

**UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA**

**Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño**

---

**PROYECTO ESTRUCTURAL DE  
DIMENSIONAMIENTO, SEGURIDAD CONTRA  
INCENDIOS Y CÁLCULO SISMICORESISTENTE  
DE UNA NAVE INDUSTRIAL.**

*TRABAJO FINAL DEL*

**Grado de Ingeniería Mecánica (2016-2020)**

*REALIZADO POR*

**Sagar Raisinghani Harpalani**

*TUTORIZADO POR*

**Francisco Javier Camacho Vidal**

**CURSO ACADÉMICO: 2019/2020**



DOCUMENTO Nº1: MEMORIA .....	4
1. OBJETO DEL TRABAJO.....	5
2. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO .....	5
2.1 Estímulo y Causa .....	5
3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO.....	6
4. NORMATIVA .....	7
5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO .....	7
6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA .....	9
7. MATERIALES EMPLEADOS.....	10
8. ACCIONES EN EDIFICACIÓN (DB SE-AE).....	10
8.1 Acciones Permanentes (G).....	10
8.2 Acciones variables (Q).....	12
8.2.1 Sobrecarga de uso .....	12
8.2.2 Viento.....	13
8.2.3 Nieve.....	14
8.3 Acciones Accidentales (A).....	16
8.4 Acciones Térmicas.....	16
8.5 Acciones Accidentales- Incendio.....	16
8.6 Acciones Accidentales- Sismo.....	16
9. DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.....	17
10. OBJETIVO SEGURIDAD CONTRA INCENDIO.....	20
11. CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO SEGÚN SU RIESGO DE INCENDIO.....	20
11.1 Sectorización de los establecimientos industriales.....	24
11.2 Materiales.....	25



12. REQUISITOS DE LA ESTRUCTURA PORTANTE Y CUBIERTA Y SU COMPROBACIÓN. ....	25
13. OBJETIVO SISMICORESISTENTE .....	26
14. DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ACCIÓN SÍSMICA. ....	26
14.1 Concepto. ....	26
14.2 Clasificación de las construcciones.....	27
14.2.1 De importancia moderada.....	27
14.2.2 De importancia normal .....	27
14.2.3 De importancia especial.....	27
14.3 Aceleración sísmica.....	28
14.4 Clasificación de terreno. Coeficiente del terreno.....	30
14.5 Respuesta espectral.....	31
15. COMBINACIÓN DE ACCIONES SÍSMICAS. ....	34
16. MODOS DE VIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN. ....	35
DOCUMENTO Nº2: PLANOS.....	45
DOCUMENTO Nº3: PLIEGO DE CONDICIONES .....	53
DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO DE OBRA .....	64



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



## DOCUMENTO Nº1: MEMORIA

CURSO ACADÉMICO: 2019-2020



## 1. OBJETO DEL TRABAJO.

El presente documento concierne al Trabajo Final de Grado (TFG) del alumno Sagar Raisinghani Harpalani, de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño (ETSID), matriculado en el Grado de Ingeniería Mecánica (2016-2020).

El objeto de este Trabajo de Final de Grado, es dimensionar y modelar una nave industrial metálica. Esta estructura industrial estará designada para la fabricación y almacenamiento de Caramelos. Posteriormente calcularemos su seguridad contra incendios y la acción sísmica a la que estará sometida según su localización. Este edificio industrial tiene una superficie construida de 2000 m<sup>2</sup> y se encuentra en el polígono industrial de Crevillente (Alicante).

## 2. INTRODUCCIÓN AL PROYECTO

Debido a razones productivas y económicas, la empresa de caramelos decide construir una nave industrial metálica, para la fabricación de dichos dulces para su posterior distribución en toda la Comunidad Valenciana. El edificio se situará en una parcela de 100x50m<sup>2</sup> (5000m<sup>2</sup>) en el polígono industrial de Crevillente, en la Provincia de Alicante, (Comunidad Valenciana).

Teniendo en cuenta la normativa urbanística, la nave tendrá unas dimensiones de 60.4 metros de longitud, una anchura de 33.5 metros y una altura aproximadamente de 10 metros. Estos datos pueden ser modificados por la constructora ya que este proyecto se centra más en la Seguridad de Contra Incendios y el Cálculo Sismicoresistente de dicha nave industrial.

### 2.1 Estímulo y Causa

La principal motivación y estímulo para el desarrollo del Trabajo Final de Grado, es completar la titulación del Grado de Ingeniería de Mecánica y la obtención final del título de dicho Grado. La elección del Trabajo Final de Grado de sobre el modelamiento de un edificio industrial metálico, se debe al agrado y dominación del alumno sobre dicha materia, en la que pone en práctica los conocimientos adquiridos y aprendidos en diversas asignaturas de Grado, por ejemplo, Estructuras y Construcciones Industriales, Análisis Avanzado de Estructuras, o Resistencia de los Materiales entre otras.

Este trabajo se basa en una Nave Industrial que tiene como finalidad abastecer las necesidades y requerimientos por parte de la empresa de caramelos para cumplir las expectativas formadas y conseguir que la nave sea apta para dicha actividad alimenticia.

### 3. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

Crevillente un municipio español perteneciente a la Comunidad Valenciana. Está situado en la comarca del Bajo Vinalopó en la Sierra de Crevillent, a 129 metros de altitud, en la provincia de Alicante. Su vecindad con el municipio de Elche le permite formar parte del área metropolitana de Alicante-Elche. Crevillente cuenta con una superficie de 103,30 km<sup>2</sup> y 28.952 habitantes.

La parcela en la cual se construirá la planta industrial se localiza en el municipio de Crevillente. Las parcelas de 5000m<sup>2</sup> se encuentra en la parte posterior del polígono industrial de dicho Municipio, y el edificio principal se puede apreciar desde la carretera 325.

En la imagen 1, podemos observar la parcela en una imagen vía satélite (Google Maps). Mientras que en la imagen 2 observamos el edificio industrial dentro de la parcela y cerca de la carretera N325.

En la imagen 3, vemos la nave desde plano más lejano en la que apreciamos parte del municipio de Crevillente.



Imagen 1 Parcela

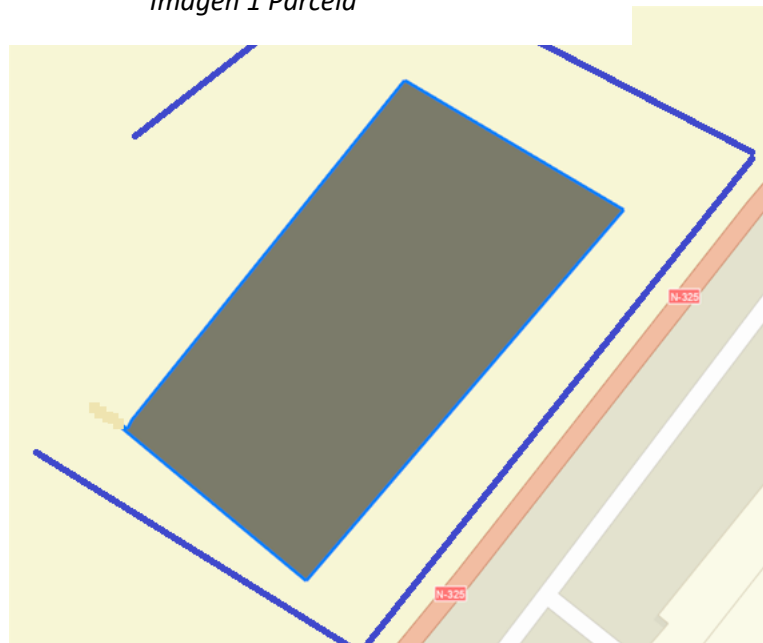


Imagen 2 Nave Industrial



Imagen 3 Nave desde el punto de vista municipal



## 4. NORMATIVA

Para la correcta realización de la nave industrial debemos cumplir en todo momento la normativa vigente. En ella encontramos cómo y cuánto determinar los parámetros, los esfuerzos y deformaciones admisibles para el correcto dimensionamiento de los distintos elementos. En este proyecto nos vamos a centrar en la normativa técnica que hay que emplear mientras que la normativa y requisitos urbanísticos los dejaremos para la constructora.

### 4.1 Normativa Técnica

- Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación (CTE) y sus posteriores modificaciones, que establece los requisitos básicos que deben tener los edificios y sus instalaciones. En este trabajo final de grado se han utilizado los siguientes documentos básicos:
  - Documento Básico de Seguridad Estructural de Acciones en Edificación (DB SEAE).
  - Documento Básico de Seguridad Estructural de Estructuras de Acero (DB SE-A).
  - Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB SI).
  - Documento Básico de Seguridad de utilización y accesibilidad (DB SUA).
  - Documento Básico de Seguridad Estructural de Resistencia y estabilidad.
- NCSE-2002 Norma de construcción sismorresistente.
- RSCI Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- EAE, Instrucción de acero estructural
- EHE, Instrucción de hormigón estructural

## 5. DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El edificio industrial que vamos a diseñar estará situado en una parcela de 100 metros de largo por 50 metros de ancho, en total son 5000 m<sup>2</sup> de superficie. De esta superficie, la nave industrial ocupa 2000 m<sup>2</sup>, ocupando en total un 40% de la superficie de la parcela. El resto de la superficie estará dedicada a un aparcamiento para los trabajadores en la parte de atrás y un acceso para los camiones en un lateral del edificio para que puedan descargar.



### 5.1 Descripción general de la Nave.

Consiste en una construcción de una Nave Industrial de dos plantas con una doble cubiertas no transitables solo para mantenimiento. La estructura se realiza de acero principalmente, de tipo S275, aunque también se utiliza acero de tipo S235 principalmente en correas y otros elementos. Las dimensiones de la nueva nave son 60.4 metros de largo por 33.5 metros de ancho. En estas dimensiones ya están incluidas las correas.

Tenemos 9 pórticos situados a una distancia de 6 a 8 metros aproximadamente, para cubrir la totalidad de la anchura. Respecto a las alturas de la Nave, se ha diseñado que los pilares aportan una altura mínima de 8 metros en los extremos de los pórticos, y una cubierta de unos 2 metros.

### 5.2 Distribución general de la Nave

Tras comentar anteriormente las dimensiones de la Nave, ahora distribuimos las alturas:

- Planta 0: 4 m de altura
- 1ª Planta: 4 m de altura
- Cubiertas: 2 m de altura

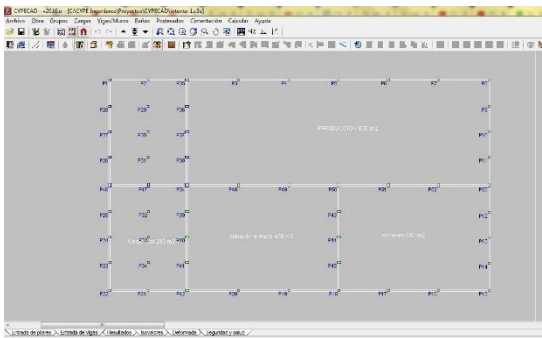
Las características de nuestro edificio tendrán una zona administrativa de 400m<sup>2</sup> distribuida entre la planta baja y primera planta donde tendremos oficinas para el personal. Una zona comercial de 200m<sup>2</sup> situada en la planta baja para la venta directa del producto al cliente. Una terraza accesible y abierta al público para organización de eventos de 200m<sup>2</sup>. Una zona de almacén de entrada y de salida de 400m<sup>2</sup> cada uno, donde encontraremos materiales sintéticos como plásticos y productos de alimentación como azúcar para elaborar los caramelos y posteriormente distribuirlos; y finalmente un lugar de producción de 800m<sup>2</sup>.



