



# ESPE

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

## **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN REMOLQUE TIPO PLATAFORMA CAMA ALTA DE DOS EJES CON CAPACIDAD DE 15 TONELADAS PARA LA UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS ESPE**

AUTORES: DAVID NARVÁEZ, PAÚL TIBÁN

DIRECTOR: ING. FÉLIX MANJARRÉS

CODIRECTOR: ING. MAURICIO CRUZ



# ANTECEDENTES

La Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE extensión Latacunga posee un cabezal.



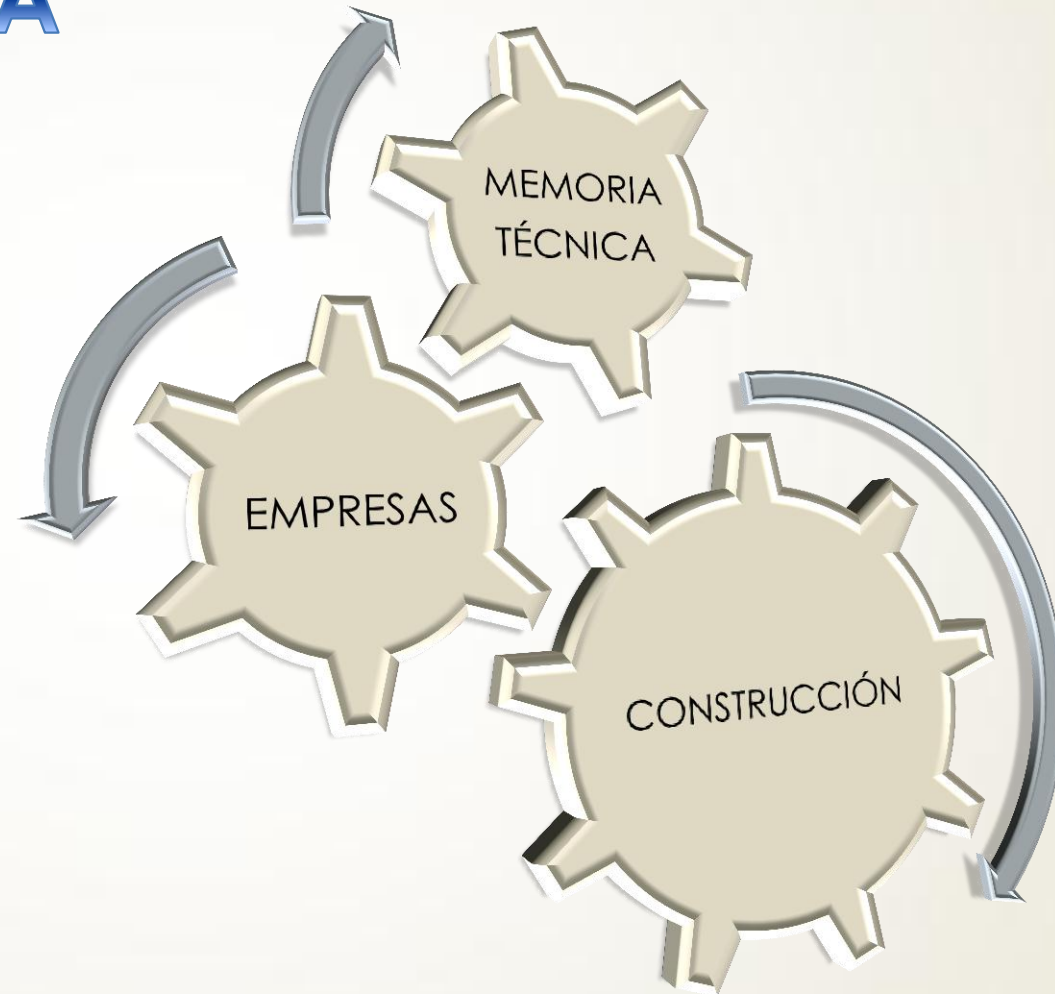
Transportar objetos de pesos considerables.



Herramienta de aprendizaje.



# JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA



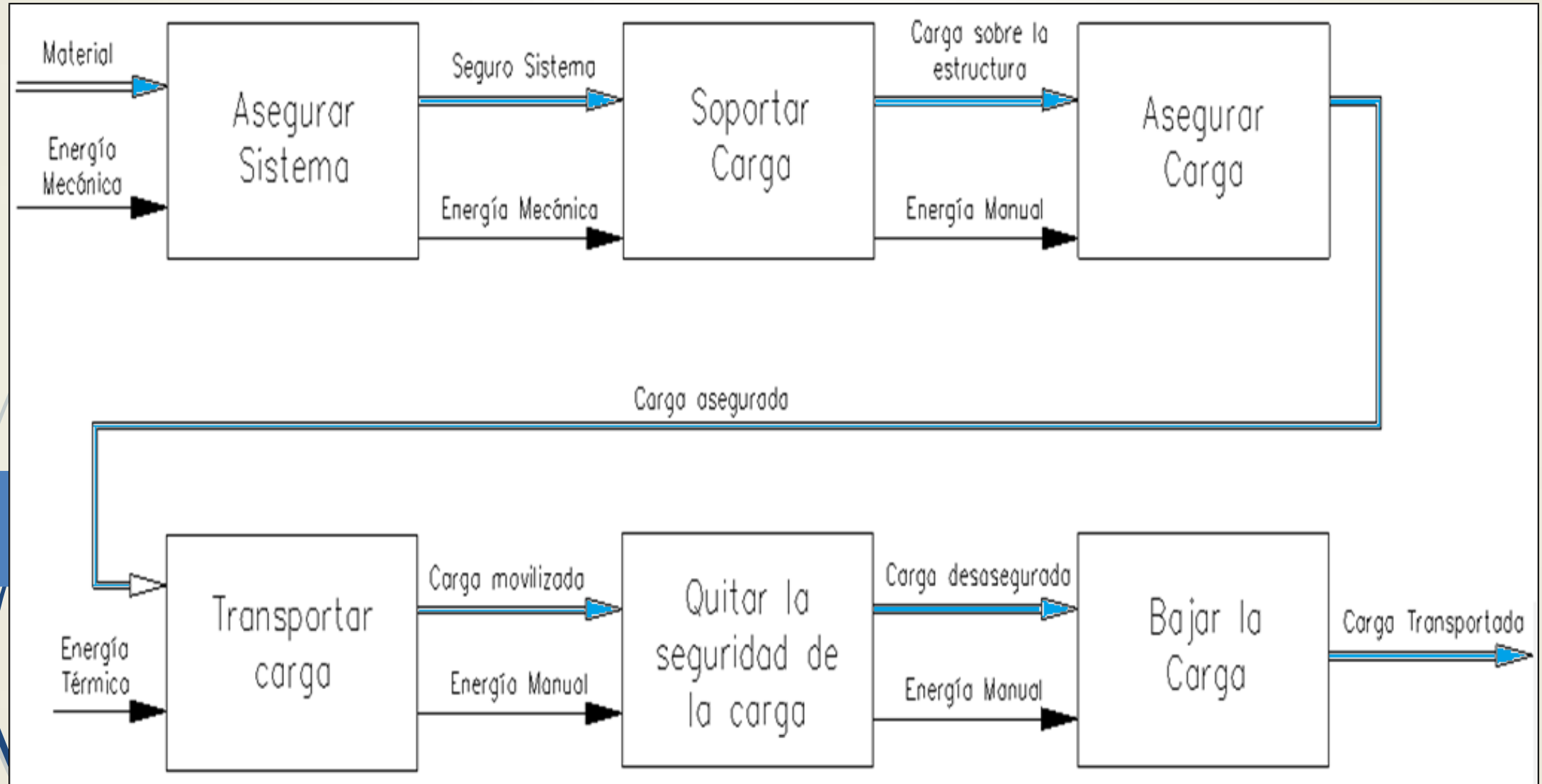
# OBJETIVOS



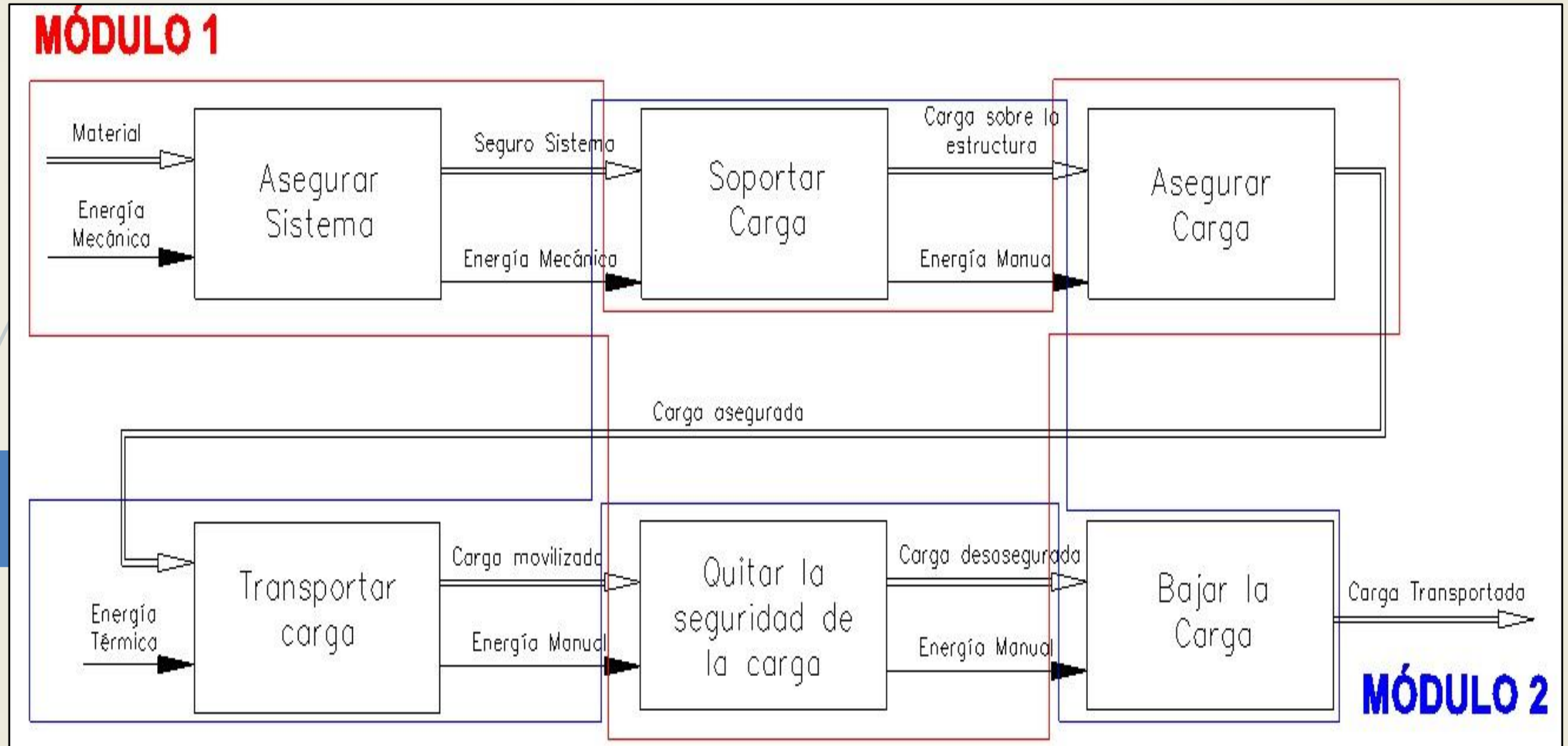
# ESPECIFICACIONES TÉCNICAS



# DEFINICIÓN DE LA FUNCIÓN

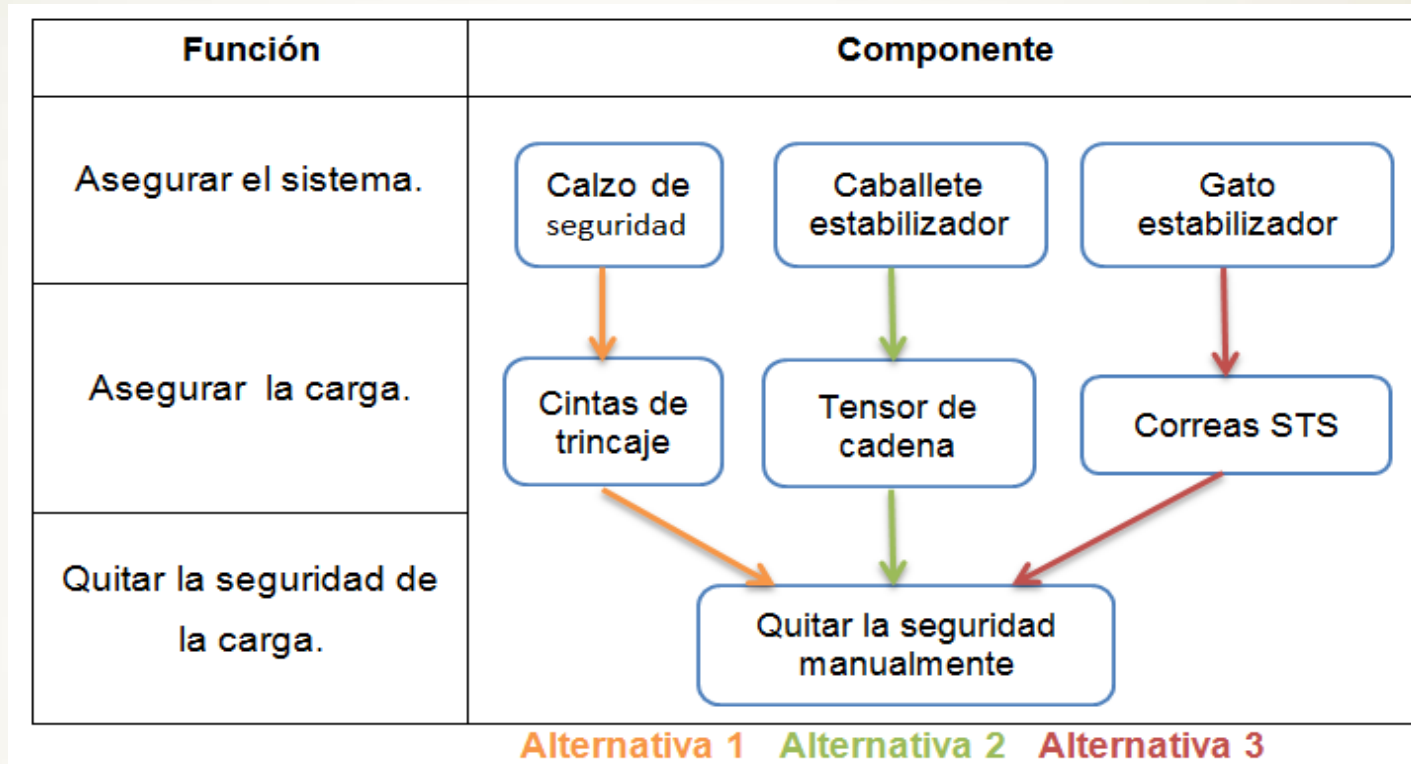


# DIVISIÓN MODULAR DEL CONJUNTO



# SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

## MÓDULO 1

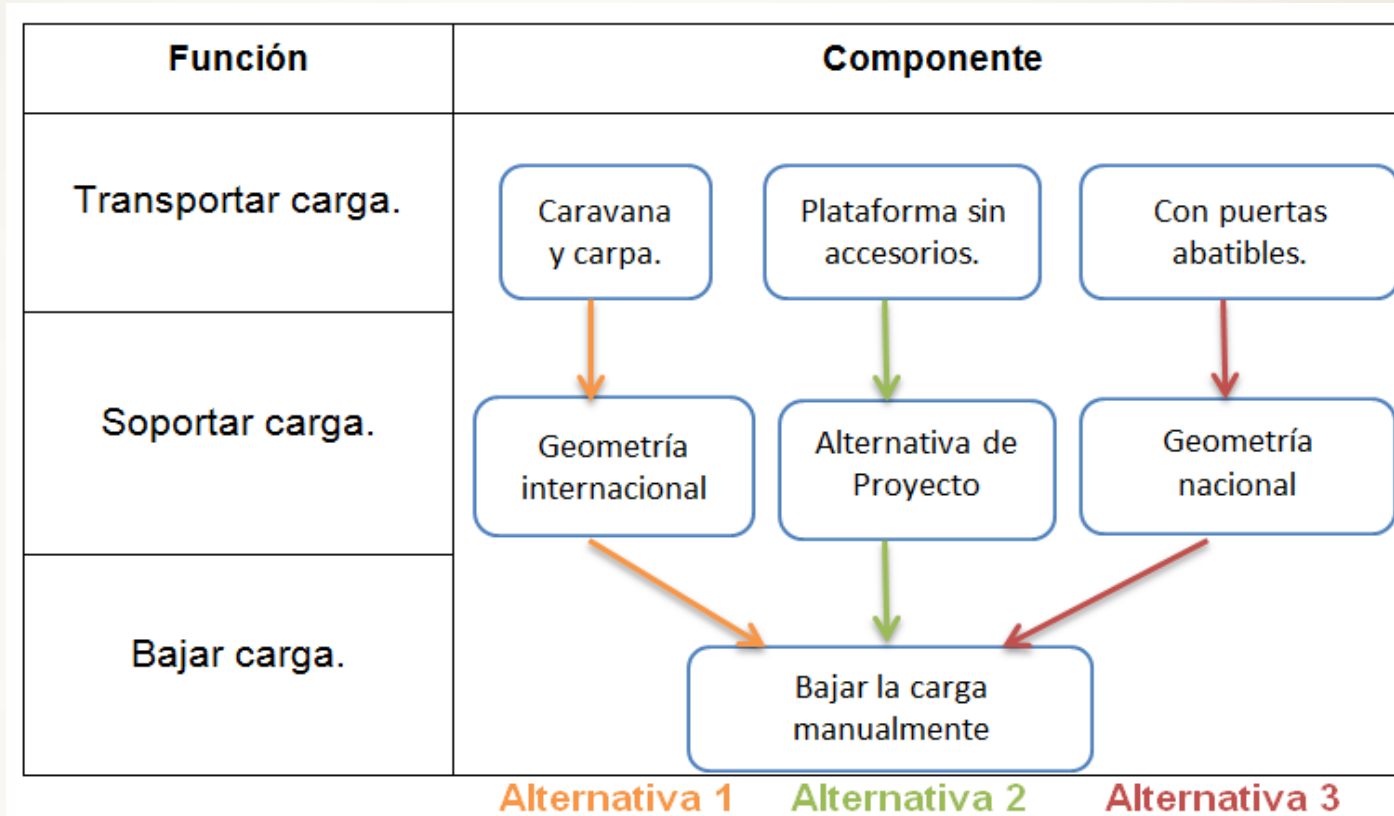


CONCLUSIONES	Seguridad	Señalética	Alta fiabilidad	Facilidad de colocación	Precio	$\Sigma$	PRIORIDAD
<b>SOLUCIÓN 1</b>	0,141	0,116	0,065	0,051	0,047	0,42	1
<b>SOLUCIÓN 2</b>	0,0705	0,058	0,13	0,0255	0,031	0,31	2
<b>SOLUCIÓN 3</b>	0,0705	0,058	0,086	0,025	0,023	0,27	3



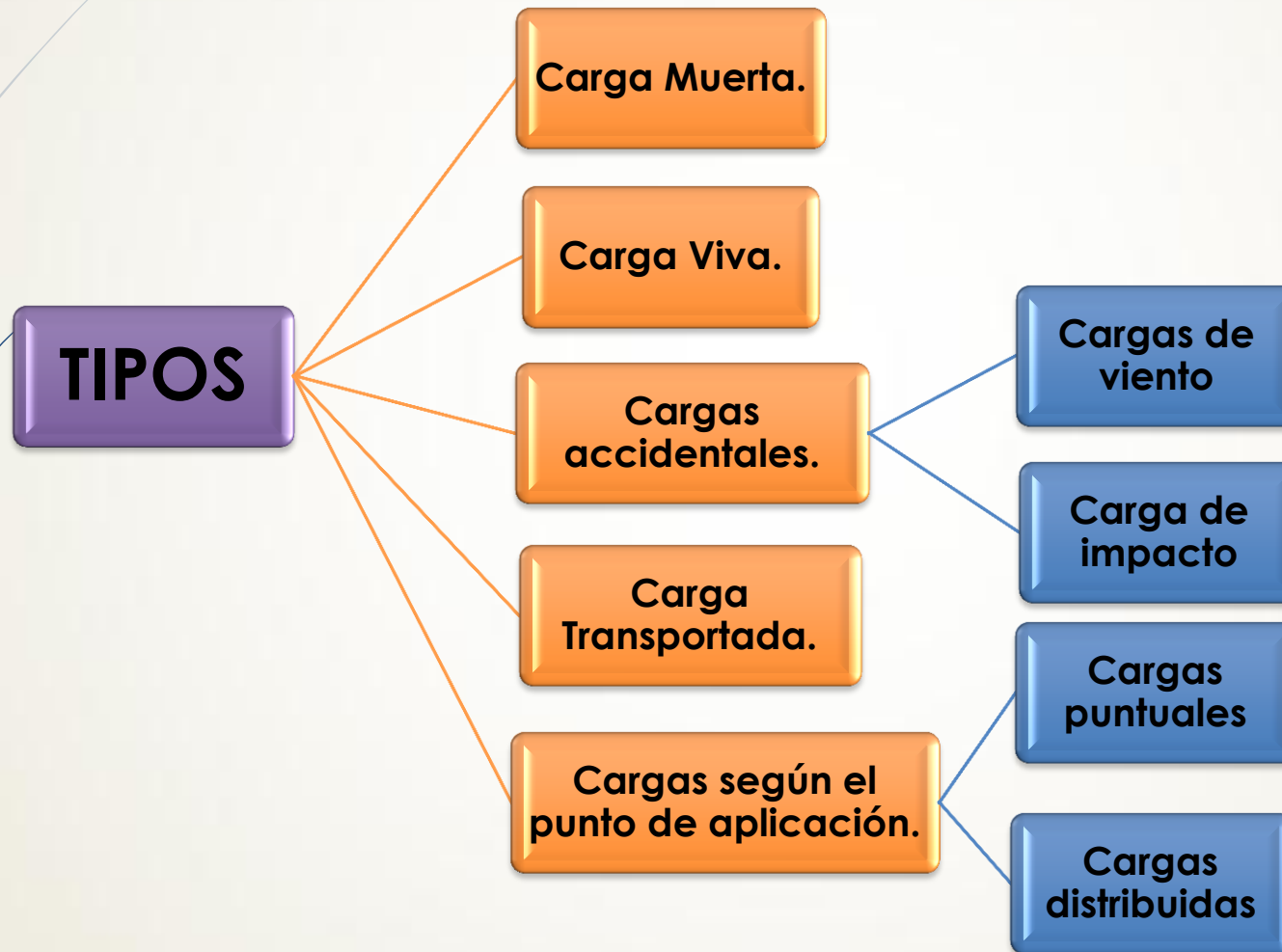
# SELECCIÓN DE ALTERNATIVA

## MÓDULO 2



CONCLUSIONES	Protección	Funcionalidad	Análisis	Desperdicio	Precio	$\Sigma$	Prioridad
<b>SOLUCIÓN 1</b>	0,1018	0,054	0,081	0,050	0,030	0,32	2
<b>SOLUCIÓN 2</b>	0,033	0,107	0,122	0,076	0,061	0,4	1
<b>SOLUCIÓN 3</b>	0,066	0,071	0,061	0,038	0,040	0,28	3

