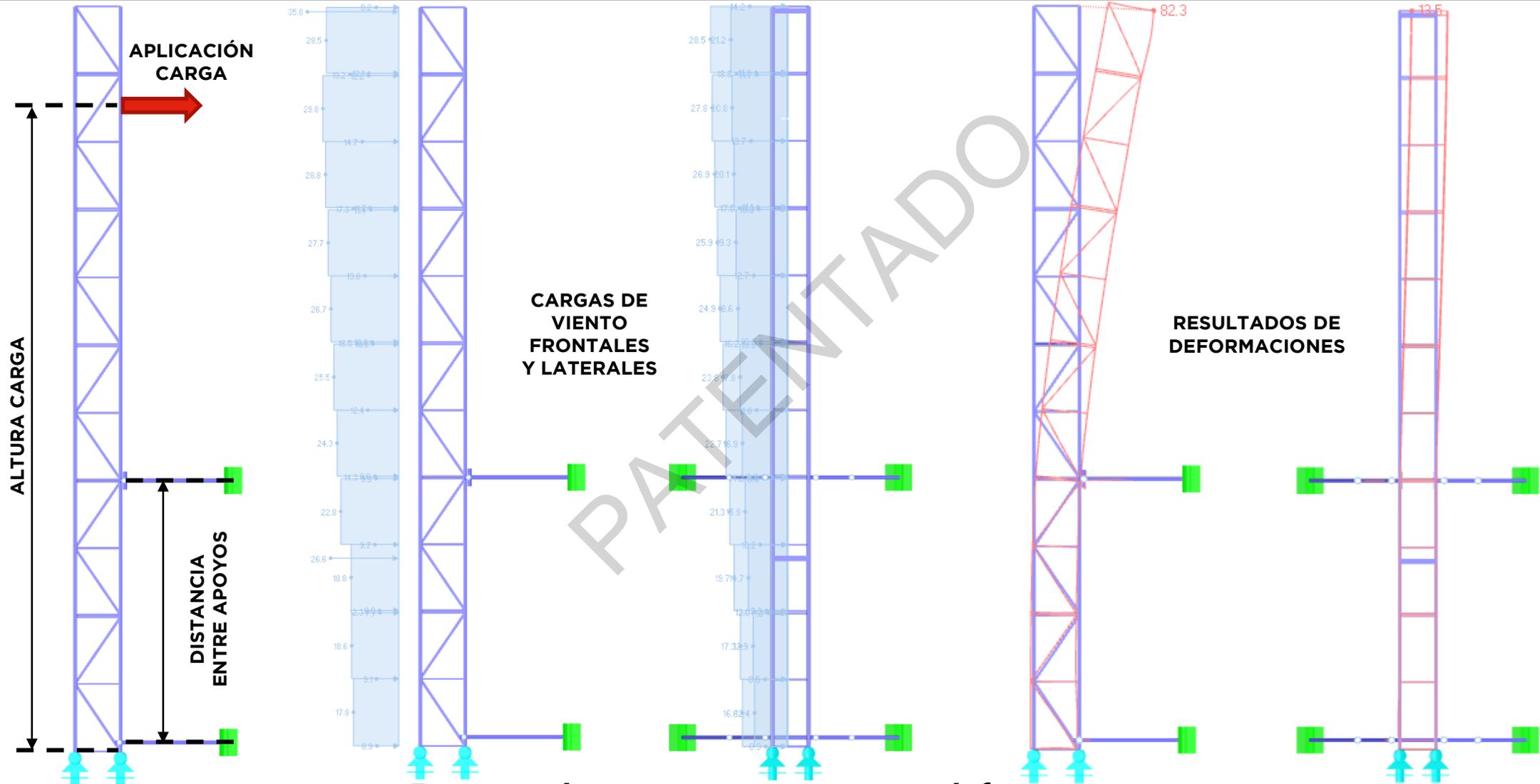
Gráfica de carga-altura de aplicación

## CASO 3

# RESULTADOS

PROTEGIDO

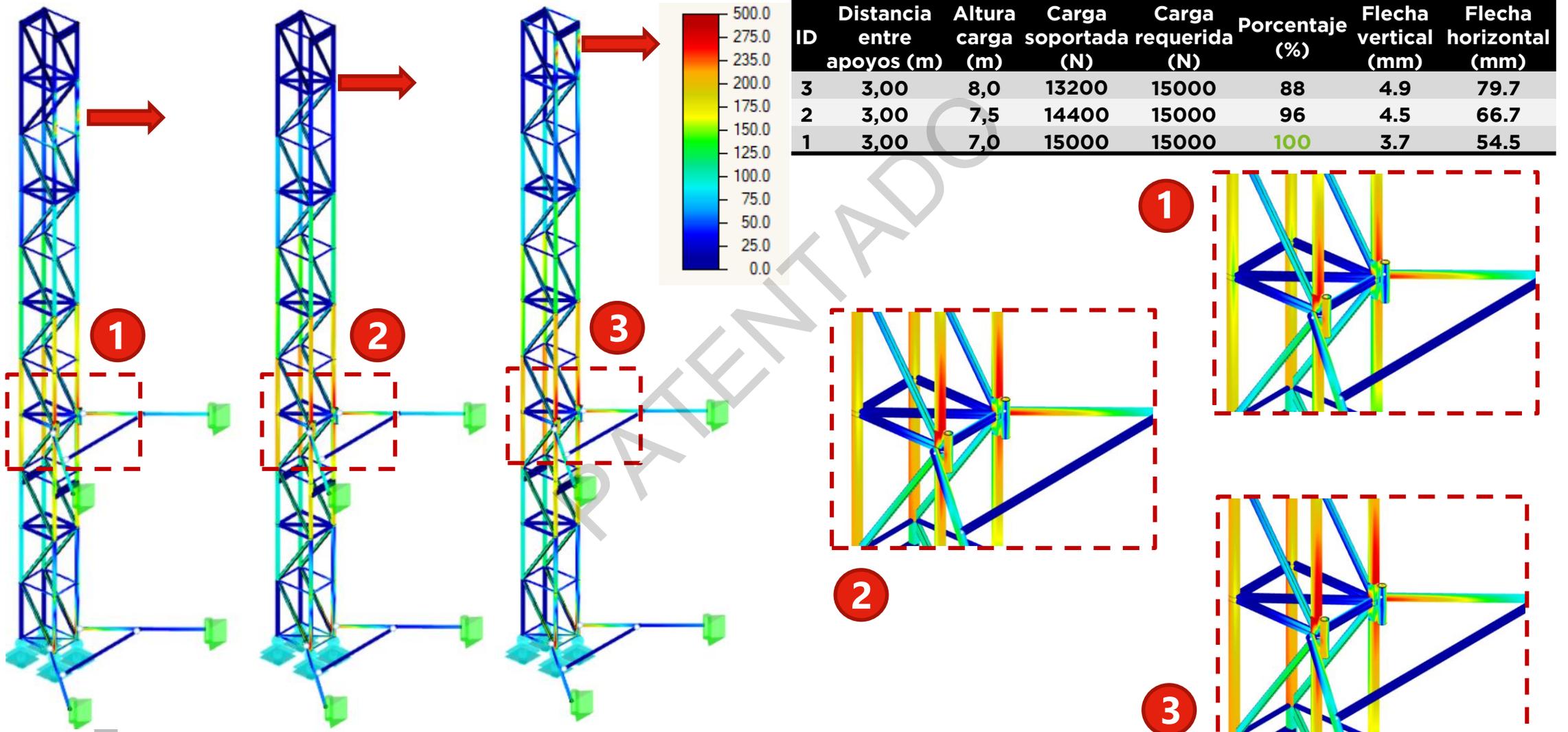
# Resultados - Caso 3



Esquema de cargas y resultados de deformaciones

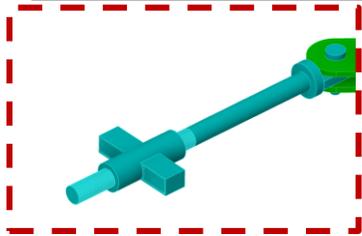
PATENTADO

## Resultados - Caso 3

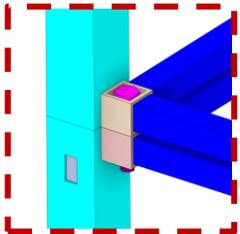


Carga admisible y resultados de tensiones equivalentes (Von Mises)

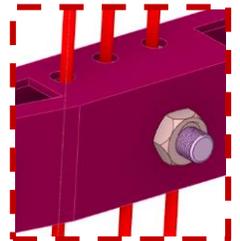
## Resultados - Caso 3



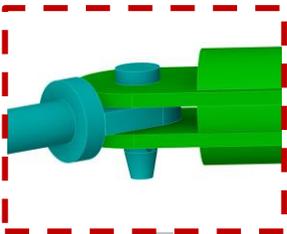
TORNILLO PARED	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	3,00	8,0	13200	0	106560	-	15305	71040	-	0,215	OK
	3,00	7,5	14400	0	106560	-	15375	71040	-	0,216	OK
	3,00	7,0	15000	0	106560	-	15761	71040	-	0,222	OK



TORNILLO UNIÓN MÓDULOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	3,00	8,0	13200	66190	81430	194527	250	54287	9608	0,585	OK
	3,00	7,5	14400	65300	81430	194527	260	54287	9608	0,578	OK
	3,00	7,0	15000	60340	81430	194527	270	54287	9608	0,534	OK



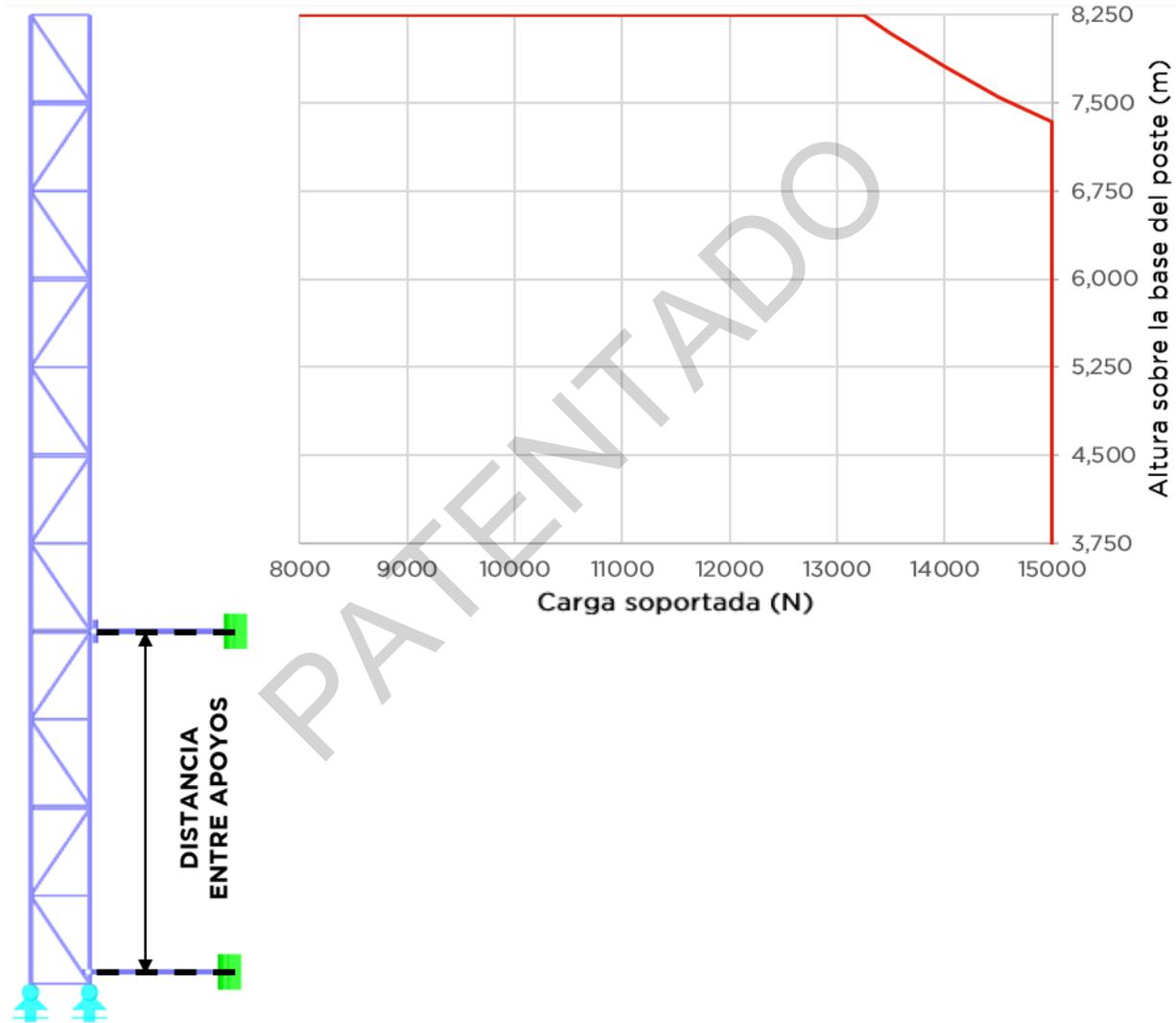
TORNILLO CARRO	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	3,00	8,0	13200	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	3,00	7,5	14400	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	3,00	7,0	15000	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK



BULÓN ARRIOSTRAMIENTOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Rd,ELS}$ (N)	$M_{Ed,ELS}$ (N.m)	$M_{Rd,ELS}$ (N.m)	$\sigma_{H,ELS}$ (Mpa)	Presión local de contacto	Resultado
	3,00	8,0	13200	23810	11905	21120	32739	77208	652,98	0,950	OK
	3,00	7,5	14400	23920	11960	21120	32890	77208	654,48	0,952	OK
	3,00	7,0	15000	24520	12260	21120	33715	77208	662,64	0,964	OK