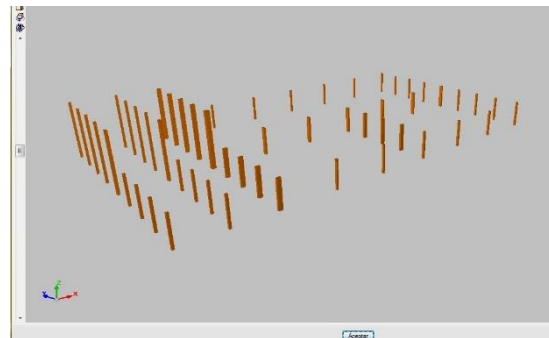
## 6. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA ESTRUCTURA

El edificio industrial diseñado en el TFG es una estructura que consta de 9 pórticos con 6 metros de distancia entre los dos primeros y en el resto 8 metros. Las dimensiones totales son 60.4 metros de largo por 33.5 metros de ancho. La estructura se divide en 2 pórticos de fachada y 7 pórticos interiores. Si nos centramos sólo en los pórticos exteriores de fachada, se proyectan 9 pilares por pórtico, de los cuales 8 de ellos son de perfil HEB 400 y uno de ellos que es un doble pilar es de perfil HEB 450.

En cambio, en estos 9 pórticos tendremos 3 tipos de pilares con distintas medidas: 36 pilares de 30x30cm; 19 pilares de 30x60cm (considerándolos doble pilares) y un pilar de 60x60cm con perfil HEB 500.



*Imagen 1 Planta*



*Imagen 2 Distribución Pilares*

En ambas imágenes podemos apreciar la distribución de los pilares tanto en vista 2D y 3D, y ver claramente que la Nave Industrial está formada por 9 pórticos.

Utilizaremos pórticos con nudos rígidos y bases empotradas y una doble cubierta a dos aguas debido a que será el más económico entre las posibles soluciones, que es el que menos materias primas consumirá y el más fácil de ejecutar.

Además, para garantizar el arriostramiento de los pórticos interiores del edificio industrial contará con arriostramientos de fachada. Esto último lo utilizaremos solo si es necesario para la seguridad de la nave o si la constructora decide emplear.

Hemos comprobado que necesitaríamos como mínimo una viga perimetral de perfil IPE 200 que une los pórticos interiores y su función es evitar cualquier movimiento de estos.



Generalmente trabaja a tracción aunque con el perfil elegido se puede colocar tanto en los pórticos exteriores como en los interiores.

## 7. MATERIALES EMPLEADOS.

Dicha Nave Industrial va a tener una estructura metálica en la que vamos a utilizar el acero como principal material. El acero elegido ha sido el acero laminado S275 que se utilizará en los pilares, vigas y arriostramientos. Mientras que el acero conformado S235, se ha empleado solamente en las correas de cubierta de perfil CF que se emplean para fijar los paneles.

## 8. ACCIONES EN EDIFICACIÓN (DB SE-AE).

Las acciones son perturbaciones en un sistema que pueden alterar su estado actual y se traducen en variación de las variables del sistema, en nuestro caso de las tensiones, deformaciones, etc.

Según el CTE podemos clasificar las distintas acciones como:

- Acciones permanentes (G): aquellas que actúan de forma constante sobre el edificio.
- Acciones variables (Q): aquellas que pueden actuar sobre el edificio o no, son las debidas al uso o a las acciones climáticas (sobrecargas, nieve y viento)
- Acciones accidentales (A): son las que tienen una probabilidad de ocurrencia pequeña, pero de gran importancia

Todas estas acciones y sus combinaciones tienen que ser consideradas a la hora de realizar el cálculo estructural, tal como indica en el Documento Básico de Seguridad Estructural de Acciones en Edificación (DB SE-AE) del Código Técnico de Edificación (CTE).

### 8.1 Acciones Permanentes (G).

Las acciones permanentes (G) son las que actúan en todo instante sobre el edificio industrial manteniendo la posición constante.

<b>ACCIONES PERMANENTES</b>	
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1 kN/m <sup>2</sup>

Forjado uni o bidireccional; grueso total <0,30 m	4 kN/m <sup>2</sup>
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total <0,12 m	2 kN/m <sup>2</sup>

La separación entre pórticos que tenemos es de 6 metros para los dos primeros y 8 metros para el resto, por lo que el ámbito de aplicación es de 6 y 8 metros menos para los pórticos exteriores que es de 3 y 4 metros respectivamente. Tomaremos como referencia el valor de 8 ya que es el más desfavorable. Aquí calcularemos dos tipos de carga, una carga permanente para los forjados superiores; y otra carga permanente para los forjados inferiores y el forjado de la terraza:

- Forjado terraza + forjados inferiores:

$$C_p = 4 \cdot 8 = 32 \text{ kN/m}$$

- Forjados superiores:

$$C_p = 2 \cdot 8 = 16 \text{ kN/m}$$

Estas cargas serán para los pórticos interiores, los exteriores tendrán la mitad del valor calculado.

El peso propio del acero será de 78,50 KN/m<sup>3</sup>. Para el forjado en viguetas metálicas hemos cogido 50mm de espesor y un Inter eje de 70cm, tal y como se aprecia en la imagen 3.

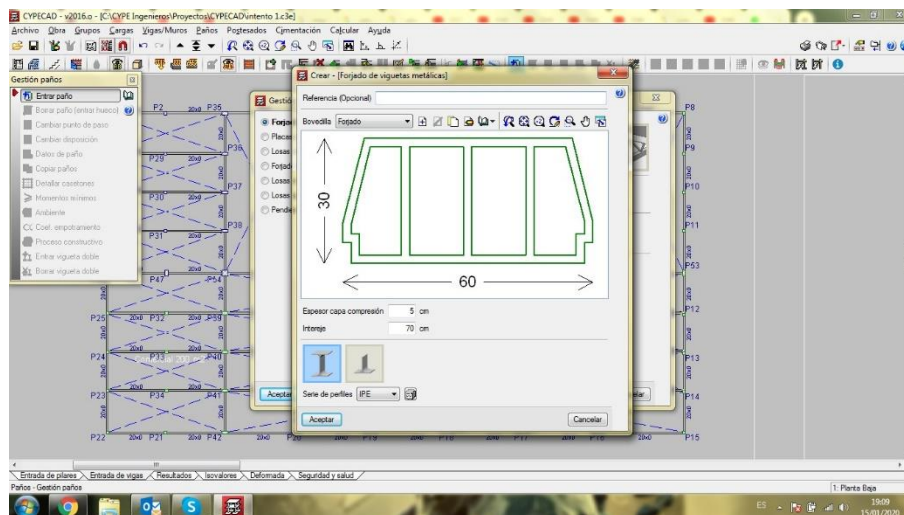


Imagen 3 Tipo de Forjado de Viguetas Metálicas Inter eje 70

## 8.2 Acciones variables (Q)

Las acciones variables (Q) son acciones que pueden actuar sobre el edificio en función a su uso o de condiciones climatológicas.

### 8.2.1 Sobrecarga de uso

SOBRECARGA DE USO	
B: Zonas administrativas	2 kN/m <sup>2</sup>
C5: Zonas de producción	5 kN/m <sup>2</sup>
G1: Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1 kN/m <sup>2</sup>

Aquí encontramos que tendremos tres sobrecargas de uso que poner, ya que tenemos cubierta con inclinación inferior a 20º, una zona de aglomeración y zonas administrativas. Por lo tanto:

-G1: Cubiertas con inclinación inferior a 20º:

$$Q_{USO} = 1 \cdot 8 = 8 \text{ kN/m}$$

-B: Zonas administrativas:

$$Q_{USO} = 2 \cdot 8 = 16 \text{ kN/m}$$

-C5: Zonas de aglomeración:

$$Q_{USO} = 5 \cdot 8 = 40 \text{ kN/m}$$

Estos valores son para un pórtico interior, para los pórticos exteriores pondremos la mitad.

A continuación, se puede observar una tabla en la que se reúnen los diferentes tipos de valores característicos para el estudio t análisis de las acciones variables, obtenida del DB S-AE, con sus coeficientes reductores de cargas correspondientes:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 <sup>(1)</sup>
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente <sup>(2)</sup>			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)(5)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(6)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Tabla 3.2. Coeficiente de reducción de sobrecargas

Elementos verticales			Elementos horizontales			
Número de plantas del mismo uso			Superficie tributaria (m <sup>2</sup> )			
1 ó 2	3 ó 4	5 ó más	16	25	50	100
1,0	0,9	0,8	1,0	0,9	0,8	0,7

### 8.2.2 Viento.

En este apartado, se precisan las presiones (en ambas direcciones) que ejerce el viento sobre nuestra Nave Industrial. Dicha Nave está localizada en la zona eólica (según CTE DB AE) de tipo "B" debido a que está situado en Crevillente que pertenece a la provincia de Alicante. Además como está en una zona industrial el Grado de Aspereza del mismo será IV que corresponde a una zona urbana, industrial o forestal.

La acción del viento sobre cada parte de la nave se calcula a partir de la presión estática. Esta presión es una fuerza perpendicular a la superficie en cada punto de la nave que se obtiene automáticamente utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_e = q_b \times C_p \times C_e$$

- Q<sub>b</sub> Es la presión dinámica del viento que en la mayoría de los casos lo cogemos como una constante de 0.5KN/m<sup>2</sup>.

- $C_e$  Es el coeficiente de exposición que varía en función de la altura sobre el terreno y del grado de aspereza del entorno donde está situada el edificio industrial.
- $C_p$  Es el coeficiente eólico o de presión que se obtiene en función de la forma. Este valor puede tener una connotación negativa ya que va en función de si el viento produce presión o succión en el edificio.

$$V=27\text{m/s}$$

$$Q_b= 0.73 \frac{KN}{m^2}$$

$$C_e \text{ ext}= 1.7$$

Calculamos en nuestro programa CypeCad el viento frontal y lateral que nos da:

Planta	Viento +X	Viento -X	Viento +Y	Viento -Y
Planta Alta	8.653	-8.653	16.782	-16.782
Planta Baja	15.051	-15.051	29.190	-29.190

Imagen 4 Viento en ambas direcciones

A continuación, se puede observar una tabla en la que se reúnen los diferentes coeficientes de exposición de la estructura analizada, obtenida del DB S-AE:

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición  $c_e$

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,4	2,7	3,0	3,1	3,3	3,4	3,5	3,7
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

### 8.2.3 Nieve



Para saber la acción que produce la nieve sobre la estructura se debe de tener en cuenta la climatología del lugar, altura del edificio en sí y también sobre el nivel del mar y el relieve de la zona donde se localiza la nave

Para calcular la carga de nieve, debemos observar el mapa de zonas que nos facilita el código técnico (CTE DB SE-AE) y conociendo que nuestra nave se sitúa en Crevillente, Alicante (altura de unos 200 metros) podemos confirmar de que nuestro valor de la nieve es de  $q=0.2 \text{ kN/m}^2$ .

$$Q_{nieve} = 0,2 \cdot 8 = 1.6 \text{ kN/m}$$

A continuación, se puede observar una tabla donde se reúnen los valores de sobrecarga de nieve, dependientemente de la ubicación de la obra proyectada, obtenido del DB- S- AE:

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>	Capital	Altitud m	$s_k$ kN/m <sup>2</sup>
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,7	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,4	Santander	1.000	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Segovia	10	0,7
Barcelona	0	0,4	Lérida / Lleida	150	1,2	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,3	Logroño	380	0,5	Soria	0	0,9
Burgos	860	0,6	Lugo	470	0,6	Tarragona	0	0,4
Cáceres	440	0,6	Madrid	660	0,7	Tenerife	0	0,2
Cádiz	0	0,4	Málaga	0	0,6	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,2	Orense / Ourense	130	0,2	Valencia/València	0	0,5
Córdoba	100	0,6	Oviedo	230	0,4	Valladolid	690	0,2
Coruña / A Coruña	0	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	520	0,4
Cuenca	0	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	650	0,7
Gerona / Girona	1.010	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,4
Granada	70	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,5
	690	0,5			0,7			0,2

### 8.3 Acciones Accidentales (A).

Las acciones accidentales (A) son aquellas acciones que tienen una gran importancia en el caso de que sucedan como por ejemplo tsunamis o ciclones, cuya probabilidad de que ocurran es muy pequeña casi nula.