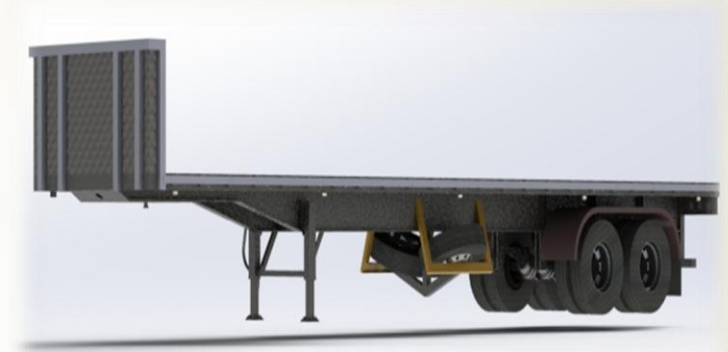
# DETERMINACIÓN DE LAS CARGAS



## CARGA MUERTA

CM = Carga muerta (Peso propio total)

CM = 5372,42 [Kg].



## CARGA VIVA

$$CV = CT + SC$$

$$CV = 15.000[\text{Kg}] + 0,1 * 15.000[\text{Kg}]$$

$$CV = 15.000[\text{Kg}] + 1.500[\text{Kg}]$$

$$CV = 16.500[\text{Kg}]$$



## CARGA DE IMPACTO

$$CIM = 0,3 * CV$$

$$CIM = 0,3 * 16,500[Kg]$$

$$CIM = 4,950[Kg]$$

$$CTV = CV + CIM$$

$$CTV = 16,500[Kg] + 4,950[Kg]$$

$$CTV = 21,450[Kg]$$

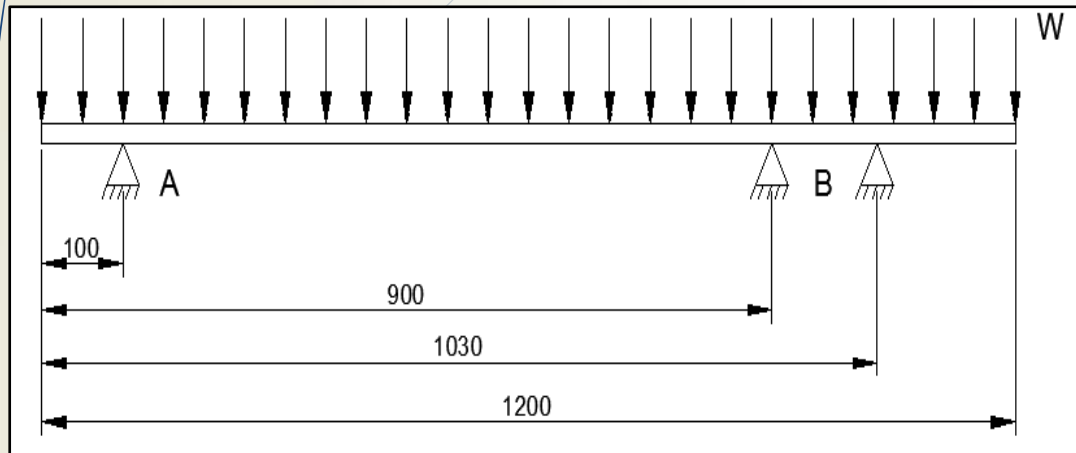
Dónde:

