



Universidad
Politécnica
de Cartagena

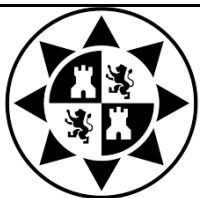


Anejo cálculos justificativos

Documento Nº1

Alumno: Antonio García García

Cartagena, a 18 de noviembre de 2014



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

**Realizado por :
Antonio García García**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página 1 de 84

ÍNDICE

| | | |
|--------|---|----|
| 1. | Introducción | 3 |
| 2. | Selección de cangilón..... | 3 |
| 3. | Cálculo de potencia y esfuerzos | 5 |
| 3.1 | Tramo 1 | 5 |
| 3.1.1 | Resistencia principal | 5 |
| 3.1.2. | Resistencia debida a la inclinación..... | 6 |
| 3.1.3. | Otras | 6 |
| 3.1.4. | Esfuerzo Tangencial | 6 |
| 3.1.5. | Tensión en la correa | 6 |
| 3.1.6. | Par Generado | 7 |
| 3.1.7. | Selección de cadena | 8 |
| 3.2 | Tramo 2..... | 8 |
| 3.2.1 | Resistencia principal | 9 |
| 3.2.2. | Otras | 9 |
| 3.2.3. | Esfuerzo Tangencial | 10 |
| 3.2.5. | Tensión en la correa | 10 |
| 3.2.6 | Par Generado | 11 |
| 3.2.6. | Selección de cadena | 11 |
| 4. | Fuerzas en el sistema. | 11 |
| 4.1 | Fuerzas Transmitidas del peso de la cinta..... | 11 |
| 4.2 | Fuerzas De ejes a Chapa | 14 |
| 4.2.1 | Fuerzas de Reacción en los apoyos | 15 |
| 4.2.2 | Comprobación de la sección del perfil..... | 17 |
| 4.2.3. | Fuerzas y factor de seguridad del resto de elementos;Error! Marcador no definido. | |
| 5. | Fuerzas Transmitidas de Chapa a Estructura..... | 19 |
| 5.1 | Comprobación método seleccionado | 20 |
| 5.2 | Reacciones en puntos de la estructura | 22 |
| 6. | Calculo de los tornillos de sujeción de chapas | 28 |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

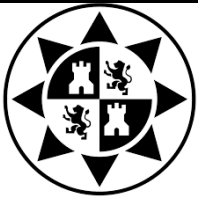
ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 2 de 84

| | |
|---|--------------------------------------|
| 7. Comprobación de la estructura | 29 |
| 7.1. Materiales utilizados | 30 |
| 7.2 Modelo Introducido en CYPE | 30 |
| 7.3. Características mecánicas | 31 |
| 7.3. Resumen de medición | 32 |
| 7.5. Fuerzas Incluidas en el análisis | 32 |
| 7.6. Tabla resumen resistencia | 32 |
| 7.7 Comprobaciones E.L.U, Perfil Cuadrado | 41 |
| 7.8 Esfuerzo en barra, Perfil rectangular | 58 |
| 7.9 Conclusión | 68 |
| 8. Placas de anclaje | 68 |
| 8.1. Descripción | 68 |
| 8.2. Medición placas de anclaje | 68 |
| 8.3. Medición pernos placas de anclaje | 68 |
| 8.4.- Comprobación de las placas de anclaje | 69 |
| 9. Comprobación de chapa | 71 |
| 9.1 Características del análisis estático | 72 |
| Resultados del estudio | 72 |
| 9.2. Tabla de Factor de seguridad en chapas | 75 |
| 9.2. Análisis de chapa | ¡Error! Marcador no definido. |
| 10. Selección del motor | 75 |
| 11. Poleas de giro | 77 |
| 12. Rodamientos | 78 |
| 13. Ejes | ¡Error! Marcador no definido. |
| 14. Unión soldada | 79 |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 3 de 84

1. INTRODUCCIÓN

Para la realización de los cálculos se debe partir de las fuerzas que se transmitan al sistema.

Los datos de partida son:

- Flujo de Material Objetivo: 5000 Kg cada 8 horas de trabajo.
- Material:
 - Bolas de sales de baño.
 - Densidad 1000Kg/m³
 - Volumen: 0.3cm³



2. SELECCIÓN DE CANGILÓN

Se dispone de un catálogo bastante reducido de cangilones en el mercado, ya que no son muy frecuentes, como es el caso de la cinta transportadora normal. Aun así, se disponen de los siguientes modelos tras una búsqueda en los catálogos adecuados.

El fabricante es *Intervey*, y ofrece el siguiente catálogo de cangilones:

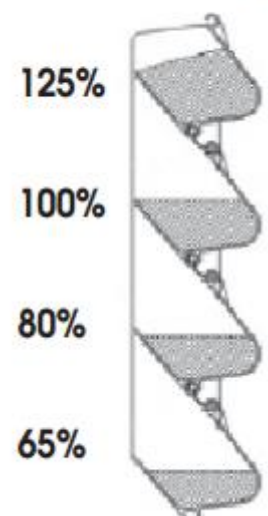
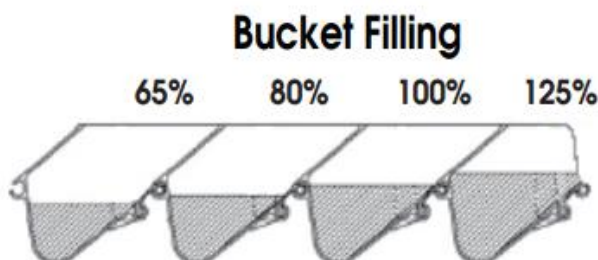
WIESE Continuous Bucket Conveyor "SEB"

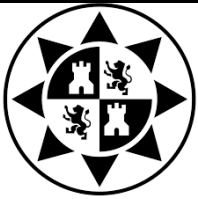
Dimensions in (mm)

Bucket Volume at water level 100% (l)

| Dimensions in (mm) | | | | | | | | | | Bucket volume at water level 100% | | | | |
|--------------------|-------|-------|-----|-----|-----|-------------|-------------|--------------|-------|-----------------------------------|-----|------------------|-------------------|-----|
| Type | A | B | C | D | E | F (min.) | H (min.) | iK (min.) | P | U | V | Bucket- pitch | Bucket- volume | |
| SEB 03 | 338 | 260 | 350 | 80 | 150 | 530 | 685 | 550 | 645 | 260 | 121 | 100 | 99 | 0,3 |
| SEB 05 | 478 | 400 | 350 | 200 | 150 | 530 | 685 | 550 | 645 | 260 | 253 | 100 | 99 | 0,7 |
| SEB 1/05 | 458 | 380 | 460 | 150 | 250 | 820 | 1.190 | 750 | 1.065 | 550 | 212 | 100 | 165 | 1,7 |
| SEB 1 | 598 | 500 | 500 | 150 | 250 | 970 | 1.900 | 843 | 1.255 | 410 | 212 | 100 | 165 | 1,7 |
| SEB 2 | 668 | 570 | 600 | 150 | 250 | 1.150 | 1.900 | 943 | 1.415 | 550 | 267 | 100 | 198 | 3,0 |
| SEB 5 | 818 | 700 | 750 | 180 | 400 | 1.325 | 2.250 | 915 | 1.425 | 750 | 375 | 150 | 215 | 6,5 |
| SEB 10 | 1.118 | 1.000 | 770 | 450 | 400 | 1.375 | 2.250 | 1.320 | 2.000 | 750 | 600 | 150 | 215 | 10 |

Bucket Filling





El flujo (q_c) es de 0,173 kg/s, por lo que si se tiene en cuenta la densidad del material en unidades de volumen (l), 1Kg/l, y contrastándola con la capacidad de cada cangilón, se observa que el primer tipo de cangilón SEB 03, tiene un volumen de 0.3l, por lo que se asume que en un cangilón cabe la cantidad necesaria por segundo para tener una velocidad no muy baja ya que tiene una larga distancia que recorrer.

Peso por cangilón.

$$P_c = i \cdot \rho \cdot v_c$$

i es coeficiente de relleno.

ρ es la densidad del material $\left(\frac{Kg}{l}\right)$.

v_c es el volumen del cangilón l .

P_c es el peso por cangilón Kg

El coeficiente de relleno escogido será de 0.6 para el funcionamiento normal requerido por el sistema, pero para los cálculos se toma un carga del 100% del volumen del cangilón.

Peso por cangilón:

0,6 -> $P_c = 0,18$ Kg por Cangilón.

1 -> $P_c = 0,3$ Kg por Cangilón.

A partir de los datos del fabricante se conoce que la separación entre cangilones ($d_{cangilón}$) es de 100 mm por lo que se deduce la velocidad de régimen del sistema, que será mediante la siguiente ecuación:

$$v = \frac{d_{cangilón}}{P_c} \cdot q_c$$
$$v_{0,6} = 0.0964 \frac{m}{s} \rightarrow 96,45 \frac{mm}{s}$$

Esta es la velocidad adecuada para el funcionamiento de régimen, ya que aunque haya un exceso de material, la velocidad a la que se someterá el sistema será la misma.



3. CÁLCULO DE POTENCIA Y ESFUERZOS

Para el diseño actual la norma que más se aproxima es la UNE_58204=1992 *Cintas transportadoras provistas de rodillos portantes: Cálculo de la potencia disponible y esfuerzos de tracción*. La adaptación es posible porque en las ecuaciones se utilizan datos generales de lo transportado, y no del sistema de transporte. Además, se deben calcular los dos tramos por separado.

3.1 Tramo 1

Datos generales del tramo:

- 6 metros de longitud horizontal y 3 metros de ascenso vertical.

La norma resume las resistencias que hay en los casos generales de cintas de transporte, pero al ser generales pueden adaptarse para todo tipo de cintas y que los principios son los mismos.

Fórmula general de cálculo.

$$F_u = F_H + F_N + F_{St}$$

3.1.1 Resistencia principal

$$F_H = f \cdot L \cdot g [q_{RO} + q_{RU} + (2q_B + q_G) \cos \delta]$$

f es coeficiente ficticio de rozamiento

L es la Longitud de transportador (entre ejes) m

g es la gravedad m/s^2

q_{RO} es la masa de las partes giratorias de los rodillos portadores por metro de ramal cargado $\frac{Kg}{m}$

q_{RU} es la masa de las partes giratorias de los rodillos de retorno por metro de ramal de retorno $\frac{kg}{m}$

q_B es la masa de la banda por metro en ramal superior o inferior $\frac{Kg}{m}$

q_G es la masa del material transportado por metro $\frac{kg}{m}$



Datos:

- $f = 0.02$ por recomendación de la norma
- $L = 6 \text{ m}$
- $g = 9.8 \text{ m/s}^2$
- q_{ro} y q_{Ru} , en este caso se despreciaba que solo hay rodillos de transporte puestos 2 cada 1.5 m de longitud por lo que su peso va a ser despreciable en comparación a lo que aporta la cinta con el material.
- $q_B = 3 \text{ Kg/m}$, (Cangilones, Cadena, Elementos auxiliares)
- $q_G = P_c \cdot d_{cangilón} = 0.3 \text{ Kg} / 0.1 \text{ m} = 3 \text{ Kg/m}$
- $\delta = 0^\circ$ (No hay inclinación)

$$F_H = 10,58 \text{ N}$$

3.1.2. Resistencia debida a la inclinación

$$F_{St} = q_G \cdot H \cdot g$$

H es la altura de elevación

$$F_{St} = 3 \text{ Kg/m} \cdot 3 \text{ m} \cdot 9.8 \text{ m/s}^2 = \mathbf{88.2 \text{ N}}$$

3.1.3. Otras

La resistencia de Inercia se desprecia ya que la velocidad es muy baja y tras calcular la resistencia producida tiene un valor de 0.01N, por lo que no se incluye en los cálculos, y por consecuencia próximos cálculos se realizan en estado estático y no dinámico.

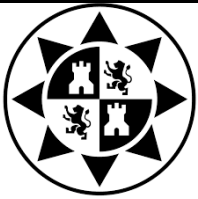
3.1.4. Esfuerzo Tangencial

$$F_u = F_H + F_{St} = 10,58 \text{ N} + 88,2 \text{ N} = \mathbf{98,8 \text{ N}}$$

3.1.5. Tensión en la correa

La tensión de la correa, debe ser la que permita las siguientes condiciones de funcionamiento:

1. Transmisión de polea sin deslizamiento.
2. Flecha acotada en un margen permisible.



De estas dos condiciones la más restrictiva es la de la flecha ya que se tienen largas distancias entre rodillos de transporte.

Tensiones mínimas para evitar la flecha tanto en el ramal superior como en el inferior.

Para el ramal superior:

$$F_{u,mín} \geq \frac{a_o (q_B + q_G)g}{8 \left(\frac{h}{a}\right) adm_i}$$

a_o es la distancia entre los trenes de rodillos ramal superior m

$\left(\frac{h}{a}\right) adm$ es la relación de flecha mínima, Valores recomendados $0,02 \leq X$
 ≥ 0.005

- Para un valor de $h/a = 0,02$
- $a_o = 1,5$ m

Fuerza de tensión para el ramal superior:

$$F1 = T1 = 551N$$

Para el ramal inferior:

$$F_{mín} \geq \frac{a_u q_B}{8 \left(\frac{h}{a}\right) adm_i}$$

a_u es la distancia entre los trenes de rodillos ramal inferior m

- Flecha mínima admisible, $(h/a) adm = 0,02$.
- $a_u = 2,475$ m

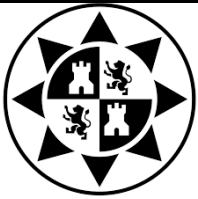
$$F2 = T2 = 454 N$$

3.1.6. Par Generado

El par generado por la diferencia de tensión en la correa.

$$P = (T_1 - T_2) \cdot r_{PoleaMotriz}$$

$$P = (551 - 454) \cdot 0,085 = 16,4 Nm$$



Cada polea consume 16,4 N m por lo que al tener dos poleas en el eje el par que debe generar el motor será de 32,8 N m.

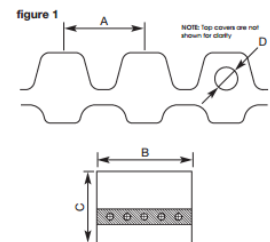
3.1.7. Selección de cadena

Entre los productos del catálogo de *Intervey*, se encuentran unas cadenas de goma, diseñadas para este tipo de sistema de producción.

WIESE RUBBER CHAIN

standard types

| | type | A (mm) | B (mm) | C (mm) | E (mm) | max. tension (daN) | D max. bore diameter Ø (mm) |
|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------------------|-----------------------------------|
| figure 1 | 33/33/30 | 33 | 32 | 28 | — | 450 | 6 |
| " | 33/33-36 | 33 | 32 | 36 | — | 450 | 13 |
| " | 33/53/50 | 33 | 50 | 36 | — | 750 | 15 |
| " | 43/53/50 | 43 | 50 | 36 | — | 750 | 11 |
| " | 43/50-45 | 43 | 50 | 44 | — | 750 | 17 |
| " | 43/53/50 | 43 | 50 | 36 | — | 750 | 11 |



Tras calcular la tensión mínima que debe de tener la correa para evitar la flecha, se escoge la correa del tipo 33/33/30, ya que por recomendación de fabricante y por el tipo de cangilón es suficiente con el de diámetro 6 mm.

Coefficiente de seguridad en la correa:

$$\mu = \frac{\text{max.tension}}{T_1} = \frac{4500}{551} = 8,2$$

3.2 TRAMO 2

Datos Generales del tramo:

- 3 metros de longitud entre ejes.
- Iguales características de flujo y material que en el tramo 1.

El cálculo de las resistencias se hará igual que en el caso anterior con la excepción de que en este tramo no hay desplazamiento vertical, por lo que no se tendran, resistencias debidas a la inclinación.



3.2.1 Resistencia principal

$$F_H = f \cdot L \cdot g [q_{RO} + q_{RU} + (2q_B + q_G) \cos \delta]$$

f es coeficiente ficticio de rozamiento

L es la Longitud de transportador (entre ejes) m

g es la gravedad m/s^2

q_{RO} es la masa de las partes giratorias de los rodillos portadores por metro de ramal cargado $\frac{Kg}{m}$

q_{RU} es la masa de las partes giratorias de los rodillos de retorno por metro de ramal de retorno $\frac{kg}{m}$

q_B es la masa de la banda por metro en ramal superior o inferior $\frac{Kg}{m}$

q_G es la masa del material transportado por metro $\frac{kg}{m}$

Datos:

$f = 0,02$ por recomendación de la norma

$L = 3$ m

$g = 9,8m/s^2$

q_{RO} y q_{RU} , en este caso se desprecia ya que solo hay rodillos de transporte cada 1.5 m de longitud por lo que su peso va a ser despreciable en comparación a lo que aporta la cinta con el material.

$q_B = 3$ Kg/m, (Cangilones, Cadena, Elementos auxiliares)

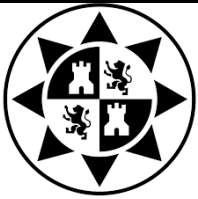
$q_G = Pc \cdot d_{cangilón} = 0,3$ Kg /0,1m= 3Kg/m

$\delta = 0^\circ$ (No hay inclinación)

$F_H = 5,29$ N

3.2.2. Otras

Resistencia de Inercia se desprecia ya que la velocidad es muy baja y tras calcular la resistencia producida se obtiene un valor de 0.01N, por lo que no se tiene en cuenta en los cálculos, y además los próximos cálculos se realizan en estado estático y no dinámico.



3.2.3. Esfuerzo Tangencial

$$F_u = F_H = 5,3 \text{ N}$$

3.2.5. Tensión en la correa

La tensión de la correa, debe ser la que permita las siguientes condiciones de funcionamiento:

1. Transmisión de polea sin deslizamiento.
2. Flecha acotada en un margen permisible.

Comparando ambas condiciones la más restrictiva es la de la flecha ya que se tienen largas distancias entre rodillos de transporte y la correa es de un material con un alto rozamiento.

Tensiones mínimas para evitar la flecha tanto en el ramal superior como en el inferior.

Para el ramal superior:

$$F_{\min} \geq \frac{a_o (q_B + q_G) g}{8 \left(\frac{h}{a} \right) \text{admi}}$$

a_o es la distancia entre los trenes de rodillos ramal superior m

$\left(\frac{h}{a} \right) \text{adm}$ es la relación de flecha mínima, Valores recomendados $0,02 \leq X$
 ≥ 0.005

- Para un valor intermedio de $h/a = 0.0125$
- $a_o = 1,5 \text{ m}$

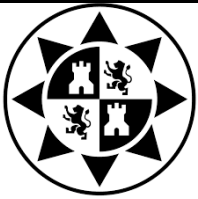
Fuerza de tensión para el ramal superior:

$$F1 = T1 = 551 \text{ N}$$

Para el ramal inferior:

$$F_{\min} \geq \frac{a_u q_B}{8 \left(\frac{h}{a} \right) \text{admi}}$$

a_u es la distancia entre los trenes de rodillos ramal inferior m



- Flecha mínima admisible, $(h/a)_{adm} = 0.0125$.
- $a_u = 1,5 \text{ m}$

$$F_2 = T_2 = 367,5 \text{ N}$$

3.2.6 Par Generado

El par generado por la diferencia de tensión en la correa.

$$P = (T_1 - T_2) \cdot r_{PoleaMotriz}$$

$$P = (551 - 367,5) \cdot 0,085 = 15,6 \text{ Nm}$$

Cada polea consume 15,6 N m por lo que al tener dos poleas en el eje el par que debe generar el motor será de 31,2 N m.