### 8.4 Acciones Térmicas.

En la Nave no hay ninguna existencia de elementos continuos de más de 40 metros de longitud por lo tanto, no es necesario calcular su valor.

### 8.5 Acciones Accidentales- Incendio.

En los siguientes apartados se explica detalladamente esta sección.

### 8.6 Acciones Accidentales- Sismo.

En los siguientes apartados se explica detalladamente esta sección.



## 9. DIMENSIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA.

Para el dimensionado de la estructura hemos colocado en nuestro modelo del CYPECAD las cargas de las acciones calculadas en el apartado anterior. Una vez colocadas dichas cargas iniciamos el modelo y miramos el valor máximo de la tensión de Von Mises en cada uno de los elementos y así de esta forma vamos determinando que perfil necesitaremos para los elementos de nuestra nave y edificio. Decidimos utilizar perfiles HEB para los pilares y perfiles IPE para las vigas.

Los aceros para perfiles laminados en caliente se configuran con acero S275. Este acero es el que configuran los perfiles (IPE, HEB) utilizados en la estructura con los coeficientes de seguridad establecidos en el CTE DB SE A.

Por otro lado en los aceros conformados en frío que configura los perfiles ligeros para las correas (perfiles tipo CF), el acero a utilizar será el S235, que también tienen un coeficiente de seguridad que indica el CTE DB SE A.

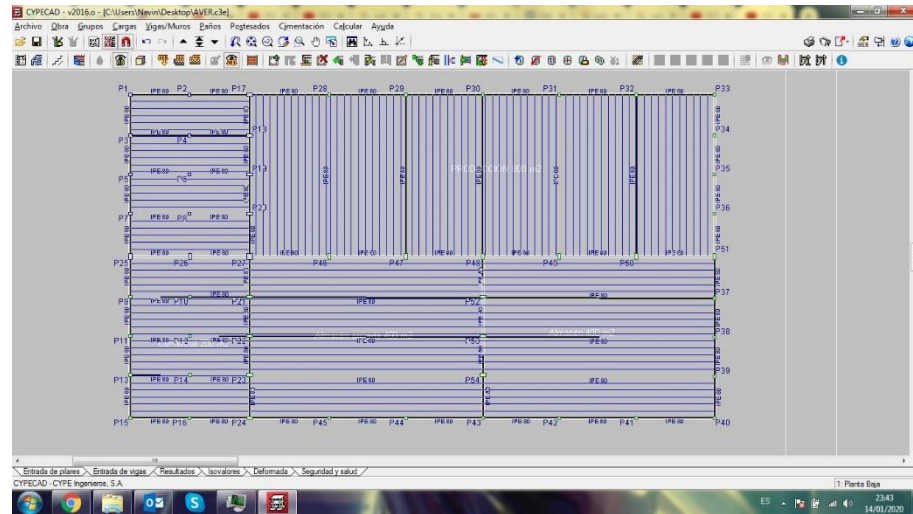
Para ambos tipos de acero estas son las características:

Acero	E (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>u</sub>
S275	210000	275	1,05
S235	210000	235	1,05

Nuestro dimensionado queda así:

NAVE	
PILARES 30*30	HEB-400
PILARES 30*60	HEB-450
PILARES 60*60	HEB-500
VIGAS	IPE-360
CORREAS	IPE-120

En esta imagen podemos ver cómo hemos ido probando los distintos perfiles hasta encontrar el correcto que sería el IPE-360.

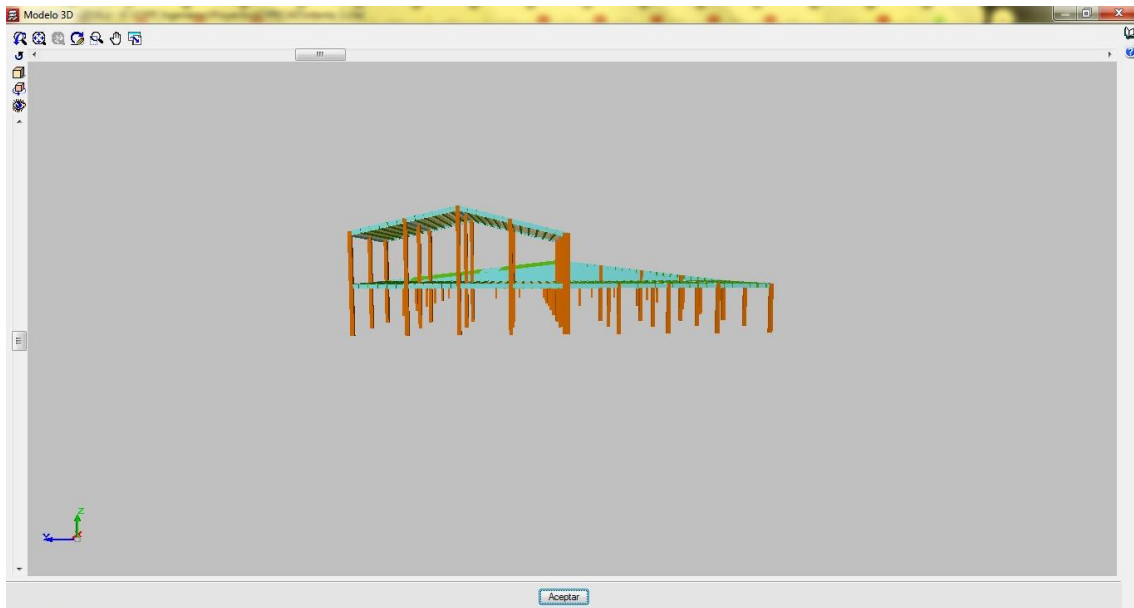


*Imagen 5 Distribución vigas con un IPE de prueba*

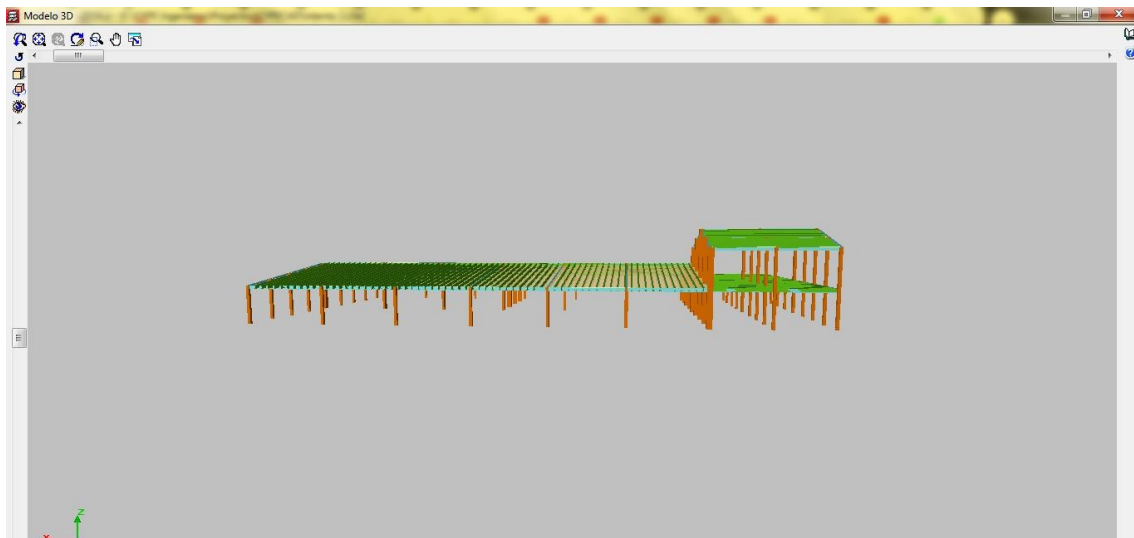
Estos perfiles tanto de vigas como de pilares se pueden modificar si posteriormente la constructora lo decide así. A su vez se podrían poner más pilares con menos perfil pero hemos decidido no poner pilares en medio de la zona de almacén y producción para rentabilizar al máximo el espacio.

En la selección de la cantidad, tamaño y perfil de los pilares no hemos tenido en cuenta el factor económico ya que este proyecto se centra más en la Seguridad Contra Incendios y su Riesgo Sísmico

En las siguientes imágenes vemos cómo ha quedado modelada y dimensionada nuestra Nave Industrial.



*Imagen 6 Modelado de la estructura del edificio industrial. Perspectiva frontal*



*Imagen 7 Modelado de la estructura del edificio industrial. Perspectiva lateral*

## 10. OBJETIVO SEGURIDAD CONTRA INCENDIO.

Este apartado tiene como finalidad establecer y definir los requisitos que debe satisfacer y las condiciones que debe cumplir la nave industrial para su seguridad en caso de incendio, evitando su generación, con el fin de anular los daños o pérdidas que pueda causar tanto humanas como materiales.

La redacción de este apartado se basa en la aplicación del Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales, que entró en vigor por el Real Decreto 786/2001 de 6 de julio.

## 11. CARACTERIZACIÓN DEL EDIFICIO SEGÚN SU RIESGO DE INCENDIO.

El nivel de riesgo para actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra distinta al almacenamiento se mide con la siguiente fórmula.

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

- $Q_s$  = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector de incendio en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $q_{si}$  = densidad de carga de fuego de cada zona con proceso diferente según los distintos procesos que se realizan en el sector de incendio (i), en MJ/m<sup>2</sup> o Mcal/m<sup>2</sup>.
- $S_i$  = superficie de cada zona con proceso diferente
- $C_i$  = parámetros de combustibilidad.

Ahora procedemos a calcular el riesgo de incendio en cada parte o sector de la Nave Industrial. La densidad de carga y otros parámetros han sido seleccionados gracias a listados y tablas utilizadas en asignaturas a lo largo de la carrera.

➤ OFICINAS:  $400m^2$

MATERIAL/ ACTIVIDAD	$Q \left(\frac{MJ}{m^2}\right)$	C (MEDIA)	S ( $m^2$ )	RA
OFICINAS COMERCIALES	800	1.3	400	1.5

$$Q_s = \frac{800 * 1.3 * 400 * 1.5}{400} = 1560 \frac{MJ}{m^2}$$

➤ ZONA COMERCIAL:  $400m^2$

MATERIAL/ ACTIVIDAD	$Q \left(\frac{MJ}{m^2}\right)$	C (MEDIA)	S ( $m^2$ )	RA
CARAMELOS (VENTAS)	400	1.3	200	1

En la zona comercial también se encuentra la terraza ( $200m^2$ ). Esta zona comercial no se tiene en cuenta a la hora de calcular el nivel de riesgo del edificio contra incendios.

$$Q_s = \frac{400 * 1.3 * 200}{200} * 1 = 520 \frac{MJ}{m^2}$$

➤ PRODUCCIÓN:  $A=800 m^2 \rightarrow 60\% \rightarrow A= 480m^2$

Al tener un área de  $800 m^2$ , realizamos una hipótesis en la cual comentamos que utilizamos un 60% del área para realizar las distintas actividades/materiales. El resto del espacio serían pasillos o zonas muertas.

MATERIAL/ ACTIVIDAD	$Q \left(\frac{MJ}{m^2}\right)$	C (MEDIA)	S ( $m^2$ ) 60%	RA
CARAMELOS (FASE I)	400	1.3	240	1
CARAMELOS (FASE II)	400	1.3	120	1

EMBALAJE DE PRODUCTOS ALIMENTICIOS	800	1.3	120	1.5
------------------------------------	-----	-----	-----	-----

$$Q_s = \frac{400 * 1.3 * 240 + 400 * 1.3 * 120 + 800 * 1.3 * 120}{800} * 1.5 = 585 \frac{MJ}{m^2}$$

Para ver el nivel de riesgo para almacenamiento añadimos la altura del almacenamiento (h) de cada uno de los combustibles (materiales).