### Comprobación Elementos Unión (EC3)

## Resultados - Caso 3



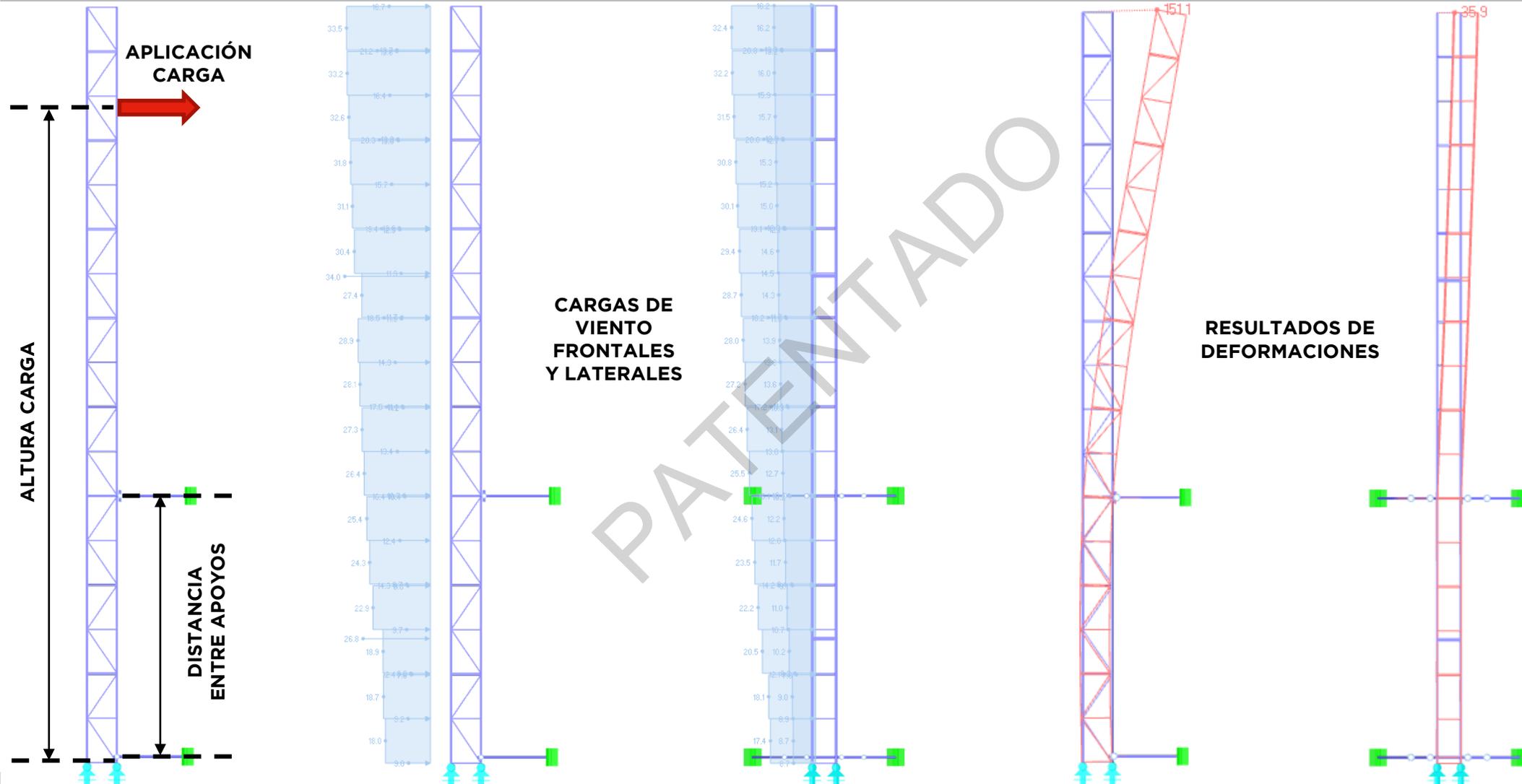
Gráfica de carga-altura de aplicación

## CASO 4

# RESULTADOS

PROTECTORADO

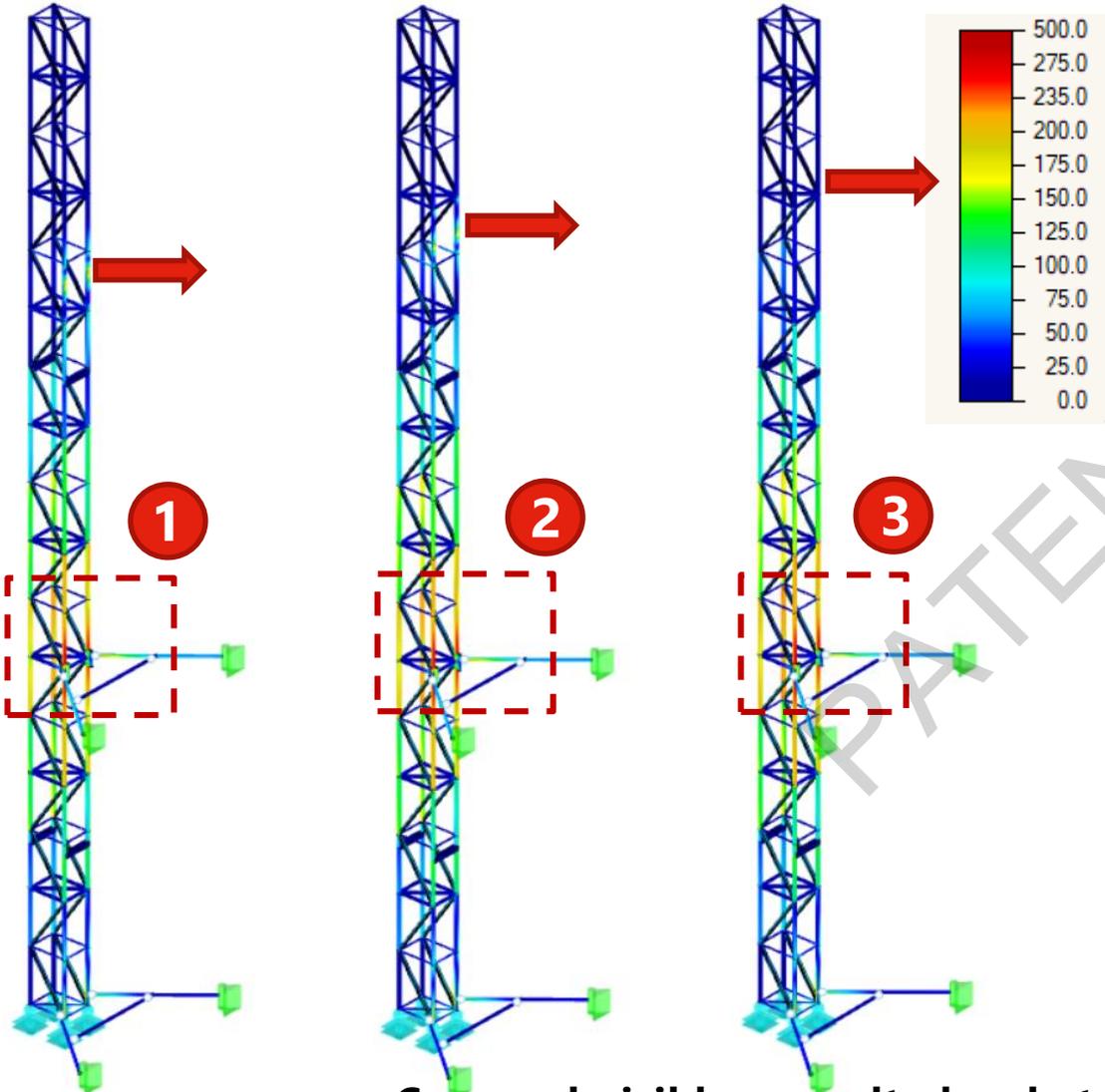
# Resultados - Caso 4



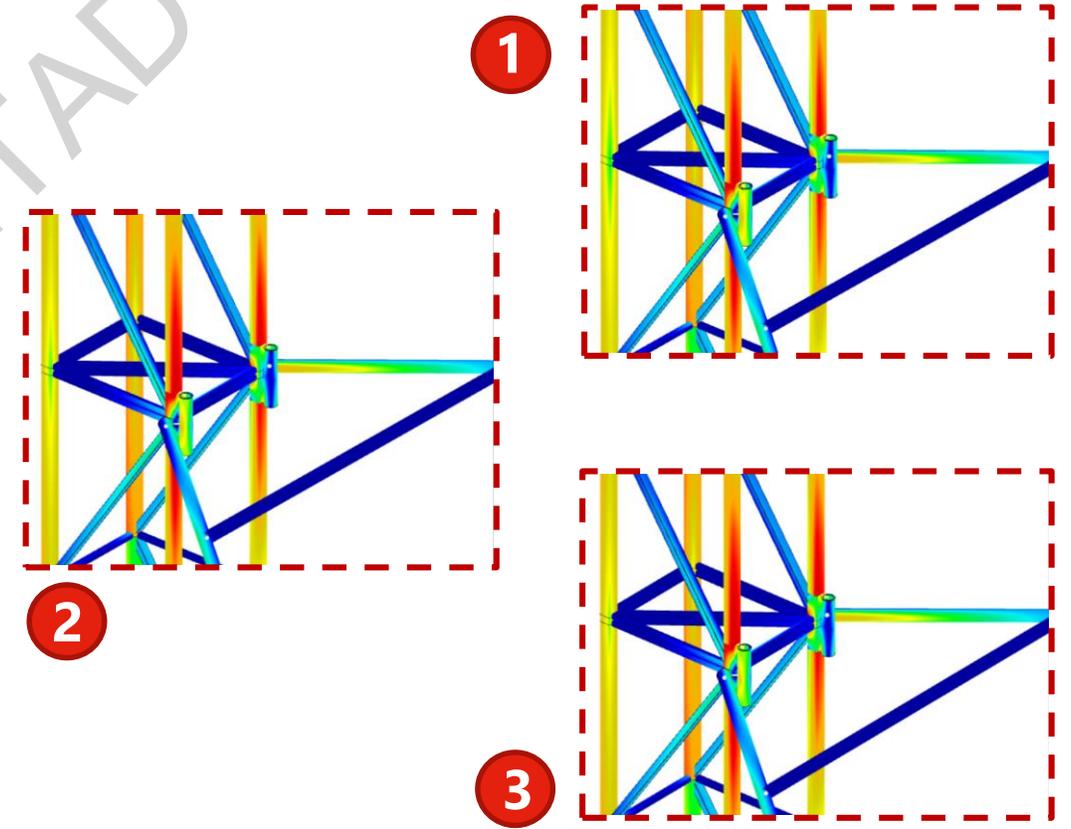
Esquema de cargas y resultados de deformaciones

PATENTADO

## Resultados - Caso 4

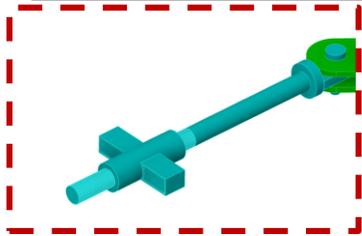


ID	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga soportada (N)	Carga requerida (N)	Porcentaje (%)	Flecha vertical (mm)	Flecha horizontal (mm)
3	4,50	10,5	10800	15000	72	6.0	104,3
2	4,50	10,0	11700	15000	78	5.6	92.8
1	4,50	9,5	12600	15000	84	5.1	80.3

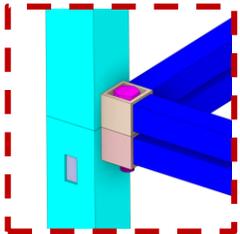


Carga admisible y resultados de tensiones equivalentes (Von Mises)

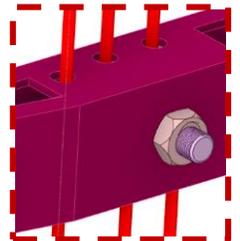
## Resultados - Caso 4



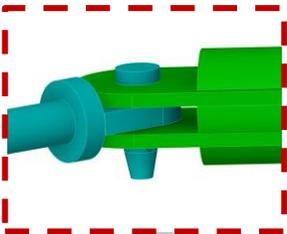
TORNILLO PARED	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	4,50	10,5	10800	0	106560	-	11300	71040	-	0,159	OK
	4,50	10,0	11700	0	106560	-	11667	71040	-	0,164	OK
	4,50	9,5	12600	0	106560	-	11962	71040	-	0,168	OK



TORNILLO UNIÓN MÓDULOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	4,50	10,5	10800	67180	81430	194527	230	54287	9608	0,594	OK
	4,50	10,0	11700	66850	81430	194527	250	54287	9608	0,591	OK
	4,50	9,5	12600	65720	81430	194527	260	54287	9608	0,581	OK



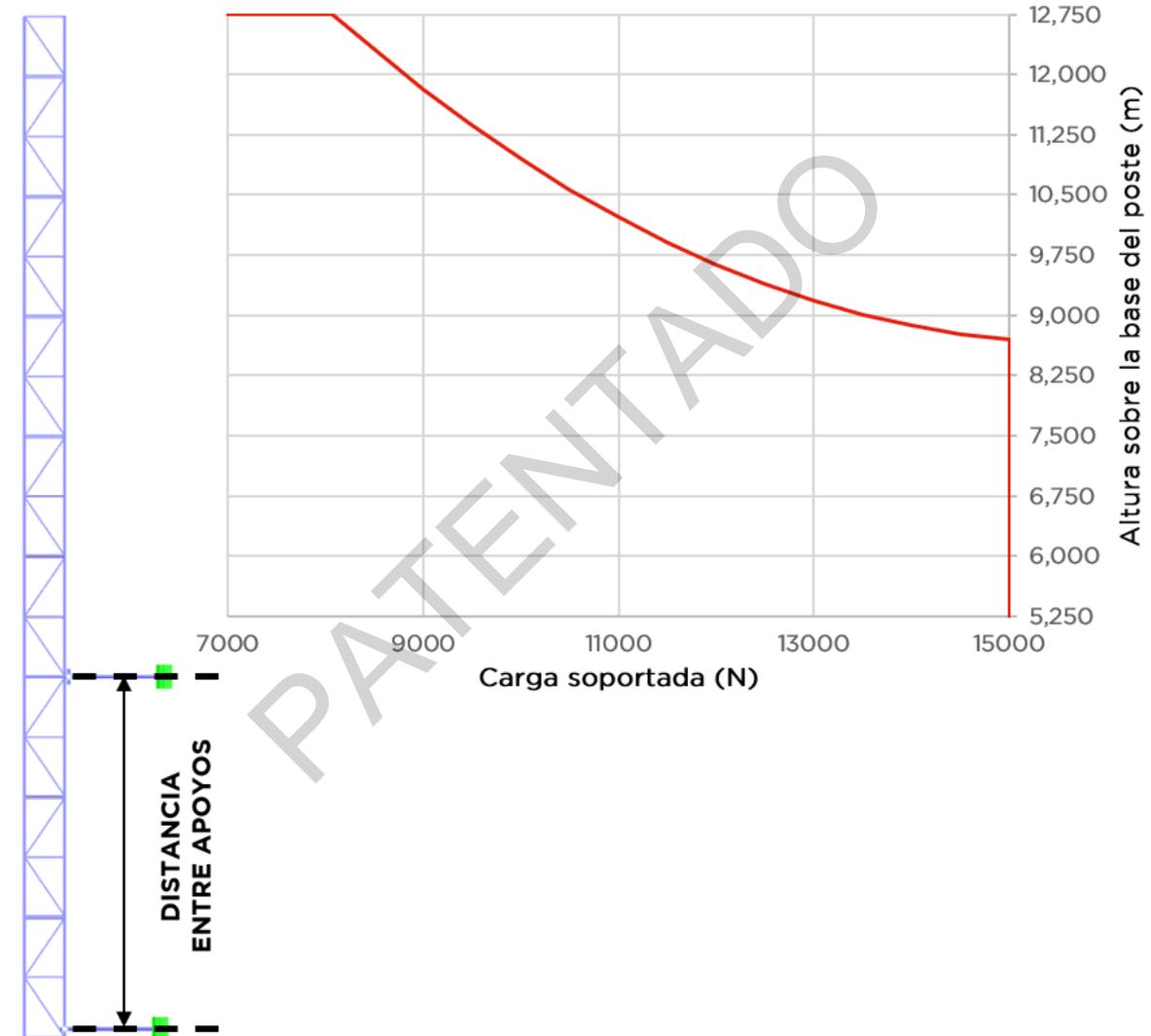
TORNILLO CARRO	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	4,50	10,5	10800	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	4,50	10,0	11700	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	4,50	9,5	12600	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK



BULÓN ARRIOSTRAMIENTOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Rd,ELS}$ (N)	$M_{Ed,ELS}$ (N.m)	$M_{Rd,ELS}$ (N.m)	$\sigma_{H,ELS}$ (Mpa)	Presión local de contacto	Resultado
	4,50	10,5	10800	17580	8790	21120	24173	77208	561,08	0,816	OK
	4,50	10,0	11700	18150	9075	21120	24956	77208	570,11	0,829	OK
	4,50	9,5	12600	18610	9305	21120	25589	77208	577,29	0,840	OK

### Comprobación Elementos Unión (EC3)

## Resultados - Caso 4



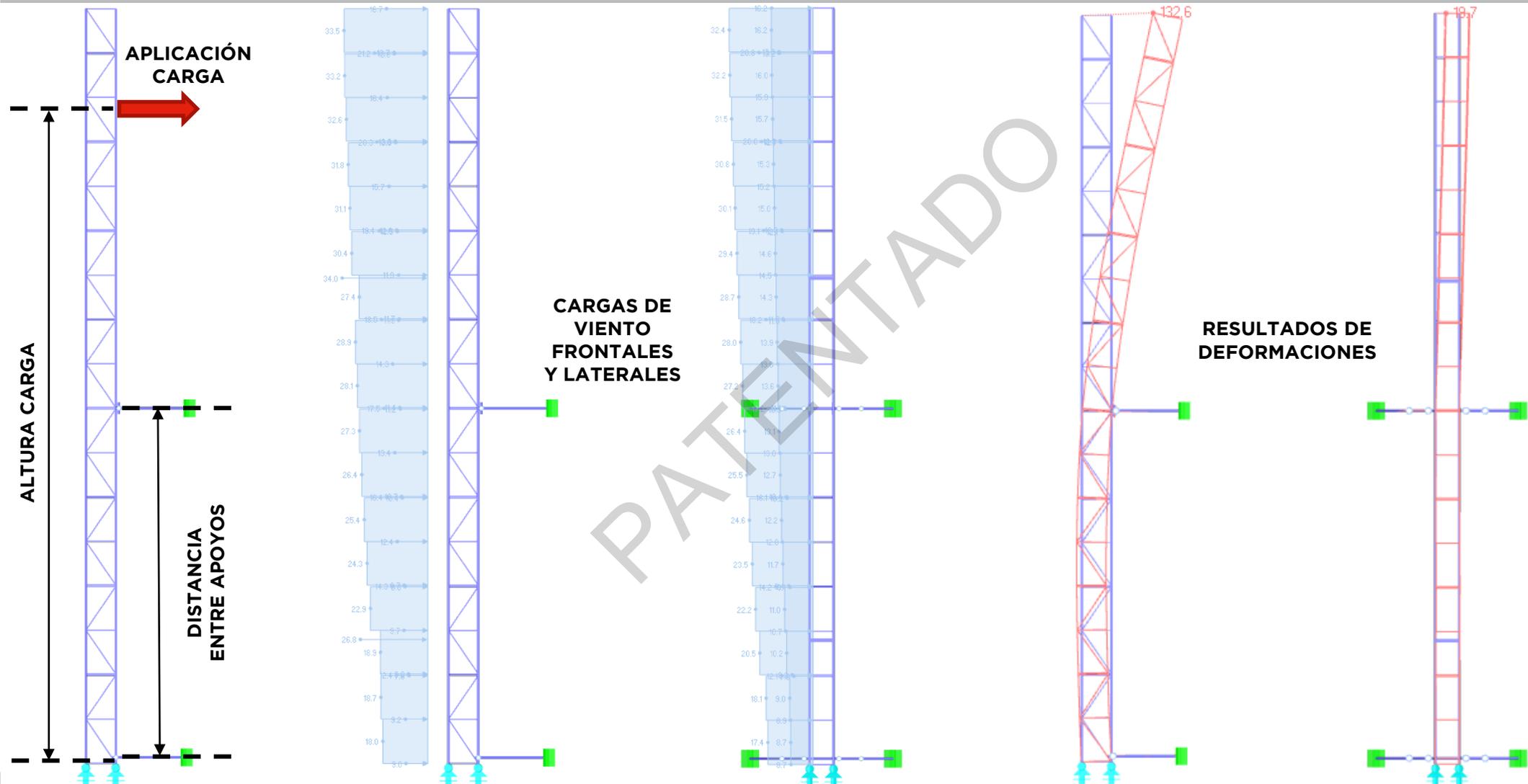
Esquema de cargas y resultados de deformaciones

## CASO 5

# RESULTADOS

PROTECTORADO

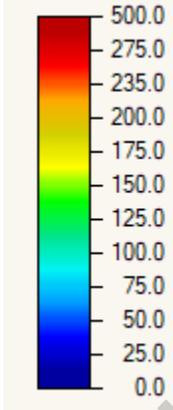
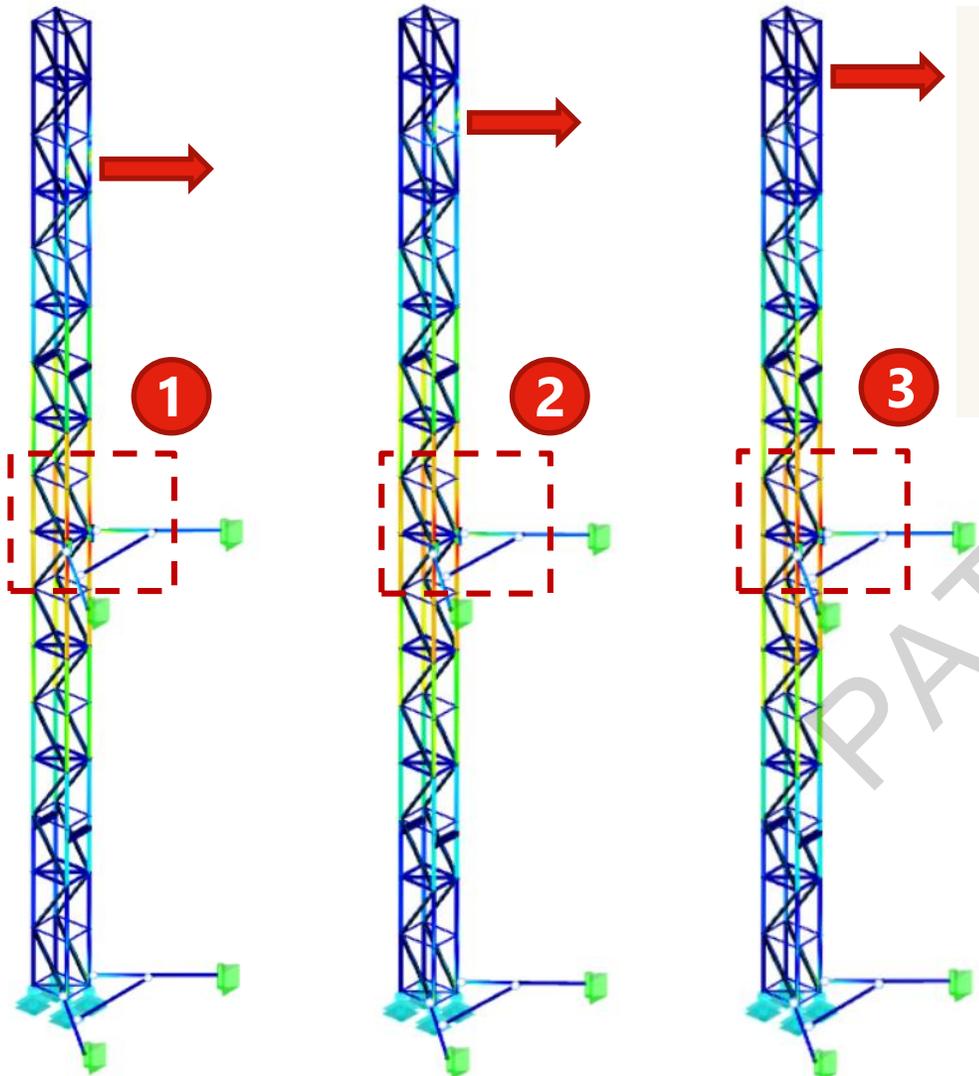
# Resultados - Caso 5



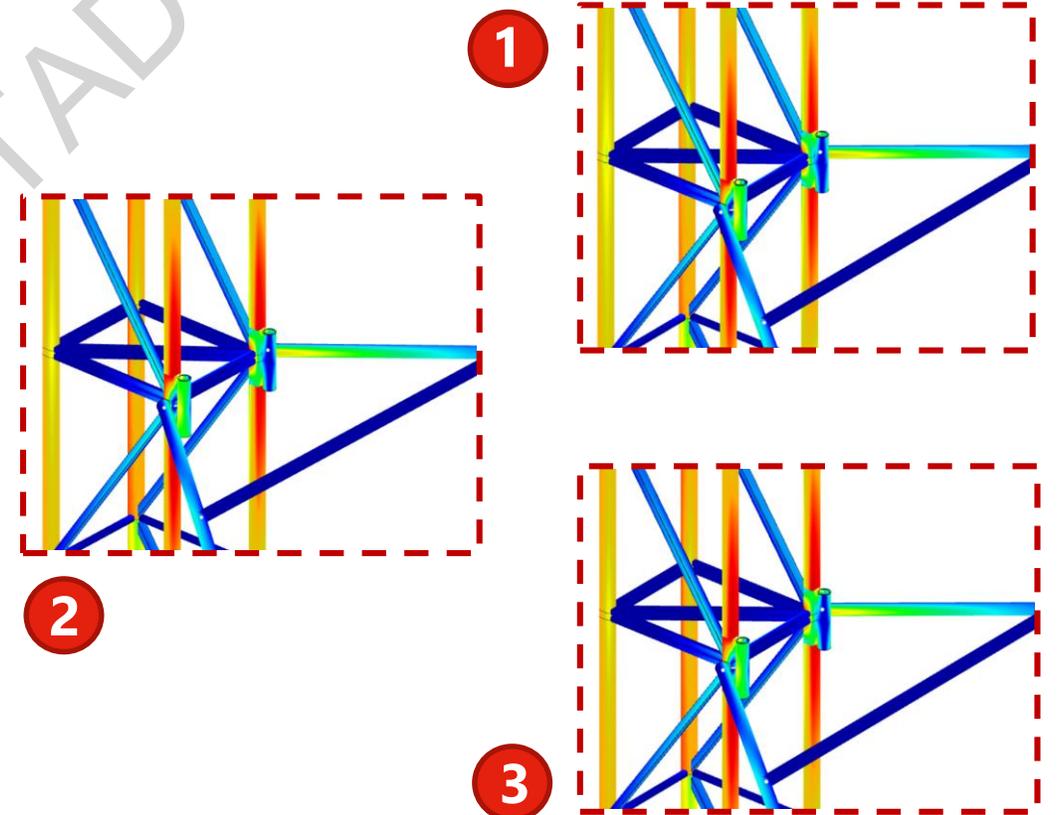
Esquema de cargas y resultados de deformaciones

PATENTADO

## Resultados - Caso 5

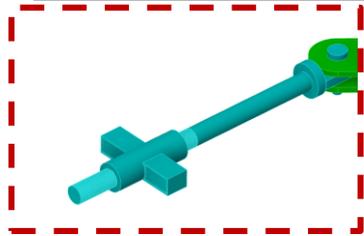


ID	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga soportada (N)	Carga requerida (N)	Porcentaje (%)	Flecha vertical (mm)	Flecha horizontal (mm)
3	6,00	12,0	11100	15000	74	6.3	115.6
2	6,00	11,5	12000	15000	80	5.7	102.6
1	6,00	11,0	12900	15000	86	5.3	88.8

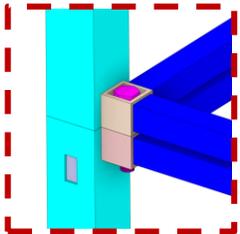


Carga admisible y resultados de tensiones equivalentes (Von Mises)

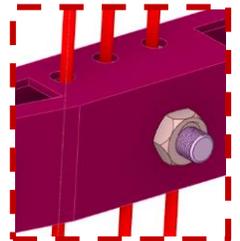
## Resultados - Caso 5



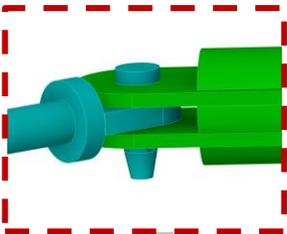
TORNILLO PARED	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	6,00	12,0	11100	0	106560	-	9835	71040	-	0,138	OK
	6,00	11,5	12000	0	106560	-	10201	71040	-	0,144	OK
	6,00	11,0	12900	0	106560	-	10503	71040	-	0,148	OK



TORNILLO UNIÓN MÓDULOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	6,00	12,0	11100	67940	81430	194527	230	54287	9608	0,600	OK
	6,00	11,5	12000	67380	81430	194527	220	54287	9608	0,595	OK
	6,00	11,0	12900	66030	81430	194527	210	54287	9608	0,583	OK