3.2.6. Selección de cadena

La comprobación de la cadena será igual que para el tramo 1, ya que tenemos la misma fuerza T_1 .

4. FUERZAS EN EL SISTEMA.

El cálculo de fuerzas se ha realizado para un caso estático, donde la cinta está completamente llena con un coeficiente de carga del 100 % .

4.1 Fuerzas Transmitidas del peso de la cinta.

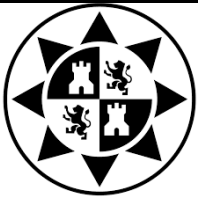
La fuerza transmitida por el peso de la cinta transportadora a los rodamientos de transporte.

Peso por cangilón lleno:

$$F_{CangLl} = P_{CangLl} \cdot g = 0,6 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} = 5,88 \text{ N}$$

F_{CangLl} es el peso del cangilón llenado al 100%

P_{CangLl} es la masa completa de un cangilón (Material, cangilón, elementos auxiliares) Kg



Peso por cangilón vacío:

$$F_{Cang} = P_{Cang} \cdot g = 0,3 \text{ Kg} \cdot 9,8 \frac{m}{s^2} = 2,94 \text{ N}$$

F_{Cang} Fuerza que se transmita a la correa.

Esta fuerza se transmite a la correa, según la ley de fuerzas que aparece en la imagen.

En este caso los apoyos son empotrados ya que no permiten el movimiento del cangilón sobre el eje que lo porta. Aun que se permite el giro sobre si mismo, esto ocurre en un plano distinto, por lo que la hipótesis de empotramiento se verifica.

Los constantes son:

$$L = 0,121 \text{ m}$$

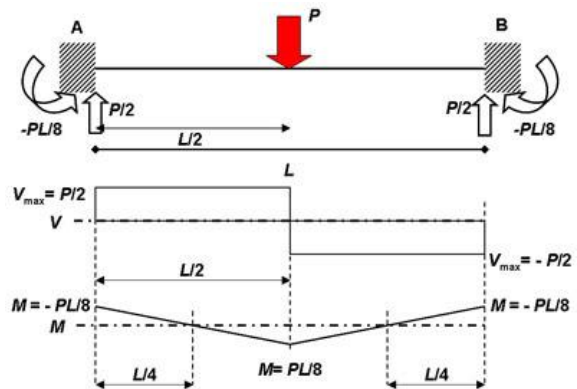
$$V_{CangLl} = \frac{F_{CangLl}}{2} = \frac{5,88}{2} \text{ N} = 2,94 \text{ N}$$

$$V_{Cang} = \frac{F_{Cang}}{2} = \frac{2,94}{2} \text{ N} = 1,47 \text{ N}$$

Momentos:

$$M_{CangLl} = \frac{F_{CangLl} \cdot L}{8} = \frac{5,88 \cdot 0,121}{8} \text{ N} = 0,089 \text{ Nm}$$

$$M_{Cang} = \frac{F_{Cang} \cdot L}{8} = \frac{2,94 \cdot 0,121}{8} \text{ N} = 0,044 \text{ Nm}$$



Los momentos serán despreciados, ya que no tienen una influencia significativa en las fuerzas transmitidas a los rodamientos.

La fuerza Transmitida por toda la correa a cada rodamiento, se ha calculado usando el programa MEFI. Se harán las siguientes suposiciones para establecer la hipótesis de partida:

1º La fuerza cortante se transmite puntualmente cada 0,1 m -> 100 mm, por lo que se hace una simplificación para que esta fuerza puntual, se convierta en una fuerza uniforme. Esto aporta velocidad en la inserción de las fuerzas en los cálculos.

$$q_{CangLl} = \frac{V_{CangLl}}{d} = \frac{2,94 \text{ N}}{100 \text{ mm}} = 0,0294 \text{ N/mm}$$

$$q_{Cang} = \frac{V_{Cang}}{d} = \frac{1,47 \text{ N}}{100 \text{ mm}} = 0,0147 \text{ N/mm}$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

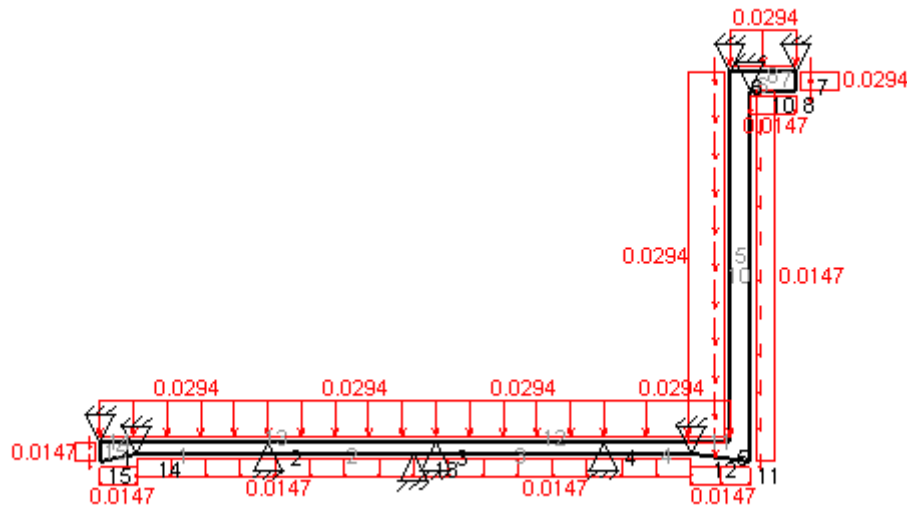
Página 13 de 84

2° Los rodamientos de transporte son los puntos de apoyo de la correa, por lo que estos serán apoyos con el movimiento impedido en el eje X e Y pero libre el giro en Z.

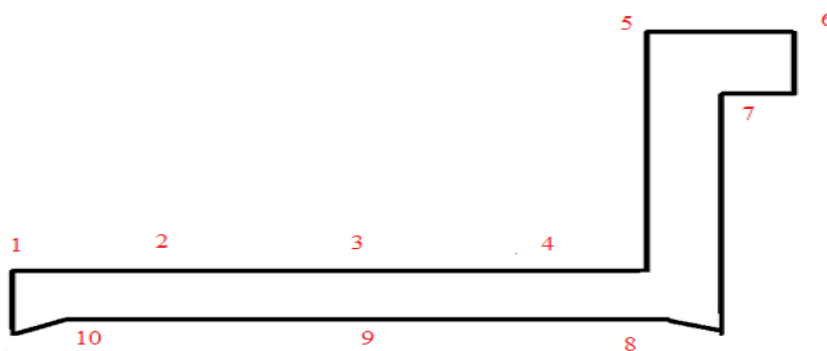
3° La correa se supondrá como vigas rígidas conectadas con nudos rígidos, despreciando sus desplazamientos, ya que solo se busca obtener la fuerza del peso que se ejerce en los rodamientos debidas al peso de la cinta.

Recorrido de la cinta, Tramo 1:

Usando el Software MEFI, se dibuja el recorrido de la cinta y se añaden los apoyos, y fuerzas en los sentidos y valores correspondientes.



Los datos que reporta son los siguientes:





DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

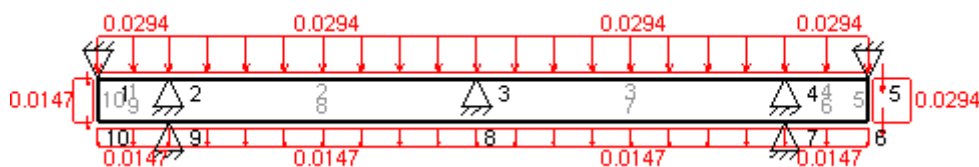
Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 14 de 84

| Punto | Reacciones en X (N) | Reacciones en Y (N) |
|-------|---------------------|---------------------|
| 1 | -21,38 | -18,3 |
| 2 | 0,00 | 44,69 |
| 3 | 0,00 | 44,48 |
| 4 | 0,00 | 42,08 |
| 5 | 0,00 | 116,69 |
| 6 | 8,14 | 18,98 |
| 7 | -8,34 | 43,12 |
| 8 | 0,00 | 33,50 |
| 9 | 0,00 | 37,92 |
| 10 | 21,38 | 47,68 |

Recorrido de la cinta, Tramo 2:



| Punto | Reacciones en X (N) | Reacciones en Y (N) |
|-------|---------------------|---------------------|
| 1 | 20 | -40 |
| 2 | 0 | 35 |
| 3 | 0 | 36 |
| 4 | 0 | 33 |
| 5 | -20 | -30 |
| 7 | 20 | 47 |
| 9 | -20 | 52 |

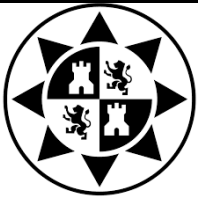
4.2 Fuerzas de ejes a Chapa

En este punto se realizan dos pasos.

1º Calcular las fuerzas que se transmiten a las chapas de soporte de los rodamientos.

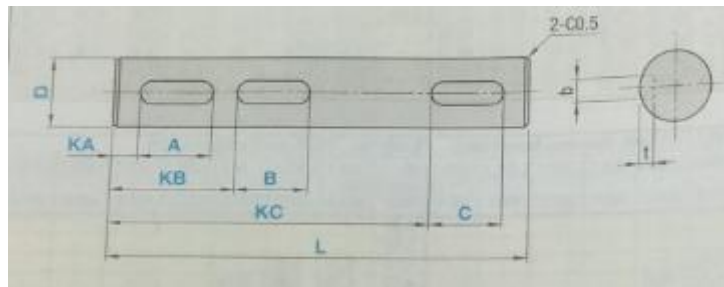
2º Comprobar que los ejes de los rodamientos cumplen con las solicitaciones.

Para ello se vuelve a utilizar el Software MEFI.



La selección del diámetro de los ejes está fijada por las poleas, que más adelante serán seleccionadas.

4.2.1 Selección de eje

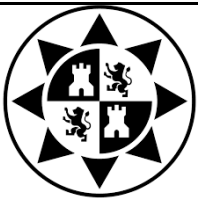


Los ejes se han seleccionado del catálogo proporcionado por *MISUMI*, y bajo estudio el realizado anteriormente, se son los siguientes:

| Tipo | Material | Sy | D mm | L | KA mm | KB mm | KC mm |
|-------|----------|-----|--------------------|-------|-------|-------|-------|
| SFGKR | 1.1191 | 570 | 20 mm | 112,8 | 62,8 | - | - |
| | | | 20 mm T2 | 115,3 | 65,3 | - | - |
| | | | 30 mm No motriz | 365 | 112,8 | 227,8 | - |
| | | | 30 mm No Motriz T2 | 370 | 115,3 | 230,3 | - |
| | | | 30 mm Motriz | 372,3 | 20 | 119,5 | 234,5 |
| | | | 30 mm Motriz T2 | 378 | 20 | 122 | 237 |
| | | | 40 mm | 365 | 112,8 | 227,8 | - |

4.2.2 Fuerzas de Reacción en los apoyos

Para resumir estos cálculos se pondrá el proceso de resolución del 1º caso completo para el eje de diámetro 30 mm y una tabla resumen de los puntos donde se produzca la mayor sollicitación para los otros dos ejes que componen la cinta.



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

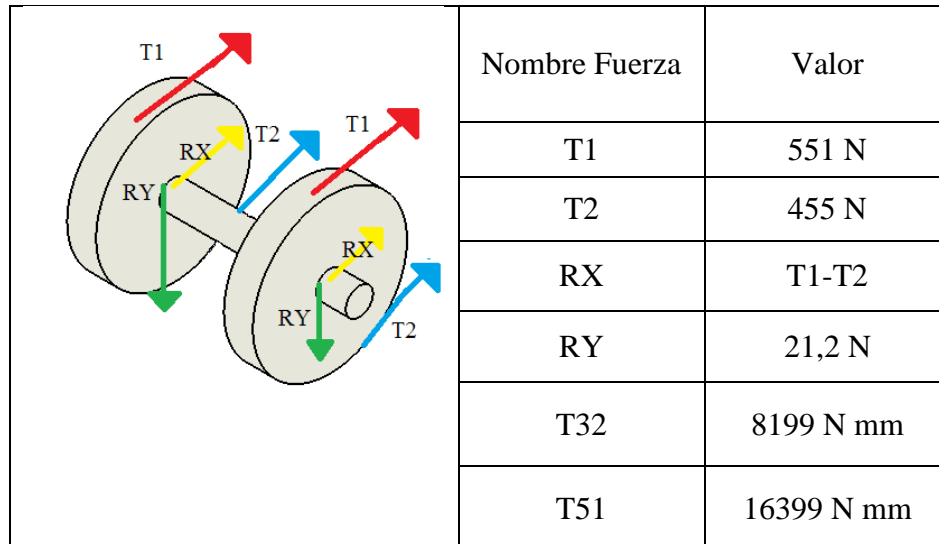
ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

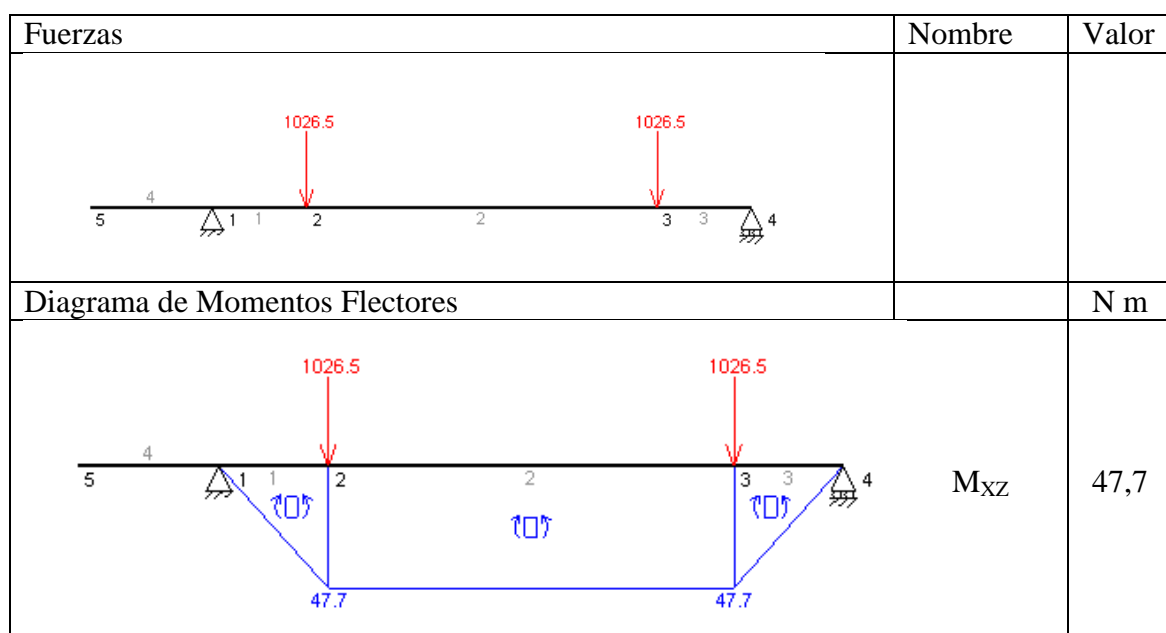
Página **16** de **84**

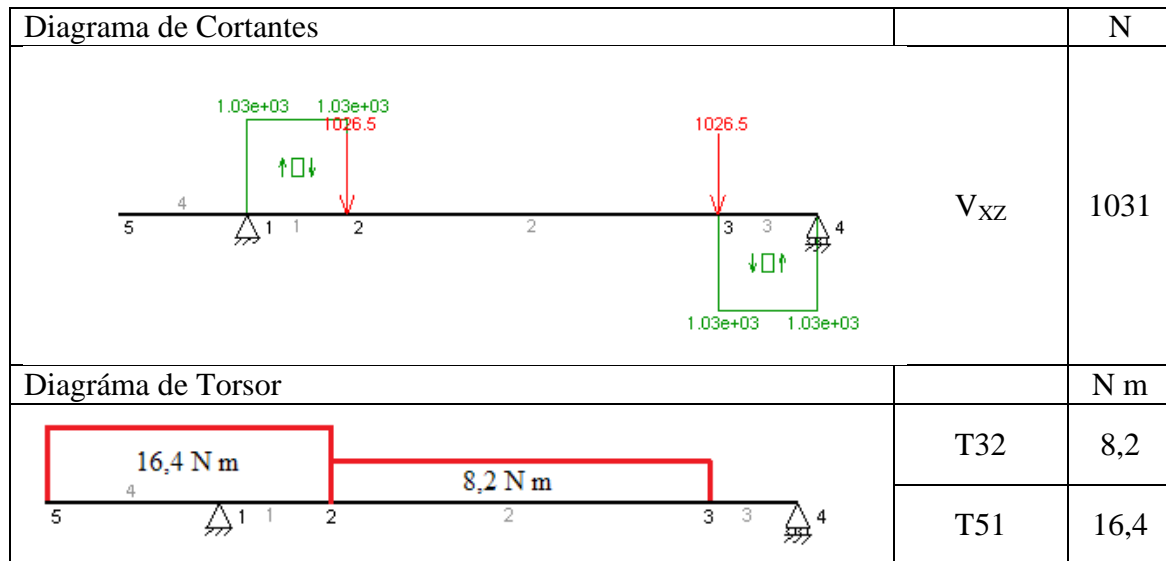
• **Eje de 30 mm:**



La fuerza en el eje Y se despreciará en este caso ya que es muy inferior a la fuerza, producida por la tensión de la correa, por lo que los cálculos se harán bajo las siguientes condiciones:

- Plano XY
- Como hay simetría en el sistema, solo se ponen las reacciones en uno de los lados, ya que son iguales en lado opuesto. Fuerzas Resultantes en planos
- Plano XZ





4.2.3 Comprobación de la sección del perfil

Para esta comprobación se utiliza el siguiente procedimiento de cálculo.

Módulo de las fuerzas (Suma Cuadrática):

$$M = \sqrt{M_{xy}^2 + M_{xz}^2} = \sqrt{0^2 + 47700^2} = 47700 \text{ N mm}$$

El diámetro del eje motriz depende de la polea y el diámetro de esta. Por recomendación del fabricante de los cangilones, el diámetro de la polea debe de ser mínimo 170mm, por lo que la polea que se adecua a esa medida, según datos de fabricante tiene un agujero de eje de los siguientes valores 30 o 35 mm.

El eje será macizo ya que el peso del eje será despreciado por ser muy bajo, y el costo de la pieza es menor.