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ / m}^2\text{) o (Mcal / m}^2\text{)}$$

Donde:

- Ra: coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc.
- A: superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio, en m<sup>2</sup>.

➤ ALMACÉN DE ENTRADA: A=400 m<sup>2</sup> → 60% ocupado → A= 240m<sup>2</sup>

MATERIAL/ ACTIVIDAD	Q ( $\frac{MJ}{m^3}$ )	C (MEDIA)	S (m <sup>2</sup> ) 60%	RA	H (m <sup>2</sup> )
AZÚCAR	8400	1.3	80	2	2
PLÁSTICO (MATERIALES SINTÉTICO)	800	1.3	80	1.5	1
PRODUCTOS ALIMENTACIÓN	3400	1.3	80	2	3

Las alturas las suponemos pensando de la manera más lógica y coherente.

Analizamos la actividad que más peso tiene y seleccionamos el Ra. (En este caso sería 2)

$$Q_s = \frac{8400 * 1.3 * 80 * 2 + 800 * 1.3 * 80 * 1 + 3400 * 1.3 * 80 * 3}{400} * 2$$

$$= 14456 \frac{MJ}{m^2}$$

➤ ALMACÉN DE SALIDA: A=400 m<sup>2</sup> → 60% ocupado → A= 240m<sup>2</sup>

MATERIAL/ ACTIVIDAD	Q ( $\frac{MJ}{m^3}$ )	C (MEDIA)	S (m <sup>2</sup> ) 60%	RA	H (m <sup>2</sup> )
CARAMELOS	1500	1.3	240	2	2

$$Q_s = \frac{1500 * 1.3 * 240 * 2 * 2}{400} = 4680 \frac{MJ}{m^2}$$

El nivel de riesgo del edificio se calcularía así:

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} A_i}{\sum_1^i A_i} (MJ / m^2) \text{ o } (Mcal / m^2)$$

Nivel de riesgo intrínseco	Densidad de carga de fuego ponderada y corregida		
	Mcal/m <sup>2</sup>	MJ/m <sup>2</sup>	
BAJO	1	Q <sub>s</sub> ≤ 100	Q <sub>s</sub> ≤ 425
	2	100 < Q <sub>s</sub> ≤ 200	425 < Q <sub>s</sub> ≤ 850
MEDIO	3	200 < Q <sub>s</sub> ≤ 300	850 < Q <sub>s</sub> ≤ 1275
	4	300 < Q <sub>s</sub> ≤ 400	1275 < Q <sub>s</sub> ≤ 1700
	5	400 < Q <sub>s</sub> ≤ 800	1700 < Q <sub>s</sub> ≤ 3400
ALTO	6	800 < Q <sub>s</sub> ≤ 1600	3400 < Q <sub>s</sub> ≤ 6800
	7	1600 < Q <sub>s</sub> ≤ 3200	6800 < Q <sub>s</sub> ≤ 13600
	8	3200 < Q <sub>s</sub>	13600 < Q <sub>s</sub>

Imagen 1 Densidad de carga de fuego



$$Q_s = \frac{1560 \cdot 400 + 520 \cdot 200 + 585 \cdot 800 + 14456 \cdot 400 + 4680 \cdot 400}{2200} = 4022.90 \frac{MJ}{m^2}$$

Mediante los criterios de caracterización de la tabla superior podemos definir que la densidad de carga es de **nivel de riesgo intrínseco ALTO 6**. Para ello debemos de añadir un sistema de protección adecuado.

Por ejemplo, en este caso, las estructuras metálicas son muy vulnerables frente al fuego y para evitar que pierdan estabilidad, se pueden utilizar varios sistemas de protección que se basan esencialmente, en el recubrimiento de los perfiles con materiales aislantes. Entre muchos destacan:

- **Placas o paneles resistentes al fuego**, que están compuestas por silicatos cálcicos u otros materiales. Se instalan recubriendo todo el perímetro del perfil metálico. Se alcanzan resistencias al fuego hasta R(EF)240.
- **Pinturas intumescentes**, que son productos que en contacto con el calor sufren una transformación debido a reacciones químicas, que evitan la transmisión del calor al elemento a proteger. Lo más habitual es que se alcancen resistencias al fuego de hasta R(EF)60.
- **Morteros**, que son sistemas de protección mediante el recubrimiento del perfil con proyección de mortero. Al igual que las placas, el espesor de protección dependerá del factor forma y la disposición en la obra del perfil. Se alcanzan resistencias al fuego hasta R(EF)240.

### 11.1 Sectorización de los establecimientos industriales.

Todo establecimiento industrial constituirá al menos un sector de incendio cuando adopte las configuraciones tipo A, tipo B o tipo C, o constituya un área de incendio cuando adopte las configuraciones tipo D o tipo E.

Analizando la localización del edificio podemos decir que se trata de un edificio completo exento, estando a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos, por lo que es del TIPO C. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.



## 11.2 Materiales.

Las exigencias de comportamiento al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben alcanzar, según la norma UNE-EN 13501-1 para aquellos materiales para los que exista norma armonizada y ya esté en vigor el marcado “CE”. Estas exigencias mínimas son:

-Productos de revestimiento:

-En suelos: C<sub>FL</sub>-s1.

-En paredes y techos: C-s3 d0.

-Fachadas: C-s3 d0.

## 12. REQUISITOS DE LA ESTRUCTURA PORTANTE Y CUBIERTA Y SU COMPROBACIÓN.

**Tabla 2.2**  
ESTABILIDAD AL FUEGO DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PORTANTES

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	TIPO A		TIPO B		TIPO C	
	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante	Planta sótano	Planta sobre rasante
BAJO	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)	R 60 (EF - 60)	R 30 (EF - 30)
MEDIO	NO ADMITIDO	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)	R 90 (EF - 90)	R 60 (EF - 60)
ALTO	NO ADMITIDO	NO ADMITIDO	R 180 (EF - 180)	R 120 (EF - 120)	R 120 (EF - 120)	R 90 (EF - 90)

**Tabla 2.3**

NIVEL DE RIESGO INTRINSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (EF-15)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (EF-30)	R 15 (EF-15)
Riesgo alto	R 60 (EF-60)	R 30 (EF-30)

Mediante la tabla 2.2 de los elementos portantes cogemos **EF-90 (R90)**. Mientras que para la cubierta (tabla 2.3) cojo **EF-30 (R30)**.

En cuanto a la protección de la estructura portante y la cubierta ligera utilizaremos **pintura intumescente**.

### 13. OBJETIVO SISMICORESISTENTE

El presente apartado tiene como finalidad considerar los efectos sísmicos para el cálculo de las estructuras de este proyecto.

Para ello, se tienen en cuenta los criterios establecidos en la Norma de Construcción Sismorresistente, Parte General y Edificación (NCSE-2002) que entró en vigor por el Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre y que deroga la Norma que se venía aplicando con anterioridad con el mismo título por Real Decreto 2543/94 de 29 de diciembre.

Teniendo en cuenta la normativa, es necesario considerar la acción sísmica en nuestro proyecto, ya que debido a su ubicación (Crevillente, Alicante) tiene una aceleración sísmica básica de  $a_b \geq 0,15g$  y un coeficiente de contribución  $K=1$ .

### 14. DEFINICIÓN Y DESCRIPCIÓN DE ACCIÓN SÍSMICA.

#### 14.1 Concepto.

Las acciones sísmicas son movimientos oscilatorios de la corteza terrestre. Dichos movimientos pueden ser analizados desde varios puntos de vista según la finalidad del estudio.



## 14.2 Clasificación de las construcciones.

Teniendo en cuenta la Norma (NCSE-2002), de acuerdo con el uso a que se destinan, con los daños que puede ocasionar su destrucción e independientemente del tipo de obra de que se trate, las construcciones se clasifican en:

### 14.2.1 De importancia moderada.

Aquellas con probabilidad despreciable de que su destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio primario, o producir daños económicos significativos a terceros.

### 14.2.2 De importancia normal.

Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos.

### 14.2.3 De importancia especial.

Aquellas cuya destrucción por el terremoto, pueda interrumpir un servicio imprescindible o dar lugar a efectos catastróficos. En este grupo se incluyen las construcciones que así se consideren en el planeamiento urbanístico y documentos públicos análogos, así como en reglamentaciones más específicas y, al menos, las siguientes construcciones:

- Hospitales, centros o instalaciones sanitarias de cierta importancia.
- Edificios e instalaciones básicas de comunicaciones, radio, televisión, centrales telefónicas y telegráficas.
- Edificios para centros de organización y coordinación de funciones para casos de desastre.
- Edificios para personal y equipos de ayuda, como cuarteles de bomberos, policía, fuerzas armadas y parques de maquinaria y de ambulancias.
- Las construcciones para instalaciones básicas de las poblaciones como depósitos de agua, gas, combustibles, estaciones de bombeo, redes de distribución, centrales eléctricas y centros de transformación.
- Las estructuras pertenecientes a vías de comunicación tales como puentes, muros, etc. que estén clasificadas como de importancia especial



en las normativas o disposiciones específicas de puentes de carretera y de ferrocarril.

- Edificios e instalaciones vitales de los medios de transporte en las estaciones de ferrocarril, aeropuertos y puertos.
- Las construcciones catalogadas como monumentos históricos o artísticos, o bien de interés cultural o similar, por los órganos competentes de las Administraciones Públicas.
- Las construcciones destinadas a espectáculos públicos y las grandes superficies comerciales, en las que se prevea una ocupación masiva de personas.

Siguiendo estos parámetros, se puede afirmar que nuestra Nave estará clasificada como una construcción de importancia normal (grupo 2).

#### 14.3 Aceleración sísmica.

La peligrosidad sísmica del territorio nacional se define por medio del mapa de peligrosidad sísmica de la figura 2.1. Dicho mapa suministra, expresada en relación al valor de la gravedad,  $g$ , la aceleración sísmica básica,  $a_b$  (un valor característico de la aceleración horizontal de la superficie del terreno) y el coeficiente de contribución  $K$ , que tiene en cuenta la influencia de los distintos tipos de terremotos esperados en la peligrosidad sísmica de cada punto.

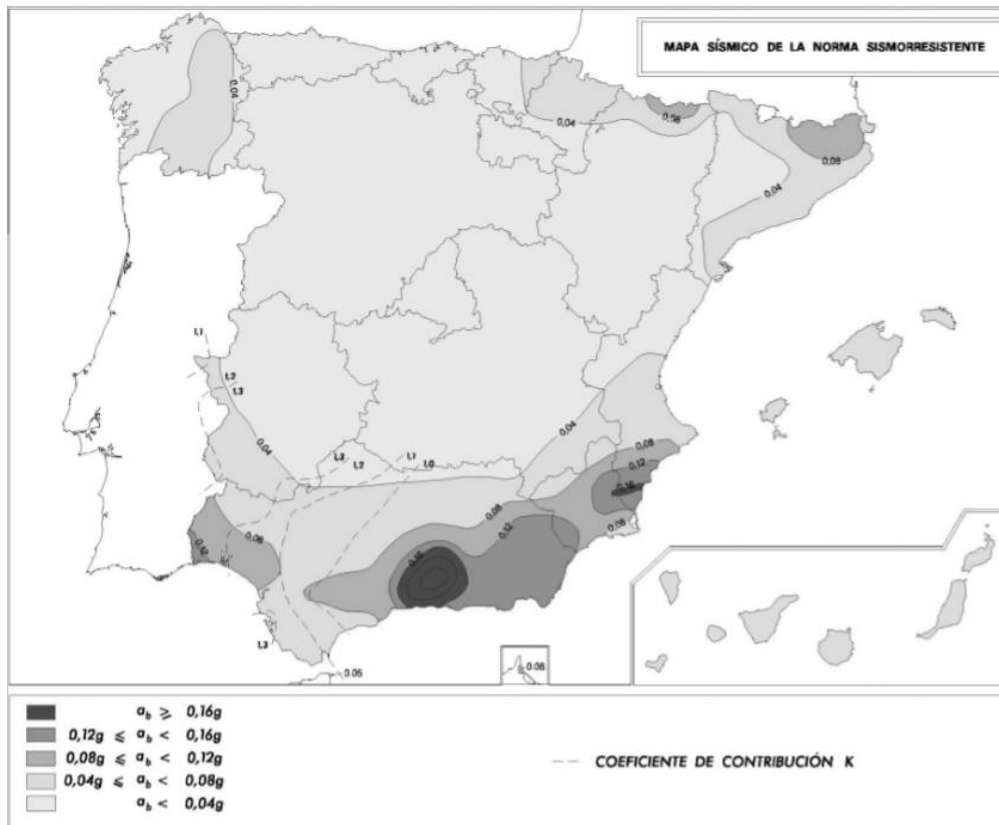


Imagen 1 Mapa de Peligrosidad Sísmica.