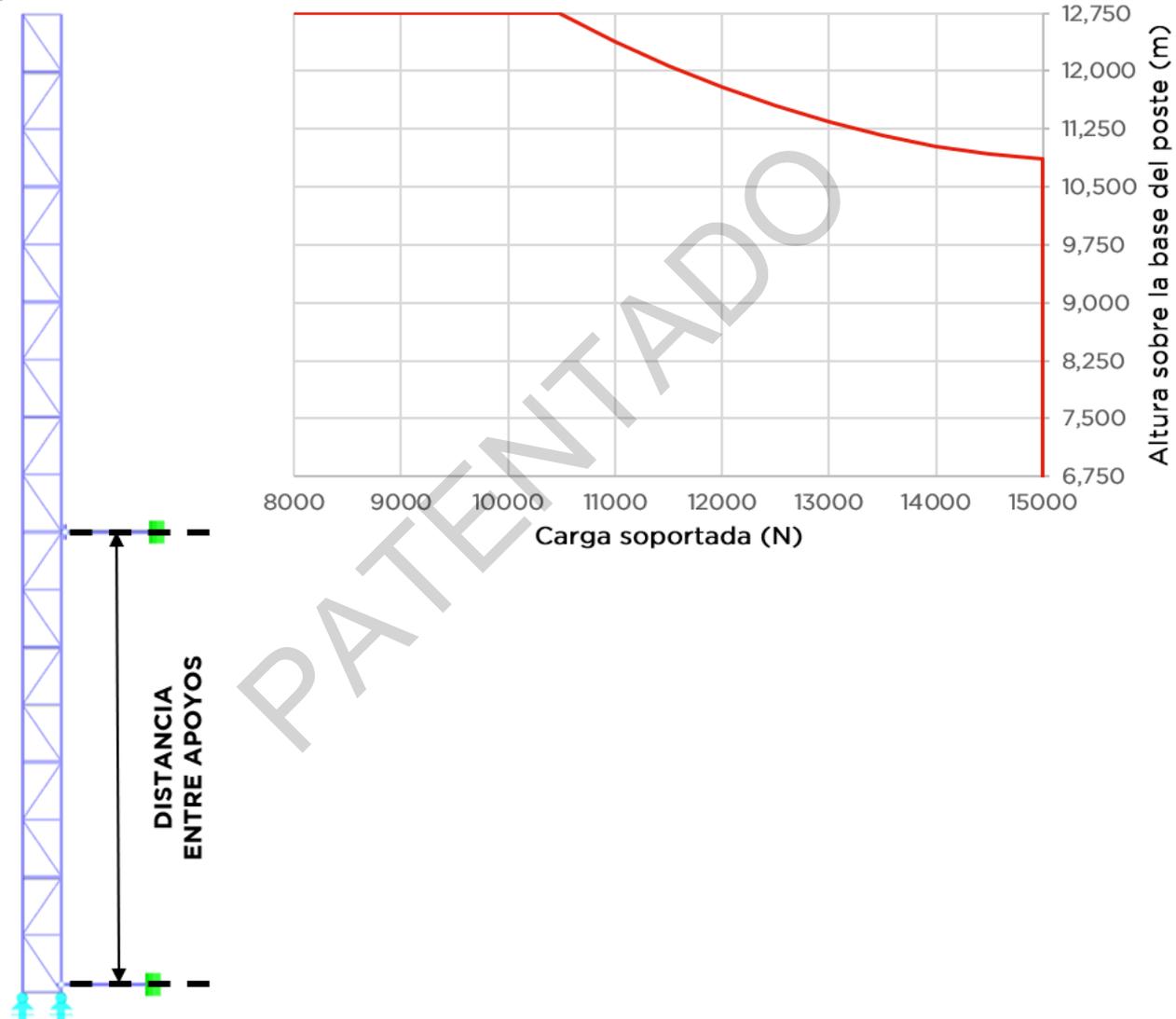
TORNILLO CARRO	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	6,00	12,0	11100	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	6,00	11,5	12000	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	6,00	11,0	12900	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK



BULÓN ARRIOSTRAMIENTOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Rd,ELS}$ (N)	$M_{Ed,ELS}$ (N.m)	$M_{Rd,ELS}$ (N.m)	$\sigma_{H,ELS}$ (Mpa)	Presión local de contacto	Resultado
	6,00	12,0	11100	15300	7650	21120	21038	77208	523,44	0,761	OK
	6,00	11,5	12000	15870	7935	21120	21821	77208	533,10	0,775	OK
	6,00	11,0	12900	16340	8170	21120	22468	77208	540,93	0,787	OK

### Comprobación Elementos Unión (EC3)

## Resultados - Caso 5



Esquema de cargas y resultados de deformaciones

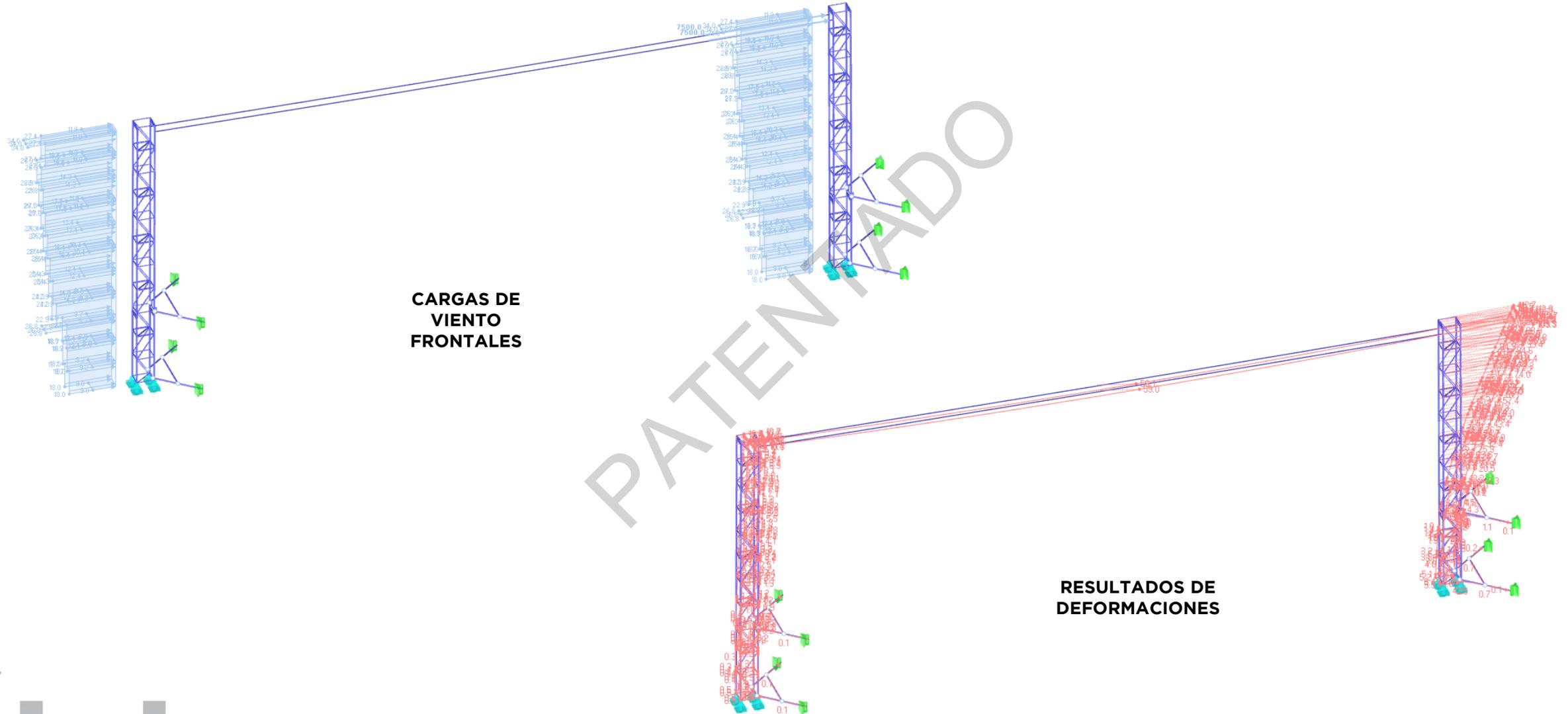
PATENTADO

## CASO 6

# RESULTADOS

PROTECTORADO

## Resultados - Caso 6

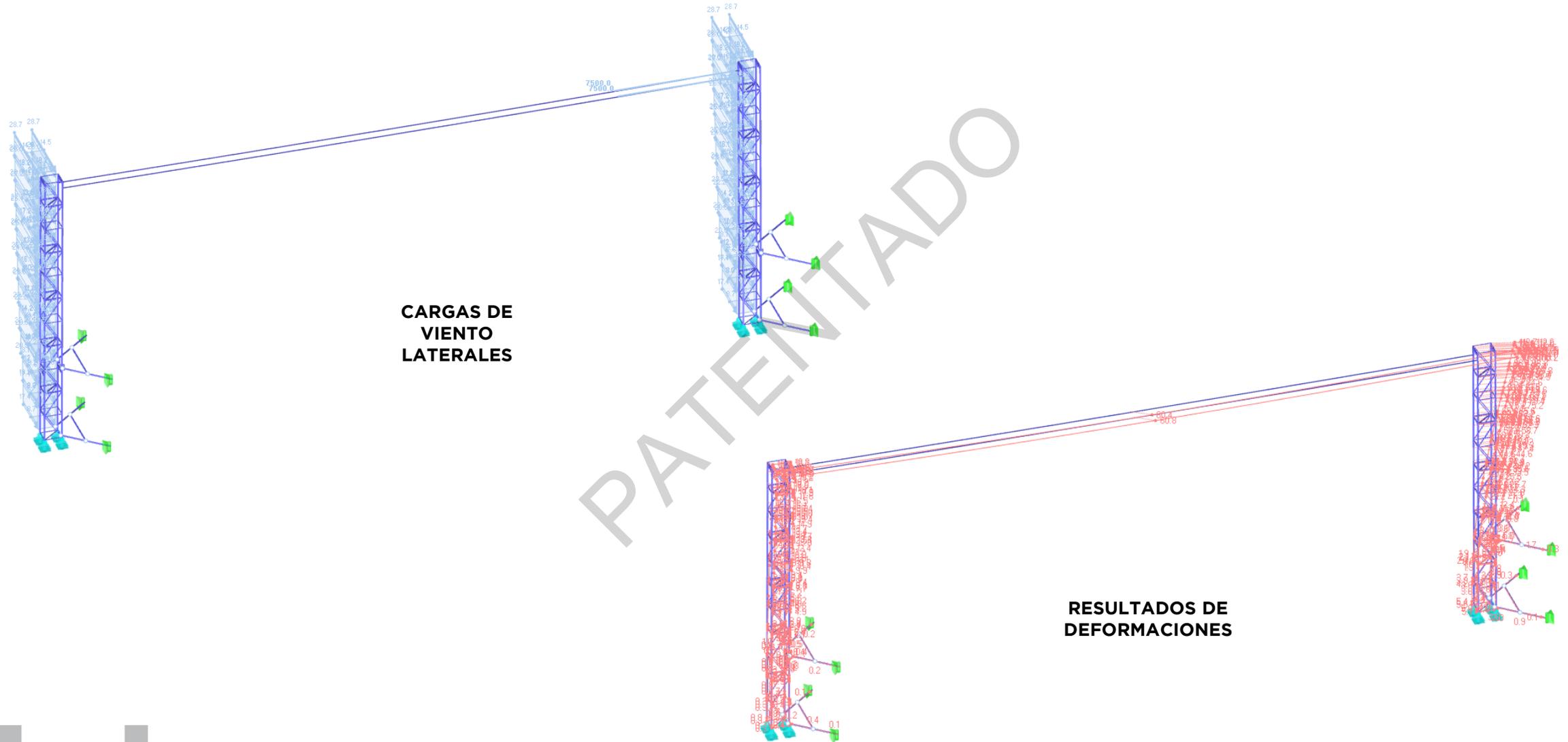


**CARGAS DE VIENTO FRONTALES**

**RESULTADOS DE DEFORMACIONES**

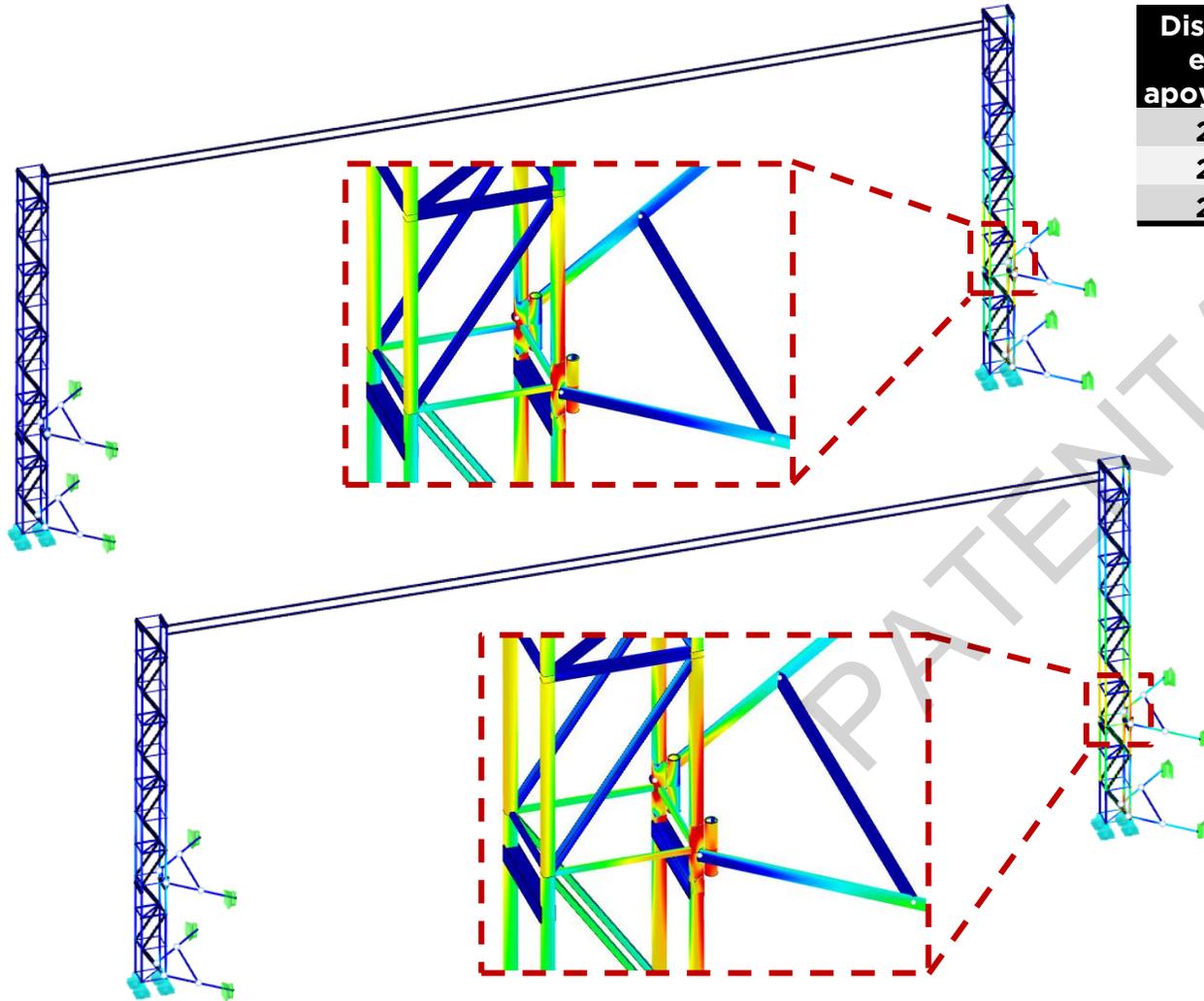
**Esquema de cargas y resultados de deformaciones**

## Resultados - Caso 6



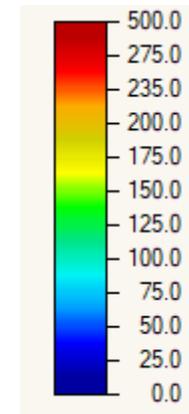
Esquema de cargas y resultados de deformaciones

## Resultados - Caso 6



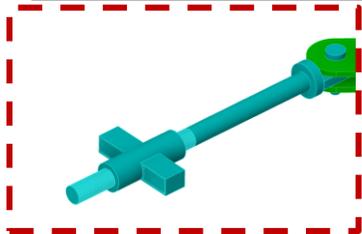
Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga soportada (N)	Carga requerida (N)	Porcentaje (%)	Flecha vertical (mm)	Flecha horizontal (mm)
2,25	8,0	12300	15000	82	7.4	109.2
2,25	7,0	13800	15000	92	5.5	72.0
2,25	6,0	14700	15000	98	4.4	46.8