Datos para la comprobación del perfil:

- Diámetro = 30mm
- Área:

$$A = \pi * r^2 = 3,14 \cdot 15^2 = 706 \text{ mm}^2$$



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

**Realizado por :
Antonio García García**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página **18** de **84**

- Módulo resistente:

$$W_x = W_y = \frac{\pi \cdot r^3}{4} = \frac{\pi \cdot 15^3}{4} = 2650,71 \text{ mm}^4$$

- Tensión:

$$\sigma_{Ed} = \frac{32 \cdot M}{\pi \cdot d^3}$$

- Torsor:

$$\tau_{xy} = \frac{16 \cdot T}{\pi \cdot d^3}$$

- Tensión conjunta:

$$\sigma_e = \sqrt{(\sigma_x)^2 + 3 \cdot (\tau_{xy})^2}$$

- Límite elástico del material:

$$S_y = 570 \text{ MPa}$$

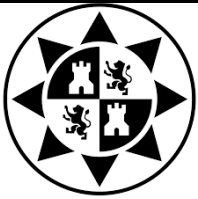
- Coeficiente de seguridad:

$$\eta = \frac{S_y}{\sigma_e}$$

| Sección | D | Vy | Mt | Nota | K _{flex} | Kfs | σ _x | τ _{xy} | K _f σ _x | k _{fs} τ _{xy} | σ' | η |
|---------|----|-------|-------|---------|-------------------|-----|----------------|-----------------|-------------------------------|---------------------------------|------|-----|
| 1 | 30 | 0 | 16399 | Apoyo | 1 | 1 | 0,0 | 3,1 | 0,0 | 3,1 | 5,4 | 106 |
| 2 | 30 | 47700 | 16399 | Chaveta | 2 | 1,6 | 18,0 | 3,1 | 36,0 | 4,9 | 37,0 | 15 |
| 3 | 30 | 47700 | 8199 | Chaveta | 2 | 1,6 | 18,0 | 1,5 | 36,0 | 2,5 | 36,2 | 15 |
| 4 | 30 | 0 | 0 | Apoyo | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 5 | 30 | 0 | 16399 | Chaveta | 2 | 1,6 | 0,0 | 3,1 | 0,0 | 4,9 | 8,6 | 66 |

- Conclusión:

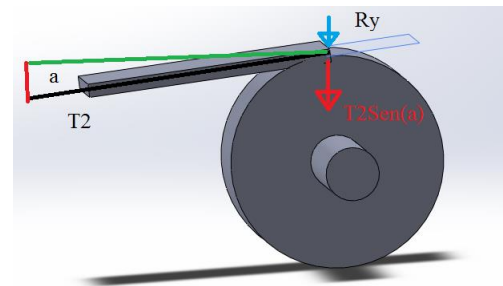
El eje tiene un coeficiente de seguridad de 15, lo que indica que está muy por encima de lo recomendado ($\mu = 2,5$), pero por motivos económicos se mantendrá.



• **Eje de 20 mm:**

Este eje solo es el que se dispondrá en las zonas de transporte donde irá apoyada la cinta. Pero hay dos casos donde hay una mayor tensión ya que la rueda está montada de manera que aumente el grado de abrazo de la correa con la polea por lo que se tiene la situación mostrada en la figura.

Por tanto se tiene la fuerza producida por el peso de cinta más una parte dependiendo del ángulo de la tensión del ramal inferior.



| Sección | D | Vy | Mt | Nota | K _{flex} | K _{fs} | σ_x | τ_{xy} | K _f σ_x | k _{fs} τ_{xy} | σ' | η |
|---------|----|----|------|------|-------------------|-----------------|------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|-----------|--------|
| 1 | 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | Apoyo | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 15 | 0 | 8380 | 8380 | 0 | Chaveta | 2 | 1,6 | 25,2 | 0 | 50,5 | 0 |

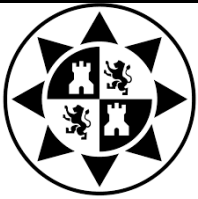
• **Eje de 40 mm:**

| Sección | D | Mxy | Mxz | Vy | Mt | Nota | K _{flex} | K _{fs} | σ_x | τ_{xy} | K _f σ_x | k _{fs} τ_{xy} | σ' | η |
|---------|----|-------|-------|-------|----|---------|-------------------|-----------------|------------|-------------|---------------------------|-----------------------------|-----------|--------|
| 1 | 40 | - | - | - | - | Apoyo | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - |
| 2 | 40 | 25600 | 25600 | 36203 | - | Chaveta | 2 | 1,6 | 5,7 | 0 | 11,5240488 | - | 11 | 49 |
| 3 | 40 | 25600 | 25600 | 36203 | - | Chaveta | 2 | 1,6 | 5,7 | 0 | 11,5240488 | - | 11 | 49 |
| 4 | 40 | - | - | - | - | Apoyo | 1 | 1 | - | - | - | - | - | - |

5. FUERZAS TRANSMITIDAS DE CHAPA A ESTRUCTURA

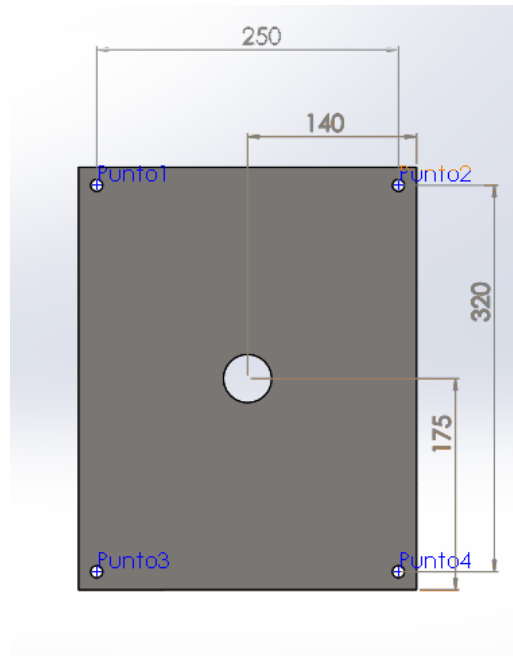
El eje donde están apoyadas las poleas, esta sujeto por un rodamiento tipo brida en sus extremos, que a su vez esta atornillado a una chapa igualmente atornillada a la estructura.

Para hacer el traspaso de las fuerzas aplicadas en la chapa a la estructura se usará el módulo de simulación de SolidWorks. Para comprobar que este método es correcto se hace un ejemplo de comparación entre los resultados obtenidos y las ecuaciones de las *Uniones a cortante con carga excéntrica*.



5.1 Comprobación método seleccionado

Para este caso se coge este modelo:



Las fuerzas son:

$F_y = 47\text{N}$, y un Giro de 5N m

El proceso de cálculo es el siguiente:

Obtención del centroide de la superficie en referencia a los agujeros donde va a ser sujeta, este punto está a $X = 125\text{mm}$ e $Y = 160\text{ mm}$.

Lo primero es llevar la fuerza al centroide, en este caso como está centrada en el mismo eje la fuerza vertical no genera un momento, y el momento que tiene ya se traslada al centroide.

La fuerza primaria:

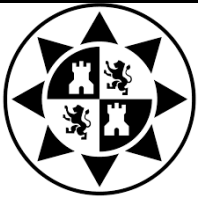
$$F' = \frac{V}{n} = \frac{47}{4} = 11,75\text{ N}$$

Fuerzas cortantes secundarias:

$$r = \sqrt{0.125^2 + 0.16^2} = 0,2\text{ m}$$

r es la distancia entre el centroide hasta el centro de cada perno.

$$F'' = \frac{M_1 r_n}{r_A^2 + r_B^2 + r_C^2 + \dots}$$



Para este caso, como en los 4 tornillos r es igual se puede resumir la ecuación anterior en:

$$F'' = \frac{M_1 r}{4r^2} = \frac{M}{4r} = 3,8 \text{ N}$$

- Para el caso de 2 y D, como las fuerzas tienen el mismo sentido, esta será mayor dependiendo del ángulo que forma entre ellas:

Para sumar estos vectores se recurre a la regla del coseno:

$$\cos \alpha = \frac{a}{r} = \frac{0.16}{0.2} = 0,8; \cos^{-1} 0.8 = 36.8^\circ + 90^\circ = 126.8^\circ$$

Por lo que:

$$F^2 = F'^2 + F''^2 - 2F'F'' \cos \alpha = \sqrt{11.75^2 + 3.8^2 + 2 \cdot 3.8 \cdot 11.75 \cdot \cos 126.8^\circ} \\ = 9,09 \text{ N}$$

- Para el caso de A y C se tiene el caso opuesto por lo que será el ángulo opuesto.

$$\cos \alpha = \frac{a}{r} = \frac{0.125}{0.2} = 0,625; \cos^{-1} 0.625 = 51.31^\circ$$

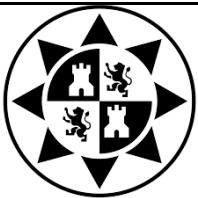
Por lo que:

$$F^2 = F'^2 + F''^2 - 2F'F'' \cos \alpha = \sqrt{11.75^2 + 3.8^2 + 2 \cdot 3.8 \cdot 11.75 \cdot \sin 51.31^\circ} \\ = 14,96 \text{ N}$$

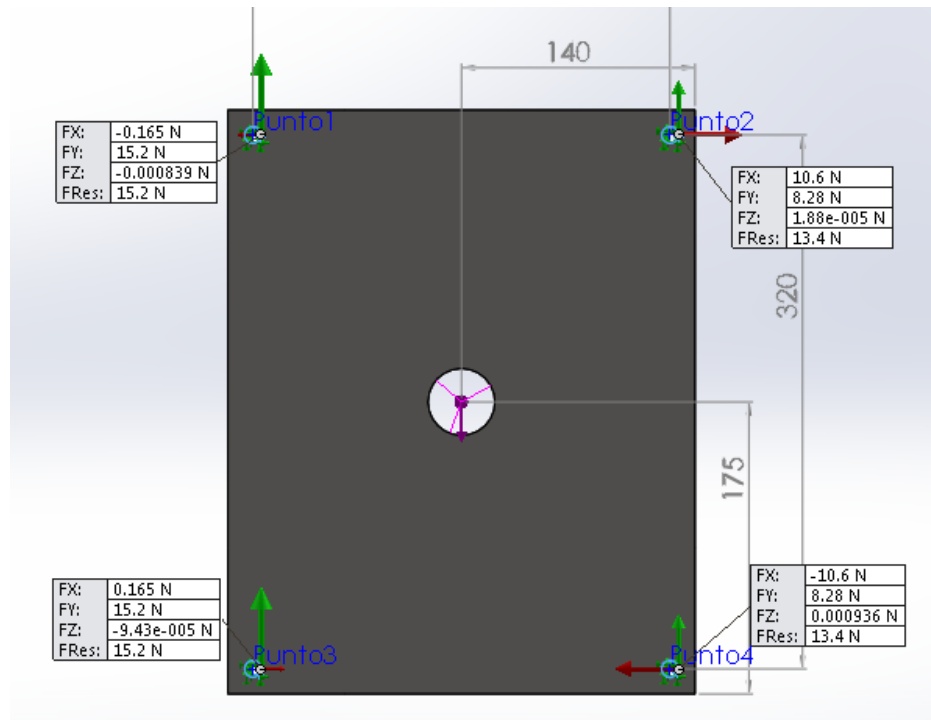
Simulación con SolidWorks Simulation:

El análisis será estático, con las siguientes consideraciones:

- Sujetando la zona interior de los agujeros para simular la unión atornillada.
- Fuerzas aportadas por los ejes, que se transmiten por el soporte de la brida que estará atornillada a la chapa.



Resultados obtenidos de la simulación:



La $F_{Res2} = 13,4 \text{ N}$ y $F_{Res4} = 13,4 \text{ N}$

La $F_{Res1} = 15,2 \text{ N}$ y $F_{Res3} = 15,2 \text{ N}$

Comparación y error de los valores:

$$Err = \frac{13,4 - 9,09}{9,09} 100 = 47\%$$

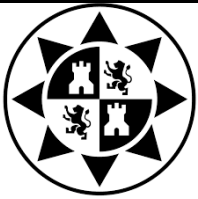
$$Err = \frac{15,2 - 14,96}{14,96} 100 = 1,16\%$$

Los errores serán admitidos ya que como mínimo son superiores a los valores que se tienen teóricamente por lo que esta medida permitirá un ahorro de tiempo, en el proceso de cálculo.

5.2 Reacciones en puntos de la estructura

Para realizar este paso se requiere de calcular las fuerzas que se transmiten a la chapa, y en este caso este proyecto se tienen las siguientes:

- Fuerza proveniente del peso de la cinta.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 23 de 84

- Fuerzas que se transmiten a causa de la tensión de la correa.

Estas fuerzas han sido incluidas en el punto anterior donde se han estudiado los ejes de los rodamientos.

5.3 Tablas resumen fuerzas transmitidas

| Chapas | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|--------|--------|--------|
| Chapa 01 | | | | |
| | Punto 1 | 134 | 73 | 152 |
| | Punto 2 | 202 | 2 | 202 |
| | Punto 3 | -62.3 | 10 | 63 |
| | Punto 4 | -242 | 16 | 242 |
| | Punto 5 | -114 | -185 | 201 |
| | Punto 6 | 185 | 78 | 201 |
| | Punto 7 | -109 | 98,2 | 147 |

| Chapa 03 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|--------|--------|--------|
| | Punto 1 | -8,57 | 18 | 20 |
| | Punto 2 | 8,5 | 17,9 | 20 |
| | Punto 3 | 6,19 | 16,1 | 17,3 |
| | Punto 4 | -6,15 | 16 | 17 |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

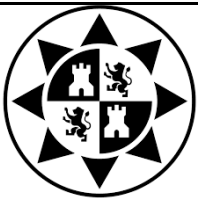
Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 24 de 84

| Chapa 05 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | -15,2 | 30,8 | 34,3 |
| | Punto 2 | 15,6 | 30,2 | 34 |
| | Punto 3 | 16,5 | 39 | 42,4 |
| | Punto 4 | -16,8 | 29,1 | 33,6 |

| Chapa 07 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | 157 | -55 | 167 |
| | Punto 2 | 1 | -35 | 35 |
| | Punto 3 | 363 | -300 | 472 |
| | Punto 4 | 7,74 | 2 | 78 |
| | Punto 5 | 22 | -60 | 65 |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

**Realizado por :
Antonio García García**

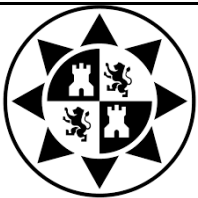
ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página **25** de **84**

| Chapa 08 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | 10,4 | -27,4 | -30 |
| | Punto 2 | -3 | -9 | 9 |
| | Punto 3 | 100 | -163 | 192 |
| | Punto 4 | 73,5 | -22 | 76,8 |
| | Punto 5 | 90 | -23 | 92,3 |
| | Punto 6 | 184 | -154 | 240 |

| Chapa 10 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | -243 | 229 | 334 |
| | Punto 2 | -88,4 | 70,3 | 113 |
| | Punto 3 | 83,6 | 84,2 | 119 |
| | Punto 4 | 126 | 254 | 284 |
| | Punto 5 | 10,6 | 31,2 | 33 |
| | Punto 6 | -20,1 | 53,7 | 57 |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

**Realizado por :
Antonio García García**

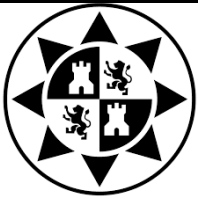
ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página **26** de **84**

| Chapa 11 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | -32,5 | 79 | 85 |
| | Punto 2 | 6 | 26,5 | 27 |
| | Punto 3 | -290 | 317 | 430 |
| | Punto 4 | -142 | 75 | 160 |
| | Punto 5 | 3,65 | 50 | 50 |

| Chapa 12 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | 249 | -113 | 273 |
| | Punto 2 | 265 | 154 | 306 |
| | Punto 3 | 257 | 194 | 322 |
| | Punto 4 | 236 | -121 | 265 |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

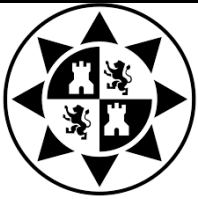
**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

Página **27** de **84**

| Chapa 13 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | -214 | 126 | 240 |
| | Punto 2 | -320 | 6 | 320 |
| | Punto 3 | -109 | -12 | 110 |
| | Punto 4 | -185 | -70 | 200 |
| | Punto 5 | -337 | 120 | 357 |
| | Punto 6 | -152 | 100 | 180 |

| Chapa 15 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | -10 | 18.2 | 20 |
| | Punto 2 | 10 | 18.2 | 39.1 |
| | Punto 3 | 8 | 18 | 20 |
| | Punto 4 | -8.17 | 18 | 20 |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 28 de 84

| Chapa 17 | Punto | RX (N) | RY (N) | Módulo |
|----------|---------|-----------|-----------|--------|
| | Punto 1 | -107 | -11.1 | 108 |
| | Punto 2 | 338 | -32 | 340 |
| | Punto 3 | -214 | 114 | 242 |
| | Punto 4 | -141 | 90 | 168 |
| | Punto 5 | -313 | 93,5 | 327 |
| | Punto 6 | -201 | -95,8 | 222 |

6. CALCULO DE LOS TORNILLOS DE SUJECCIÓN DE CHAPAS

El método de unión elegido es mediante pernos, ya que se necesita poder tener acceso en caso de rotura, mantenimiento o atranque., descartando así los remaches, soldadura o pegamentos.

El método que se utilizará para insertar los tornillos en las vigas de la estructura será mediante impactos, que permite colocar los pernos sin necesidad de agujero previo.

Estos pernos serán proporcionados por la empresa *WURTH*, el tornillo elegido de su catálogo ha sido el de métrica M6x30.

El proceso de cálculo se realizará según el código técnico.

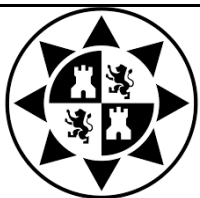
El cálculo se realizará en el punto de mayor sollicitación el cual se sitúa en la Chapa 07, Punto 3.

$$F_x = 363 \text{ N}$$

$$F_t = 300 \text{ N}$$

La resultante de estas fuerzas:

$$F_{v,Rd} = \sqrt{F_x^2 + F_y^2} = \sqrt{300^2 + 320^2} = 438 \text{ N}$$



Como solo hay fuerza cortante solo se comprobará el torillo a dicho esfuerzo, por lo que se debe de cumplir:

$$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$$

$$F_{v,Rd} = n \cdot 0,5 \cdot f_{ub} \cdot \frac{A}{\gamma_{M2}}$$

Dónde:

n es número de planos de corte, n = 1 en este caso.

f_{ub} es la tensión última del acero de los tornillos

A es el área el tornillo (Tabla 8-1 Shigley)

γ_{M2} = 1,25 es el coeficiente de minoración del acero estructural para uniones.

| Métrica | Material | d | A | Fub | Fv,Rd | η |
|---------|----------|---|------|-----|-------|-----|
| M6 | 4.6 | 6 | 20,1 | 400 | 3216 | 7,3 |

Estos tornillos no necesitan de pretensado, ya que la fuerza de tracción se ha despreciado por ser muy baja, por lo que con el par ejercido por un instalador será suficiente.