La aceleración sísmica de cálculo  $a_c$ , se define como el producto:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b$$

Donde:

**$a_b$ :** Aceleración sísmica básica, obtenida de la lista del anejo 1 de la normativa.

En nuestro caso, como el proyecto está situado en Elche, el valor de la aceleración sísmica básica es 0,15g.

**$\rho$ :** Coeficiente adimensional de riesgo, función de la probabilidad aceptable de que se exceda  $a_c$  en el período de vida para el que se proyecta la construcción.

Toma los siguientes valores:

Construcciones de importancia normal  $\rho=1,0$

Construcciones de importancia especial  $\rho=1,3$

Como en nuestro caso se trata de un edificio de importancia normal, tomaremos el valor de 1,0.

**S:** Coeficiente de amplificación del terreno. Toma el valor:

$$\text{Para } \rho \cdot a_b \leq 0,1g \quad S = \frac{C}{1,25}$$

$$\text{Para } 0,1g < \rho \cdot a_b < 0,4g \quad S = \frac{C}{1,25} + 3,33\left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1\right)\left(1 - \frac{C}{1,25}\right)$$

$$\text{Para } 0,4g \leq \rho \cdot a_b \quad S = 1,0$$

Siendo:

**C:** Coeficiente de terreno. Depende de las características geotécnicas del terreno de cimentación y se detalla en el apartado 2.4.

Como nuestro proyecto se encuentra en un **terreno tipo II**, el coeficiente de terreno será 1,3.

En nuestro caso como  $\rho \cdot a_b = 1,0 \cdot 0,15g = 0,15g$ , estamos en el segundo caso  $0,1g < 0,15g < 0,4g$ , por lo tanto, el valor de S será:

$$S = \frac{C}{1,25} + 3,33\left(\rho \cdot \frac{a_b}{g} - 0,1\right)\left(1 - \frac{C}{1,25}\right) = 1,033$$

#### 14.4 Clasificación de terreno. Coeficiente del terreno.

En la normativa NCSE-2002, los terrenos se clasifican en los siguientes tipos:

-Terreno tipo I: Roca compacta, suelo cementado o granular muy denso. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $v_s > 750$  m/s.

- Terreno tipo II: Roca muy fracturada, suelos granulares densos o cohesivos duros. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $750 \text{ m/s} \geq v_s > 400 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo III: Suelo granular de compacidad media, o suelo cohesivo de consistencia firme a muy firme. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $400 \text{ m/s} \geq v_s > 200 \text{ m/s}$ .
- Terreno tipo IV: Suelo granular suelto, o suelo cohesivo blando. Velocidad de propagación de las ondas elásticas transversales o de cizalla,  $v_s \leq 200 \text{ m/s}$ .

A cada uno de estos tipos de terreno se le asigna el valor del coeficiente C indicado en la tabla 2.1.

**Tabla 2.1**  
**COEFICIENTES DEL TERRENO**

TIPO DE TERRENO	COEFICIENTE C
I	1,0
II	1,3
III	1,6
IV	2,0

#### 14.5 Respuesta espectral.

Para poder realizar los cálculos y comprobaciones de las acciones sísmicas en nuestro proyecto, es necesario conocer la respuesta espectral de nuestro caso. Vamos a sacar dicha gráfica que hace alusión a una excitación. Esta última puede ser un sismo,

La respuesta espectral viene dada por la siguiente expresión:

$$R_{sa}(T_n) = a_c \cdot \beta \cdot \alpha(T_n)$$

Siendo:

**$a_c$ :** La aceleración sísmica de cálculo, ya definida en el apartado 2.3, y su valor es:

$$a_c = S \cdot \rho \cdot a_b = 1,033 \cdot 1,0 \cdot 0,15g = 0,155g$$

**$\beta$ :** Coeficiente de respuesta, que viene expresado por:



$$\beta = \frac{v}{\mu} = \frac{1}{2} = 0,5$$

Donde:

- v:** Factor de modificación del espectro en función del amortiguamiento, este factor hace decrecer la oscilación, su expresión es:

$$v = \left(\frac{5}{\Omega}\right)^{0,4}$$

Como nuestro coeficiente de amortiguamiento  $\Omega=5\%$ , nuestro valor de  $v=1$ .

- $\mu$ :** Factor de ductilidad. La ductilidad es la capacidad de la estructura de sufrir deformaciones considerables bajo una carga constante sin padecer daños excesivos. Esta capacidad depende de la organización, material y detalles constructivos. Para nuestra estructura, tomaremos un valor de ductilidad de 2.

**$\alpha(T_n)$**  Valor del espectro normalizado de respuesta elástica.

Ahora ya tenemos todos los parámetros necesarios para calcular el espectro de respuesta, estos parámetros son los que se muestran en la siguiente tabla:

PARÁMETROS		
<b>a<sub>b</sub></b>	0,15	<i>Aceleración básica</i>
<b><math>\rho</math></b>	1,00	<i>Coficiente de riesgo</i>
<b>C</b>	1,30	<i>Coficiente de terreno</i>
<b>S</b>	1,03	<i>Coficiente de amplificación</i>
<b>K</b>	1,00	<i>Coficiente de contribución</i>
<b>T<sub>a</sub></b>	0,13	<i>Periodo inicio parte plana</i>
<b>T<sub>b</sub></b>	0,52	<i>Periodo final parte plana</i>
<b>a<sub>c</sub></b>	0,16	<i>Aceleración de calculo</i>
<b><math>\mu</math></b>	2,00	<i>Ductilidad</i>
<b><math>\Omega</math></b>	5,00	<i>% Amortiguamiento</i>
<b><math>\beta</math></b>	0,50	<i>Coficiente de respuesta</i>



Con estos datos y con la ayuda de una hoja de cálculo Excel, podemos obtener todos los valores de la respuesta espectral dado un periodo específico, y con estos valores dibujamos la gráfica de la respuesta espectral y nos queda la siguiente tabla y gráfica:

$T_n$	$R_{sa}$
0	0,155001
0,13	0,19375125
0,52	0,19375125
0,62	0,16250105
0,72	0,13993146
0,82	0,12286665
0,92	0,10951158
1,02	0,09877515
1,12	0,08995594
1,22	0,0825825
1,32	0,07632625
1,42	0,07095116
1,52	0,06628332
1,62	0,06219176
1,72	0,05857596
1,82	0,0553575
1,92	0,0524743
2,02	0,04987656
2,12	0,04752389
2,22	0,04538318
2,32	0,043427
2,42	0,0416325
2,52	0,03998042
2,62	0,03845445
2,72	0,03704068
2,82	0,03572718
2,92	0,03450365
3,02	0,03336114
3,12	0,03229188
3,22	0,03128902
3,32	0,03034658
3,42	0,02945925

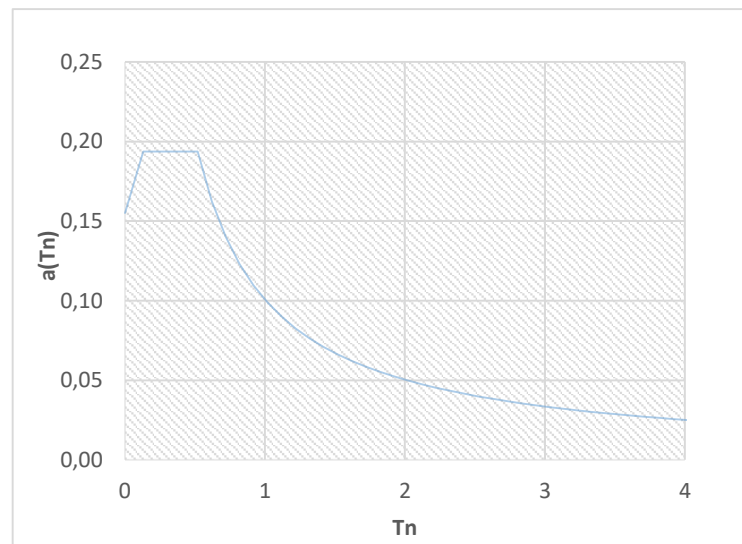


Imagen 2 Gráfica del espectro de respuesta.

3,52	0,02862234
3,62	0,02783167
3,72	0,02708351
3,82	0,02637452
3,92	0,0257017
4,02	0,02506235

Tabla de los valores del espectro de respuesta.

## 15. COMBINACIÓN DE ACCIONES SÍSMICAS.

En esta parte vamos a explicar cómo hemos realizado las combinaciones referentes a sismo, utilizando el programa de CYPECAD y CYPE3D

Lo primero que se ha hecho ha sido el modelado de la estructura en 3D. Las dimensiones que hemos usado en el modelado se encuentran explicadas anteriormente.



*Imagen 3 Modelado de la estructura del edificio industrial*

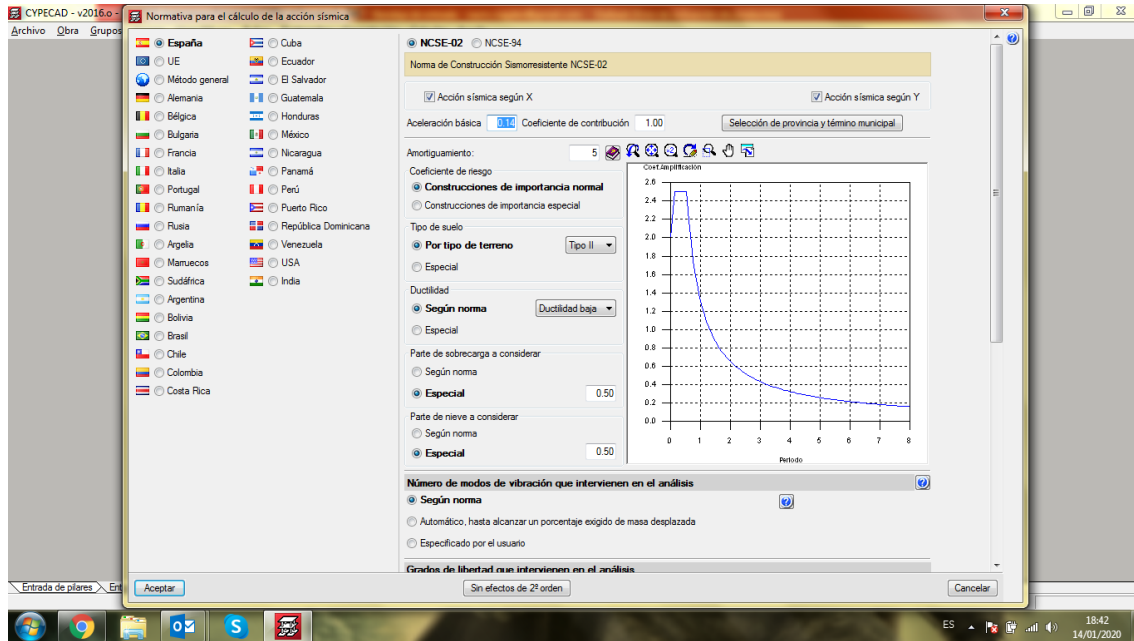


Imagen 4 Resultados de la respuesta espectral

Tras poner todos los datos en el programa sacamos la respuesta espectral y cambiamos los casos de carga sísmica para que sean del tipo dinámico. Cogemos los esfuerzos más desfavorables para realizar las combinaciones. Hay que tener en cuenta de que en el CYPE no nos ofrece las carga SISMO X (que va en dirección X) y la carga SISMO Y (que va en dirección Y) sino que directamente nos dice si es la estructura global es sismorresistente o no.