ESTE ESQUEMA ESTRUCTURAL LLEVA A UN **AUMENTO** DE LA CARGA DE UN 22% RESPECTO AL POSTE LIBRE (CASO 1)

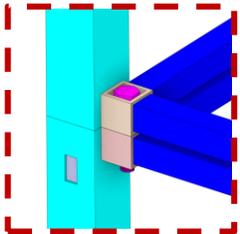


Carga admisible y resultados de tensiones equivalentes (Von Mises)

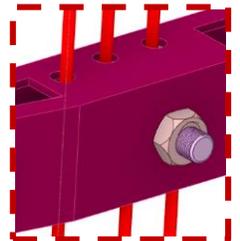
## Resultados - Caso 6



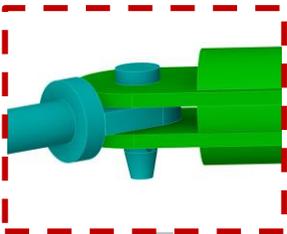
TORNILLO PARED	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	2,25	8,0	12300	0	106560	-	14919	71040	-	0,210	OK
	2,25	7,0	13800	0	106560	-	15003	71040	-	0,211	OK
	2,25	6,0	14700	0	106560	-	15041	71040	-	0,212	OK



TORNILLO UNIÓN MÓDULOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	2,25	8,0	12300	48250	81430	194527	230	54287	9608	0,427	OK
	2,25	7,0	13800	46010	81430	194527	170	54287	9608	0,407	OK
	2,25	6,0	14700	39430	81430	194527	160	54287	9608	0,349	OK



TORNILLO CARRO	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{t,Ed}$	$F_{t,Rd}$	$B_{p,Rd}$	$F_{v,Ed}$	$F_{v,Rd}$	$F_{b,Rd}$	Interaccion Axil-Cortante	Resultado
	2,25	8,0	12300	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	2,25	7,0	13800	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK
	2,25	6,0	14700	0	48557	220464	15000	32371	9608	0,463	OK



BULÓN ARRIOSTRAMIENTOS	Distancia entre apoyos (m)	Altura carga (m)	Carga (N)	$F_{Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Ed,ELS}$ (N)	$F_{b,Rd,ELS}$ (N)	$M_{Ed,ELS}$ (N.m)	$M_{Rd,ELS}$ (N.m)	$\sigma_{H,ELS}$ (Mpa)	Presión local de contacto	Resultado
	2,25	8,0	12300	23210	11605	21120	31914	77208	644,70	0,938	OK
	2,25	7,0	13800	23340	11670	21120	32093	77208	646,50	0,940	OK
	2,25	6,0	14700	23400	11700	21120	32175	77208	647,33	0,942	OK

### Comprobación Elementos Unión (EC3)

## Resultados - Caso 6



PATENTADO

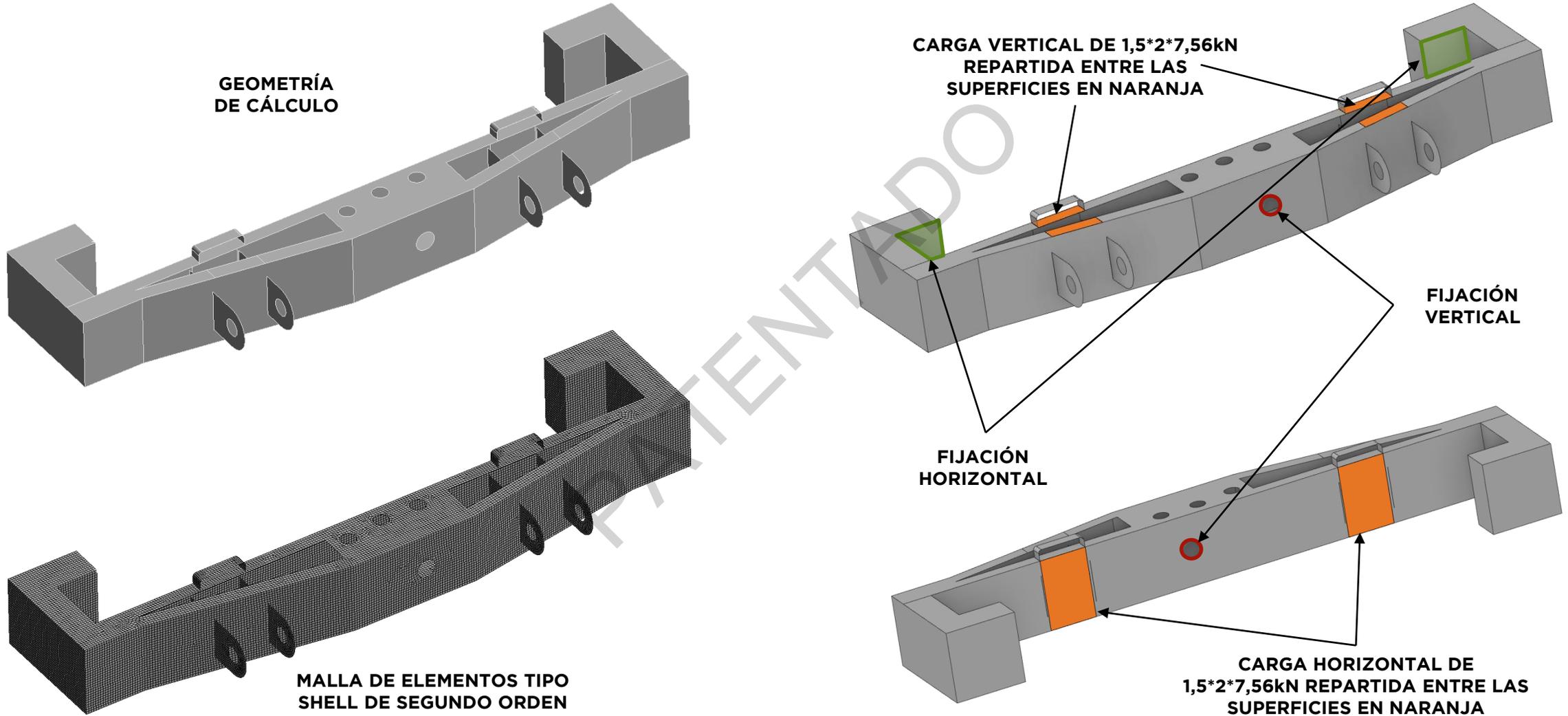
Esquema de cargas y resultados de deformaciones

# SUPERFICIES DE PLASTIFICACIÓN CARRO

## **RESULTADOS**

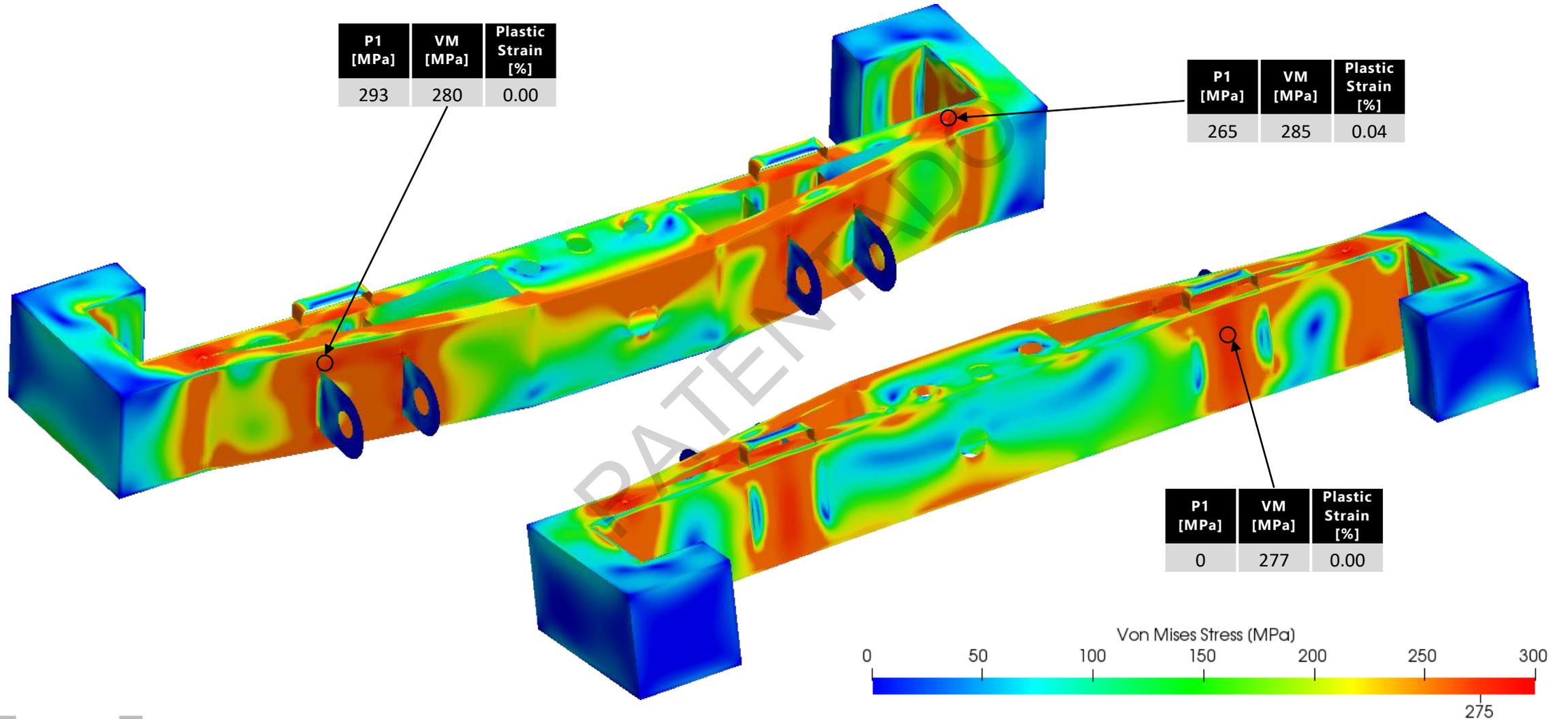
PATENTADO

# Modelo – Carro – Eslinga pasante



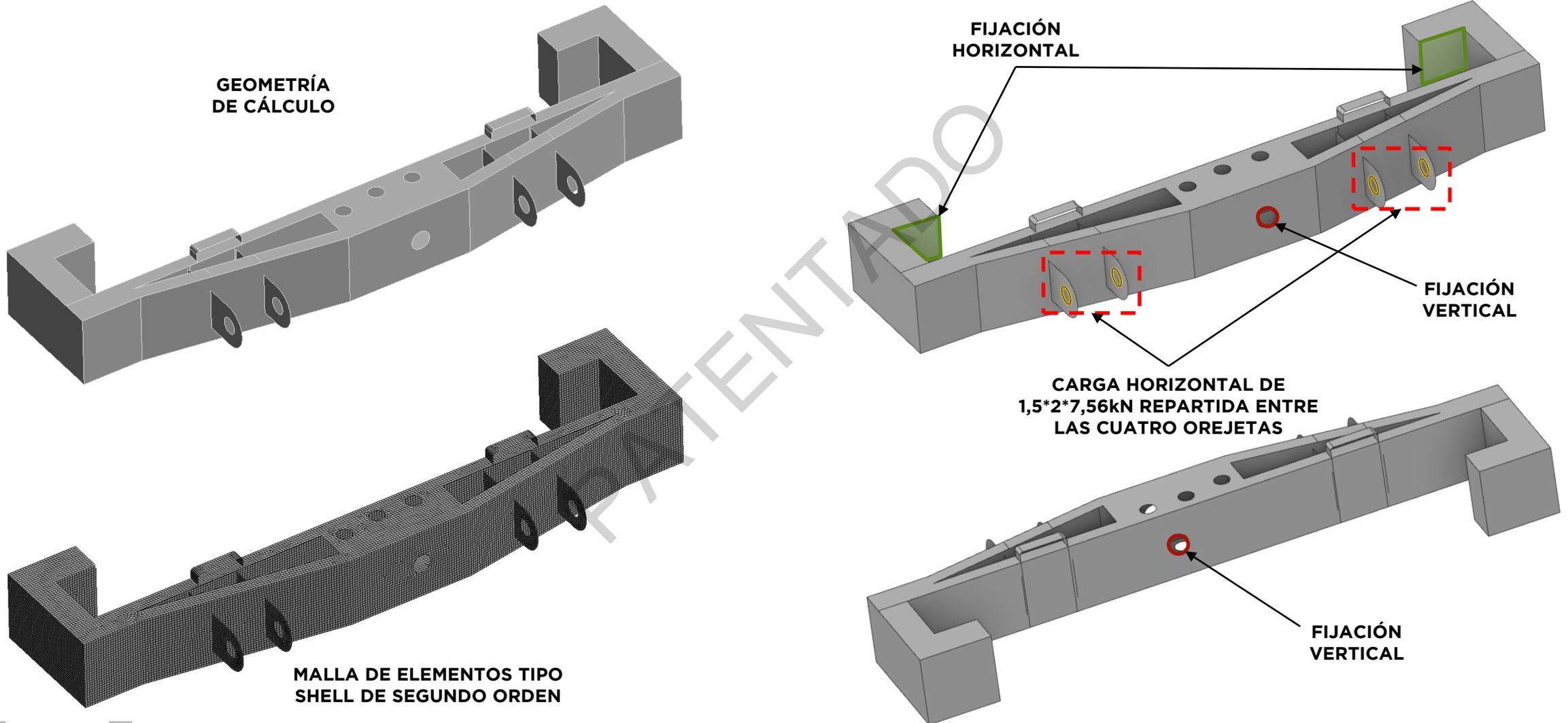
**Geometría, malla y condiciones de contorno**