Longitud de los tornillos = 2 mm (espesor chapa) + 5 mm (altura tuerca M6) + 2 mm (Arandela Grower M6) + 10 mm Extra = 19 mm, pero por valores comerciales de la empresa WURTH, La longitud total del tornillo es de 20 mm.

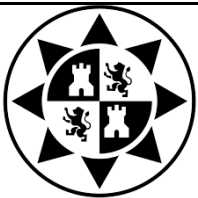
7. COMPROBACIÓN DE LA ESTRUCTURA

La comprobación de la estructura ha sido realizada mediante el software *CYPE, Nuevo metal 3D*, con el principal objetivo de reducir el tiempo de cálculo de la estructura, ya que este software, permite un cálculo de una gran estructura, así como la variación de las mismas barras y perfiles, facilitando el cálculo y optimización de la estructura .

CYPE considera las siguientes normas:

- *Hormigón: EHE-08*
- *Aceros laminados y armados: CTE DB SE-A*

El cual facilita los esfuerzos en todas las barras. Por exceso de información tan solo se copiará el factor de seguridad de todas las barras.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

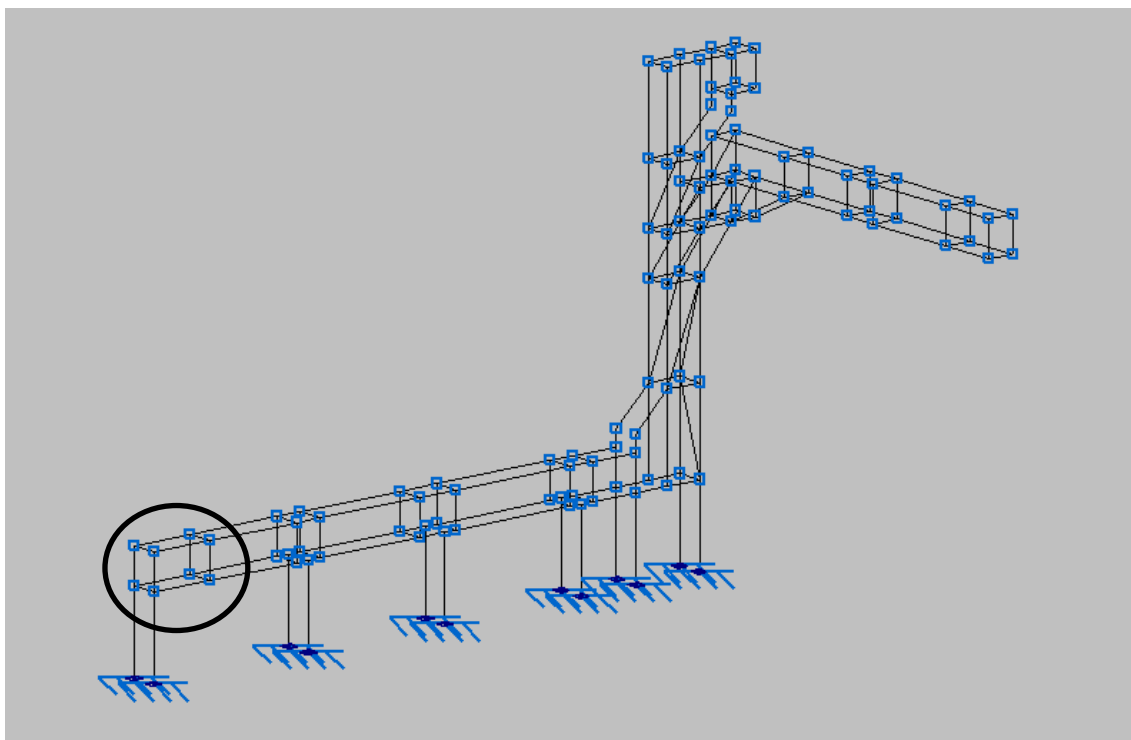
Página 30 de 84

7.1. Materiales utilizados

| Materiales utilizados | | | | | | | |
|--|-------------|------------|-------|------------|----------------|-----------------------|----------------------------------|
| Material | | E (MPa) | ν | G (MPa) | f_y (MPa) | α_t (m/m°C) | γ (kN/m ³) |
| Tipo | Designación | | | | | | |
| Acero laminado | S275 | 210000.00 | 0.300 | 81000.00 | 275.00 | 0.000012 | 77.01 |
| <i>Notación:</i> <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i>ν: Módulo de Poisson</i> <i>G: Módulo de cortadura</i> <i>f_y: Límite elástico</i> <i>α_t: Coeficiente de dilatación</i> <i>γ: Peso específico</i> | | | | | | | |

7.2 Modelo Introducido en CYPE

El programa CYPE, requiere dibujar la estructura a estudiar.



Y describir el perfil de cada barra.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 32 de 84

7.3. Resumen de medición

| Resumen de medición | | | | | | | | | | | | |
|---------------------|-------------|-----------|---------------|------------|-----------|--------------|-------------|------------|---------------|-------------|------------|---------------|
| Material | | Serie | Perfil | Longitud | | | Volumen | | | Peso | | |
| Tipo | Designación | | | Perfil (m) | Serie (m) | Material (m) | Perfil (m³) | Serie (m³) | Material (m³) | Perfil (kg) | Serie (kg) | Material (kg) |
| Acero laminado | S275 | CUADRADOS | CUADRADO 35x3 | 73.925 | 92.049 | | 0.027 | 0.035 | | 213.66 | 274.83 | |
| | | | CUADRADO 40x3 | 17.864 | | | 0.008 | | | 60.05 | | |
| | | | CUADRADO 40x4 | 0.260 | | | 0.000 | | | 1.12 | | |
| | | PL | PL 10x30 | 12.286 | 15.686 | 107.735 | 0.004 | 0.008 | 0.043 | 28.93 | 60.96 | 335.79 |
| | | | PL 20x60 | 3.400 | | | 0.004 | | | 32.03 | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | |

7.5. Fuerzas Incluidas en el análisis

Las fuerzas incluidas son:

- Fuerzas transmitidas de chapa a los puntos de la estructura descritas anteriormente.
- Peso propio.

7.6. Tabla resumen resistencia

En la siguiente tabla están resumidos todos los cálculos de las barras que componen la estructura, las especificaciones del proceso de cálculo serán desarrolladas solo para el perfil más desfavorable.

Referencias:

N: Esfuerzo axil (kN)

Vy: Esfuerzo cortante según el eje local Y de la barra. (kN)

Vz: Esfuerzo cortante según el eje local Z de la barra. (kN)

Mt: Momento torsor (kN·m)

My: Momento flector en el plano 'XZ' (giro de la sección respecto al eje local 'Y' de la barra). (kN·m)

Mz: Momento flector en el plano 'XY' (giro de la sección respecto al eje local 'Z' de la barra). (kN·m)

Los esfuerzos indicados son los correspondientes a la combinación pésima, es decir, aquella que demanda la máxima resistencia de la sección.



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

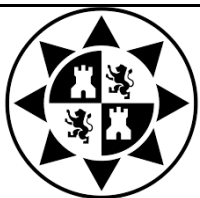
Página **33** de **84**

Origen de los esfuerzos pésimos:

– G: Sólo gravitatorias

η : Aprovechamiento de la resistencia. La barra cumple con las condiciones de resistencia de la norma si se cumple que $\eta \geq 100 \%$.

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) | | |
| N2/N3 | 5.44 | 0.350 | -0.367 | 0.377 | -0.026 | 0.00 | 0.01 | -0.06 | G | Cumple |
| N3/N16 | 1.49 | 0.000 | 0.000 | 0.099 | 0.044 | 0.00 | 0.01 | 0.01 | G | Cumple |
| N17/N16 | 6.31 | 0.350 | -0.307 | -0.024 | -0.444 | 0.00 | 0.07 | 0.01 | G | Cumple |
| N2/N17 | 1.09 | 0.000 | 0.000 | 0.106 | -0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | G | Cumple |
| N17/N19 | 6.44 | 0.000 | -0.185 | 0.270 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.07 | G | Cumple |
| N19/N18 | 7.66 | 0.000 | 0.026 | 0.003 | -0.160 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N4/N18 | 4.06 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.123 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N6/N4 | 5.12 | 0.000 | 0.026 | 0.002 | -0.106 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N6/N21 | 2.65 | 0.000 | -0.486 | 0.007 | 0.017 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N21/N7 | 1.62 | 0.125 | -0.546 | 0.006 | 0.127 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N7/N22 | 3.76 | 0.000 | -0.620 | 0.000 | -0.214 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | G | Cumple |
| N22/N8 | 1.29 | 0.000 | -0.147 | 0.003 | -0.011 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N5/N8 | 2.25 | 0.250 | -0.620 | 0.023 | 0.066 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N5/N26 | 3.52 | 0.000 | 0.000 | -0.002 | 0.106 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N26/N23 | 2.92 | 0.250 | -1.443 | 0.023 | 0.047 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N23/N29 | 5.58 | 0.000 | -1.614 | 0.019 | -0.058 | 0.00 | -0.02 | 0.01 | G | Cumple |
| N9/N29 | 4.38 | 0.260 | 0.000 | 0.015 | 0.097 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N8/N9 | 2.90 | 0.000 | -0.528 | 0.019 | -0.045 | 0.00 | -0.02 | 0.01 | G | Cumple |
| N4/N5 | 3.55 | 0.000 | -0.815 | 0.023 | 0.019 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | G | Cumple |
| N3/N4 | 6.07 | 0.000 | -0.454 | -0.228 | -0.025 | 0.00 | -0.01 | -0.06 | G | Cumple |
| N16/N18 | 6.88 | 0.000 | -0.718 | -0.025 | 0.246 | 0.00 | 0.06 | -0.01 | G | Cumple |
| N18/N26 | 4.09 | 0.000 | -1.379 | 0.023 | 0.008 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | G | Cumple |
| N2/N6 | 5.96 | 0.000 | -0.242 | 0.004 | -0.252 | 0.00 | -0.07 | 0.00 | G | Cumple |
| N6/N19 | 0.93 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.028 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N19/N25 | 2.15 | 0.000 | -0.432 | 0.007 | 0.005 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N25/N28 | 1.77 | 0.125 | -0.503 | 0.007 | 0.135 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | G | Cumple |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

**Realizado por :
Antonio García García**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página **34** de **84**

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos p _{ésimos} | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | V _y (kN) | V _z (kN) | M _t (kN·m) | M _y (kN·m) | M _z (kN·m) | | |
| N28/N24 | 4.04 | 0.000 | -0.583 | 0.000 | -0.264 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | G | Cumple |
| N22/N24 | 2.01 | 0.260 | 0.000 | 0.015 | 0.024 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N21/N25 | 0.96 | 0.260 | 0.000 | 0.008 | 0.029 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N27/N28 | 3.92 | 0.000 | -0.429 | 0.006 | -0.080 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | G | Cumple |
| N20/N7 | 3.56 | 0.000 | -0.372 | 0.006 | -0.074 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N24/N23 | 3.88 | 0.000 | -0.159 | 0.004 | -0.067 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N8/N23 | 3.44 | 0.000 | 0.000 | 0.005 | 0.104 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N25/N26 | 2.32 | 0.000 | -0.053 | 0.000 | 0.043 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N24/N30 | 2.94 | 0.000 | -0.540 | 0.004 | -0.058 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N30/N29 | 2.10 | 0.350 | -0.015 | 0.003 | -0.040 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N31/N30 | 2.15 | 0.260 | 0.000 | 0.019 | 0.017 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N31/N11 | 1.56 | 0.000 | -0.581 | 0.007 | 0.048 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N11/N34 | 3.62 | 0.000 | -0.663 | -0.015 | -0.200 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N34/N33 | 3.99 | 0.260 | 0.000 | 0.039 | -0.012 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N37/N33 | 4.41 | 0.000 | -0.605 | -0.015 | -0.346 | 0.00 | -0.04 | 0.00 | G | Cumple |
| N30/N37 | 1.65 | 0.275 | -0.517 | 0.007 | 0.094 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N9/N10 | 1.88 | 0.400 | -0.418 | 0.016 | 0.066 | 0.00 | -0.01 | -0.01 | G | Cumple |
| N10/N32 | 5.22 | 0.260 | 0.000 | 0.035 | 0.061 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N29/N32 | 2.99 | 0.400 | -1.751 | 0.016 | 0.052 | 0.00 | -0.01 | -0.01 | G | Cumple |
| N34/N10 | 2.46 | 0.000 | -0.139 | 0.010 | -0.008 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N36/N37 | 5.03 | 0.000 | -0.471 | 0.022 | -0.089 | 0.00 | -0.04 | 0.01 | G | Cumple |
| N35/N11 | 4.56 | 0.000 | -0.289 | 0.022 | -0.083 | 0.00 | -0.04 | 0.01 | G | Cumple |
| N10/N12 | 1.95 | 0.000 | -0.364 | 0.006 | -0.035 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N12/N13 | 1.06 | 0.250 | -0.346 | -0.020 | 0.034 | 0.01 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N13/N39 | 12.52 | 0.260 | -0.006 | 0.120 | 0.022 | 0.00 | 0.00 | -0.02 | G | Cumple |
| N38/N39 | 4.62 | 0.250 | -1.992 | -0.015 | 0.121 | 0.01 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N12/N38 | 8.82 | 0.260 | -0.001 | 0.084 | 0.020 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | G | Cumple |
| N120/N12 | 3.49 | 0.000 | 0.050 | 0.024 | -0.002 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N120/N46 | 1.44 | 0.125 | -0.673 | 0.018 | -0.064 | 0.01 | 0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N46/N41 | 3.09 | 0.000 | -0.770 | -0.030 | -0.095 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N41/N40 | 8.77 | 0.260 | 0.015 | 0.090 | 0.005 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | G | Cumple |
| N44/N40 | 4.99 | 0.000 | -0.529 | -0.024 | -0.702 | 0.00 | -0.05 | 0.00 | G | Cumple |
| N42/N44 | 1.65 | 0.125 | -0.427 | 0.020 | 0.110 | 0.01 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

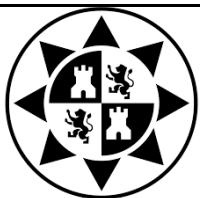
ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

Página **35** de **84**

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos p _s imos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | V _y (kN) | V _z (kN) | M _t (kN·m) | M _y (kN·m) | M _z (kN·m) | | |
| N120/N42 | 6.60 | 0.260 | -0.002 | 0.069 | -0.007 | 0.00 | 0.00 | -0.01 | G | Cumple |
| N42/N38 | 6.40 | 0.350 | 0.003 | 0.022 | -0.073 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N40/N39 | 14.31 | 0.350 | -0.682 | 0.024 | -0.185 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | G | Cumple |
| N34/N120 | 2.43 | 0.000 | -0.667 | -0.004 | -0.033 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N33/N42 | 2.62 | 0.000 | -0.507 | -0.004 | -0.046 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N45/N46 | 6.28 | 0.000 | -0.062 | 0.049 | -0.098 | 0.00 | -0.04 | 0.03 | G | Cumple |
| N43/N44 | 7.22 | 0.000 | -0.843 | 0.045 | -0.103 | 0.00 | -0.04 | 0.03 | G | Cumple |
| N13/N74 | 2.88 | 0.475 | -0.324 | -0.027 | -0.032 | 0.02 | 0.01 | 0.02 | G | Cumple |
| N74/N47 | 9.81 | 0.000 | 0.543 | 0.128 | -0.010 | 0.01 | -0.06 | 0.06 | G | Cumple |
| N47/N57 | 10.80 | 0.446 | 0.586 | -0.128 | 0.315 | 0.03 | -0.08 | 0.04 | G | Cumple |
| N57/N58 | 7.89 | 0.030 | 0.041 | 0.012 | -0.447 | -0.03 | -0.08 | 0.02 | G | Cumple |
| N58/N54 | 3.34 | 0.000 | 0.057 | 0.138 | 0.139 | 0.01 | 0.02 | 0.02 | G | Cumple |
| N56/N54 | 15.96 | 0.030 | -0.349 | 0.014 | 0.844 | -0.03 | 0.17 | 0.02 | G | Cumple |
| N48/N56 | 28.55 | 0.000 | -4.327 | -0.130 | -1.133 | 0.03 | -0.27 | -0.02 | G | Cumple |
| N76/N48 | 29.34 | 0.160 | -3.895 | 0.130 | -2.526 | 0.01 | 0.27 | 0.04 | G | Cumple |
| N39/N76 | 14.24 | 0.475 | -2.199 | -0.033 | -0.396 | 0.02 | 0.13 | 0.02 | G | Cumple |
| N41/N14 | 5.61 | 0.475 | -0.766 | -0.015 | -0.126 | 0.01 | 0.05 | 0.01 | G | Cumple |
| N14/N74 | 9.87 | 0.000 | 0.562 | 0.034 | 0.314 | -0.01 | 0.07 | 0.04 | G | Cumple |
| N40/N49 | 5.49 | 0.475 | -0.349 | -0.015 | 0.130 | 0.01 | -0.05 | 0.01 | G | Cumple |
| N14/N83 | 11.20 | 0.000 | -1.133 | 0.045 | 0.649 | 0.00 | 0.10 | 0.02 | G | Cumple |
| N83/N84 | 17.58 | 0.030 | -0.574 | 0.017 | -1.059 | -0.01 | -0.19 | -0.01 | G | Cumple |
| N84/N53 | 5.48 | 0.000 | -0.041 | -0.310 | -0.193 | 0.03 | -0.03 | -0.04 | G | Cumple |
| N55/N53 | 20.68 | 0.030 | 0.354 | 0.012 | 1.231 | -0.01 | 0.23 | -0.01 | G | Cumple |
| N49/N55 | 26.68 | 0.320 | -0.233 | 0.041 | -1.818 | 0.00 | 0.31 | 0.01 | G | Cumple |
| N55/N56 | 10.20 | 0.426 | -3.725 | -0.030 | 0.183 | 0.01 | 0.09 | 0.02 | G | Cumple |
| N83/N57 | 5.71 | 0.425 | 1.666 | -0.029 | -0.425 | 0.01 | 0.08 | 0.02 | G | Cumple |
| N84/N58 | 23.03 | 0.790 | 15.813 | -0.039 | -0.086 | 0.02 | 0.04 | 0.04 | G | Cumple |
| N53/N54 | 42.93 | 0.850 | -21.924 | -0.023 | 0.232 | 0.02 | -0.08 | 0.04 | G | Cumple |
| N57/N75 | 6.32 | 0.050 | 1.334 | 0.111 | -0.003 | 0.02 | 0.00 | 0.06 | G | Cumple |
| N75/N87 | 15.45 | 0.028 | 2.338 | 0.612 | -0.124 | 0.02 | -0.03 | 0.13 | G | Cumple |
| N87/N88 | 9.24 | 0.615 | 0.148 | 0.293 | 0.046 | 0.02 | -0.02 | -0.09 | G | Cumple |
| N88/N80 | 4.05 | 0.425 | -0.624 | 0.032 | -0.151 | 0.00 | 0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N80/N79 | 3.30 | 0.000 | -0.281 | -0.031 | 0.072 | 0.00 | 0.03 | -0.01 | G | Cumple |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