## 16. MODOS DE VIBRACIÓN Y COMPROBACIÓN.

Ya definidas todas las cargas y combinaciones que se producirán en nuestro edificio, podemos empezar la simulación del sismo.

Resumen de las comprobaciones																				
Pilar	Posición	Comprobaciones							Comb.	Comp.	Esfuerzos pñimos						Referencia		Eq.	Com.
		Disp.	Am.	Q (%)	N.M (%)	Sism.	Disp. S.	Cap.			Aprov. (%)	N	Mox	Myy	Gx	Qy	-Mox	Myy		
P1	Cabeza	✓	✓	62.3	52.9	✓	✓	✓	1.35 P...	Q	54.05	-16.51	-1.86	1.52	-10.26	-16.51	-1.86			
	6.912m	✓	✓	61.8	103.5	✓	✓	✓	PP+CM+	N.M S.	31.80	-16.99	-7.56	6.79	-12.43	-16.99	-7.56			
									1.35 P...	Q	55.18	21.57	3.77	1.52	-10.26	21.57	3.77			
									PP+CM+	N.M S.	32.75	29.26	17.76	6.76	-12.48	29.26	17.76			
	4.8m	✓	✓	74.2	103.5	✓	✓	✓	PP+CM	Cap. Q.	25.00	6.09	-0.14	-0.06	-3.34	6.09	-0.14			
									PP+CM+	Q S.N.	32.75	29.26	17.76	6.76	-12.48	29.26	17.76			
1.35 P...									Q	55.18	21.57	3.77	1.52	-10.26	21.57	3.77				
Pie	✓	✓	61.8	103.5	✓	✓	✓	PP+CM+	N.M S.	32.75	29.26	17.76	6.76	-12.48	29.26	17.76				
								PP+CM	Cap. Q.	25.00	6.09	-0.14	-0.06	-3.34	6.09	-0.14				
								1.35 P...	Q	55.18	21.57	3.77	1.52	-10.26	21.57	3.77				
P35	Cabeza	✓	✓	53.3	56.0	✓	✓	✓	PP+CM+	Q S.	27.69	-9.16	8.48	-11.99	-5.37	-9.16	8.48			
	6.912m	✓	✓	53.1	180.3	✓	✓	✓	1.35 P...	N.M	63.61	-19.66	1.24	-12.72	-12.10	-19.66	1.24			
									PP+CM+	Q S.	28.52	10.78	-36.05	-11.99	-5.37	10.78	-36.05			
									1.35 P...	N.M	63.92	23.54	-49.26	-13.93	-11.43	23.54	-49.26			
	4.8m	✓	✓	70.2	180.3	✓	✓	✓	PP+CM	Cap. Q.	25.23	7.49	-10.99	-2.99	-3.91	7.49	-10.99			
									PP+CM+	Q S.	28.52	10.78	-36.05	-11.99	-5.37	10.78	-36.05			
1.35 P...									N.M	63.92	23.54	-49.26	-13.93	-11.43	23.54	-49.26				
Pie	✓	✓	36.8	180.3	✓	✓	✓	1.35 P...	Q.N.M	63.92	23.54	-49.26	-13.93	-11.43	23.54	-49.26				
								PP+CM	Cap. Q.	25.23	7.49	-10.99	-2.99	-3.91	7.49	-10.99				

Imagen 5 Aquí podemos apreciar que el sismo con dichos datos cumple.



En los siguientes modos de vibración de nuestra Nave podemos observar satisfactoriamente que cada vez el periodo va disminuyendo poco a poco, con lo cual la frecuencia es más rápida.

Modo de vibración 1:  $T= 1.400503s$  y  $f=0.714029Hz$

Modo de vibración 2:  $T= 1.211560s$  y  $f=0.825382Hz$

Modo de vibración 3:  $T= 1.104872s$  y  $f=0.905082Hz$

Modo de vibración 4:  $T= 0.995471s$  y  $f=1.004549Hz$

Modo de vibración 5:  $T= 0.931456s$  y  $f=1.073588Hz$

Modo de vibración 6:  $T= 0.898546s$  y  $f=1.112909Hz$

## 17. COMPROBACIÓN DE PANDEO

Como se ha mencionado anteriormente, se trabajará principalmente con el acero S275, usando los perfiles HEB 400 y HEB 450.

Basándonos en los resultados obtenidos por el Software Cypecad, podemos decir afirmar que el axil obtenido, al cual se encuentra sometido el elemento estructural analizado es equivalente a:

$$N_{ed} = 11000 \text{ kN}$$

Procediendo a la clasificación de los 2 perfiles anteriores, obtenemos como resultado:

HEB 400:

$$c / t = 298 / 13,5 = 22,07 \leq 33 * 0,92 = 30,32 \text{ CUMPLE}$$

Por lo tanto, podemos afirmar que el perfil HEB 400 con acero S275 es de CLASE 1.

HEB 450:

$$c / t = 344 / 14 = 24,57 \leq 33 * 0,92 = 30,32 \text{ CUMPLE}$$

Por lo tanto, podemos afirmar que el perfil HEB 400 con acero S275 es de CLASE 1.

A continuación, procedemos a estudiar el pandeo de los elementos sometidos a compresión.

Hay que señalar que todos los cálculos referentes al pandeo se han realizado estudiando un área equivalente a  $600 * 300 \text{ mm}$ , respectivamente.

### 17.1. Análisis del perfil HEB 400.

Según el Artículo 35.1. Estado de Inestabilidad de la EAE, para elementos sometidos a compresión, el valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión  $N_{ed}$  deberá verificar:

$$N_{ed} \leq N_{b,rd}$$

donde:

- $N_{ed}$  : es el valor de cálculo del esfuerzo axial de compresión
- $N_{b,rd}$  : es la resistencia de cálculo a pandeo del elemento comprimido, que se calcula a continuación

Procedemos a hallar el valor de la resistencia de cálculo del elemento comprimido. Para ello, usamos la expresión correspondiente a secciones de clase 1:

$$N_{b,rd} = X * A * F_y / \gamma_{m1}$$

Donde:

- $X = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \gamma^2})$  siendo  $X \leq 1,0 \rightarrow X = 1 / (1,32 + \sqrt{1,32^2 - 1,15^2}) = 0,29 < 1$

**CUMPLE**

Para ello, determinamos los coeficientes anteriores.

$$\Phi = 0,5 (1 + \alpha * (\gamma - 0,2) + \gamma^2) = 0,5 * (1 + 0,34 * (1,15 - 0,2) + 1,15^2) = 1,32$$

Siendo  $\alpha$  equivalente a 0,34, ya que la curva de pandeo es la b.

$\Gamma = \text{Raíz}(A * F_y / N_{cr})$  en secciones de clase 1 y siendo  $N_{cr}$  el esfuerzo axial crítico elástico para el pandeo.

Donde:

$$N_{cr} = \pi^2 EI / L_{cr} = \pi^2 * 21000 * 10820 / 600 = 3733830,52 \text{ N} = 3733,83 \text{ kN}$$

Por lo tanto:

$$\Gamma = \text{Raíz}(A * F_y / N_{cr}) = \text{Raíz}(300 * 600 * 275 / 3733830,52) = 1,15$$

Procedemos a hallar la resistencia de cálculo del elemento comprimido:

$$N_{b,rd} = X * A * F_y / \gamma_{m1} = 0,29 * 300 * 600 * 275 / 1,05 = 13824,88 \text{ kN}$$

Por último, podemos decir que se VERIFICA en pandeo a compresión del elemento estructural ya que se cumple la condición:

$$N_{ed} < N_{b,rd} \rightarrow 11000 \text{ kN} < 13824,88 \text{ kN}$$

### 17.2. Análisis del perfil HEB 450.

Como se ha mencionado anteriormente, para elementos sometidos a compresión, el valor de cálculo de axil de compresión  $N_{ed}$  deberá verificar:

$$N_{ed} \leq N_{b,rd}$$

Procedemos a hallar el valor de la resistencia de cálculo del elemento comprimido. Para ello, usamos la expresión correspondiente a secciones de clase 1:

$$N_{b,rd} = X * A * F_y / \gamma_{m1}$$

Donde:

- $X = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \gamma^2})$  siendo  $X \leq 1,0 \rightarrow X = 1 / (1,43 + \sqrt{1,43^2 - 1,23^2}) = 0,46 < 1$   
**CUMPLE**
- $\Phi = 0,5 (1 + \alpha * (\gamma - 0,2) + \gamma^2) = 0,5 * (1 + 0,34 * (1,23 - 0,2) + 1,23^2) = 1,43$
- $\alpha = 0,34$ , curva de pandeo b
- $\Gamma = \text{Raíz}(A * F_y / N_{cr}) = \text{Raíz}(300 * 600 * 275 / 40444407) = 1,23$
- $N_{cr} = \pi^2 EI / L_{cr} = \pi^2 * 21000 * 11720 / 600 = 4044,4 \text{ kN}$

Procedemos a hallar la resistencia de cálculo del elemento comprimido:

$$N_{b,rd} = X * A * F_y / \gamma_{m1} = 0,46 * 300 * 600 * 275 / 1,05 = 21825,39 \text{ kN}$$

Por último, podemos decir que se VERIFICA en pandeo a compresión del elemento estructural ya que se cumple la condición:

$$N_{ed} < N_{b,rd} \rightarrow 11000 \text{ kN} < 21825,39 \text{ kN}$$

### 17.3. Análisis del perfil HEB 500:

Para ello, de igual forma, para elementos sometidos a compresión, el valor de cálculo de axil de compresión  $N_{ed}$  deberá verificar:

$$N_{ed} \leq N_{b,rd}$$

Procedemos a hallar el valor de la resistencia de cálculo del elemento comprimido. Para ello, usamos la expresión correspondiente a secciones de clase 1:

$$N_{b,rd} = X * A * F_y / \gamma_{m1}$$

Donde:

- $X = 1 / (\phi + \sqrt{\phi^2 - \gamma^2})$  siendo  $X \leq 1,0 \rightarrow X = 1 / (1,32 + \sqrt{1,32^2 - 1,13^2}) = 0,32 < 1$   
**CUMPLE**

- $\Phi = 0,5 (1 + \alpha * (\gamma - 0,2) + \gamma^2) = 0,5 * (1 + 0,34 * (1,13 - 0,2) + 1,13^2) = 1,32$
- $\alpha = 0,34$ , curva de pandeo b
- $\Gamma = \text{Raíz}(A * F_y / N_{cr}) = \text{Raíz}(300 * 600 * 275 / 4354985,32) = 1,13$
- $N_{cr} = \pi^2 EI / L_{cr} = \pi^2 * 21000 * 12620 / 600 = 44354 \text{ kN}$

Procedemos a hallar la resistencia de cálculo del elemento comprimido:

$$N_{b,rd} = X * A * F_y / \gamma_{m1} = 0,32 * 300 * 600 * 275 / 1,05 = 15355,97 \text{ Kn}$$

Por último, podemos decir que se VERIFICA en pandeo a compresión del elemento estructural ya que se cumple la condición:

$$N_{ed} < N_{b,rd} \rightarrow 11000 \text{ kN} < 15355,97 \text{ kN}$$

## 18. CIMENTACIÓN

Suponemos que todas las zapatas necesarias reciben las mismas cargas.