## Resultados – Superficies de plastificación en el carro



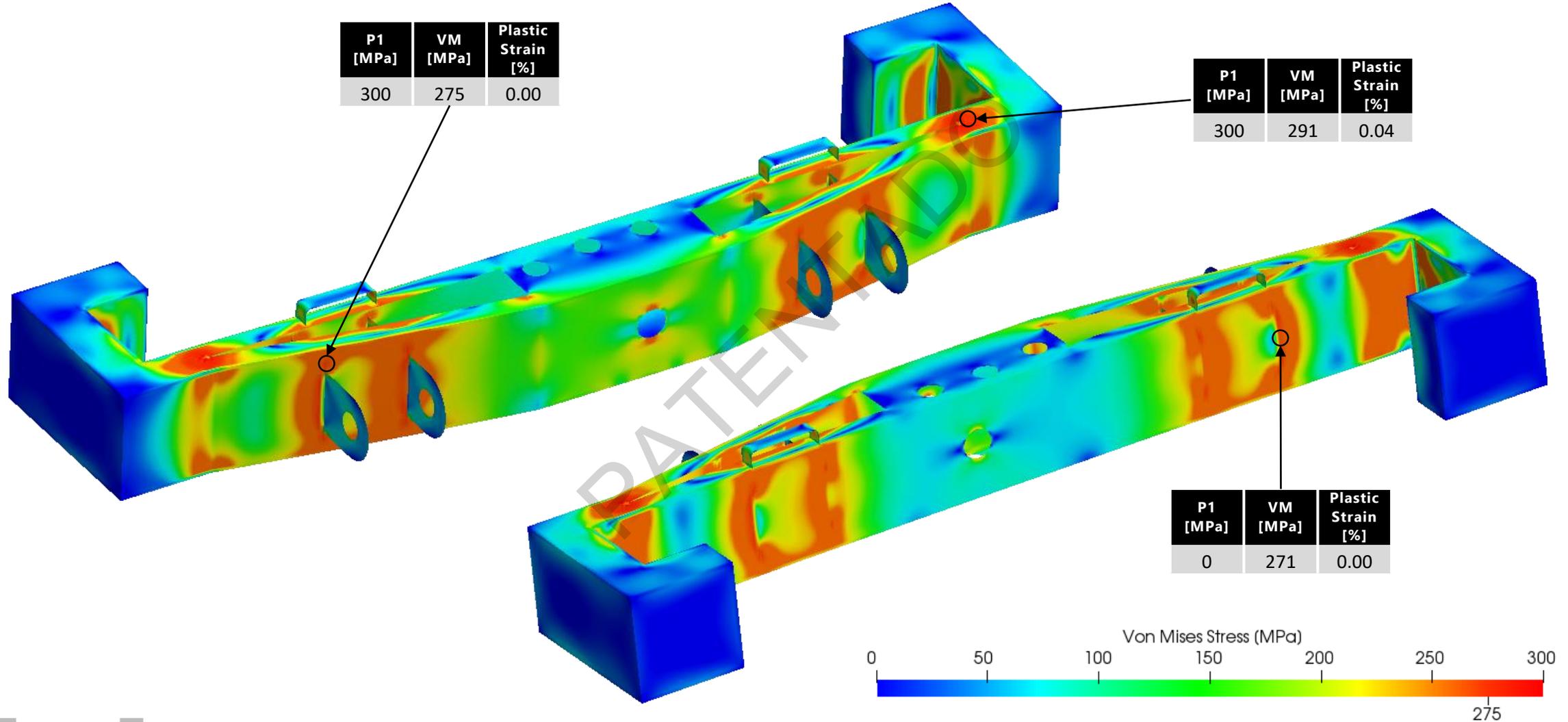
Tensiones equivalentes de Von Mises

# Modelo – Carro – Terminación Eslinga



Geometría, malla y condiciones de contorno

# Resultados – Superficies de plastificación en el carro



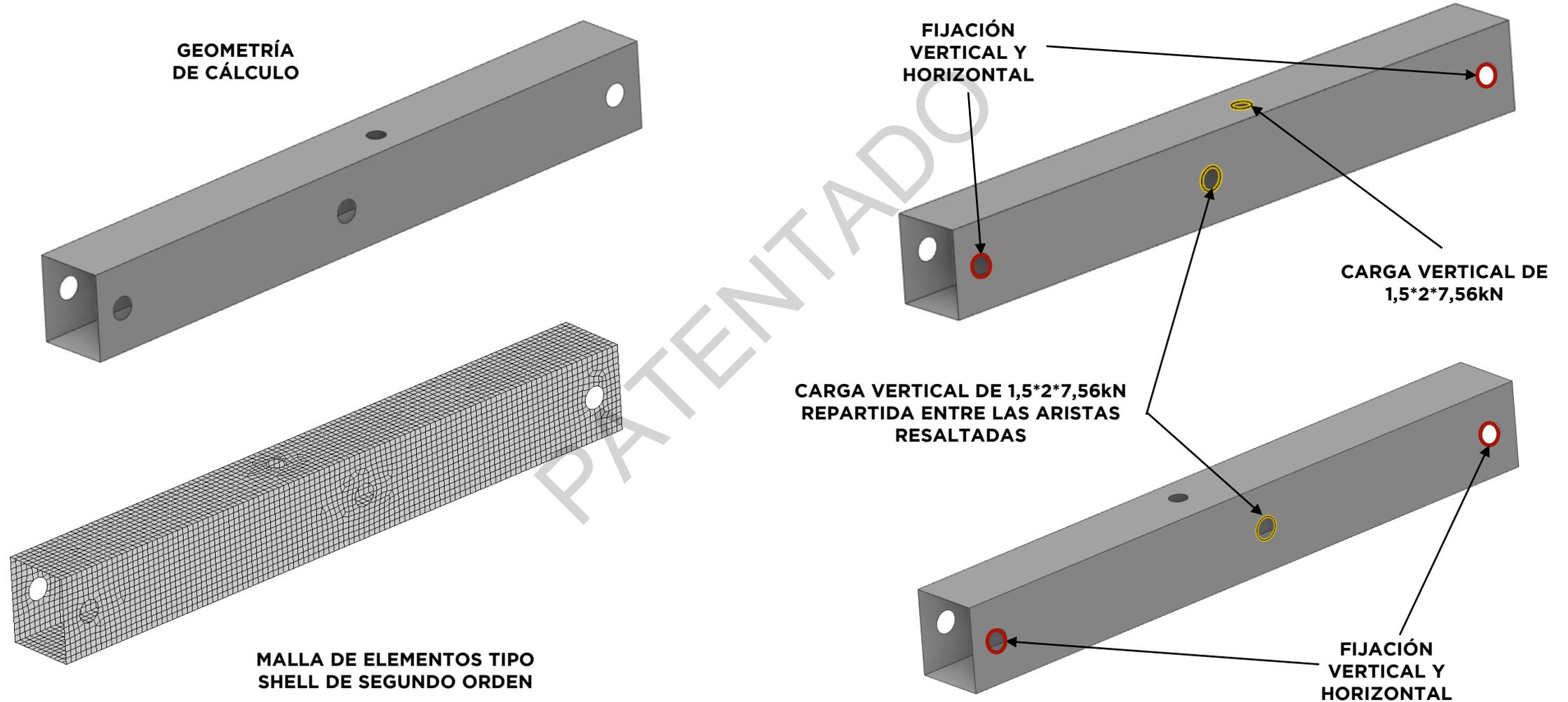
Tensiones equivalentes de Von Mises

SUPERFICIES DE PLASTIFICACIÓN TOPE SUP.

**RESULTADOS**

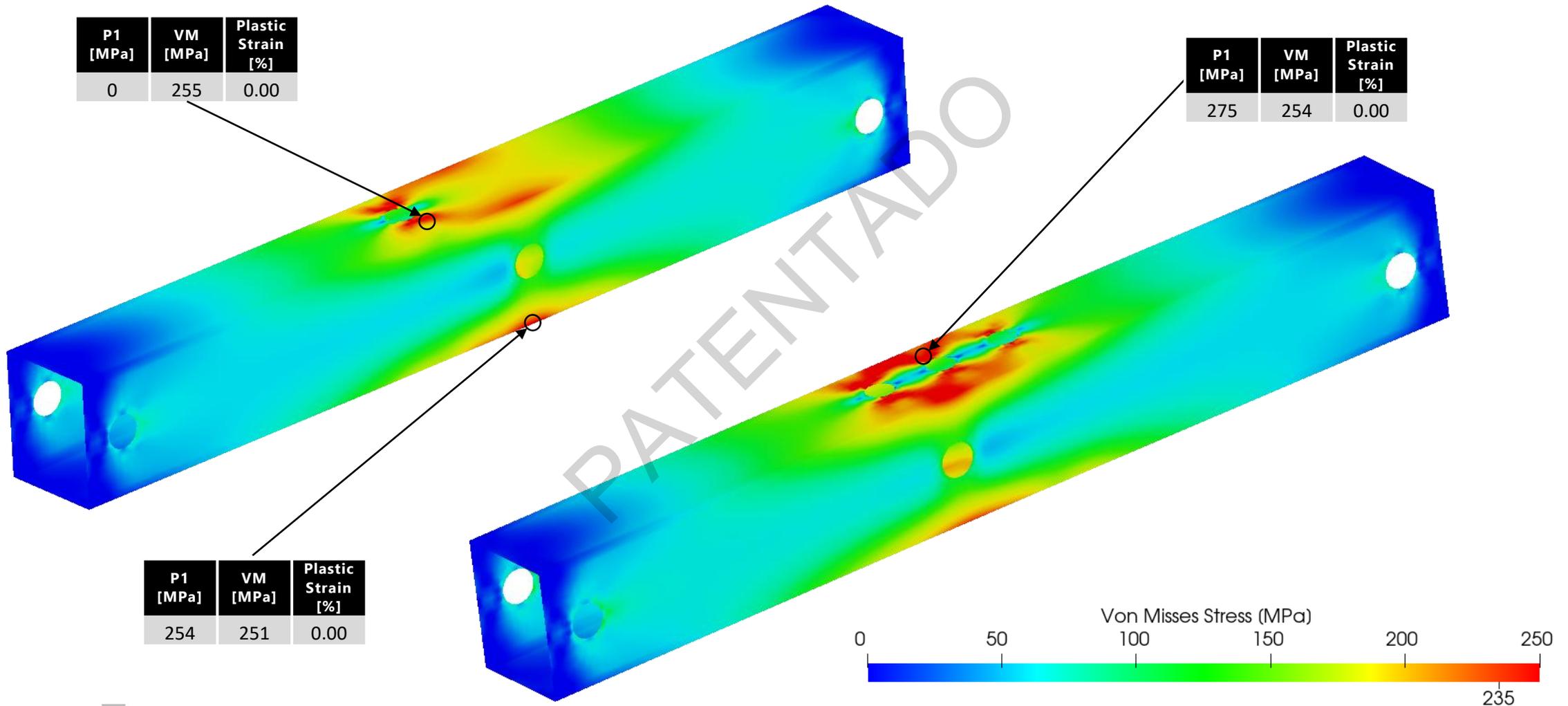
PATENTADO

## Modelo – Tope superior



**Geometría, malla y condiciones de contorno**

# Resultados – Superficies de plastificación en el tope superior



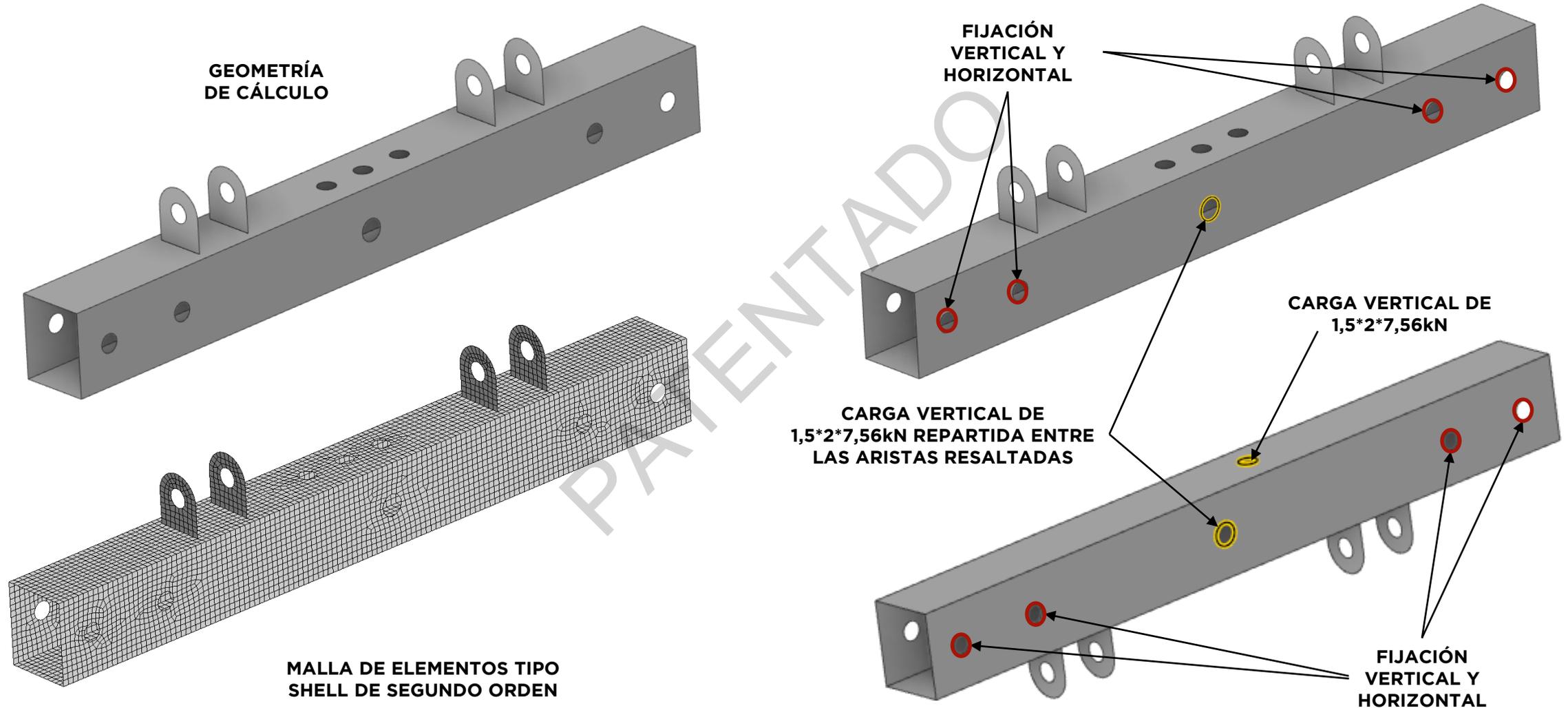
Tensiones equivalentes de Von Mises

SUPERFICIES DE PLASTIFICACIÓN TOPE INF.