$CIM$  = Carga de impacto

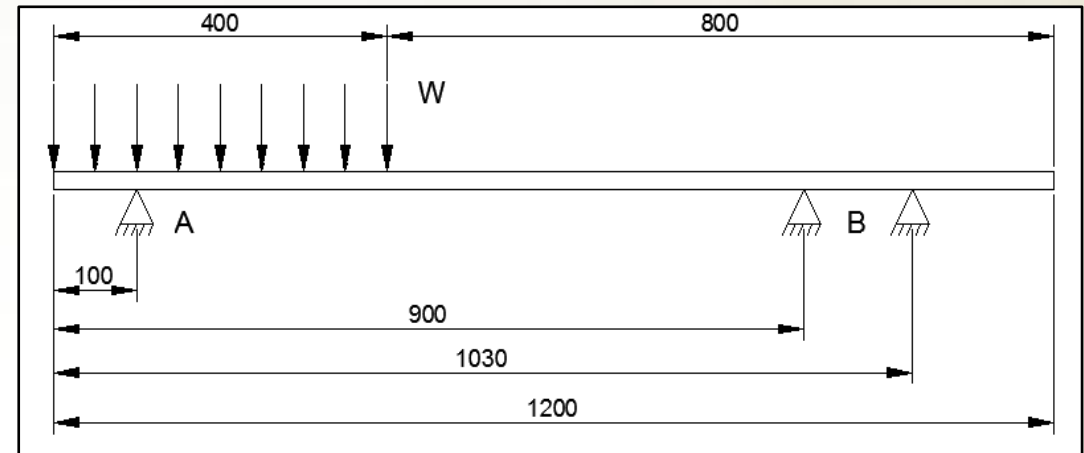
$CTV$  = Carga total viva

# ESCENARIOS DE TRABAJO

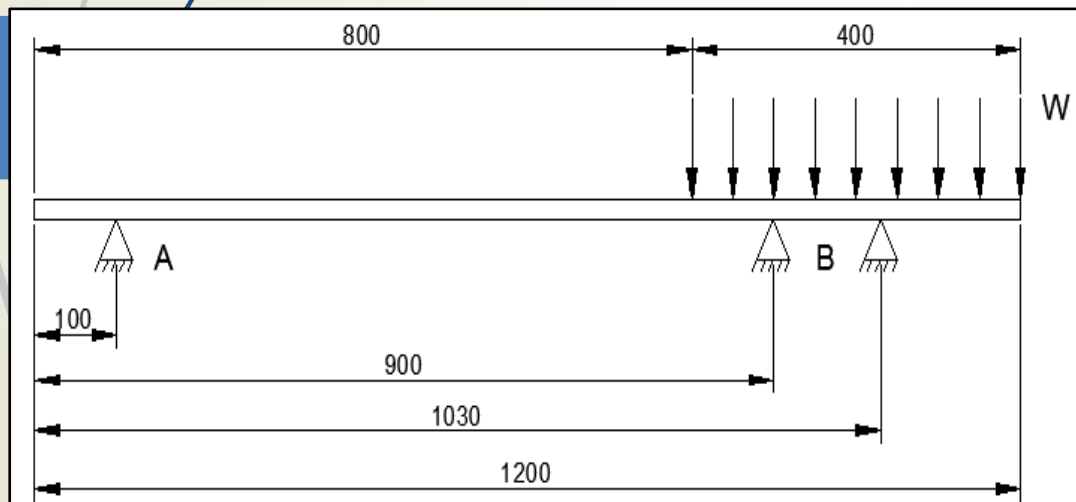
## HIPOTESIS 1



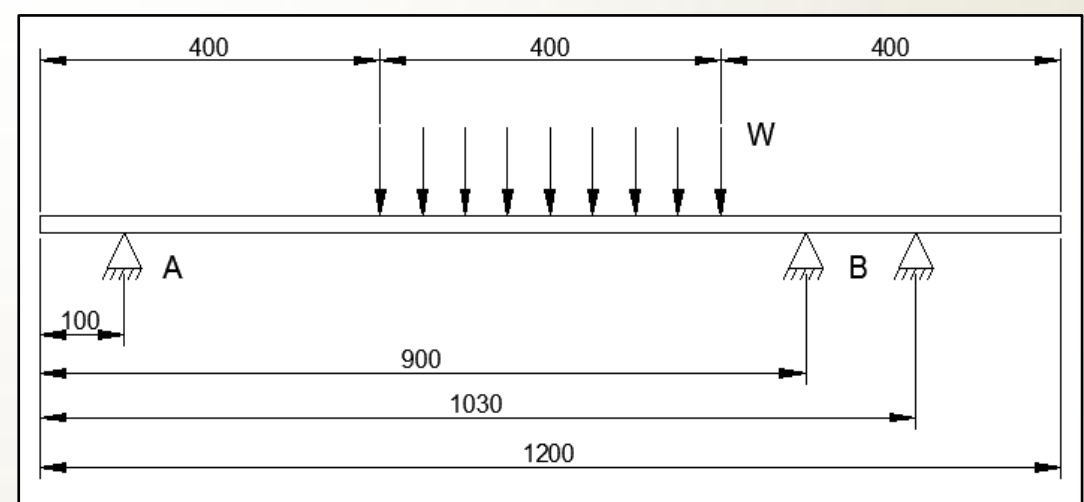
## HIPOTESIS 2



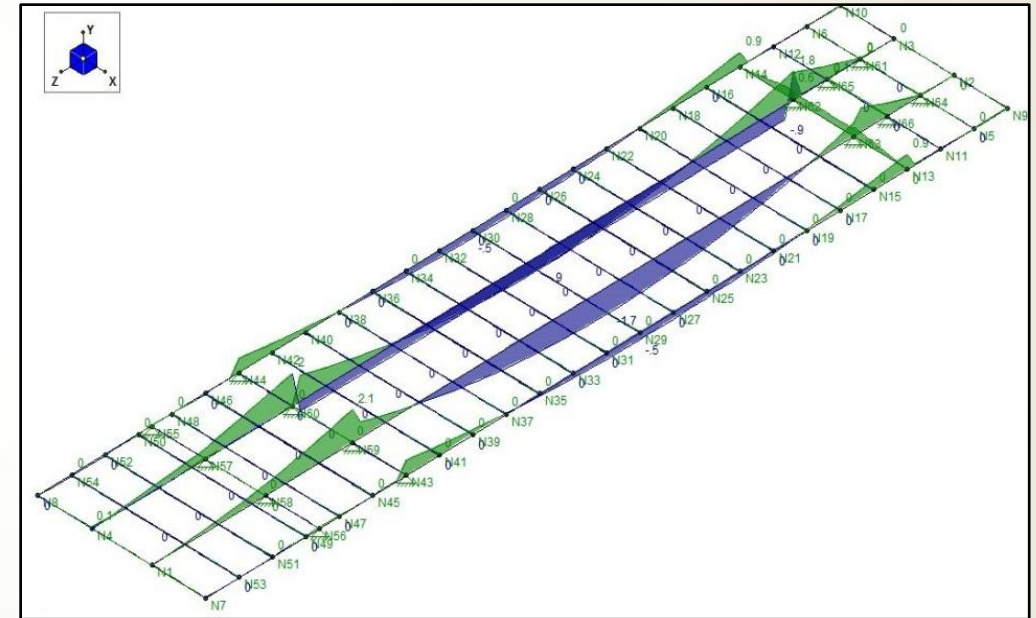
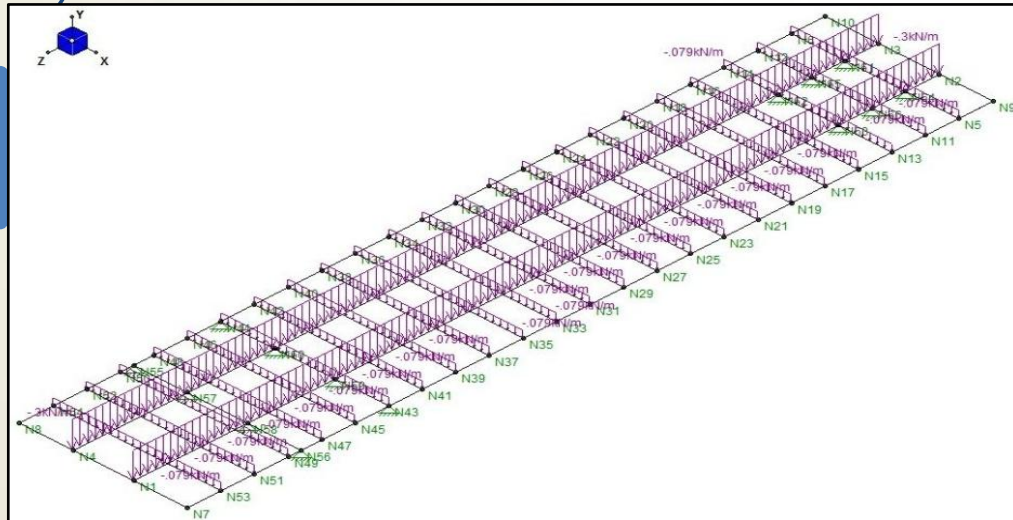
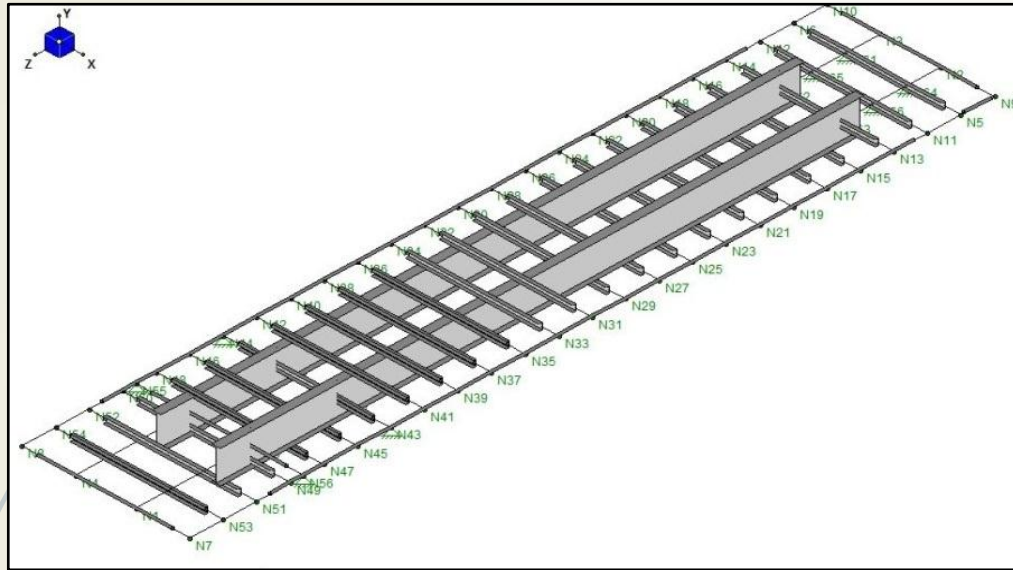
## HIPOTESIS 3



## HIPOTESIS 4



# PRE PROCESAMIENTO (RISA 3D)



# SELECCIÓN DE MATERIAL

PARÁMETROS	VALOR MÍNIMO	VALOR MÁXIMO	UNIDADES
RESISTENCIA A LA CADENCIA	240	345	Mpa
RESISTENCIA MÁXIMA	400	483	Mpa
ELONGACIÓN	20	23	Porcentaje (%)
RADIO POISSON	0.29	0.29	
MÓDULO DE YOUNG	200	250	Gpa

# SELECCIÓN DE MATERIAL

Browse Search **Select** Print Search Web CES Help

Selection Project x

1. Selection Data  
Database: CES EduPack 2009 Levels 1 & Change...  
Select from: Edu Level 2: Materials

2. Selection Stages  
Graph Limit Tree  
Stage 1: SELECCION DE MATERIAL PARA ESTRUCTUR

3. Results: 7 of 98 pass  
Show: Stage 1: SELECCION DE MATERIAL PARA E  
Rank by: Alphabetical

Name	
High carbon steel	
Low alloy steel	
<b>Low carbon steel</b>	
Medium carbon steel	
Nickel	
Nickel-based superalloys	
Nickel-chromium alloys	

Low carbon steel Stage 1 x

## SELECCION DE MATERIAL PARA ESTRUCTURA DE SEMIRREMOLQUE

Properties Apply **Clear** Close

Click on the headings to show/hide selection criteria

**General properties**

	Minimum	Maximum	
Density	<input type="text"/>	<input type="text"/>	kg/m <sup>3</sup>
Price	<input type="text"/>	<input type="text"/>	USD/kg

**Mechanical properties**

	Minimum	Maximum	
Young's modulus	<input type="text" value="200"/>	<input type="text"/>	GPa
Shear modulus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Bulk modulus	<input type="text"/>	<input type="text"/>	GPa
Poisson's ratio	<input type="text" value="0.29"/>	<input type="text"/>	
Yield strength (elastic limit)	<input type="text" value="250"/>	<input type="text"/>	MPa
Tensile strength	<input type="text" value="400"/>	<input type="text"/>	MPa
Compressive strength	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Elongation	<input type="text" value="20"/>	<input type="text"/>	%
Hardness - Vickers	<input type="text"/>	<input type="text"/>	HV
Fatigue strength at 10 <sup>7</sup> cycles	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa
Fracture toughness	<input type="text"/>	<input type="text"/>	MPa.m <sup>1/2</sup>
Mechanical loss coefficient (tan delta)	<input type="text"/>	<input type="text"/>	

**Thermal properties**

**Electrical properties**



# CÁLCULO FACTOR DE SEGURIDAD

## Esfuerzo normal

$$\sigma_c = \frac{M * c}{I}$$

Dónde:

M: Momento flector máximo (software RISA).

c: Distancia desde el eje neutro a la fibra más externa del material.

I: Momento de inercia de la sección transversal con respecto al eje neutro.

## Factor de seguridad

$$n = \frac{\sigma_y}{\sigma_c} > 1$$

Dónde:

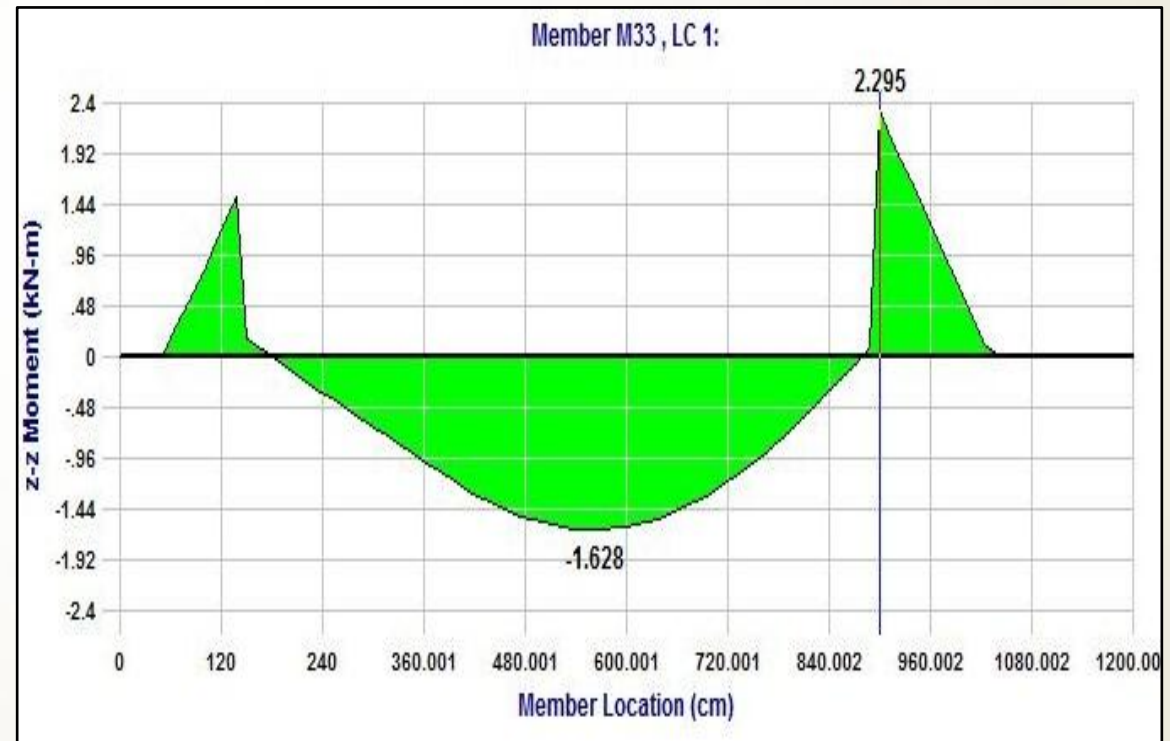
$\sigma_y$ =Esfuerzo normal directo

$\sigma_c$ =Esfuerzo normal

## Factor de seguridad de larguero para Hipótesis 4

$$\sigma_c = \frac{2,295 \text{KN} \cdot \text{m} * 0,2525 \text{m}}{5,501 * 10^{-6} \text{m}^4} = 105342,2 \text{KN/m}^2 \rightarrow 105,34 \text{MPa}$$