DATOS DE ENTRADA:

$$N_k = 47,14 \text{ Tn} = 471,4 \text{ kN}$$

$$Q = 1,10 \text{ Tn} = 11 \text{ kN}$$

$$M = 1,25 \text{ Tn} * \text{m}$$

A partir de dichos datos obtendremos las dimensiones de la zapata a y b, respectivamente que serán las mismas ya que la zapata a la que se dará uso será cuadrada como se indica a continuación:

$$\text{Área} = A = a * b = N_k * 1,1 / \sigma_{adm} = 471,4 * 1000 * 1,1 / 0,34 = 1525117,5 \text{ mm}^2$$

Donde

- A : área de zapata que obtendremos despejando

Dado que es una zapata cuadrada el área de la misma será el producto entre sus lados a y b. Por lo tanto:

$$\text{Raíz}(A) = \text{Raíz}(a * b) = \text{Raíz}(1525117,5) = 1234,96 = 2000 \text{ mm}$$

No obstante, consideraremos una mayor dimensión de cada lado puesto que no se han tenido en cuenta ni cortantes ni momentos a la hora de hacer el cálculo. Por tanto, se optará por una dimensión  $a = b = 2000 \text{ mm} = 2 \text{ metros}$

Los cálculos de vuelcos de cada zapata se deducirán a partir de la base  $b_0$  y canto  $a_0 = h$  del pilar y de las dimensiones de la zapata:

$$V_a = (b - b_0) / 2 = (b - h) / 2 = (2 - 0,35) / 2 = 0,825 \text{ m} = 825 \text{ mm}$$

$$V_b = (a - a_0) / 2 = (a - h) / 2 = (2 - 0,35) / 2 = 0,825 \text{ m} = 825 \text{ mm}$$

Debe cumplirse así la siguiente condición para los vuelcos:

$$V \leq 2 * h \rightarrow 0,825 \leq 2 * 0,5 = 1 \text{ CUMPLE}$$

Una vez calculadas y comprobadas las dimensiones de la zapata  $a$  y  $b$  pasamos al cálculo del canto  $h$  de la misma, que será de 50 cm como mínimo según la EHE-08

$$\text{Peso propio de la zapata} = 2 * 2 * 0,5 * 25 = 50 \text{ kN}$$

$$T_1 = (471,4 * 1000 + 50 * 1000) / (2000 * 2000) = 0,13 \text{ kg / cm}^2 < 0,34 \text{ kg / cm}^2$$

CUMPLE

### 18.1. Verificación del vuelco

Realizaremos un sumatorio de momentos en un punto dado, para verificar que no hay vuelco:

$$\text{SUM (MA)} = 0 \rightarrow M_{\text{vuelco}} \leq M_{\text{antivuelco}}$$

Según la tabla 2.1 DB-SEC, escogiendo los valores correspondientes, procedemos al cálculo:

$$(M + (Q_x * H)) * \gamma_v \leq (N + P_p) * (a/2) * \gamma_a, \text{ siendo ambos coeficientes } \gamma_v = 1,8 \text{ y } \gamma_a = 0,9$$

$$(12,5 + (11 * 0,25)) * 1,8 \leq (47,14 + 50) * (2/2) * 0,9$$

$$27,45 \leq 87,4 \text{ CUMPLE}$$

### 19.2. Verificación del deslizamiento

Para que no se produzca deslizamiento tendremos que tener en cuenta:

$$(N + P_p) * \text{tg } \phi + A * c_d > \gamma_2 * V$$

$$(47,15 + 50) * \text{tg}(2 * 34 / 3) + 2 * 0,55 * 21 > 1,5 * 11$$

$$51,4 \text{ kN} > 33 \text{ kN} \text{ CUMPLE}$$





Donde:

- $\Gamma_2$  = coeficiente de seguridad de deslizamiento
- $\Phi_d = 2 * 34 / 3$
- $C_d = 0,5 * 21$

### 18.3. Flexión

Según el Artículo 58.4.2.1.1 el armado de una zapata flexible se hallará con un cálculo a simple flexión.

La armadura necesaria para determinar la zapata será en el caso de la flexión simple donde:

$$u = Nd / (F_{cd} * b * d^2) = 1,25 / (20 * 2 * 0,25) = 0,125$$

$$w = u * (1 + u) = 0,125 * (1 + 0,125) = 0,14$$

$$A_s = 0,14 * 20 * 2000 * 500 / (500 / 1,15) = 4891 \text{ mm}^2$$

$$\text{Armadura a colocar} \rightarrow A_s / \Phi = 48,91 \text{ cm}^2 / 3,14 \text{ cm}^2 = 15,57 = 16\Phi 20$$

### 18.4. Cuantía mínima

$$\text{Cuantía mínima geométrica} > 1 * 500 * 2000 / 1000 = 500 \text{ mm}^2$$

### 18.5. Cortante en el alma

$$V_{cu} = ((0,15 / \gamma_c) * \xi * (1000 * p_1 * F_{cv})^{1/3} + (0,15 * \sigma_{cd})) * b_o * d * \beta \geq V_{u2}$$

$$V_{cu} = ((0,15 / 1,5) * 1,63 * (1000 * 0,018 * 30)^{1/3} + (0,15 * 0)) * 1 * 2000 * 500 = 308050$$

$$V_{u2} (N) = ((0,075 / \gamma_c) * \xi^{1,5} * (F_{cv})^{0,5} + 0,15 * \sigma_{cd}) * b_o * d$$

$$V_{u2} (N) = ((0,075 / 1,5) * 1,63^{1,5} * (30)^{0,5} + 0,15 * 0) * 2000 * 500 = 284958$$

$$V_{cu} \geq V_{u2}$$

$$308050 \geq 284958 \text{ CUMPLE}$$

A continuación, comprobamos  $V_{cu} = 308050$

$$\xi = 1 + (200 / d)^{0,5} < 2 \Rightarrow 1 + (200 / 500)^{0,5} = 1,63$$

$$V_{d2S1} = t_1 * d * a (V_{u2} - d) < V_{cu}$$

$V_{d2s1} = 84500 < 308050$ , por lo tanto, CUMPLE a cortante

$V_{d2s2} = t_1 * d * a$  (Vuelo -d)  $< V_{cu}$

$V_{d2s2} = 84500 < 308050$ , por lo tanto, CUMPLE a cortante

### 18.6. Puzonamiento

$$U_1 = 2 * a_o + 2 * b_o + 2 * 2 * \pi * d$$

$$U_1 = 1 * 350 + 2 * 350 + 2 * 2 * \pi * 500 = 7683 \text{ mm}$$

Hay que tener en cuenta que el área de punzonamiento es mayor que las dimensiones de la zapata, por lo que no hará falta comprobarlo

### 18.7. Anclaje

El anclaje es el cálculo de la longitud total del anclaje, que se obtiene mediante la obtención de una serie de factores y no debe sobrepasar un cierto valor como se indica a continuación. El cálculo indicado es el siguiente:

$$L_b \text{ neta} = \beta * l_{bl} * (T_d / (A_{s1} * F_{yd}))$$

Donde:

- Beta: factor de reducción definido en la tabla 69.5.1.2.b, que adopta el valor de 0,7
- $l_{bl}$ : longitud básica de anclaje para barras en posición I  $\rightarrow l_{bl} = m * (\phi_p)^2 \geq (F_{yk} * \phi_p) / 20$ , donde m adopta el valor de 1,3 según la tabla 69.5.1.2.a  $\rightarrow F_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2 \rightarrow l_{bl} = 1,3 * (12)^2 \geq (500 * 12) / 20 \rightarrow 187,2 < 300$ ; por lo tanto, se adoptará una longitud básica de anclaje equivalente a 300 mm

Además,

$$T_d = R_d * (vuelo 1 + 0,15 * a_o - 0,25 * h) / 0,85 * h$$

Donde:

- $\sigma_d = N_d / a * b + (6 * (M_d + Q_{xd} * h)) / a * (b^2) = 471400 / (2000^2) + (6 * (12500 * 10^3 + 11000 * 500)) / 2000 * (2000^2) = 0,11785 + 0,1552 = 0,27 \text{ N/mm}^2$
- $h = 500$ , canto de la zapata
- $b = 2000$



De tal forma, procedemos a calcular:

$$R_d = 0,27 * 0,5 * 500 * 2000 = 125000 \text{ N}$$

Y así:

$$T_d = 135000 * (825 + 0,15 * 500 - 0,25 * 500) / 0,85 * 500 = 246176 \text{ N}$$

$$A_{s1} = (16 * (\pi * 20^2) / 4)$$

$F_{yd} = 500$ , dado que tiene que cumplirse  $F_{yd} \leq 500$

$$L_b \text{ neta} = \beta * l_{bl} * (T_d / (A_{s1} * F_{yd})) = 0,7 * 300 * (246176 / (1600\pi * 500)) = 68,43 \text{ mm}$$

Una vez conocida la longitud neta o total de anclaje deberemos compararla con otras 3 longitudes netas de anclaje y quedarnos con la superior de todas:

$$L_b \text{ neta} = 10 * \Phi$$

$$L_b \text{ neta} = 150 \text{ mm}$$

$$L_b \text{ neta} = l_{bl} / 3 = 300 / 3 = 100 \text{ mm}$$

Por lo tanto, consideraremos una longitud de anclaje  $L_b \text{ neta} = 150 \text{ mm}$ .

Dicha longitud deberá cumplir la siguiente condición:

$$L_b \text{ neta} \leq b + (2 * \pi * 3,5 * \Phi) / 4 + a;$$

$$b \geq 5 * \Phi = 100 \text{ mm}$$

$$R_a = 3,5 * \Phi = 70 \text{ mm}$$

$$A = 0,5H - R - R_a - \Phi = 0,5 * 500 - 50 - 70 - 20 = 110 \text{ MM}$$

$$L_b \text{ neta} \leq b + (2 * \pi * 3,5 * \Phi) / 4 + a = 100 + (2 * \pi * 3,5 * 20) / 4 + 110 = 319$$

$$L_b \text{ neta} = 150 \leq 319 \text{ CUMPLE}$$

## 19. ARRIOSTRAMIENTOS

Se ha procedido a la colocación de arriostramientos para rigidizar y estabilizar la estructura limitando los desplazamientos y deformaciones de la misma.

Según la EAE, el sistema de arriostramiento hará frente a:

- Los efectos de las imperfecciones, tanto para el propio sistema de arriostramiento como para todas las estructuras a las que arriestra
- Todas las fuerzas horizontales que pudieran solicitar a las estructuras a las que arriestra
- Todas las fuerzas horizontales y verticales que actúan directamente sobre el propio sistema de arriostramiento

Como en este caso la estructura analizada puede ser considerada como un pórtico de edificación de una sola planta, la EAE en el Artículo 24, nos indica que podemos optar por un método simplificado de análisis elástico de estructuras traslacionales.

De tal forma, que se nos indica que puede resultar suficientemente aproximado, realizar un análisis elástico en primer orden, bajo las acciones exteriores y los efectos de las imperfecciones geométricas iniciales equivalentes, y amplificar los momentos flectores, esfuerzos cortantes y demás efectos debidos estrictamente a la deformación lateral, por el coeficiente:

$$1 / (1 - (1 / \alpha_{cr}))$$

Siendo  $\alpha_{cr} \geq 3,0$ , el coeficiente de amplificación por el que debe multiplicarse la configuración de cargas de cálculo para alcanzar la inestabilidad elástica, según el pandeo estudiado.