**RESULTADOS**

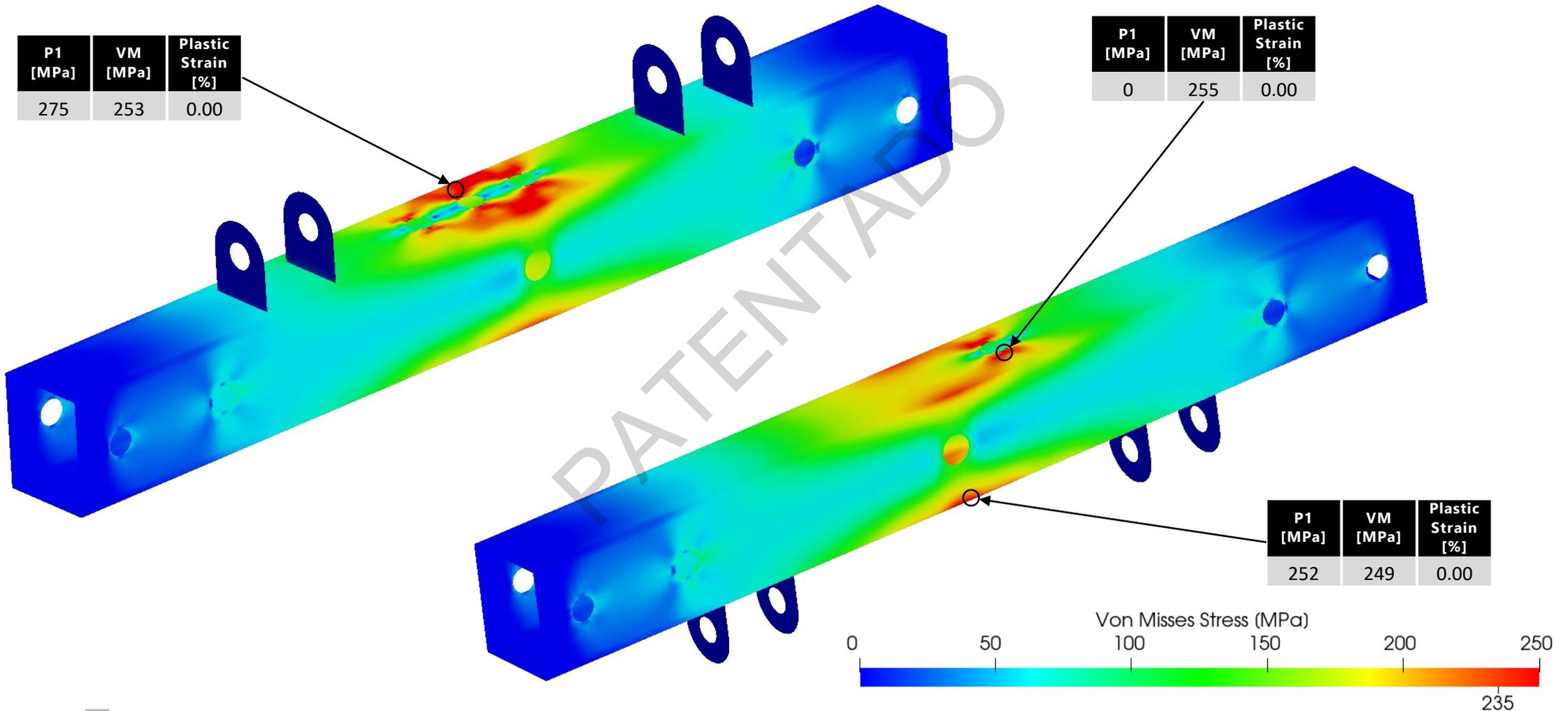
PATENTADO

## Modelo – Tope Inferior



**Geometría, malla y condiciones de contorno**

# Resultados – Superficies de plastificación en el tope inferior



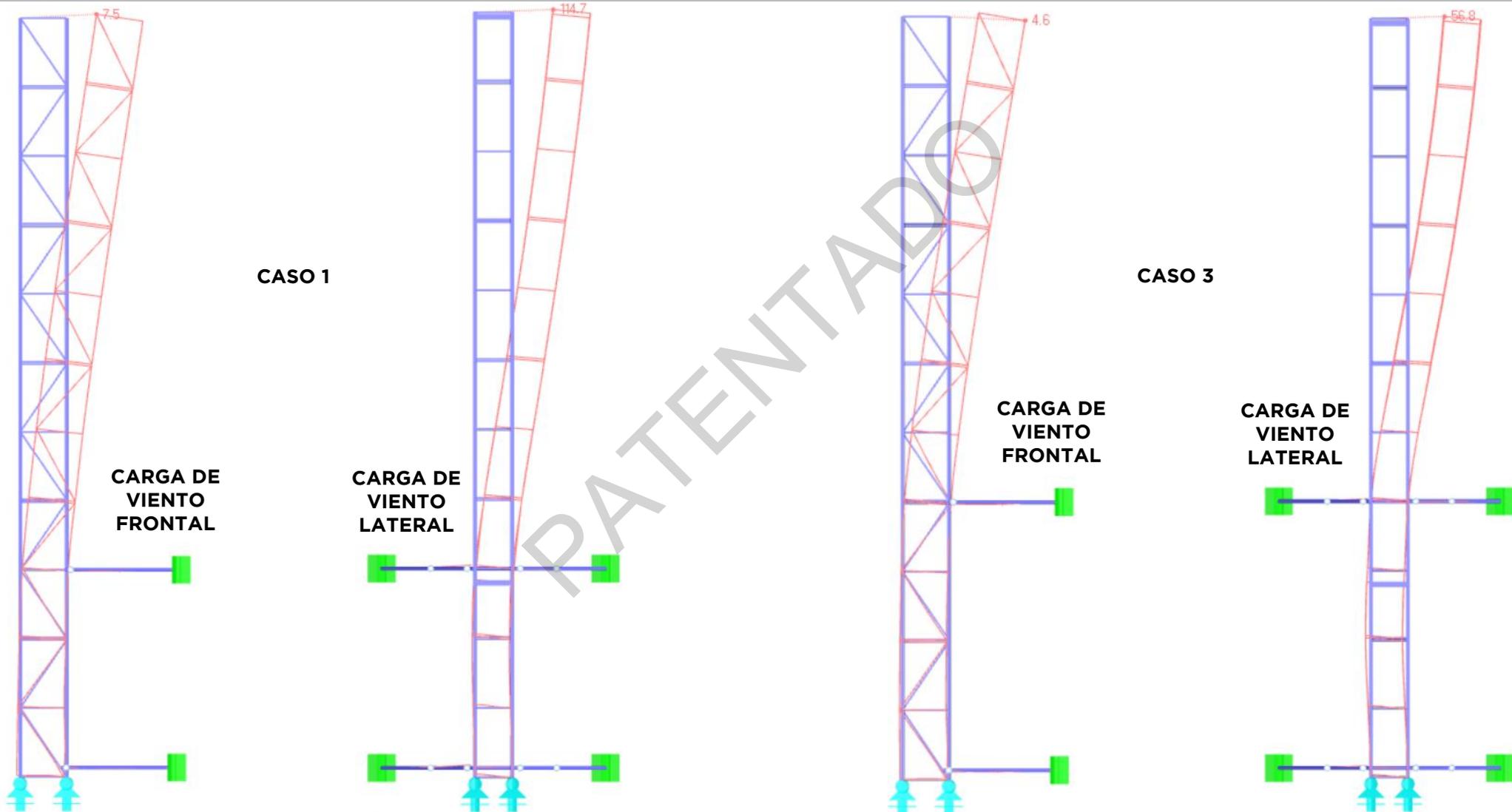
Tensiones equivalentes de Von Mises

CARGAS DE VIENTO - ELU

**RESULTADOS**

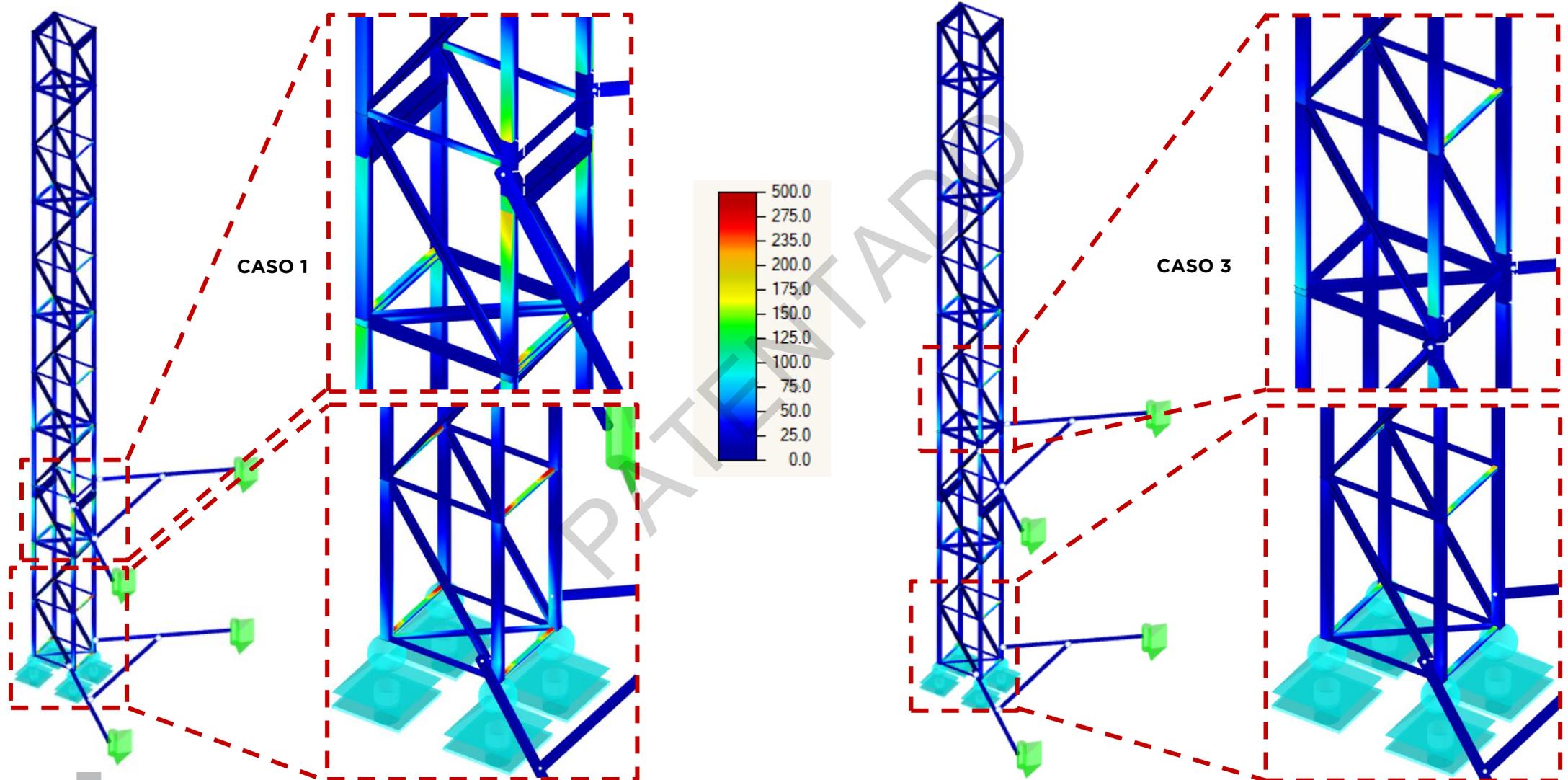
PATENTADO

## Resultados – Carga de viento en ELU – Casos 1 y 3



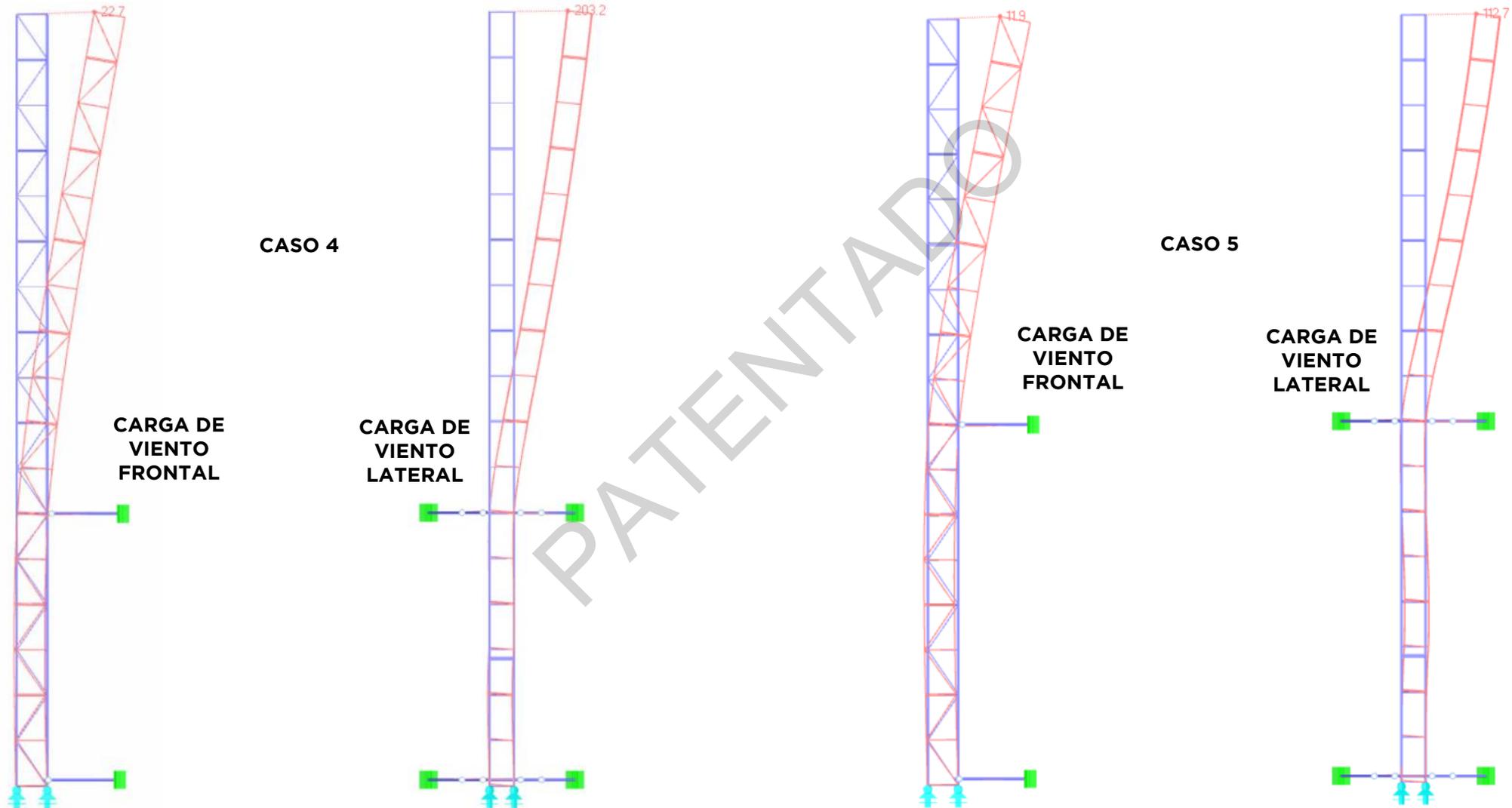
Comprobación de deformaciones en la estructura