$$n = \frac{124 \text{MPa}}{105,3 \text{MPa}} = 1,17 > 1$$



## Análisis de las fuerzas resultantes en el larguero.

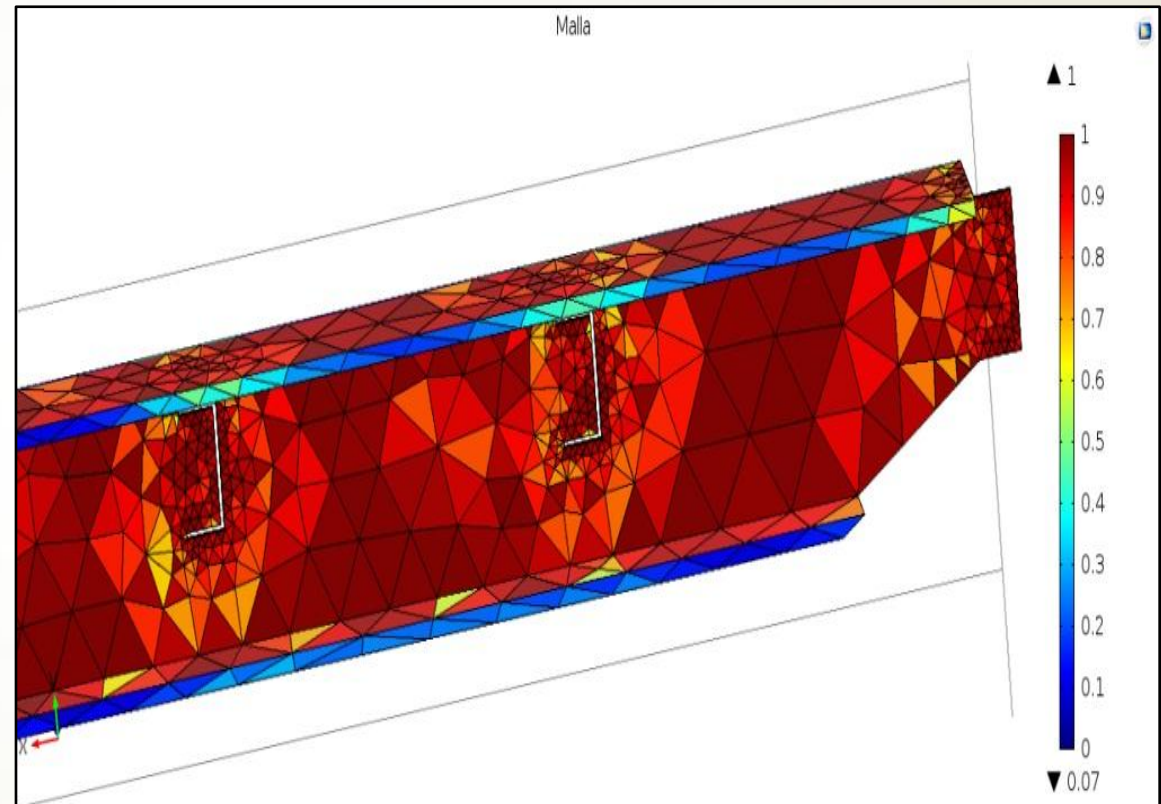
Hipótesis	Fuerza (kN/m)	"Y" Fuerza Cortante (kN)	"Z" Momento Cortante (kN*m)	Factor de Seguridad (n)
1	0,3	-1,593	1,771	1,52
2	0,368	-1,228	0,997	2,7
3	0,368	-0,572	0,9	3
4	0,338	-1,826	2,295	1,17

## Análisis de las fuerzas resultantes en el travesaño.

Hipótesis	Fuerza (kN/m)	"Y" Fuerza Cortante (kN)	"Z" Momento Cortante (kN*m)	Factor de Seguridad(n)
1	0,079	0,32	0,093	5,81
2	0,23	0,093	0,099	5,46
3	0,23	0,106	-0,095	5,69
4	0,211	0,111	-0,87	6,21

# ANÁLISIS POR ELEMENTOS FINITOS

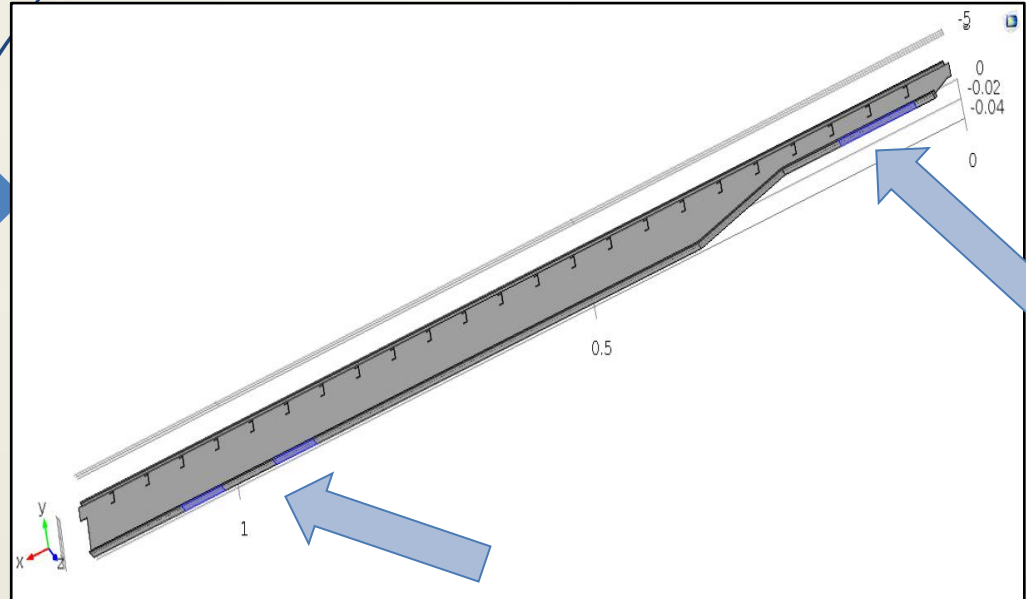
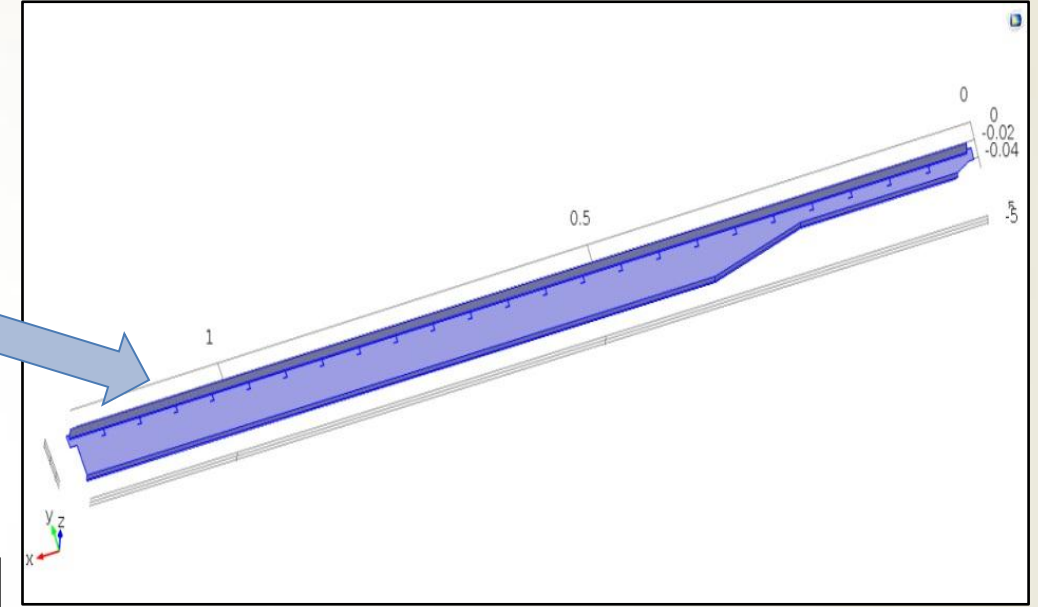
Su principio de funcionamiento consiste en dividir a la pieza de estudio en varios elementos con una forma determinada.