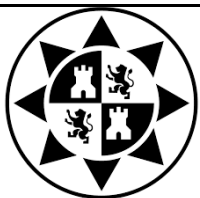
ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 36 de 84

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) | | |
| N79/N78 | 6.02 | 0.030 | -0.476 | -0.025 | -0.342 | 0.00 | -0.07 | 0.00 | G | Cumple |
| N78/N77 | 1.62 | 0.260 | -0.240 | 0.010 | -0.027 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N77/N73 | 0.15 | 0.260 | 0.000 | -0.009 | 0.018 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N67/N73 | 1.71 | 0.260 | -0.208 | 0.009 | -0.072 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N78/N67 | 1.23 | 0.000 | 0.000 | 0.036 | -0.082 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N64/N63 | 9.09 | 0.000 | -1.481 | 0.032 | -0.258 | 0.00 | -0.08 | 0.01 | G | Cumple |
| N65/N64 | 12.42 | 0.615 | -2.961 | 0.289 | 0.031 | 0.02 | -0.02 | -0.09 | G | Cumple |
| N66/N65 | 21.73 | 0.028 | -6.743 | 0.627 | 0.186 | 0.02 | 0.04 | 0.14 | G | Cumple |
| N56/N66 | 12.54 | 0.050 | -3.895 | 0.109 | -0.065 | 0.02 | -0.03 | 0.05 | G | Cumple |
| N54/N59 | 36.81 | 0.000 | -20.782 | 0.020 | 0.021 | 0.02 | 0.02 | 0.03 | G | Cumple |
| N59/N60 | 29.15 | 0.028 | -15.012 | 0.382 | 0.135 | 0.02 | 0.04 | 0.12 | G | Cumple |
| N60/N98 | 10.85 | 0.320 | -4.997 | -0.109 | 0.287 | 0.00 | -0.06 | -0.01 | G | Cumple |
| N98/N61 | 15.25 | 0.030 | 1.016 | -0.358 | -1.029 | 0.03 | -0.13 | -0.04 | G | Cumple |
| N58/N85 | 20.99 | 0.065 | 16.607 | 0.028 | -0.014 | 0.03 | -0.01 | 0.03 | G | Cumple |
| N85/N86 | 22.11 | 0.028 | 10.654 | 0.416 | -0.104 | 0.03 | -0.02 | 0.11 | G | Cumple |
| N86/N99 | 7.02 | 0.030 | -2.855 | -0.121 | -0.128 | -0.01 | -0.02 | -0.03 | G | Cumple |
| N82/N77 | 2.47 | 0.000 | -0.187 | 0.009 | -0.119 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N82/N72 | 0.34 | 0.260 | 0.000 | 0.017 | 0.018 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N72/N73 | 2.66 | 0.000 | -0.167 | 0.010 | -0.134 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N68/N67 | 2.18 | 0.350 | -0.195 | -0.033 | -0.018 | 0.00 | 0.02 | 0.01 | G | Cumple |
| N68/N72 | 5.95 | 0.000 | -0.489 | -0.010 | -0.357 | 0.00 | -0.06 | 0.00 | G | Cumple |
| N81/N78 | 2.96 | 0.350 | -0.087 | -0.035 | -0.066 | 0.00 | 0.03 | 0.01 | G | Cumple |
| N81/N68 | 0.92 | 0.000 | 0.003 | 0.016 | -0.073 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N62/N67 | 2.71 | 0.030 | -0.563 | -0.024 | -0.125 | 0.00 | -0.03 | 0.00 | G | Cumple |
| N63/N62 | 7.99 | 0.320 | -0.263 | -0.032 | -0.408 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | G | Cumple |
| N101/N102 | 0.26 | 0.260 | -0.001 | 0.032 | 0.011 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N103/N102 | 7.84 | 0.350 | 0.022 | -0.712 | 0.007 | 0.00 | 0.00 | 0.13 | G | Cumple |
| N104/N103 | 0.26 | 0.000 | 0.001 | -0.032 | 0.000 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N104/N101 | 7.40 | 0.350 | 0.022 | -0.671 | 0.004 | 0.00 | 0.00 | 0.12 | G | Cumple |
| N106/N101 | 7.93 | 0.570 | 0.351 | -0.006 | -0.171 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | G | Cumple |
| N118/N106 | 49.73 | 0.000 | 0.077 | 0.000 | 1.047 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | G | Cumple |
| N118/N119 | 0.84 | 0.260 | 0.000 | 0.002 | 0.025 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N119/N105 | 50.98 | 0.000 | 0.076 | 0.000 | 1.073 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | G | Cumple |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

Página 37 de 84

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos p _s imos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | V _y (kN) | V _z (kN) | M _t (kN·m) | M _y (kN·m) | M _z (kN·m) | | |
| N105/N102 | 8.26 | 0.570 | 0.454 | -0.006 | -0.181 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | G | Cumple |
| N118/N104 | 8.27 | 0.570 | -0.910 | 0.006 | -0.130 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | G | Cumple |
| N119/N103 | 8.62 | 0.570 | -1.013 | 0.006 | -0.140 | 0.00 | 0.12 | 0.00 | G | Cumple |
| N112/N118 | 14.74 | 0.968 | -2.538 | 0.005 | -0.341 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | G | Cumple |
| N116/N112 | 9.22 | 0.000 | -3.817 | 0.010 | -0.434 | 0.00 | -0.09 | 0.00 | G | Cumple |
| N108/N116 | 24.70 | 0.000 | -5.002 | 0.009 | -0.519 | 0.00 | -0.29 | 0.01 | G | Cumple |
| N97/N94 | 9.23 | 0.260 | -1.924 | -0.282 | 0.142 | 0.03 | -0.02 | 0.07 | G | Cumple |
| N109/N115 | 25.58 | 0.000 | -5.331 | 0.015 | -0.530 | 0.00 | -0.30 | 0.01 | G | Cumple |
| N115/N110 | 9.43 | 0.000 | -4.076 | 0.007 | -0.435 | 0.00 | -0.09 | 0.00 | G | Cumple |
| N110/N119 | 15.17 | 0.968 | -2.719 | 0.005 | -0.348 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | G | Cumple |
| N111/N105 | 12.50 | 0.968 | 0.941 | -0.005 | -0.350 | 0.00 | 0.19 | 0.00 | G | Cumple |
| N114/N111 | 8.15 | 0.000 | 2.298 | -0.009 | -0.454 | 0.00 | -0.10 | 0.00 | G | Cumple |
| N100/N114 | 20.92 | 0.000 | 3.552 | -0.011 | -0.498 | 0.00 | -0.28 | -0.01 | G | Cumple |
| N95/N100 | 29.96 | 0.000 | 3.159 | 0.126 | 0.764 | -0.03 | 0.38 | 0.06 | G | Cumple |
| N96/N95 | 4.14 | 0.260 | -0.189 | -0.365 | 0.119 | 0.00 | -0.01 | 0.05 | G | Cumple |
| N96/N107 | 34.51 | 0.000 | 3.253 | 0.131 | 0.903 | -0.03 | 0.45 | 0.06 | G | Cumple |
| N107/N117 | 21.22 | 0.000 | 3.224 | -0.013 | -0.510 | 0.00 | -0.29 | -0.01 | G | Cumple |
| N117/N113 | 7.64 | 0.000 | 2.039 | -0.008 | -0.439 | 0.00 | -0.09 | 0.00 | G | Cumple |
| N113/N106 | 12.17 | 0.968 | 0.761 | -0.005 | -0.344 | 0.00 | 0.18 | 0.00 | G | Cumple |
| N110/N111 | 63.16 | 0.350 | 0.012 | 0.004 | 1.329 | 0.00 | -0.23 | 0.00 | G | Cumple |
| N112/N110 | 0.95 | 0.000 | 0.002 | -0.004 | 0.027 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N112/N113 | 62.02 | 0.350 | 0.007 | 0.003 | 1.306 | 0.00 | -0.23 | 0.00 | G | Cumple |
| N113/N111 | 0.91 | 0.260 | 0.000 | 0.006 | -0.027 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N117/N114 | 0.83 | 0.000 | -0.001 | -0.007 | -0.025 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N116/N117 | 54.00 | 0.000 | -0.011 | 0.003 | 1.210 | 0.00 | 0.21 | 0.00 | G | Cumple |
| N116/N115 | 0.86 | 0.260 | -0.004 | -0.002 | 0.025 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N115/N114 | 55.03 | 0.000 | -0.032 | 0.004 | 1.230 | 0.00 | 0.22 | 0.00 | G | Cumple |
| N107/N100 | 6.01 | 0.000 | 0.011 | -0.316 | -0.435 | 0.01 | -0.06 | -0.04 | G | Cumple |
| N108/N107 | 12.87 | 0.350 | -1.891 | 0.881 | -0.132 | 0.01 | 0.03 | -0.15 | G | Cumple |
| N66/N59 | 16.34 | 0.000 | -4.826 | 0.611 | 0.098 | -0.01 | 0.02 | 0.12 | G | Cumple |
| N75/N66 | 28.12 | 0.260 | -0.031 | -0.991 | 1.629 | -0.02 | -0.21 | 0.13 | G | Cumple |
| N75/N85 | 15.12 | 0.000 | 3.124 | 0.593 | -0.153 | -0.01 | -0.02 | 0.12 | G | Cumple |
| N85/N59 | 25.70 | 0.260 | 0.041 | -2.044 | -0.325 | -0.02 | 0.05 | 0.26 | G | Cumple |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

**Realizado por :
Antonio García García**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página **38** de **84**

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|------------------------------------|------------|--------------|-------------------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos p _s imos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | V _y (kN) | V _z (kN) | M _t (kN·m) | M _y (kN·m) | M _z (kN·m) | | |
| N87/N86 | 6.93 | 0.350 | -0.552 | -0.262 | -0.005 | 0.01 | 0.00 | 0.07 | G | Cumple |
| N87/N65 | 21.98 | 0.000 | -0.055 | 0.188 | 1.835 | -0.02 | 0.24 | 0.03 | G | Cumple |
| N65/N60 | 9.88 | 0.350 | 1.466 | -0.173 | 0.249 | 0.01 | -0.05 | 0.05 | G | Cumple |
| N86/N60 | 23.04 | 0.000 | -1.786 | -0.918 | 1.038 | -0.03 | 0.13 | -0.13 | G | Cumple |
| N88/N64 | 14.24 | 0.260 | 0.007 | 0.490 | 0.838 | -0.01 | -0.11 | -0.06 | G | Cumple |
| N64/N61 | 11.03 | 0.320 | 0.779 | -0.265 | -0.493 | 0.01 | 0.09 | 0.04 | G | Cumple |
| N89/N61 | 10.64 | 0.000 | -0.051 | 0.766 | -0.203 | 0.00 | -0.03 | 0.10 | G | Cumple |
| N88/N89 | 5.90 | 0.320 | -0.292 | -0.254 | 0.109 | 0.01 | -0.03 | 0.04 | G | Cumple |
| N61/N69 | 5.69 | 0.495 | -1.102 | 0.026 | -0.152 | 0.00 | 0.05 | 0.00 | G | Cumple |
| N69/N68 | 7.49 | 0.150 | -0.773 | -0.026 | -0.874 | 0.00 | 0.08 | 0.00 | G | Cumple |
| N90/N81 | 6.52 | 0.150 | -0.794 | -0.023 | -0.841 | 0.00 | 0.07 | 0.00 | G | Cumple |
| N89/N90 | 6.25 | 0.495 | -1.093 | 0.023 | -0.190 | 0.00 | 0.06 | 0.00 | G | Cumple |
| N99/N97 | 42.26 | 0.350 | -3.007 | -2.280 | 0.313 | 0.10 | -0.05 | 0.43 | G | Cumple |
| N99/N89 | 14.22 | 0.000 | -3.261 | -0.446 | 0.397 | 0.03 | 0.06 | -0.07 | G | Cumple |
| N59/N70 | 48.10 | 0.530 | -14.232 | 1.165 | -0.194 | 0.06 | 0.04 | -0.33 | G | Cumple |
| N60/N70 | 35.13 | 0.000 | 8.002 | 1.483 | -0.150 | 0.05 | -0.03 | 0.30 | G | Cumple |
| N86/N92 | 31.04 | 0.000 | -6.198 | 1.282 | 0.178 | 0.05 | 0.04 | 0.26 | G | Cumple |
| N85/N92 | 34.75 | 0.530 | 9.122 | 1.023 | 0.121 | 0.06 | -0.03 | -0.28 | G | Cumple |
| N92/N70 | 45.59 | 0.260 | -2.917 | -2.410 | 1.442 | -0.04 | -0.21 | 0.31 | G | Cumple |
| N70/N71 | 18.66 | 0.260 | 1.130 | 1.137 | -0.246 | 0.03 | 0.04 | -0.17 | G | Cumple |
| N93/N71 | 25.06 | 0.260 | -1.197 | -1.243 | 0.830 | -0.03 | -0.13 | 0.16 | G | Cumple |
| N92/N93 | 16.48 | 0.260 | -1.257 | 0.960 | 0.179 | 0.03 | -0.03 | -0.15 | G | Cumple |
| N92/N97 | 24.59 | 0.030 | 1.823 | 1.076 | 0.169 | -0.02 | 0.03 | 0.25 | G | Cumple |
| N93/N94 | 10.43 | 0.000 | -0.640 | 0.237 | -0.014 | 0.01 | 0.00 | 0.12 | G | Cumple |
| N70/N108 | 29.26 | 0.742 | -8.223 | -0.150 | 0.258 | -0.01 | -0.17 | 0.05 | G | Cumple |
| N71/N109 | 20.50 | 0.742 | -3.956 | -0.076 | 0.271 | -0.01 | -0.15 | 0.04 | G | Cumple |
| N97/N96 | 51.79 | 0.026 | 0.821 | 3.901 | -0.058 | 0.02 | -0.01 | 0.82 | G | Cumple |
| N21/N5 | 4.30 | 0.000 | -0.042 | 0.000 | 0.089 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N31/N9 | 0.70 | 0.000 | -0.005 | 0.003 | 0.013 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N33/N32 | 6.44 | 0.000 | -0.202 | 0.011 | -0.086 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N22/N31 | 2.41 | 0.000 | -0.585 | 0.004 | -0.042 | 0.00 | -0.01 | 0.00 | G | Cumple |
| N32/N38 | 6.08 | 0.000 | -1.899 | 0.006 | -0.050 | 0.00 | -0.02 | 0.00 | G | Cumple |
| N81/N82 | 5.63 | 0.000 | -0.440 | -0.009 | -0.350 | 0.00 | -0.06 | 0.00 | G | Cumple |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 39 de 84

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos pésimos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) | | |
| N89/N79 | 5.09 | 0.425 | -1.386 | -0.006 | 0.170 | 0.00 | -0.09 | 0.00 | G | Cumple |
| N61/N62 | 4.78 | 0.850 | 0.120 | -0.008 | -0.502 | 0.00 | 0.13 | 0.00 | G | Cumple |
| N80/N63 | 2.55 | 0.260 | 0.000 | 0.063 | 0.179 | -0.01 | -0.02 | -0.01 | G | Cumple |
| N94/N95 | 37.64 | 0.030 | -0.119 | 3.007 | -0.092 | 0.00 | -0.02 | 0.59 | G | Cumple |
| N108/N109 | 7.70 | 0.260 | 0.015 | 0.212 | -0.496 | 0.00 | 0.06 | -0.03 | G | Cumple |
| N109/N100 | 10.18 | 0.000 | -0.897 | 0.672 | -0.149 | 0.01 | -0.02 | 0.13 | G | Cumple |
| N106/N105 | 0.83 | 0.000 | 0.000 | -0.006 | -0.025 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | G | Cumple |
| N49/N76 | 17.34 | 0.000 | -3.519 | 0.029 | -0.327 | -0.01 | -0.12 | 0.04 | G | Cumple |
| N70/N121 | 32.42 | 0.350 | -0.813 | 2.075 | -0.184 | -0.02 | 0.03 | -0.35 | G | Cumple |
| N71/N122 | 21.30 | 0.320 | 2.143 | 1.328 | -0.037 | 0.01 | 0.01 | -0.22 | G | Cumple |
| N56/N59 | 11.14 | 0.050 | -4.666 | -0.005 | 0.054 | 0.02 | 0.03 | 0.01 | G | Cumple |
| N57/N85 | 2.82 | 0.050 | 1.009 | 0.000 | -0.015 | 0.03 | 0.00 | 0.01 | G | Cumple |
| N65/N61 | 9.14 | 0.672 | -2.388 | -0.110 | -0.066 | 0.01 | 0.03 | 0.05 | G | Cumple |
| N87/N89 | 6.20 | 0.672 | 0.476 | -0.112 | 0.048 | 0.01 | -0.02 | 0.05 | G | Cumple |
| N66/N60 | 8.38 | 0.530 | 5.701 | -0.063 | -0.006 | 0.03 | -0.01 | 0.02 | G | Cumple |
| N75/N86 | 8.15 | 0.530 | -3.143 | -0.122 | 0.052 | 0.03 | -0.01 | 0.05 | G | Cumple |
| N58/N59 | 5.83 | 0.887 | -1.000 | -0.081 | -0.035 | 0.02 | 0.00 | 0.05 | G | Cumple |
| N98/N121 | 42.53 | 0.000 | 4.144 | -2.329 | -0.322 | 0.05 | -0.07 | -0.39 | G | Cumple |
| N99/N98 | 31.44 | 0.000 | -1.955 | 2.482 | 0.119 | -0.02 | 0.02 | 0.33 | G | Cumple |
| N53/N58 | 6.35 | 0.829 | 0.240 | -0.089 | -0.033 | 0.02 | 0.04 | 0.03 | G | Cumple |
| N86/N97 | 14.88 | 0.466 | 6.078 | 0.045 | 0.098 | 0.05 | -0.02 | -0.08 | G | Cumple |
| N60/N121 | 18.20 | 0.000 | -5.747 | -0.424 | -0.060 | 0.02 | -0.01 | -0.13 | G | Cumple |
| N86/N98 | 15.83 | 0.030 | 6.855 | 0.346 | 0.066 | -0.01 | 0.03 | 0.08 | G | Cumple |
| N70/N122 | 25.47 | 0.030 | -6.676 | -0.975 | 0.007 | 0.00 | 0.01 | -0.21 | G | Cumple |
| N92/N94 | 20.09 | 0.030 | 4.917 | -0.497 | -0.002 | 0.04 | 0.00 | -0.18 | G | Cumple |
| N121/N108 | 19.08 | 0.665 | 3.349 | 0.042 | 0.494 | -0.02 | -0.26 | 0.00 | G | Cumple |
| N97/N121 | 61.28 | 0.000 | -1.199 | 2.967 | 5.098 | -0.07 | 0.86 | 0.37 | G | Cumple |
| N97/N95 | 13.56 | 0.034 | 0.694 | -0.070 | 0.008 | 0.00 | 0.00 | -0.02 | G | Cumple |
| N1/N2 | 5.21 | 0.000 | -0.566 | -0.029 | -0.110 | 0.00 | -0.04 | -0.01 | G | Cumple |
| N15/N17 | 5.16 | 0.000 | -0.322 | -0.029 | -0.113 | 0.00 | -0.05 | -0.01 | G | Cumple |
| N50/N14 | 5.46 | 0.800 | 1.337 | -0.027 | -0.054 | 0.00 | 0.01 | 0.04 | G | Cumple |
| N51/N49 | 18.09 | 0.800 | -5.481 | -0.028 | -0.211 | 0.00 | 0.10 | 0.04 | G | Cumple |
| N91/N84 | 26.02 | 0.800 | 16.838 | -0.064 | -0.133 | 0.00 | 0.06 | 0.05 | G | Cumple |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