## Resultados – Carga de viento en ELU – Casos 1 y 3



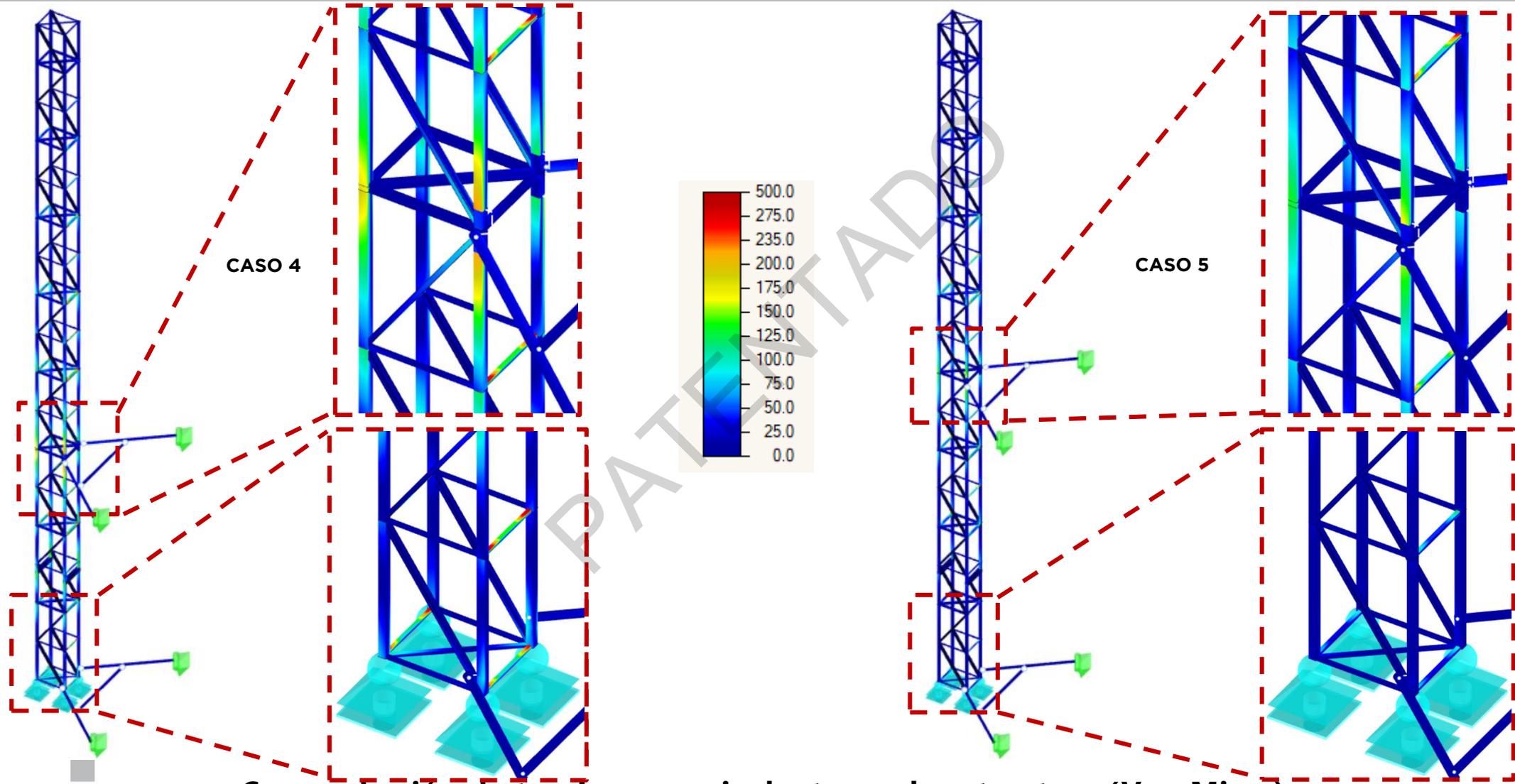
Comprobación de tensiones equivalentes en la estructura (Von Mises)

## Resultados – Carga de viento en ELU – Casos 4 y 5



Comprobación de deformaciones en la estructura

## Resultados – Carga de viento en ELU – Casos 4 y 5



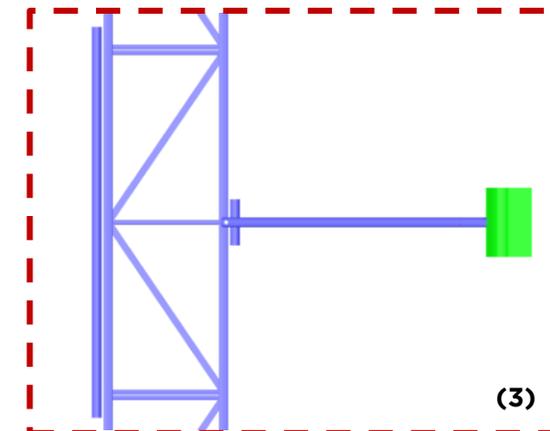
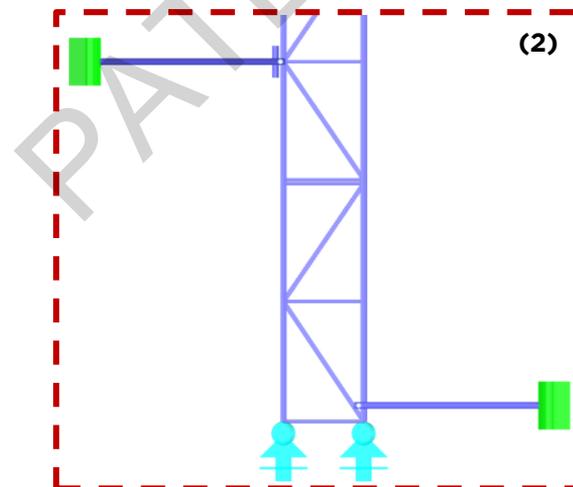
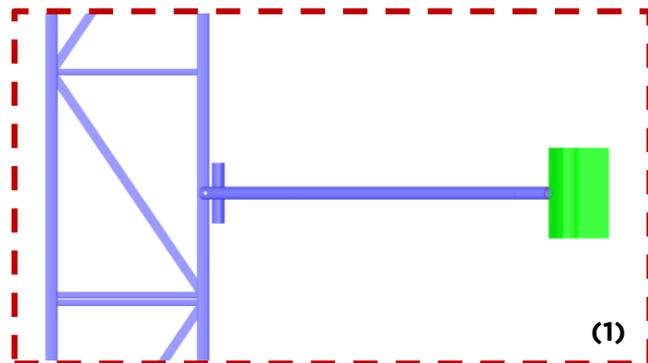
Comprobación de tensiones equivalentes en la estructura (Von Mises)

CASOS SINGULARES  
**RESULTADOS**

PROTEGIDO

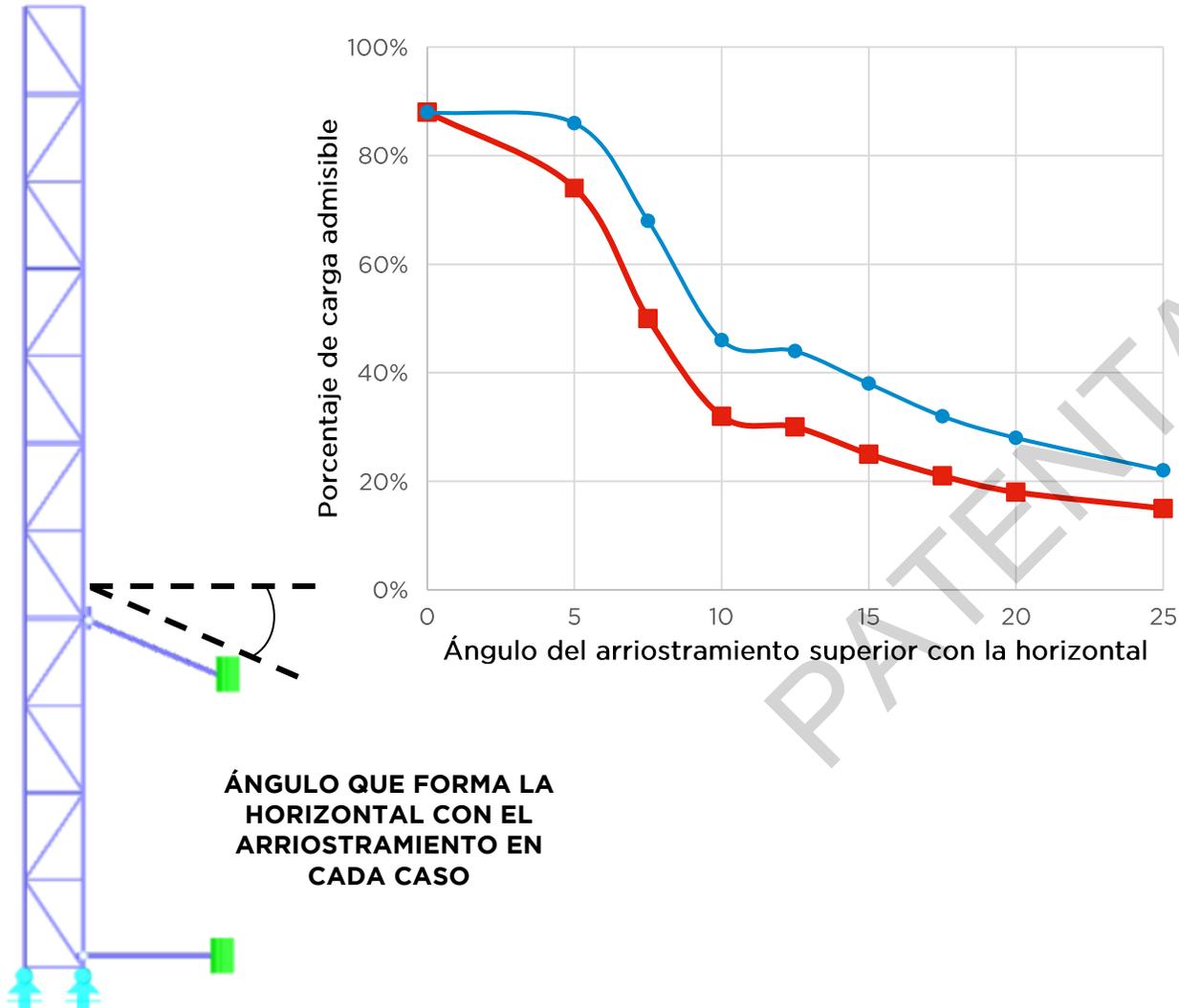
## Resultados – Casos Singulares

Medida aplicada	Impacto en el porcentaje de carga objetivo soportada		Comentario
	Resultado	Variación (%)	
Fijación superior ubicada entre montantes <sup>(1)</sup>	Reducción	-50	Dato estimado de las simulaciones del <b>Caso 2</b>
Empleo de acero S235 en lugar de S275	Reducción	-10	Dato estimado de las simulaciones de los Casos 1 y 3 modificados
Fijación superior volteada <sup>(2)</sup>	Depende	-	Dato estimado de las simulaciones de los Casos 1 y 3 modificados. Mas información en las conclusiones
Carga objetivo aplicada en sentido opuesto	Igual	0	Dato estimado de las simulaciones de los Casos 1 y 3 modificados
Instalación de refuerzo <sup>(3)</sup>	Aumento	4	Dato estimado de las simulaciones de los Casos 1, 3, 4 y 5 modificados



Distintas casuísticas

## Resultados – Casos Singulares



ÁNGULO QUE FORMA LA HORIZONTAL CON EL ARRIOSTRAMIENTO EN CADA CASO

Ángulo arriostamiento (deg)	Porcentaje sobre carga objetivo (%)	
	Tubo de 42x2mm	Tubo de 42x4mm
0.00	88	88
5.00	86	74
7.50	68	50
10.00	46	32
12.50	44	30
15.00	38	25
17.50	32	21
20.00	28	18
25.00	22	15

Fijación inclinada

# RESUMEN Y CONCLUSIONES

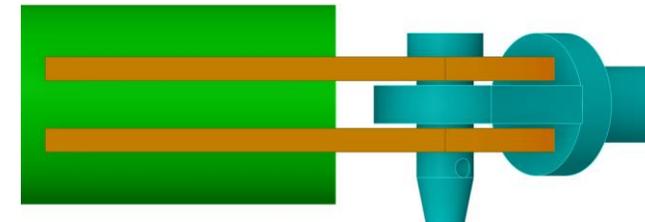
PATENTADO

## Conclusiones

- Del estudio del caso de **carga de viento de ELU**, velocidad básica ( $v_b$ ) de 72[km/h], se desprende que los montantes son suficientes para resistir de manera adecuada cuando esta enfrenta la estructura lateralmente. Se recomienda estudiar la posibilidad de atirantar la estructura lateralmente, o bien, considerar el aumento de sección de estos elementos
- Para la tornillería y los bulones se establece la siguiente tabla de mínimos:

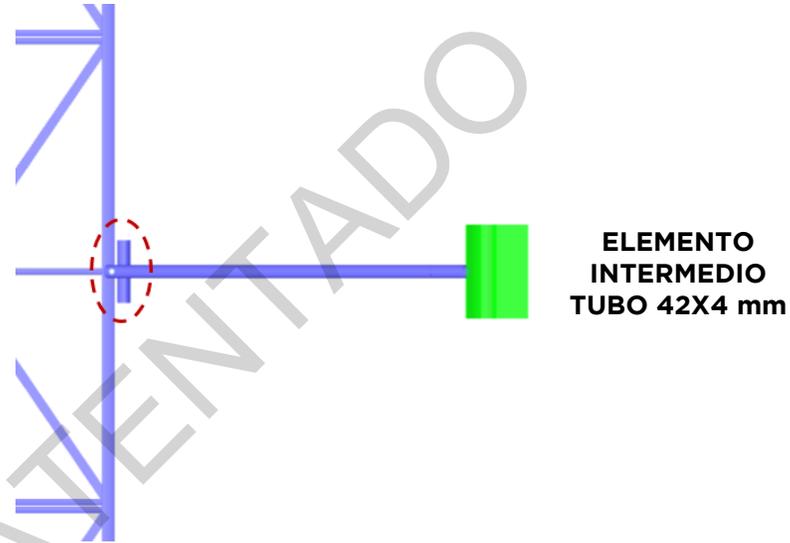
Elemento	Diámetro efectivo (mm)	Calidad
Tornillo anclaje a pared	16	8.8
Tornillo de unión entre módulos	12	10.9
Tornillo para carro y topes	12	8.8
Bulón para arriostramientos	16	C22

- Se hace preciso recrecer el espesor de las chapas que van soldadas a las barras de arriostramiento (en naranja) para permitir su anclaje a pared hasta los **8mm cada una**



## Conclusiones

- Se hace preciso la disposición de un **elemento intermedio** que permita repartir la carga que llega a la estructura proveniente del **arriostramiento superior** (abajo imagen)



- Especificar, de cara al cliente, que los **puntos de anclaje** a pared sólo se podrán situar **próximos a los montantes**, ya que se detectó una reducción de carga máxima soportada de más de un 50%

## Resumen

- Se ha realizado un total de 65 modelos para estudiar el comportamiento de la estructura bajo los distintos escenarios de carga, teniendo en cuenta todas las variaciones propuestas por el cliente
- Se ha visto que **el sistema de refuerzo** sólo contribuye a mejorar el comportamiento de la estructura de **manera local** y, únicamente, en el caso de que el **arriostramiento superior** se localice en el punto de **convergencia de diagonales** (imagen adjunta)
- Esta mejora **sólo se traducirá en una mejora global** de la estructura para los **casos de mayor altura**; es decir, los casos en los que el arriostramiento superior se localiza **a más de 3 metros de altura**
- La seguridad estructural está garantizada para las cargas especificadas en las tablas de resultados, en tanto el comportamiento de las abrazaderas que conectan los arriostramientos con la estructura aseguran una correcta sujeción