**MALLADO**

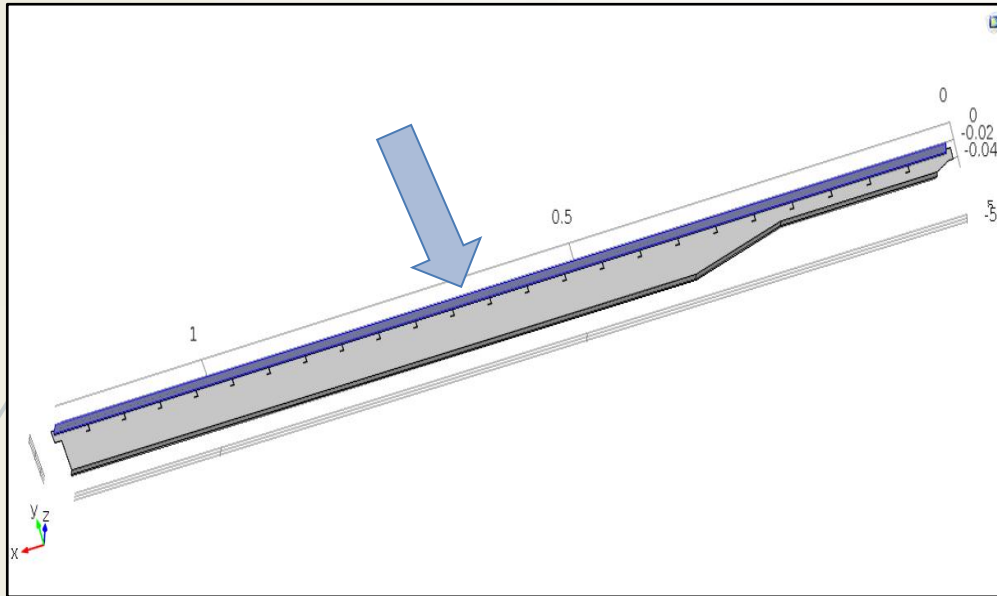
# TENSION von Mises

Selección de material  
ASTM A-36



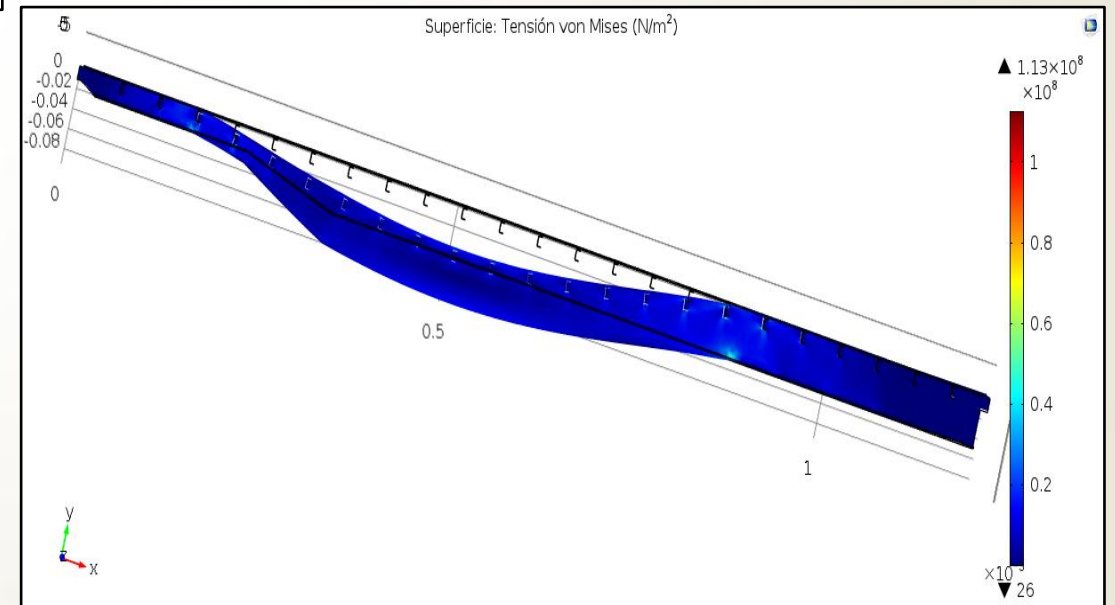
Puntos de apoyo

# TENSION von Mises



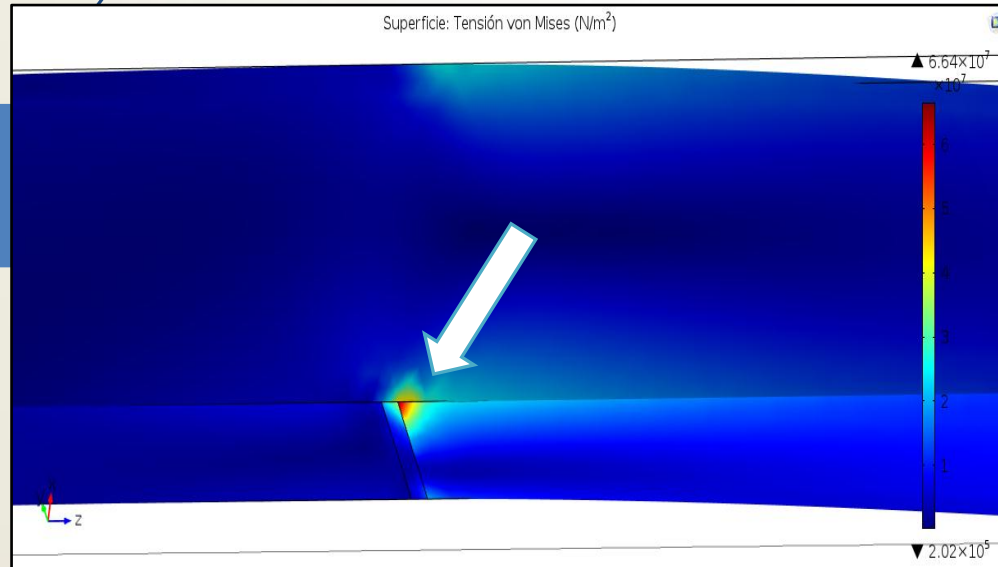
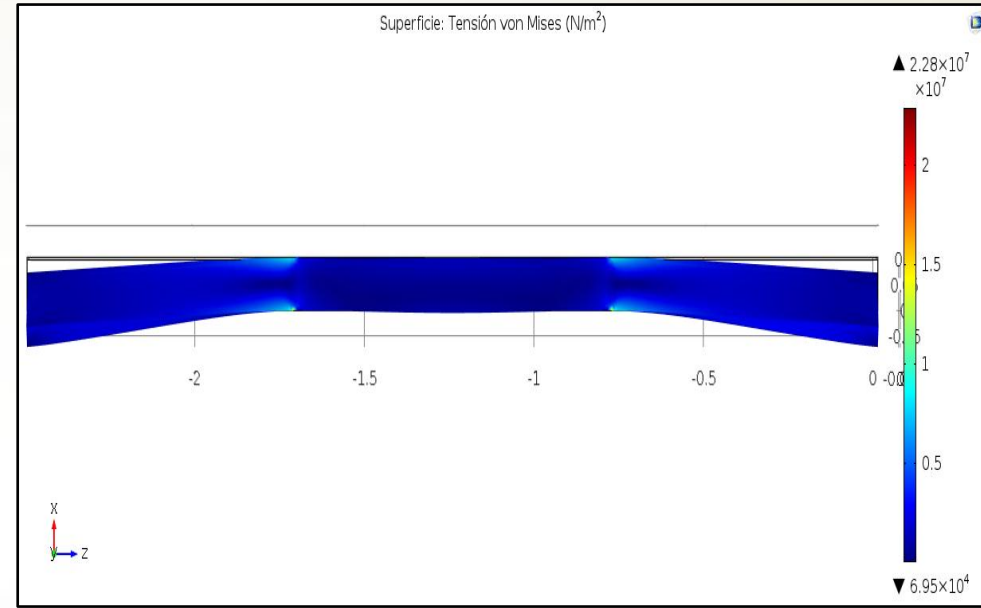
Aplicación de cargas

Análisis Hipótesis 4



# TENSION von Mises

## Travesaño en hipótesis 1



Tensión máxima

## Análisis de tensión von Mises en el larguero.

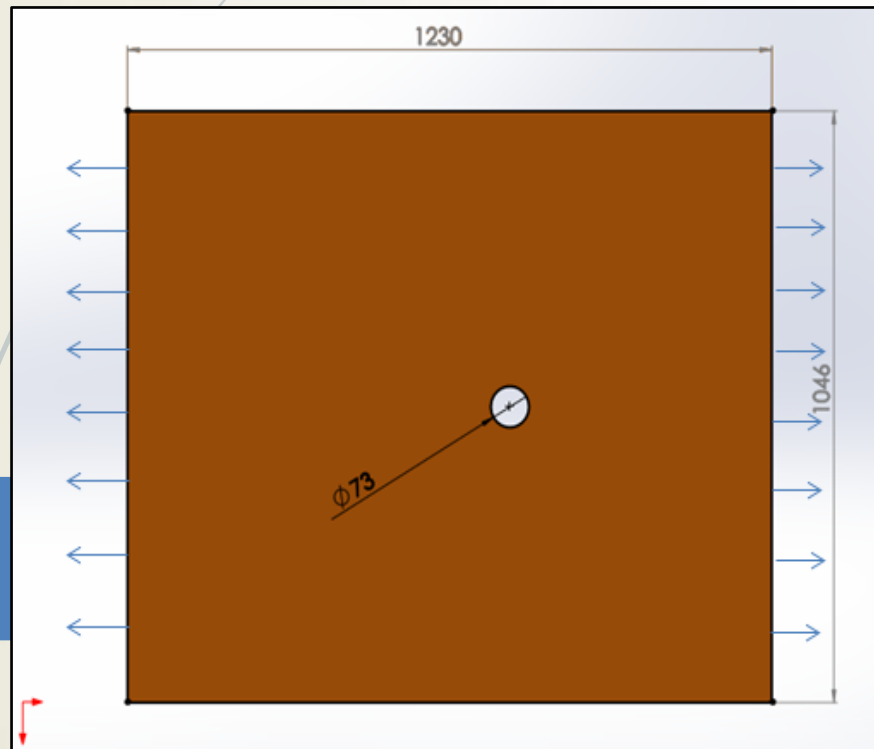
Hipótesis	Fuerza (kN/m)	Resistencia a la cadencia(Mpa)	Tensión von Mises( $N/m^2$ )	Factor de seguridad(n)
1	0.3798	248	$1.11 * 10^8$	2.2342
2	0.3685	248	$1.09 * 10^8$	2.2752
3	0.3685	248	$3.51 * 10^7$	7.0655
4	0.3383	248	$1.13 * 10^8$	2.1946

## Análisis de tensión von Mises en el travesaño.

Hipótesis	Fuerza (kN/m)	Resistencia a la cadencia(Mpa)	Tensión von Mises ( $N/m^2$ )	Factor de seguridad
1	0.0791	248	$2.28 * 10^7$	10.87
2	0.2303	248	$6.64 * 10^7$	3.7349
3	0.2303	248	$6.64 * 10^7$	3.7349
4	0.2114	248	$6.1 * 10^7$	4.0655



# PLATO DE GIRO



*Fuerza horizontal máxima*

$$F = 2 * (CV + CM)$$

$$F = 2 * (16500\text{kg} + 5372,42\text{kg}) = 43744,84\text{kg}$$

Para el cálculo del área se considera el largo del plato de giro restando el orificio para el King pin multiplicándola por su espesor.

$$A = 10 * (1046 - 73)$$

$$A = 9730\text{mm}^2$$

## Calculo de esfuerzo generado en el plato de giro

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

$$\sigma = \frac{43744,84\text{kg}}{9730\text{mm}^2}$$

$$\sigma = 4,5 \text{ kg/mm}^2$$

### Factor de seguridad Plato de giro.

$$n = \frac{s_y}{\sigma}$$

$$n = \frac{25,30 \text{ kg/mm}^2}{4,5 \text{ kg/mm}^2}$$

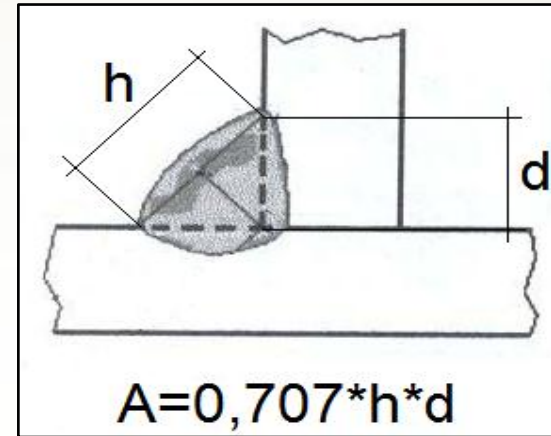
$$n = 5,6 > 3,5$$

# DISEÑO DE LA SOLDADURA

$S_y = 393MPa \therefore 40,10 \text{ Kg/mm}^2$  ; Para E70XX  
 $h = 8\text{mm}$   
 $d = 5,65\text{mm}$

$$A = 0,707 * h * d$$

$$A = 0,707 * 8 * 5,65$$
$$A = 31,95\text{mm}^2$$



## Factor de seguridad de la suelda en largueros, hipótesis 4

$$F = \frac{0,676\text{KN}}{m} * 4\text{m} = 2704\text{N} \therefore 275,9\text{Kg}$$

Esfuerzo cortante medio:

$$\tau = \frac{F}{A} = \frac{275,9\text{Kg}}{31,95\text{mm}^2} = 8,6 \text{ Kg/mm}^2$$

Factor de seguridad:

$$n = \frac{S_y}{\tau} = \frac{40,10 \text{ Kg/mm}^2}{8,6 \text{ Kg/mm}^2} = 4,6$$






## Análisis de diseño de soldadura en largueros.

Hipótesis	Fuerza (Kg)	Resistencia a la cadencia E70XX (Mpa)	Esfuerzo cortante medio ( $Kg/mm^2$ )	Factor de seguridad
1	734,69	393	22,99	1,74
2-3	300,4	393	9,4	4,26
4	275,9	393	8,6	4,6

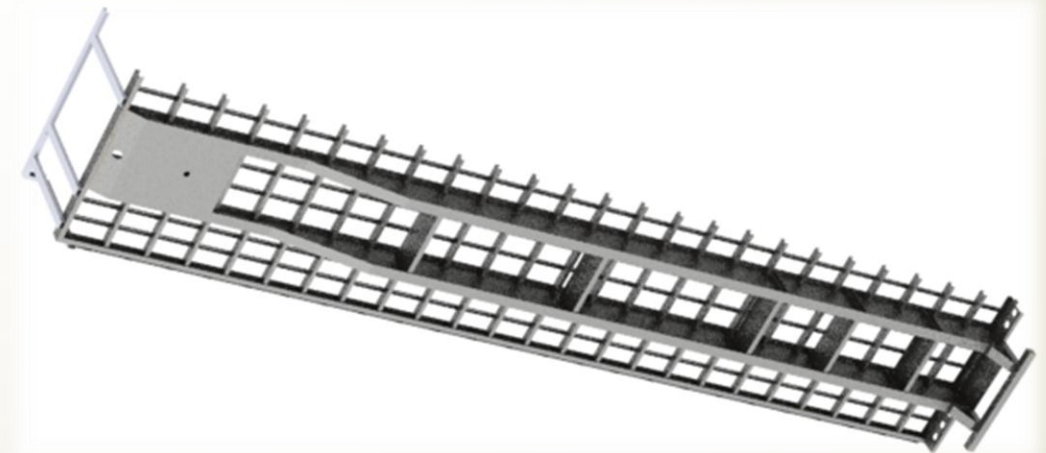
## Análisis de diseño de soldadura en travesaños.