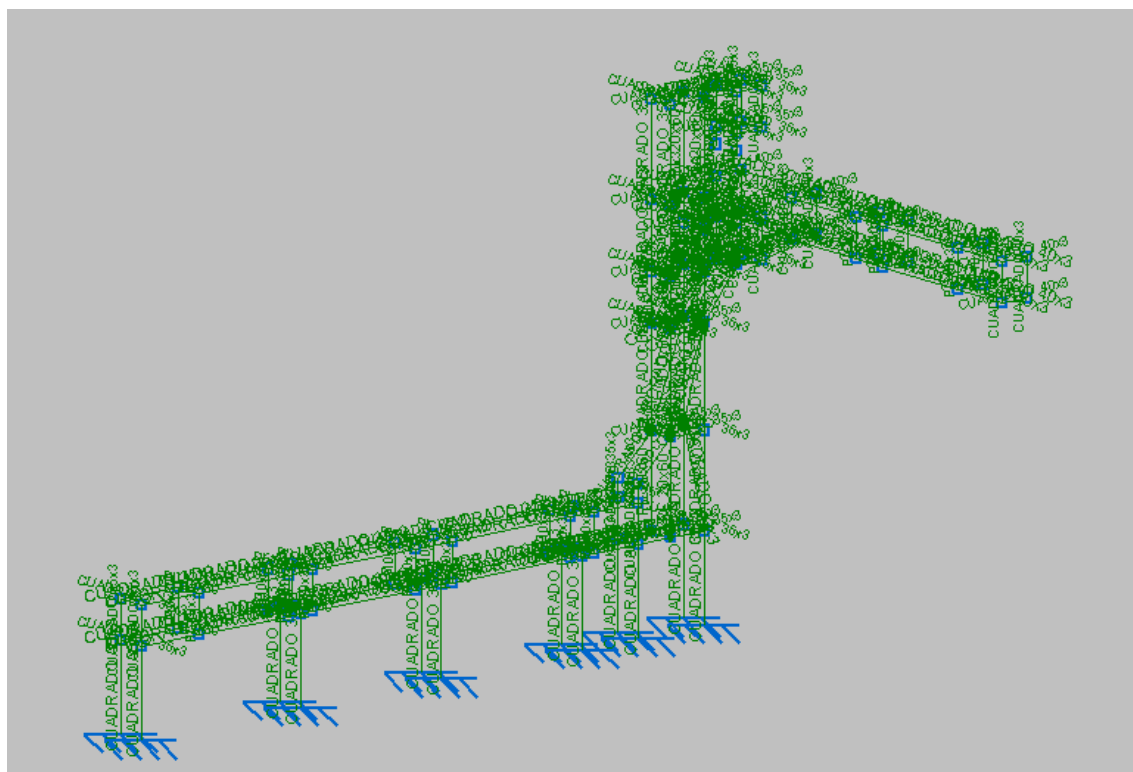
**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

Página **40** de **84**

| Comprobación de resistencia | | | | | | | | | | |
|-----------------------------|------------|--------------|-------------------------------|---------|---------|-----------|-----------|-----------|--------|--------|
| Barra | η (%) | Posición (m) | Esfuerzos p \acute{e} simos | | | | | | Origen | Estado |
| | | | N (kN) | Vy (kN) | Vz (kN) | Mt (kN·m) | My (kN·m) | Mz (kN·m) | | |
| N52/N53 | 37.93 | 0.800 | -22.628 | -0.072 | -0.034 | 0.00 | 0.00 | 0.05 | G | Cumple |
| N94/N122 | 47.63 | 0.000 | -2.247 | 1.087 | 3.692 | -0.05 | 0.62 | 0.12 | G | Cumple |
| N122/N109 | 16.94 | 0.665 | -0.582 | -0.073 | 0.586 | -0.02 | -0.25 | 0.02 | G | Cumple |
| N121/N122 | 7.91 | 0.000 | 2.864 | 0.178 | -0.262 | 0.06 | -0.03 | 0.06 | G | Cumple |

Estructura, tras el cálculo de perfiles:



• **Conclusión:**

Todas las barras cumplen con un factor de seguridad mínimo de 1,44 (Barra N99/N121), por lo que se considera válida la estructura. Para ampliar la información de la tabla anterior, se expondrá el proceso de cálculo para la barra más solicitada de ambos tipos de perfiles.



7.7 Comprobaciones E.L.U, Perfil Cuadrado

Barra N97/N121

Perfil: CUADRADO 40x4

Material: Acero (S275)

| Nudos | | Longitud (m) | Características mecánicas | | | |
|---|----------|-----------------|----------------------------|---|---|---|
| Inicial | Final | | Área (cm ²) | I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴) | I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴) | I _t ⁽²⁾ (cm ⁴) |
| N97 | N121 | 0.260 | 5.48 | 11.46 | 11.46 | 19.39 |
| Notas: ⁽¹⁾ Inercia respecto al eje indicado ⁽²⁾ Momento de inercia a torsión uniforme | | | | | | |
| | Pandeo | | Pandeo lateral | | | |
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. | | |
| □ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 | | |
| L _K | 0.260 | 0.260 | 0.260 | 0.260 | | |
| C _m | 1.000 | 1. 00 | 1.000 | 1.000 | | |
| C ₁ | - | | 1.000 | | | |
| Notación: □: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico | | | | | | |

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

λ : 0.21 ✓

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

Clase : 1



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 42 de 84

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : 5.48 \text{ cm}^2$$

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

$$N_{cr} : 3513.56 \text{ kN}$$

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$$N_{cr,y} : 3513.56 \text{ kN}$$

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 3513.56 \text{ kN}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : 37539.14 \text{ kN}$$

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

$$I_y : 11.46 \text{ cm}^4$$

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 11.46 \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 19.39 \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : 0.00 \text{ cm}^6$$

E: Módulo de elasticidad.

$$E : 210000 \text{ MPa}$$

G: Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 81000 \text{ MPa}$$

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

$$L_{ky} : 0.260 \text{ m}$$

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

$$L_{kz} : 0.260 \text{ m}$$

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

$$L_{kt} : 0.260 \text{ m}$$

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

$$i_0 : 2.05 \text{ cm}$$

Siendo:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 43 de 84

i_y, i_z : Radios de giro de la sección
bruta, respecto a los ejes principales
de inercia Y y Z.

$$i_y : 1.45 \text{ cm}$$

$$i_z : 1.45 \text{ cm}$$

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de
torsión en la dirección de los ejes
principales Y y Z, respectivamente,
relativas al centro de gravedad de la
sección.

$$y_0 : 0.00 \text{ mm}$$

$$z_0 : 0.00 \text{ mm}$$

Abolladura del alma inducida por el ala comprimida (Criterio de CYPE Ingenieros,
basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$8.00 \leq 289.78 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

$$h_w : 32.00 \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : 4.00 \text{ mm}$$

A_w : Área del alma.

$$A_w : 2.56 \text{ cm}^2$$

$A_{fc,ef}$: Área reducida del ala comprimida.

$$A_{fc,ef} : 1.60 \text{ cm}^2$$

k : Coeficiente que depende de la clase de la sección.

$$k : 0.30$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : 210000 \text{ MPa}$$

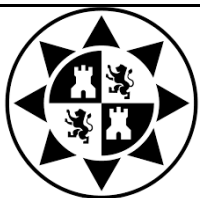
f_{yf} : Límite elástico del acero del ala comprimida.

$$f_{yf} : 275.00 \text{ MPa}$$

Siendo:

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 44 de 84

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.008 \quad \checkmark$$

$$\eta : 0.008 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$N_{c,Ed} : \text{Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.} \quad N_{c,Ed} : 1.20 \text{ kN}$$

La resistencia de cálculo a compresión $N_{c,Rd}$ viene dada por:

$$N_{c,Rd} : 143.49 \text{ kN}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos comprimidos de una sección.

$$\text{Clase} : 1$$

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : 5.48 \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 45 de 84

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.2)

La resistencia de cálculo a pandeo $N_{b,Rd}$ en una barra comprimida viene dada por:

$$N_{b,Rd} : \underline{142.98} \text{ kN}$$

Donde:

A: Área de la sección bruta para las secciones de clase 1, 2 y 3.

$$A : \underline{5.48} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : \underline{1.05}$$

Φ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi_y : \underline{1.00}$$

$$\chi_z : \underline{1.00}$$

$$\chi_T : \underline{1.00}$$

Siendo:

$$\phi_y : \underline{0.52}$$

$$\phi_z : \underline{0.52}$$

$$\phi_T : \underline{0.47}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.49}$$

$$\alpha_z : \underline{0.49}$$

$$\alpha_T : \underline{0.49}$$

λ : Esbeltez reducida.

$$\lambda_y : \underline{0.21}$$

$$\lambda_z : \underline{0.21}$$

$$\lambda_T : \underline{0.06}$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 46 de 84

N_{cr} : Axil crítico elástico de pandeo,
obtenido como el menor de los
siguientes valores:

$$N_{cr} : 3513.56 \text{ kN}$$

$N_{cr,y}$: Axil crítico elástico de
pandeo por flexión respecto al eje
Y.

$$N_{cr,y} : 3513.56 \text{ kN}$$

$N_{cr,z}$: Axil crítico elástico de pandeo
por flexión respecto al eje Z.

$$N_{cr,z} : 3513.56 \text{ kN}$$

$N_{cr,T}$: Axil crítico elástico de
pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : 37539.14 \text{ kN}$$

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.421 \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo
N97, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.00 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 2.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de
deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de
los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la

$$W_{pl,y} : 7.81 \text{ cm}^3$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 47 de 84

fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

η : 0.194 ✓

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^+ : 0.00 kN·m

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

M_{Ed}^- : 0.40 kN·m

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$M_{c,Rd}$: 2.04 kN·m

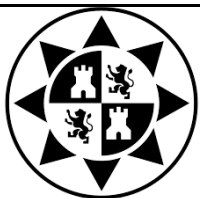
Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

Clase : 1

$W_{pl,z}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la

$W_{pl,z}$: 7.81 cm³



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 48 de 84

fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.132 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 5.11 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 38.71 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 2.56 cm²

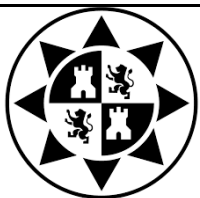
Siendo:

d : Altura del alma.

d : 32.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 4.00 mm



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 49 de 84

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

λ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del
material.

λ_{M0} : 1.05

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo
6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es
necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma,
puesto que se cumple:

8.00 < 64.71 ✓

Donde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 8.00

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción.

ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 50 de 84

$$\eta : \underline{0.067} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed} : \underline{2.97} \text{ kN}$$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$$V_{c,Rd} : \underline{44.14} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{2.92} \text{ cm}^2$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{5.48} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{32.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{4.00} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : \underline{261.90} \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : \underline{275.00} \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : \underline{1.05}$$

Abolladura por cortante del alma: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.4)

Aunque no se han dispuesto rigidizadores transversales, no es necesario comprobar la resistencia a la abolladura del alma, puesto que se cumple:

$$10.00 < \underline{64.71} \quad \checkmark$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 51 de 84

Dónde:

λ_w : Esbeltez del alma.

λ_w : 10.00

$\lambda_{m\acute{a}x}$: Esbeltez máxima.

$\lambda_{m\acute{a}x}$: 64.71

ϵ : Factor de reducción.

ϵ : 0.92

Siendo:

f_{ref} : Límite elástico de referencia.

f_{ref} : 235.00 MPa

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$5.10 \text{ kN} \leq 19.35 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 5.10 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 38.71 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)



No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

$$2.97 \text{ kN} \leq 22.07 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \quad 2.97 \quad \text{kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \quad 44.14 \quad \text{kN}$

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta : \quad 0.613 \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad 0.540 \quad \checkmark$$

$$\eta : \quad 0.444 \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N97, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 53 de 84

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo.

$$N_{c,Ed} : 1.20 \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed}^+ : 0.86 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : 0.37 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : 1$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a compresión de la sección bruta.

$$N_{pl,Rd} : 143.49 \text{ kN}$$

$M_{pl,Rd,y}$, $M_{pl,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{pl,Rd,y} : 2.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : 2.04 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)

A: Área de la sección bruta.

$$A : 5.48 \text{ cm}^2$$

$W_{pl,y}$, $W_{pl,z}$: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$W_{pl,y} : 7.81 \text{ cm}^3$$

$$W_{pl,z} : 7.81 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

γ_{M1} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M1} : 1.05$$

k_y , k_z : Coeficientes de interacción.

$$k_y : 1.00$$

$$k_z : 1.00$$

$C_{m,y}$, $C_{m,z}$: Factores de momento flector uniforme equivalente.

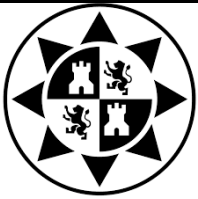
$$C_{m,y} : 1.00$$

$$C_{m,z} : 1.00$$

χ_y , χ_z : Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\chi_y : 1.00$$

$$\chi_z : 1.00$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 54 de 84

λ_y, λ_z : Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$\lambda_y : 0.21$$

$$\lambda_z : 0.21$$

α_y, α_z : Factores dependientes de la clase de la sección.

$$\alpha_y : 0.60$$

$$\alpha_z : 0.60$$

Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$2.97 \text{ kN} \leq 21.09 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : 2.97 \text{ kN}$$

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

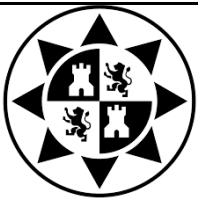
$$V_{c,Rd,y} : 42.19 \text{ kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.044 \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 55 de 84

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.07 kN·m

El momento torsor resistente de cálculo $M_{T,Rd}$ viene dado por:

$M_{T,Rd}$: 1.56 kN·m

Donde:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

W_T : 10.34 cm³

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

η : 0.138 ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N121, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 5.11 kN

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed}$: 0.07 kN·m

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:

$V_{pl,T,Rd}$: 37.00 kN



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 56 de 84

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{pl,Rd} : 38.71 \text{ kN}$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$\tau_{T,Ed} : 6.68 \text{ MPa}$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$W_T : 10.37 \text{ cm}^3$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$f_y : 275.00 \text{ MPa}$

η_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$\eta_{M0} : 1.05$

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$\eta : 0.070 \checkmark$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35·PP.

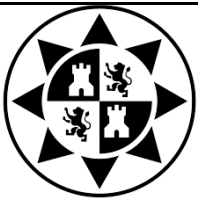
V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$V_{Ed} : 2.97 \text{ kN}$

$M_{T,Ed}$: Momento torsor solicitante de cálculo pésimo.

$M_{T,Ed} : 0.07 \text{ kN}\cdot\text{m}$

El esfuerzo cortante resistente de cálculo reducido $V_{pl,T,Rd}$ viene dado por:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 57 de 84

$$V_{pl,T,Rd} : 42.19 \text{ kN}$$

Donde:

$V_{pl,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{pl,Rd} : 44.14 \text{ kN}$$

$\tau_{T,Ed}$: Tensiones tangenciales por torsión.

$$\tau_{T,Ed} : 6.68 \text{ MPa}$$

Siendo:

W_T : Módulo de resistencia a torsión.

$$W_T : 10.37 \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \text{ MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \text{ MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$



7.8 Esfuerzo en barra, Perfil rectangular

Barra N110/N111

Perfil: PL 10x30

Material: Acero (S275)

| Nudos | | Longitud (m) | Caracterís cas mecánicas | | | |
|---------|-------|-----------------|--------------------------|--|--|--|
| Inicial | Final | | Área (cm²) | I _y ⁽¹⁾ (cm4) | I _z ⁽¹⁾ (cm4) | I _t ⁽²⁾ (cm4) |
| N110 | N111 | 0.350 | 3.00 | 2.25 | 0.25 | 0.79 |

Notas:

⁽¹⁾ *Inercia respecto al eje indicado*

⁽²⁾ *Momento de inercia a torsión uniforme*

| | Pandeo | | Pandeo lateral | |
|----------------|----------|----------|----------------|----------|
| | Plano XY | Plano XZ | Ala sup. | Ala inf. |
| □ | 1.00 | 1.00 | 1.00 | 1.00 |
| L _K | 0.350 | 0.350 | 0.350 | 0.350 |
| C _m | 1.000 | 1.000 | 1.000 | 1.000 |
| C ₁ | - | | 1.000 | |

Notación:

□: *Coeficiente de pandeo*

L_K: *Longitud de pandeo (m)*

C_m: *Coeficiente de momentos*

C₁: *Factor de modificación para el momento crítico*

Limitación de esbeltez (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida λ de las barras traccionadas no debe superar el valor 3.0.

λ : 1.40 ✓

Donde:

A: Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 3.00 cm²

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 59 de 84

N_{cr} : Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 42.30 kN

El axil crítico de pandeo elástico N_{cr} es el menor de los valores obtenidos en a), b) y c):

a) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Y.

$N_{cr,y}$: 380.68 kN

b) Axil crítico elástico de pandeo por flexión respecto al eje Z.

$N_{cr,z}$: 42.30 kN

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$N_{cr,T}$: 7821.35 kN

Donde:

I_y : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Y.

I_y : 2.25 cm⁴

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

I_z : 0.25 cm⁴

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

I_t : 0.79 cm⁴

I_w : Constante de alabeo de la sección.

I_w : 0.75 cm⁶

E: Módulo de elasticidad.

E: 210000 MPa

G: Módulo de elasticidad transversal.

G: 81000 MPa

L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.

L_{ky} : 0.350 m

L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.

L_{kz} : 0.350 m

L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.

L_{kt} : 0.350 m

i_0 : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.

i_0 : 0.91 cm

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.

i_y : 0.87 cm

i_z : 0.29 cm



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 60 de 84

y_0, z_0 : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.

y_0 : 0.00 mm

z_0 : 0.00 mm

Resistencia a tracción (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N111, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo pésimo.

$N_{t,Ed}$: 0.01 kN

La resistencia de cálculo a tracción $N_{t,Rd}$ viene dada por:

$N_{t,Rd}$: 78.57 kN

Donde:

A : Área bruta de la sección transversal de la barra.

A : 3.00 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 61 de 84

Resistencia a compresión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

La comprobación no procede, ya que no hay axil de compresión.