Hipótesis	Fuerza (Kg)	Resistencia a la cadencia E70XX(Mpa)	Esfuerzo cortante medio ( $Kg/mm^2$ )	Factor de seguridad
1	74,16	393	5,937	6,75
2	75,1	393	6,012	6,67
4	77,51	393	6,2	6,47

# PROCESO DE MANUFACTURA

Símbolo	Significado
	Operación tecnológica
	Inspección
	Traslado o transporte
	Almacenamiento
	Espera

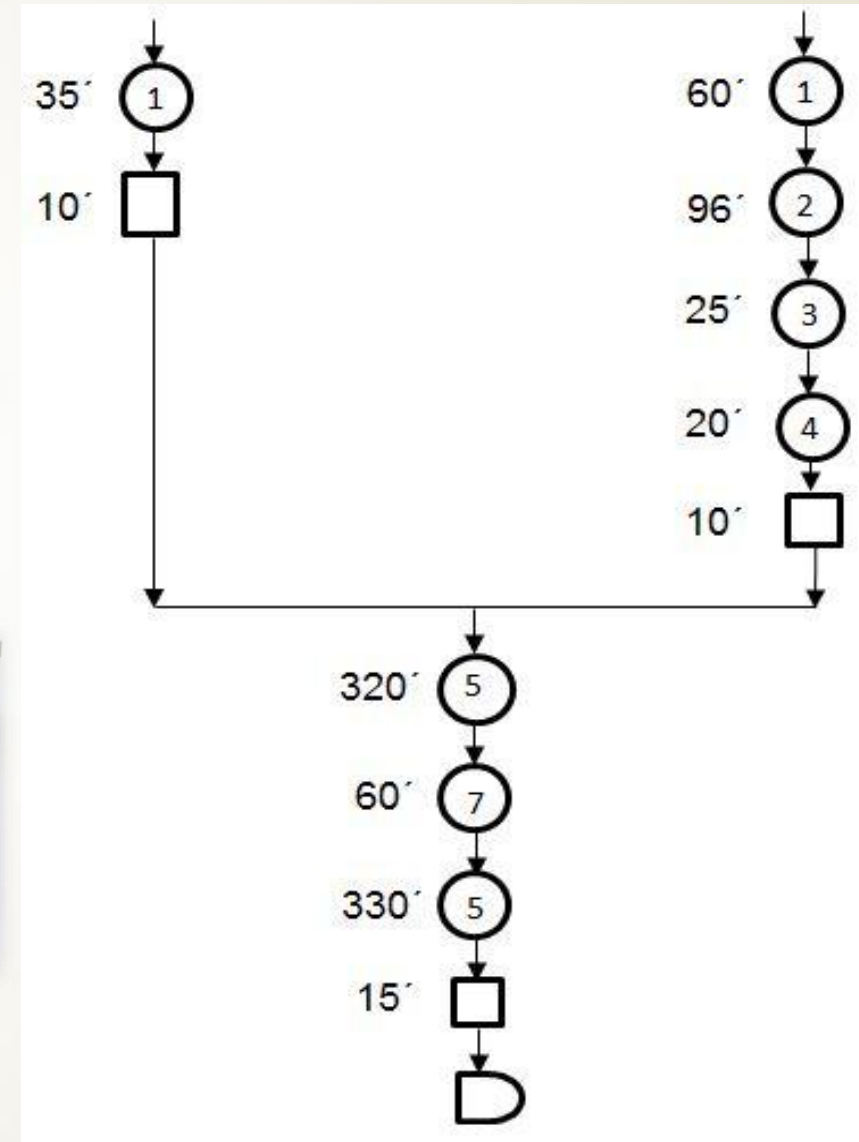
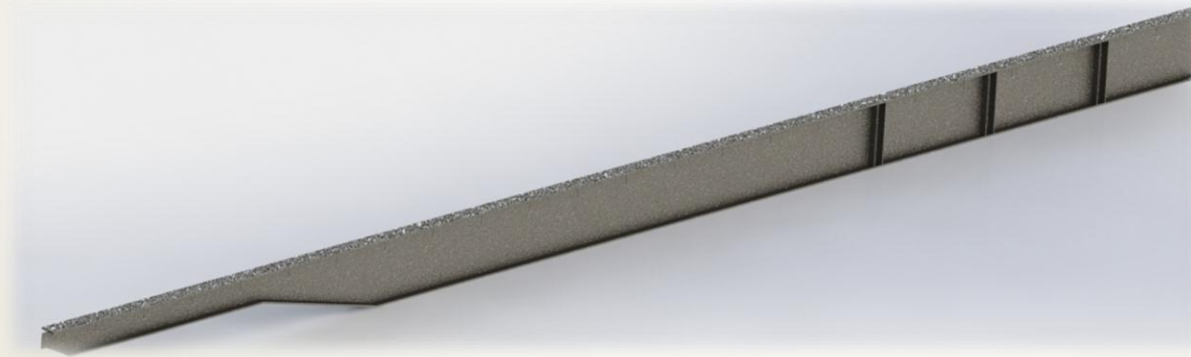
Nº DE OPERACIÓN	OPERACIÓN
1	Medición y Trazado
2	Corte del material
3	Limpieza de rebabas
4	Esmerilado
5	Proceso de Soldadura
6	Taladrado
7	Doblado



# CURSOGRAMA DE CONSTRUCCIÓN

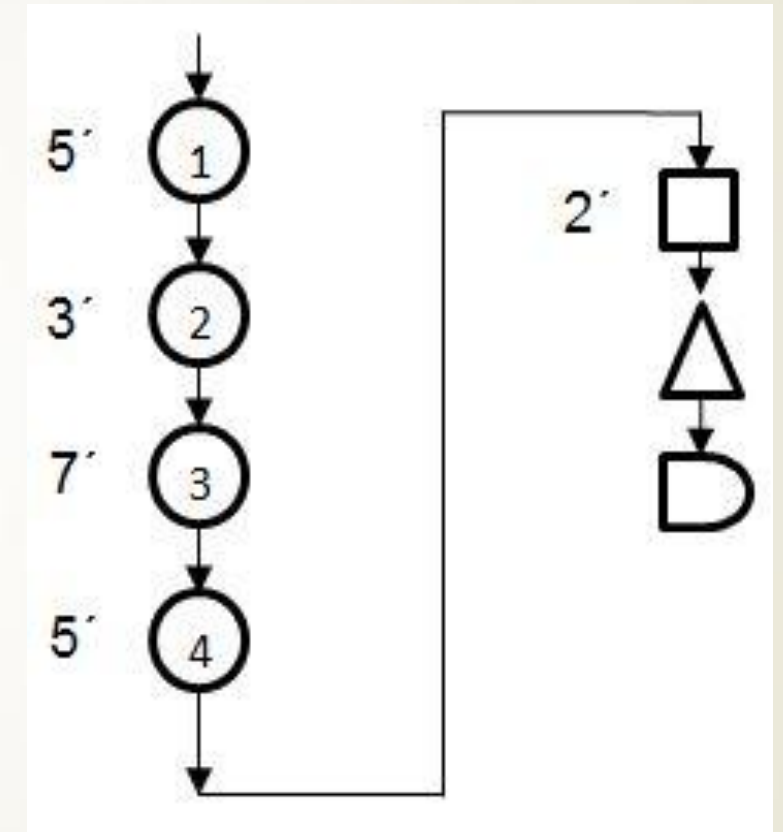
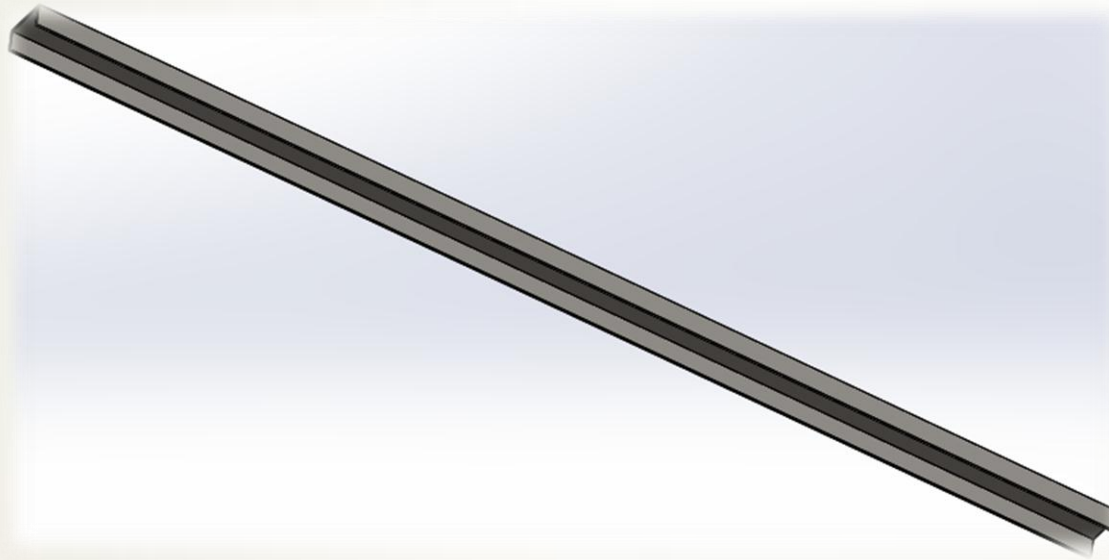
## Desarrollo del larguero para el chasis (2 veces)