Resistencia a flexión eje Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta : 0.593 \quad \checkmark$$

Para flexión positiva:

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^+ : 0.00 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N111, para la combinación de acciones 1.35·PP.

M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{Ed}^- : 0.23 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

El momento flector resistente de cálculo $M_{c,Rd}$ viene dado por:

$$M_{c,Rd} : 0.39 \quad \text{kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de los elementos planos de una sección a flexión simple.

$$\text{Clase} : 3$$

$W_{el,y}$: Módulo resistente elástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 3.

$$W_{el,y} : 1.50 \quad \text{cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

$$f_{yd} : 261.90 \quad \text{MPa}$$

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

$$f_y : 275.00 \quad \text{MPa}$$

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

$$\gamma_{M0} : 1.05$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 62 de 84

Resistencia a pandeo lateral: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.3.2)

Para esbelteces λ_{LT} 0.4 se puede omitir la comprobación frente a pandeo, y comprobar únicamente la resistencia de la sección transversal.

$$\lambda_{LT} : 0.28$$

M_{cr} : Momento crítico elástico de pandeo lateral.

$$M_{cr} : 5.25 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

El momento crítico elástico de pandeo lateral ' M_{cr} ' se determina de la siguiente forma:

Siendo:

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.

$$I_z : 0.25 \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : 0.79 \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : 0.75 \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

$$E : 210000 \text{ MPa}$$

G : Módulo de elasticidad transversal.

$$G : 81000 \text{ MPa}$$

L_c^+ : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala superior.

$$L_c^+ : 0.350 \text{ m}$$

L_c^- : Longitud efectiva de pandeo lateral del ala inferior.

$$L_c^- : 0.350 \text{ m}$$

C_1 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_1 : 1.00$$

C_2 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_2 : 1.00$$

C_3 : Factor que depende de las condiciones de apoyo y de la forma de la ley de momentos flectores sobre la barra.

$$C_3 : 1.00$$

k_z : Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al giro de la sección transversal en los extremos de la barra.

$$k_z : 1.00$$

k_w : Coeficiente de longitud eficaz, que depende de las restricciones al alabeo en los extremos de la barra.

$$k_w : 1.00$$

z_g : Distancia entre el punto de aplicación de la carga y el centro de esfuerzos cortantes, respecto al eje Z.

$$z_g : 0.00 \text{ mm}$$

Siendo:

z_a : Distancia en la dirección del eje Z entre el punto de aplicación de la carga y el centro geométrico.

$$z_a : 0.00 \text{ mm}$$



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 63 de 84

z_s : Distancia en la dirección del eje Z entre el centro de
esfuerzos cortantes y el centro geométrico.

z_s : 0.00 mm

z_j : Parámetro de asimetría de la sección, respecto al eje Y.

z_j : 0.00 mm

Resistencia a flexión eje Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

La comprobación no procede, ya que no hay momento flector.

Resistencia a corte Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

η : 0.029 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la
combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.33 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 45.36 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 3.00 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 30.00 mm

t : Espesor de la chapa.

t : 10.00 mm



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 64 de 84

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a corte Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$\gamma < 0.001$ ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 0.00 kN

El esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$ viene dado por:

$V_{c,Rd}$: 45.36 kN

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

A_v : 3.00 cm²

Siendo:

h : Canto de la sección.

h : 30.00 mm

t : Espesor de la chapa.

t : 10.00 mm

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

Siendo:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 65 de 84

f_y : Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)

f_y : 275.00 MPa

γ_{M0} : Coeficiente parcial de seguridad del
material.

γ_{M0} : 1.05

Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir la resistencia de cálculo a flexión, ya que el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} no es superior al 50% de la resistencia de cálculo a cortante $V_{c,Rd}$.

1.33 kN ☐ 22.68 kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N110, para la combinación de acciones 1.35·PP.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

V_{Ed} : 1.33 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$V_{c,Rd}$: 45.36 kN

Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento flector y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a flexión y axil combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 66 de 84

$$\eta : \underline{0.593} \quad \checkmark$$

$$\eta : \underline{0.632} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p_{ésimos} se producen en el nudo N111, para la combinación de acciones 1.35·PP.

Donde:

$N_{t,Ed}$: Axil de tracción solicitante de cálculo p_{ésimo}.

$$N_{t,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}$$

$M_{y,Ed}$, $M_{z,Ed}$: Momentos flectores solicitantes de cálculo p_{ésimos}, según los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{y,Ed} : \underline{0.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed}^+ : \underline{0.00} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.

$$\text{Clase} : \underline{3}$$

$N_{pl,Rd}$: Resistencia a tracción.

$$N_{pl,Rd} : \underline{78.57} \text{ kN}$$

$M_{el,Rd,y}$, $M_{el,Rd,z}$: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones elásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.

$$M_{el,Rd,y} : \underline{0.39} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{el,Rd,z} : \underline{0.13} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.1)

$M_{ef,Ed}$: Momento flector solicitante de cálculo p_{ésimo}.

$$M_{ef,Ed} : \underline{-0.23} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Siendo:

$\sigma_{com,Ed}$: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} : \underline{155.19} \text{ MPa}$$

$W_{y,com}$: Módulo resistente de la sección referido a la fibra extrema comprimida, alrededor del eje Y.

$$W_{y,com} : \underline{1.50} \text{ cm}^3$$

A: Área de la sección bruta.

$$A : \underline{3.00} \text{ cm}^2$$

$M_{b,Rd,y}$: Momento flector resistente de cálculo.

$$M_{b,Rd,y} : \underline{0.37} \text{ kN}\cdot\text{m}$$



Resistencia a flexión, axil y cortante combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No es necesario reducir las resistencias de cálculo a flexión y a axil, ya que se puede ignorar el efecto de abolladura por esfuerzo cortante y, además, el esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo V_{Ed} es menor o igual que el 50% del esfuerzo cortante resistente de cálculo $V_{c,Rd}$.

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N110, para la combinación de acciones 1.35·PP.

$$0.00 \text{ kN} \leq 22.68 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

$V_{Ed,y}$: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo.

$$V_{Ed,y} : \quad 0.00 \quad \text{kN}$$

$V_{c,Rd,y}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo.

$$V_{c,Rd,y} : \quad 45.36 \quad \text{kN}$$

Resistencia a torsión (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.7)

La comprobación no procede, ya que no hay momento torsor.

Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.

Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

No hay interacción entre momento torsor y esfuerzo cortante para ninguna combinación. Por lo tanto, la comprobación no procede.



7.9 Conclusión

Con las demostraciones anteriormente descritas, se da por probada la estructura planteada.

8. PLACAS DE ANCLAJE

Se instalarán placas de anclaje en las patas de la estructura para evitar el desplazamiento de la misma.

8.1. Descripción

| Descripción | | | |
|--|---|--|---------------------------------------|
| Referencia | Placa base | Disposición | Pernos |
| N1, N15, N20, N27, N35, N36, N43, N45, N50, N51, N52, N91 | Ancho X: 100 mm Ancho Y: 100 mm Espesor: 9 mm | Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | 4Ø10 mm L=15 cm Prolongación recta |

8.2. Medición placas de anclaje

| Pilares | Acero | Peso kp | Totales kp |
|---|-------|-----------|------------|
| N1, N15, N20, N27, N35, N36, N43, N45, N50, N51, N52, N91 | S275 | 12 x 0.71 | 8.48 |
| Totales | | | 8.48 |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 69 de 84

8.3. Medición pernos placas de anclaje

| Pilares | Pernos | Acero | Longitud m | Peso kp | Totales m | Totales kp |
|---|---------------------|--------------------------------------|---------------|--------------|--------------|---------------|
| N1, N16, N22, N29, N37, N38, N45, N47, N52, N53, N54, N93 | 48Ø10 mm L=19 cm | B 400 S, $Y_s = 1.15$ (corrugado) | 48 x 0.19 | 48 x 0.12 | 9.07 | 5.59 |
| Totales | | | | | 9.07 | 5.59 |

8.4.- Comprobación de las placas de anclaje

La placa con mayores solicitaciones es la siguiente:

| | | |
|--|-----------------------------------|--------|
| Referencia: N91 | | |
| -Placa base: Ancho X: 100 mm Ancho Y: 100 mm Espesor: 9 mm | | |
| -Pernos: 4Ø10 mm L=15 cm Prolongación recta | | |
| -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada | | |
| Comprobación | Valores | Estado |
| Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i> | Mínimo: 30 mm Calculado: 70 mm | Cumple |
| Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i> | Mínimo: 15 mm Calculado: 15 mm | Cumple |



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

Realizado por :
Antonio García García

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página 70 de 84

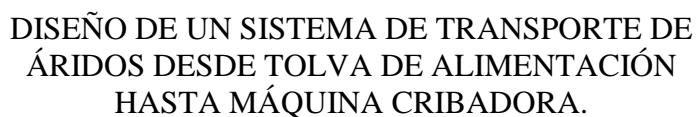
Referencia: N91

-Placa base: Ancho X: 100 mm Ancho Y: 100 mm Espesor: 9 mm

-Pernos: 4Ø10 mm L=15 cm Prolongación recta

-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|--|--------------------------------------|
| Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i> | Mínimo: 15 cm Calculado: 15 cm | Cumple |
| Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante: | Máximo: 12.82 kN Calculado: 5.43 kN Máximo: 8.98 kN Calculado: 0.05 kN Máximo: 12.82 kN Calculado: 5.5 kN | Cumple Cumple Cumple |
| Tracción en vástago de pernos: | Máximo: 25.12 kN Calculado: 4.58 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en vástago de pernos: | Máximo: 400 MPa Calculado: 58.4115 MPa | Cumple |
| Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i> | Máximo: 49.5 kN Calculado: 0.04 kN | Cumple |
| Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo: | Máximo: 275 MPa Calculado: 111.329 MPa Calculado: 110.466 MPa Calculado: 120.165 MPa Calculado: 100.903 MPa | Cumple Cumple Cumple Cumple |
| Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda: - Arriba: | Mínimo: 250 Calculado: 1318.53 Calculado: 1329.96 Calculado: 1115.84 | Cumple Cumple Cumple |



**Realizado por :
Antonio García García**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Rev.(0)

Página 71 de 84

-Placa base: Ancho X: 100 mm Ancho Y: 100 mm Espesor: 9 mm
-Pernos: 4Ø10 mm L=15 cm Prolongación recta
-Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada

| Comprobación | Valores | Estado |
|---|-------------------------------------|--------|
| - Abajo: | Calculado: 1329.95 | Cumple |
| Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i> | Máximo: 275 MPa Calculado: 0 MPa | Cumple |
| Se cumplen todas las comprobaciones | | |

| Materiales utilizados | | | | | | | |
|-----------------------|-------------|--------|------|-------|----------------|----------------|-----------|
| Material | | E | v | G | f _y | α _t | γ (kN/m³) |
| Tipo | Designación | (MPa) | | (MPa) | (MPa) | (m/m°C) | |
| Acero laminado | S235JR | 210000 | 0.28 | 79000 | 360 | 0.000011 | 77.01 |

Notación:

E: Módulo de elasticidad

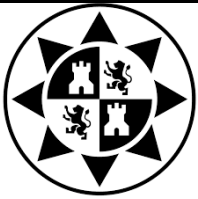
v: Módulo de Poisson

G: Módulo de cortadura

f_y: Límite elástico

α_t: Coeficiente de dilatación

γ: Peso específico



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

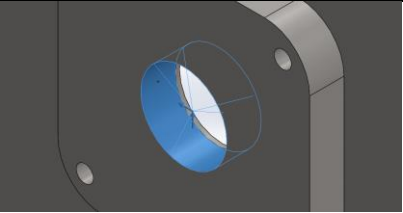
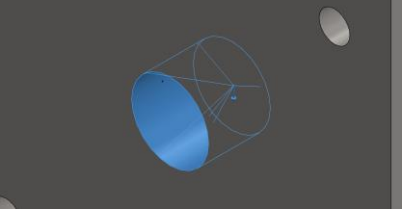
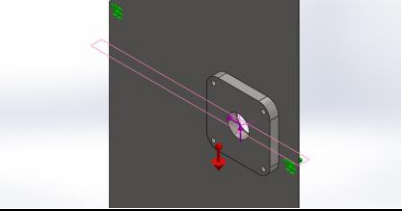
Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 72 de 84

9.1 Características del análisis estático

- Carga

| Nombre de carga | Cargar imagen | Detalles de carga |
|----------------------------------|---|---|
| Fuerza Polea 360 inferior |  | Entidades: 1 cara(s) Tipo: Carga (transferencia directa) Fuerza Valores: -551, 551, --- N Componentes transferidos: Fuerza |
| Fuerza en eje Rueda de 80 |  | Entidades: 1 cara(s) Tipo: Carga (transferencia directa) Fuerza Valores: ---, -127, --- N Componentes transferidos: Fuerza |
| Gravedad |  | Referencia: Planta Valores: 0 0 -9.81 Unidades: SI |

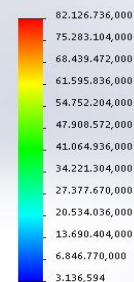
Resultados del estudio

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|-------------------|---------------------------|---|--|
| Tensiones1 | VON: Tensión de von Mises | 3136.59 N/m ² Nodo: 40372 | 8.21267e+007 N/m ² Nodo: 752 |

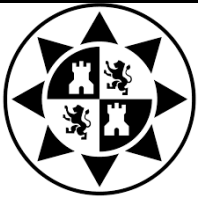
Nombre de modelo: Fuerzas Chapa 07
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Análisis estático tensión nodal Tensiones1
Escala de deformación: 242,037



von Mises (N/m²)



Fuerzas Chapa 07-Análisis estático 1-Tensiones-Tensiones1



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

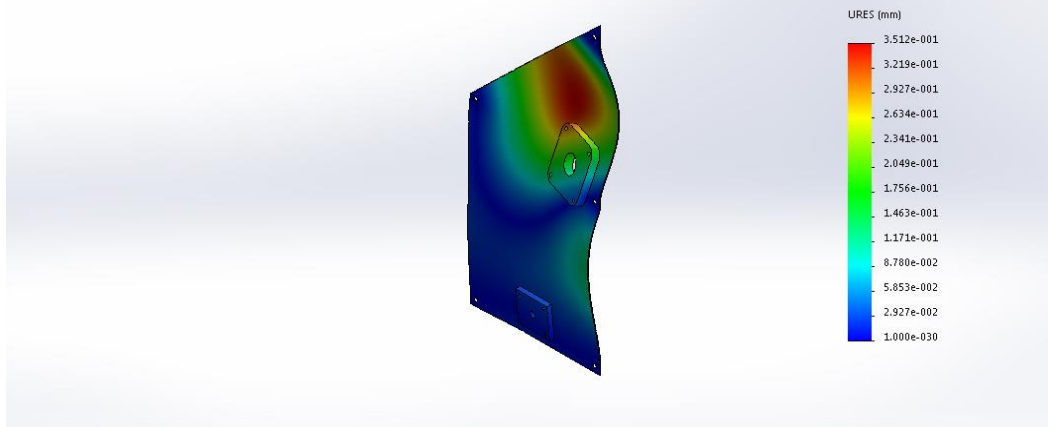
Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 73 de 84

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|-------------------------|---------------------------------|-------------------|----------------------------|
| Desplazamientos1 | URES: Desplazamiento resultante | 0 mm Nodo: 680 | 0.351187 mm Nodo: 23907 |

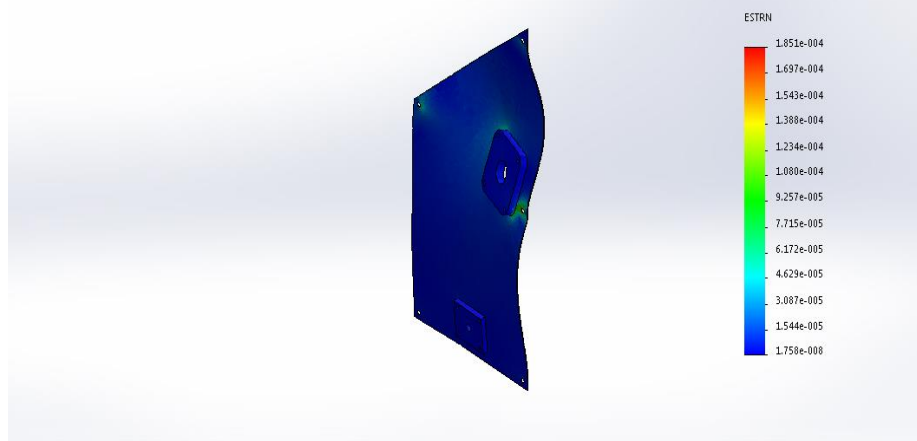
Nombre de modelo: Fuerzas Chapa 07
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Desplazamientos1
Escala de deformación: 242.037



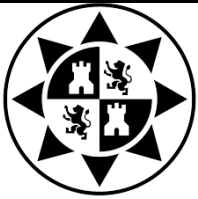
Fuerzas Chapa 07-Análisis estático 1-Desplazamientos-Desplazamientos1

| Nombre | Tipo | Mín. | Máx. |
|---------------------------------|---|---------------------------------|-------------------------------|
| Deformaciones unitarias1 | ESTRN: Deformación unitaria equivalente | 1.75833e-008 Elemento: 25096 | 0.000185127 Elemento: 7019 |

Nombre de modelo: Fuerzas Chapa 07
Nombre de estudio: Análisis estático 1(-Predeterminado-)
Tipo de resultado: Deformación unitaria estática Deformaciones unitarias1
Escala de deformación: 242.037



Fuerzas Chapa 07-Análisis estático 1-Deformaciones unitarias-Deformaciones unitarias1



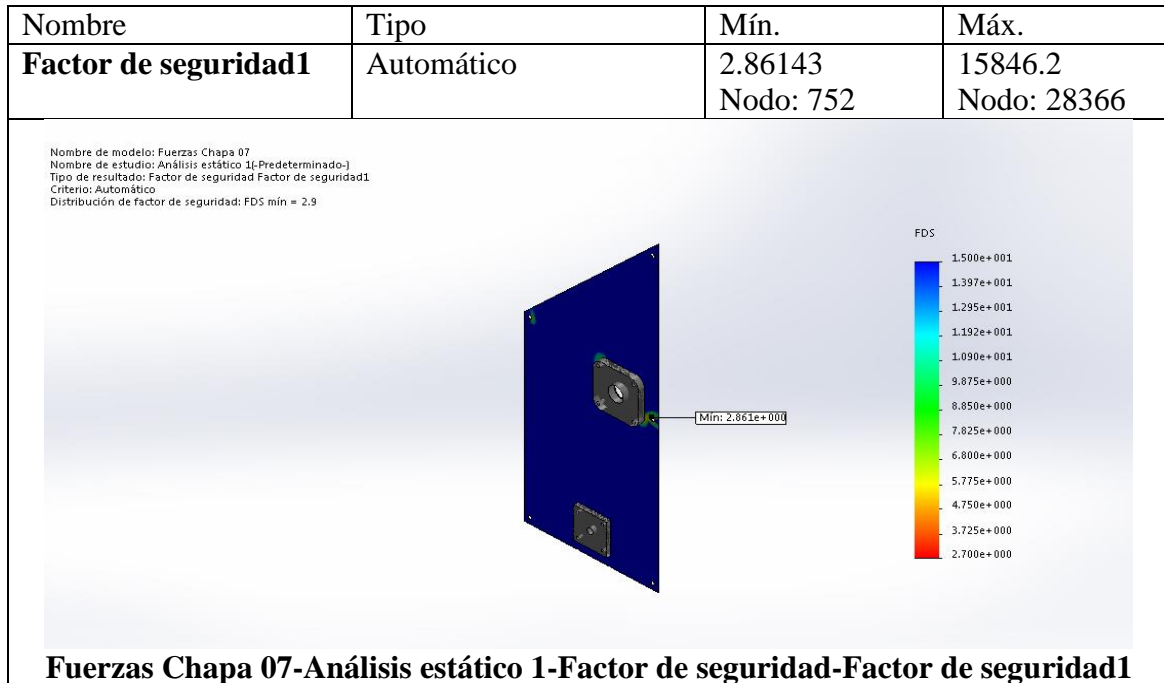
DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 74 de 84



Conclusión:

El valor resulta este del estudio desde el punto de vista del factor de seguridad, se es de 2,6. Puesto que la norma no fija un factor de seguridad determinado, se optó por un factor de seguridad mínimo de 2,5.