- Platina 1: 12000x130x15mm
- Platina 2: 12000x505x6mm



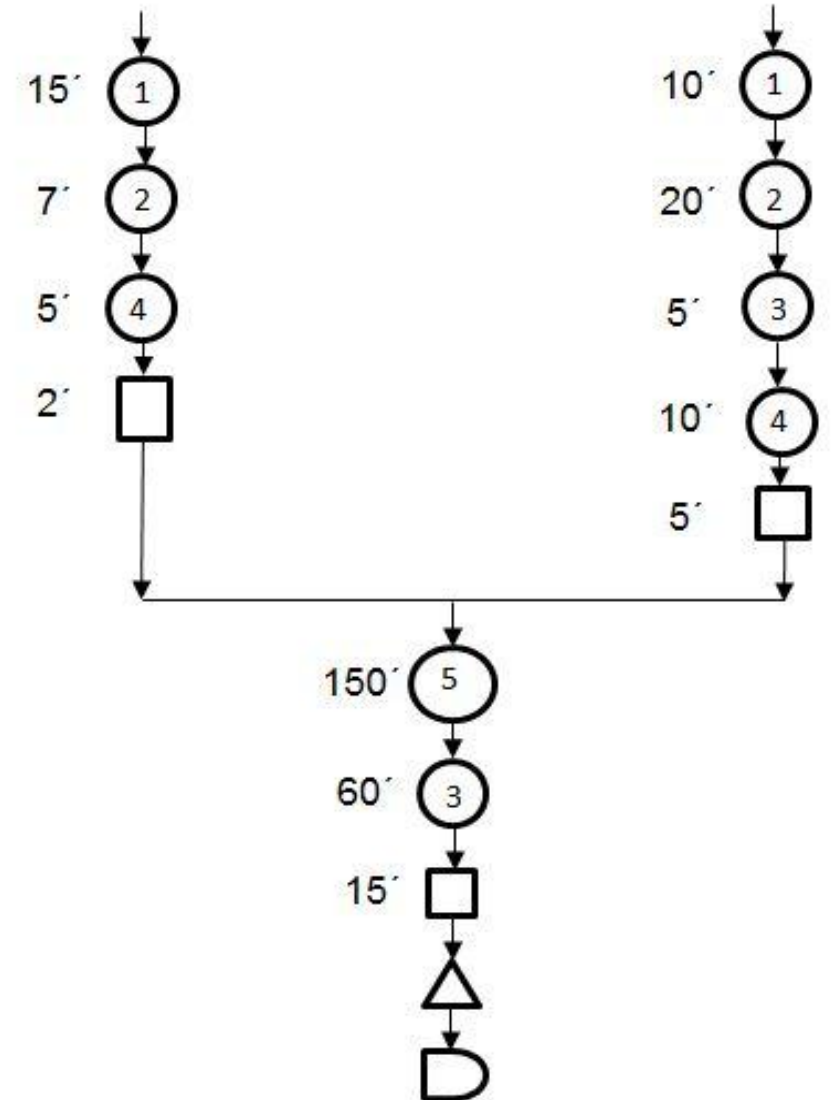
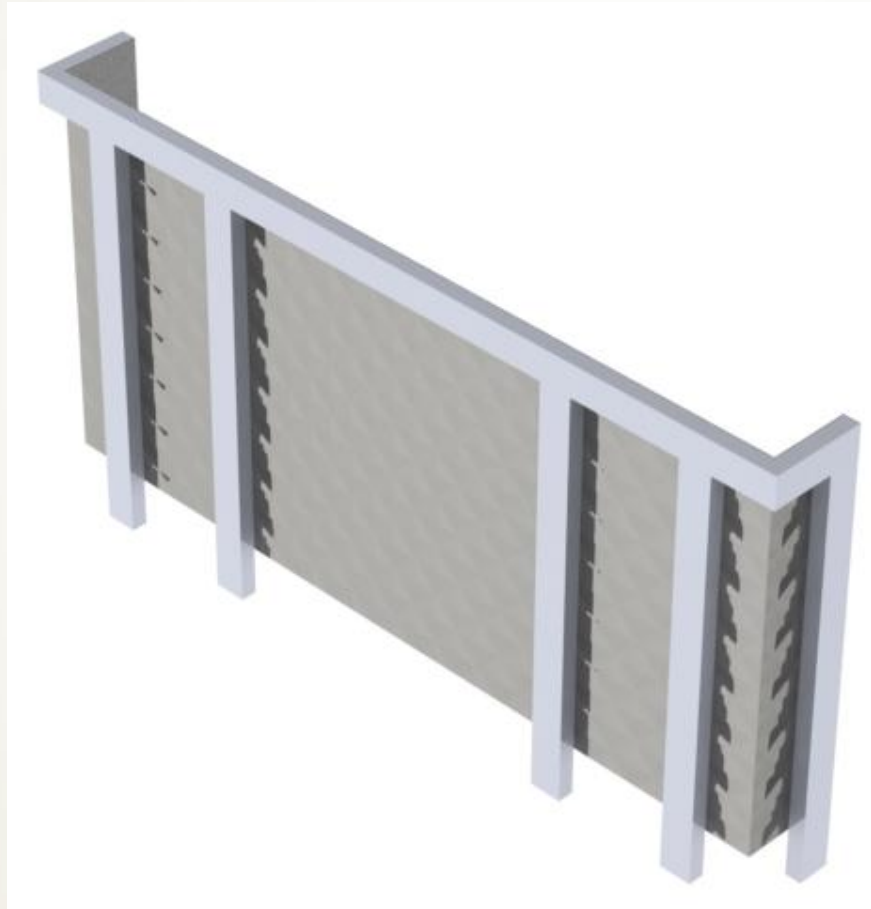
## Desarrollo para travesaño (24 veces)

- ▶ Perfil tipo C 100x50x5mm



## Desarrollo de talanquera

- ▶ Perfil tipo C: 100x50x5mm
- ▶ Plancha: 3 mm

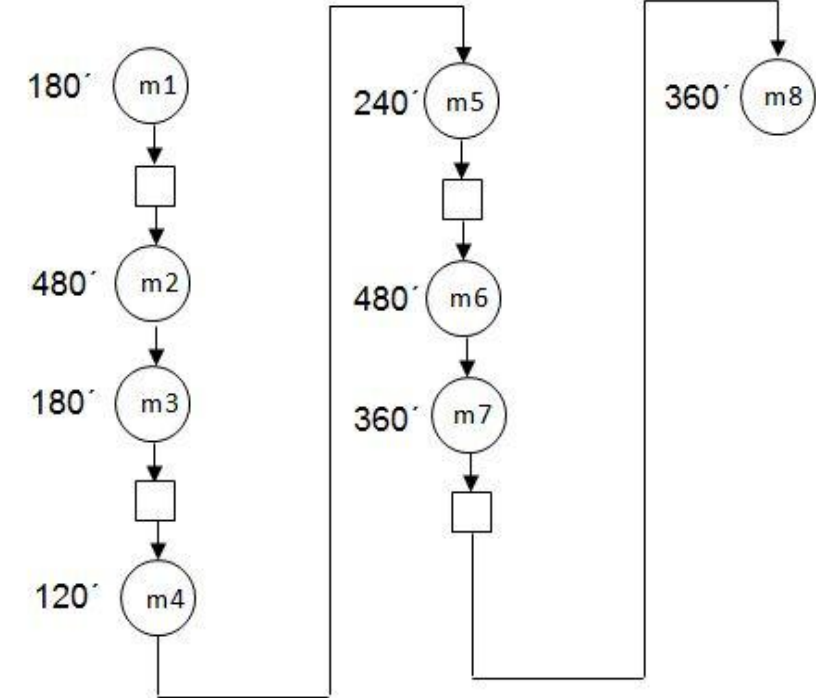




# CURSOGRAMA DE MONTAJE



OPERACIONES DE MONTAJE	CÓDIGO
Montaje de separadores	m1
Montaje de travesaños en largueros	m2
Montaje de laterales sobre largueros y travesaño	m3
Montaje para soporte de la plancha corrugada	m4
Montaje de la base para King Pin	m5
Montaje de talanquera	m6
Montaje de sujetadores de carga	m7
Montaje de guardachoque	m8



# PROTOCOLO DE PRUEBAS

## Pruebas de Dimensiones

DIMENSIÓN	VALOR(mm)	CUMPLE	NO CUMPLE
Largo Total	12171	X	
Ancho Total	2600	X	
Alto	2634	X	

## Pruebas de Carga

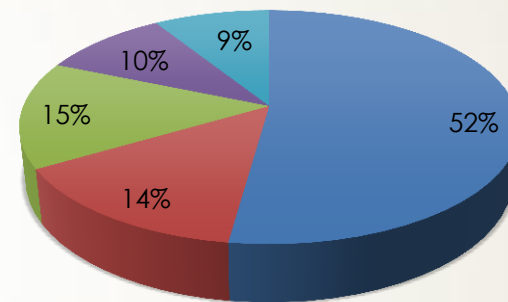
TIPO	CUMPLE	NO CUMPLE
Prueba con Carga	X	
Prueba sin Carga	X	



# COSTO TOTAL

DENOMINACIÓN	SUBTOTAL
COSTO DE MATERIALES	\$ 6004,96
COSTO DE SOLDADURA Y OTROS	\$ 1.650,00
COSTOS DE MANO DE OBRA	\$ 1.704,00
COSTOS DE DISEÑO	\$ 1.120,00
COSTOS VARIOS	\$ 1.027,00
<b>COSTO TOTAL DEL PROYECTO</b>	<b>\$ 11.505,96</b>

- costo de materiales
- costo de soldadura y otros
- costos de mano de obra
- costos de diseño
- costos varios



# CONCLUSIONES

- Mediante el programa Risa se puede modificar la distancia entre travesaños para así concluir en la opción ideal de diseño.
- En el método de elementos finitos es indispensable seleccionar el tipo de malla correcto para optimizar el gasto computacional y lograr un resultado aproximado al real.
- Los resultados obtenidos en softwares especializados deben ser analizados bajo el criterio del diseñador y constructor debido a las múltiples restricciones que existan en el mercado que se vaya a realizar la construcción de la estructura.



# CONCLUSIONES

- ▶ El análisis de la plataforma ha sido desarrollado en varios softwares de diseño para verificar que los factores de seguridad sea mayor que 1 tomando en cuenta varias hipótesis de carga extrema en la plataforma.
- ▶ Las soldaduras utilizadas sobre la estructura deberán resistir varias repeticiones de carga durante su vida útil, y se diseñaron tomando en cuenta la posibilidad de falla por fatiga.
- ▶ La resistencia a la cadencia de material utilizado para la construcción como de los electrodos empleados soportara la carga para la cual está diseñada la estructura.



# RECOMENDACIONES

- Antes de iniciar el proceso de diseño se debe consultar los requerimientos del usuario y especificarlos en la casa de la calidad para así lograr la satisfacción de las necesidades planteadas.
- Se debe investigar sobre normas vigentes en el país o países por las que ha de circular la plataforma antes de iniciar el proceso de diseño y construcción.
- Para este tipo de proyectos se recomienda elaborar planos de acuerdo al diseño previo a su construcción.
- Se recomienda investigar sobre el tipo de soldadura que se ha de utilizar ya que esto es importante para el soporte de la estructura, además que este proceso deberá realizarlo un soldador calificado.

# RECOMENDACIONES

- ▶ Se recomienda implementar la universidad con sistemas que permitan realizar pruebas de soldadura.
- ▶ Al implicar muchos procesos de manufactura en el proceso de construcción se recomienda tomar en cuenta normas de seguridad industrial para la protección de los trabajadores.
- ▶ Este tipo de proyectos es de gran ayuda para empresas artesanales ya que realizan este tipo de estructuras de manera empírica sin un diseño previamente elaborado, por tanto se recomienda el apoyo de parte de la universidad a estos proyectos.

“Una meta es un sueño con  
fecha de entrega”



*Napoleón Hill*