Por tanto, esta chapa cumple con las condiciones suficientes. También hay que tener en cuenta que en la situación real, las vigas que apoyan en los laterales de la chapa disminuirán los esfuerzos en las zonas de máxima concentración de la hipótesis empleada. Así que se da como válida esta comprobación.



9.2. Tabla de Factor de seguridad en chapas

| Chapa | Material | Espesor mm | Factor de Seguridad |
|----------|----------|------------|---------------------|
| Chapa 01 | S235JR | 2 | 15 |
| Chapa 03 | | | 75 |
| Chapa 05 | | | 80 |
| Chapa 06 | | | 75 |
| Chapa 07 | | | 2,6 |
| Chapa 08 | | | 25 |
| Chapa 10 | | | 20 |
| Chapa 11 | | | 19 |
| Chapa 12 | | | 10 |
| Chapa 13 | | | 9,3 |
| Chapa 15 | | | 80 |
| Chapa 17 | | | 23 |

10. SELECCIÓN DEL MOTOR

Los datos necesarios para la selección son:

- Velocidad angular: 34 rpm
- Diámetro de salida: 30 mm
- Par Torsor: 31Nm
- Se instalará el mismo motor para ambos tramos.
- Motor con sujeción de brida.

El motor se ha seleccionado del catálogo de *GRUPO GRINER* y también por recomendación de los mismos el conjunto Motor-Reductora:

Motor:

| Motor monofásico de 4P/1.500 rpm | | | | | | |
|----------------------------------|---------------------|-----------------------|-----------------|--------------------|----------------------|---------------|
| Tamaño motor | Potencia nominal kW | Velocidad nominal rpm | Par nominal N m | Factor de potencia | Rendimiento η % | Peso motor Kg |
| 63 | 0,18 | 2700 | 0,63 | 0,97 | 54 | 4,2 |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

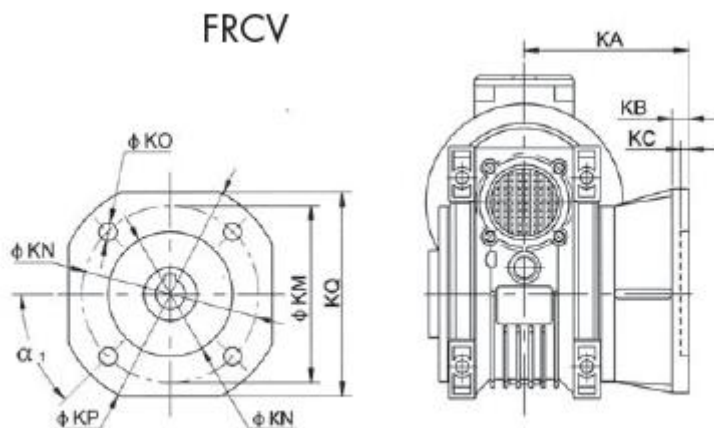
Página **76** de **84**

Reductora:

El tamaño recomendado es de 040, y con un índice de relación de 40.

| Kw | Tamaño | i | n2 (r/min) | M2 (Nm) |
|--------------------------|---------------|----------|-------------------|----------------|
| 0,18 Kw 4P n1=1500rpm | 040 | 40 | 37,5 | 32 |

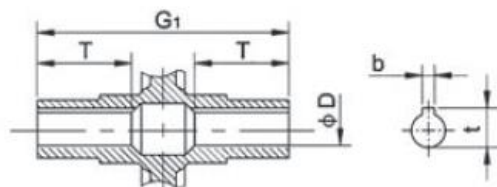
El modelo seleccionado es el FRCV, por su unión con bridas a la chapa.



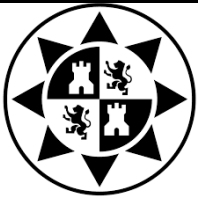
Medidas:

| MODELO | KA | KB | KC | α | KM | KN | KO | KP | KQ | Kg |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|----------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 040 FRCV | 67 | 7 | 4 | 45° | 87 | 60 | M6x8(n,4) | 110 | 95 | 2,3 |

Las dimensiones del agujero de chaveta son las siguientes :



| D mm | b mm | b1 mm | t mm |
|-------------|-------------|--------------|-------------|
| 30 | 6 | 3 | 25 |



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

Página **77** de **84**

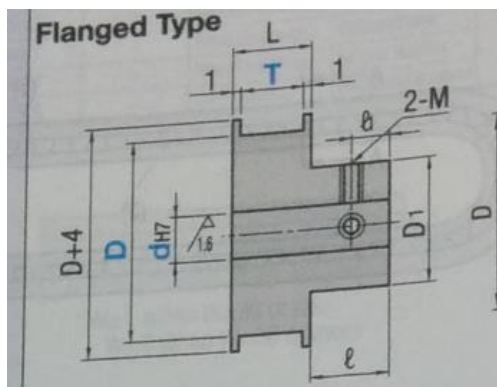
Conclusión:

Aunque la potencia necesaria es muy baja, se requiere de un alto par motor, y para mantener la velocidad de 35 rpm, se selecciona este motor ya que es el primero que cumple con todas las especificaciones.

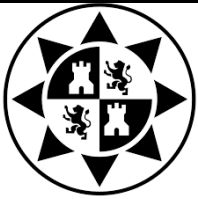
11. POLEAS DE GIRO

Las poleas de giro han sido seleccionadas del catálogo de *MISUMI*.

| Tipo | D | dH7 | | T(Seleccionable) | M | D1 | L |
|-----------------|-----|-----|----|------------------|----|----|----|
| Flanged HBPM | 80 | 15 | 20 | 32 | 8 | 50 | 16 |
| | 170 | 30 | 35 | 32 | 10 | 60 | 25 |
| | 360 | 40 | 50 | 32 | 10 | 80 | 40 |

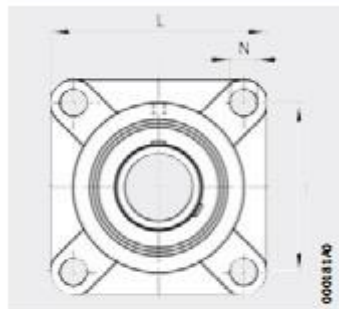


| Material | Sut (MPa) | Sy(MPa) |
|---------------------|-----------|---------|
| 1.1191/C45E (Acero) | 750 | 570 |

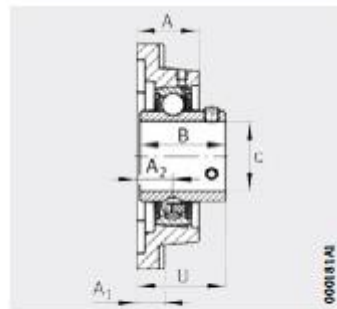


12. RODAMIENTOS

Los rodamientos rígidos de bolas han sido seleccionado del catálogo de *MISUMI*.



UCF



UCF

| Tipo | D | L1 | L | t | A | A1 | Capacidad de carga (KN) | |
|------|----|-----|-----|----|------|------|-------------------------|-------------------|
| | | | | | | | Cr (Dinámico) | Cor (Estático) |
| CHDF | 20 | 86 | 64 | 12 | 33.3 | 25.5 | 12.8 | 6.6 |
| | 30 | 108 | 83 | 14 | 40.2 | 31 | 19.5 | 11.3 |
| | 40 | 130 | 102 | 16 | 54.2 | 36 | 29.5 | 18.1 |

| Tipo | Tornillos | | | PESO (g) |
|------|-----------|--------------------------|---------------------------------|----------|
| | M1 | Par de apriete (N*cm) | Capacidad de carga axial (N) | |
| CHDF | M6x1 | 490 | 1360 | 630 |
| | M6x1 | 490 | 1360 | 1.1 |
| | M8x1 | 800 | 2980 | 1.9 |

Se ha realizado un cálculo rápido de la vida de los rodamientos, según los apuntes de *la asignatura diseño de máquinas de la UPCT*.

Como no tenemos cargas axiales en los rodamientos la carga equivalente será la misma que la fuerza radial transmitida por el eje al rodamiento.

Ecuación de cálculo de la vida de un rodamiento de bolas.

$$L_{10} = L = \left(\frac{C}{P}\right)^3 [10^6 \text{ revoluciones}]$$

L es la vida del rodamiento a bolas



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 79 de 84

C es el coeficiente de carga dinámica KN

P es la fuerza equivalente KN

V es la velocidad lineal de la cinta

n es la velocidad angular rpm

| Tipo | D | C | P | V (mm/s) | n | L | L(horas) | L días 8h | Años |
|------|----|------|------|-------------|-----|----------|-----------|-----------|--------|
| CHDF | 20 | 12.8 | 0,05 | 96.45 | 128 | 15373087 | 199236488 | 249045611 | 682316 |
| | 30 | 19.5 | 1,6 | | 273 | 1708 | 104229 | 13028 | 35,6 |
| | 40 | 29.5 | 1,2 | | 578 | 13228 | 380987 | 47623 | 130 |

Por lo que se puede considerar una vida infinita, ya que el mínimo recomendado sería de 50000 hora para el peor de los casos.

14. UNIÓN SOLDADA

Norma:

CTE DB SE-A: Código Técnico de la Edificación. Seguridad estructural. Acero.
Apartado 8.9. Uniones de perfiles huecos en las vigas de celosía.

Materiales:

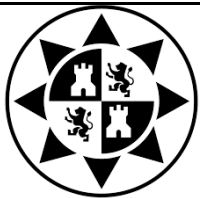
- Perfiles (Material base): S275.

- Material de aportación (soldaduras): Las características mecánicas de los materiales de aportación serán en todos los casos superiores a las del material base. (4.4.1 CTE DB SE-A)

Disposiciones constructivas:

1) Cada tubo se soldará en todo su perímetro de contacto con los otros tubos.

2) Se define como ángulo diedro el ángulo medido en el plano perpendicular a la línea de soldadura, formado por las tangentes a las superficies externas de los tubos que se sueldan entre sí.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 80 de 84

3) Para ángulos diedros mayores que 100 grados se deberá realizar soldadura a tope, independientemente del espesor del tubo que se suelda.

4) Los tubos de espesor igual o superior a 8 mm se soldarán a tope, excepto en las zonas en las que el ángulo diedro es agudo y pueda realizarse correctamente la soldadura en ángulo.

5) Los tubos de espesor inferior a 8 mm se pueden soldar con cordones de soldadura en ángulo.

6) En soldaduras a tope, el ángulo del bisel mínimo es de 45 grados.

7) En los detalles se indican los distintos tipos de cordones necesarios en el perímetro de soldadura de los tubos.

Comprobaciones:

a) Cordones de soldadura a tope con penetración total:

En este caso, no es necesaria ninguna comprobación. La resistencia de la unión será igual a la de la más débil de las piezas unidas.

b) Cordones de soldadura en ángulo:

Se dimensionan con un valor de espesor de garganta tal que su resistencia sea igual a la menor de las piezas que une.

- Para la soldadura entre las vigas que están colineales, no se realizará su cálculo ya que al ser soldaduras a tope, no requiere del mismo.
- La soldadura entre los tramos que estén con ángulo se considera como una soldadura en ángulo por lo que se realizará el cálculo para una unión y se tomara como referencia para el resto de uniones que requieran de este tipo de soldadura. El cálculo se ha realizado con el software *CYPECAD, Nuevo metal 3D*.

Nudos (2): N47 y N48.



**DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.**

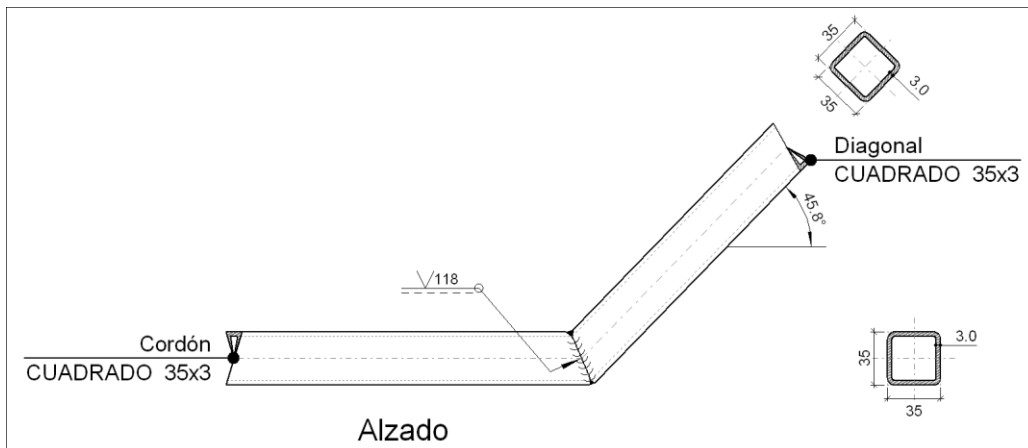
ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

**Realizado por :
Antonio García García**

Rev.(0)

Página **81** de **84**

a) Detalle



b) Descripción de los componentes de la unión

| Perfiles | | | | | | | | | |
|----------|---------------|-----------|---------------|---------------|-----------------|---|-------|----------------|----------------|
| Pieza | Descripción | Geometría | | | | | Acero | | |
| | | Esquema | Ancho (mm) | Canto (mm) | Espesor (mm) | Radio de acuerdo interior (mm) | Tipo | f_y (MPa) | f_u (MPa) |
| Cordón | CUADRADO 35x3 | | 35 | 35 | 3 | 1.5 | S275 | 275.0 | 430.0 |
| Diagonal | CUADRADO 35x3 | | 35 | 35 | 3 | 1.5 | S275 | 275.0 | 430.0 |

c) Comprobación

1) Cordón CUADRADO 35x3



DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 82 de 84

Comprobaciones geométricas

| Comprobación | Unidades | Calculado | Límites | |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| | | | Mínimo | Máximo |
| Límite elástico | MPa | 275.0 | -- | 460.0 |
| Clase de sección ($C_{máx_o}/t_o$) | -- | 8.67 | -- | 35.13 (Clase 2) |
| Clase de sección (C_{ip_o}/t_o) | -- | 8.67 | -- | 66.56 (Clase 1) |
| Clase de sección (C_{op_o}/t_o) | -- | 8.67 | -- | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor | mm | 3.0 | 2.5 | 25.0 |

Comprobaciones de resistencia

| Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Plastificación del cordón | kN | 4.327 | 19.286 | 22.43 |
| Interacción axil y momentos | -- | 0.30 | 0.71 | 41.83 |
| Cortante de la sección transversal | kN | 2.794 | 15.877 | 17.60 |

2) Diagonal CUADRADO 35x3

Comprobaciones geométricas

| Comprobación | Unidades | Calculado | Límites | |
|--------------------------------------|----------|-----------|---------|-----------------|
| | | | Mínimo | Máximo |
| Límite elástico | MPa | 275.0 | -- | 460.0 |
| Clase de sección ($C_{máx_i}/t_i$) | -- | 8.67 | -- | 35.13 (Clase 2) |
| Clase de sección (C_{ip_i}/t_i) | -- | 8.67 | -- | 66.56 (Clase 1) |
| Clase de sección (C_{op_i}/t_i) | -- | 8.67 | -- | 30.51 (Clase 1) |
| Espesor | mm | 3.0 | 2.5 | 25.0 |
| Ángulo | grados | 134.17 | 30.00 | 180.00 |

Comprobaciones de resistencia

| Comprobación | Unidades | Pésimo | Resistente | Aprov. (%) |
|------------------------------------|----------|--------|------------|------------|
| Plastificación del cordón | kN | 3.895 | 19.286 | 20.20 |
| Interacción axil y momentos | -- | 0.31 | 0.71 | 43.58 |
| Cortante de la sección transversal | kN | 3.104 | 15.877 | 19.55 |

Según el artículo 8.6.3 del CTE DB SE-A, las soldaduras a tope con penetración total de esta unión no necesitan ser comprobadas.



d) Medición

| Soldaduras | | | | |
|----------------|-----------|----------------------|-----------------------------|------------------------------|
| f_u (MPa) | Ejecución | Tipo | Espesor de garganta (mm) | Longitud de cordones (mm) |
| 430.0 | En taller | A tope en 'V' simple | 3 | 118 |

15. SISTEMA DE SEGURIDAD Y ELECTRICO.

Los sistemas de seguridad seleccionados son los siguientes:

- Sensores de Movimiento led:

| Tipo | Alimentación | Carga máx | Dimesiones | Peso |
|--------|--------------|-----------|----------------|-----------|
| LEDC21 | 12-24 VDC | 2 A | 63 x 28 x17 mm | 28 gramos |



- Transformador:

| Tipo | Tensión Primario | Tensión Secundario | Potencia |
|---------------------------|---------------------|-----------------------|----------|
| JBK5-40- 400/230-12/24 | 230 v | 12 v | 40 VA |





DISEÑO DE UN SISTEMA DE TRANSPORTE DE
ÁRIDOS DESDE TOLVA DE ALIMENTACIÓN
HASTA MÁQUINA CRIBADORA.

ANEJO CÁLCULOS JUSTIFICATIVOS

Realizado por :
Antonio García García

Rev.(0)

Página 84 de 84

- Dispositivo de seguridad por cable:

| Tipo | Modelo | Tensión | Longitud de cable máxima |
|-------|-------------|---------|--------------------------|
| ES1/2 | XY2-CR2C250 | 12V | 50m |



- Pulsador de Parada de seguridad

| Tipo | Modelo |
|---------------|----------|
| Pulsador Seta | GV2-K031 |



- Contactor:

| Modelo | Marca | Tensión 1 | Tensión 2 |
|----------|---------|-----------|-----------|
| 5TT57310 | Siemens | 230V | 12V |



Antonio García García.

Cartagena, a 18 de Noviembre de 2014