Según el Artículo 23.2. de la EAE, procedemos a determinar el coeficiente de amplificación.

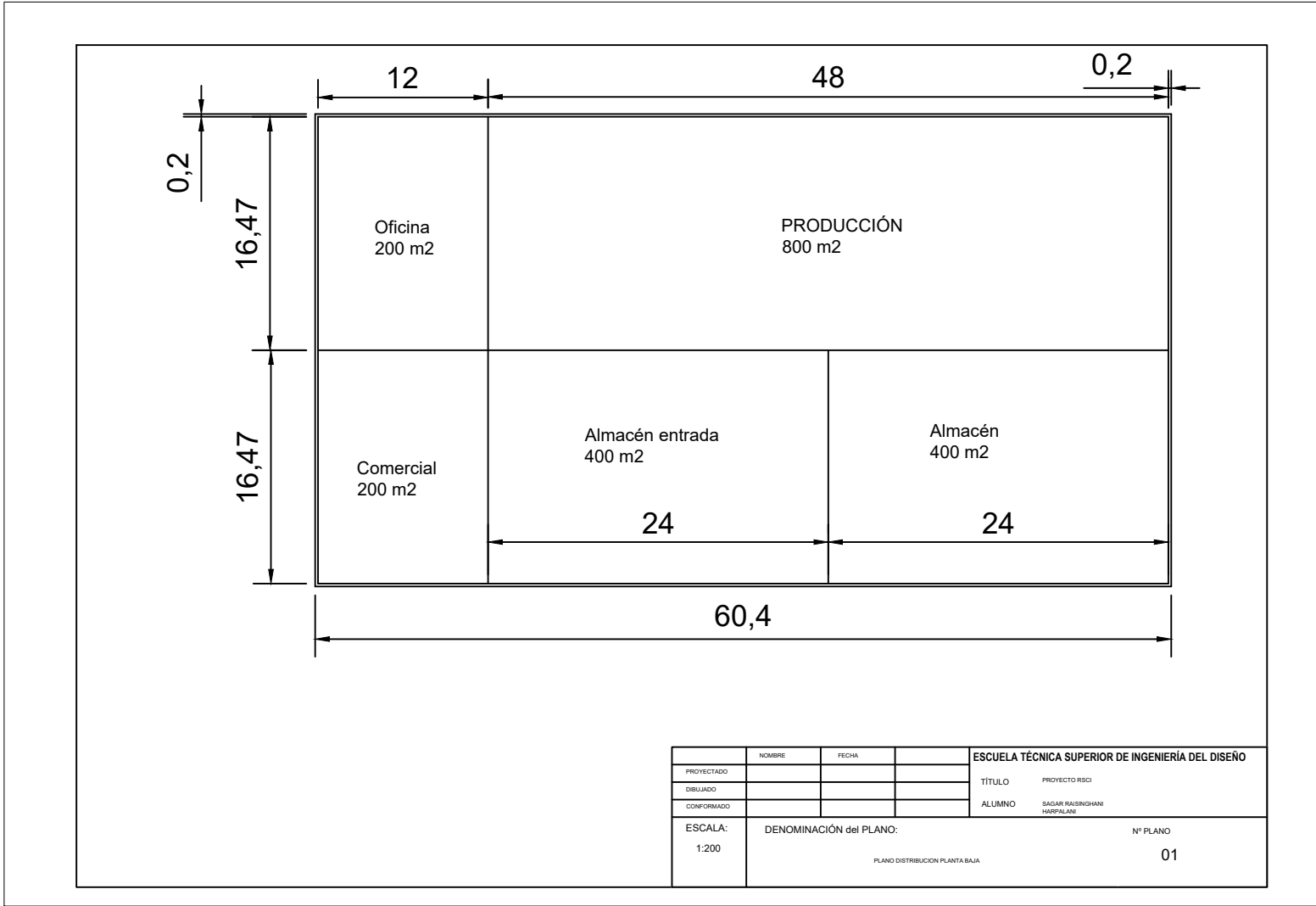
Como se a realizado un análisis elástico:

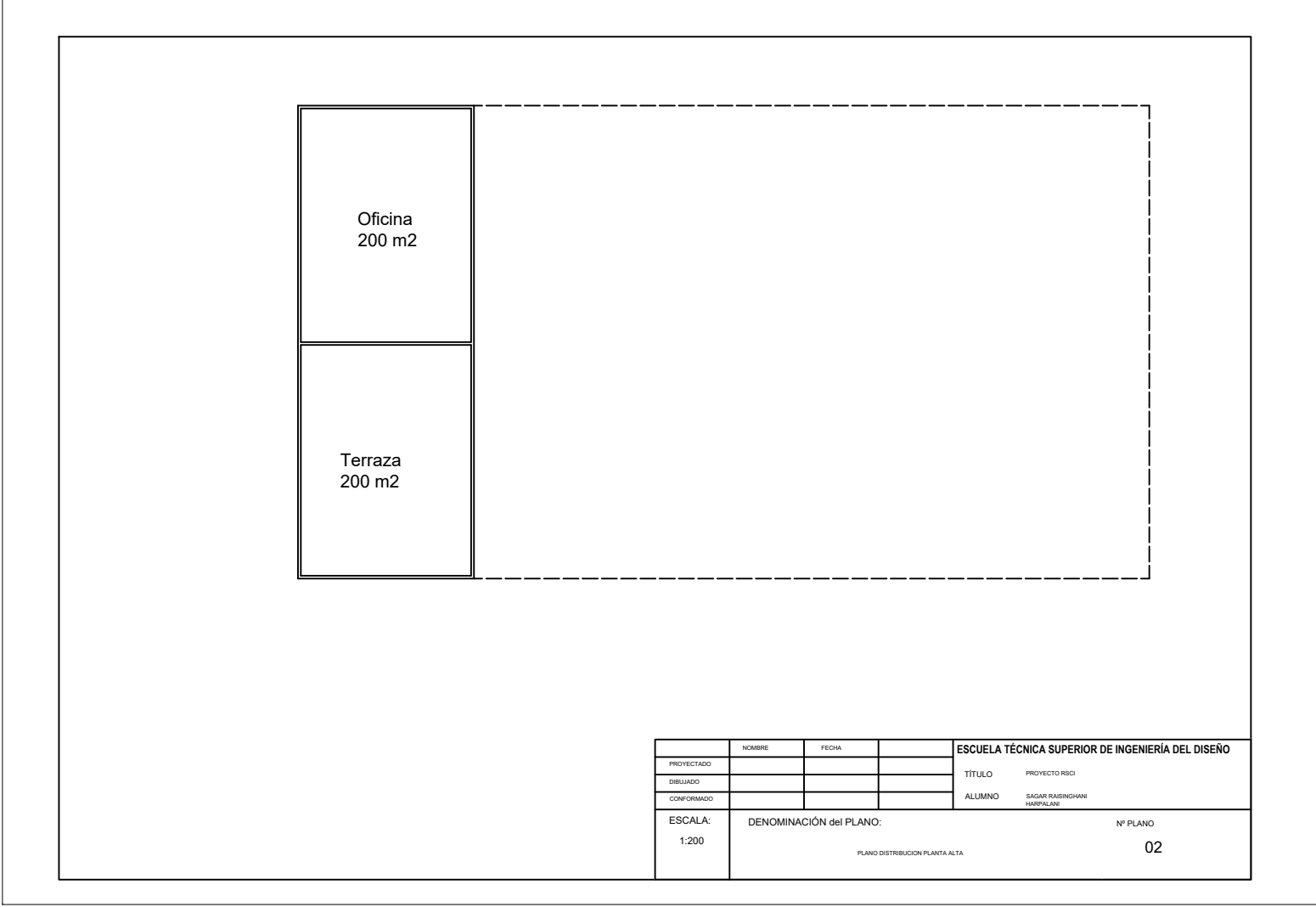
$$\alpha_{cr} = F_{cr} / F_{ed} \geq 1,0 \rightarrow 13824,88 / 11000 = 1,25 > 1 \quad \text{CUMPLE}$$

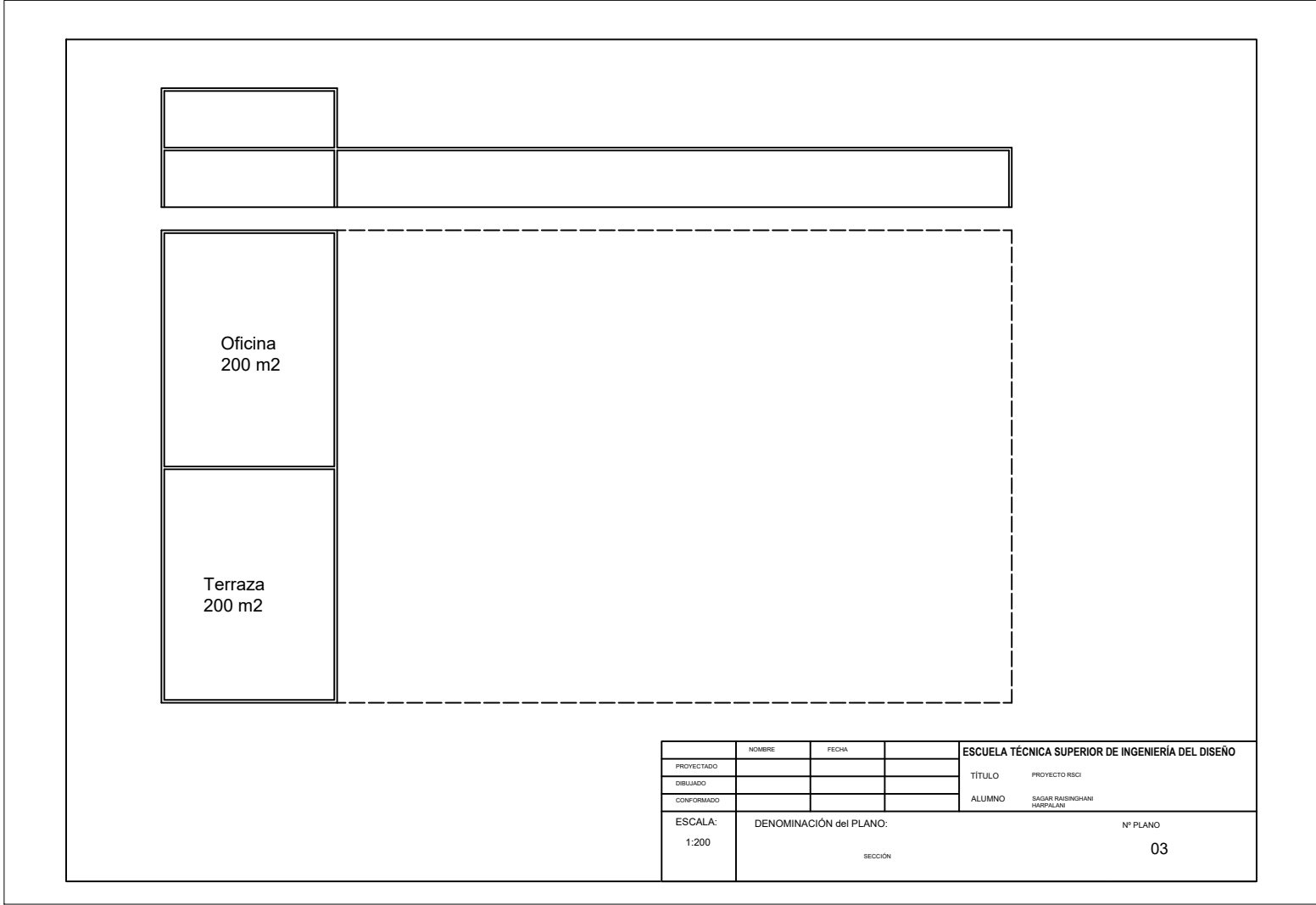


## DOCUMENTO Nº2: PLANOS

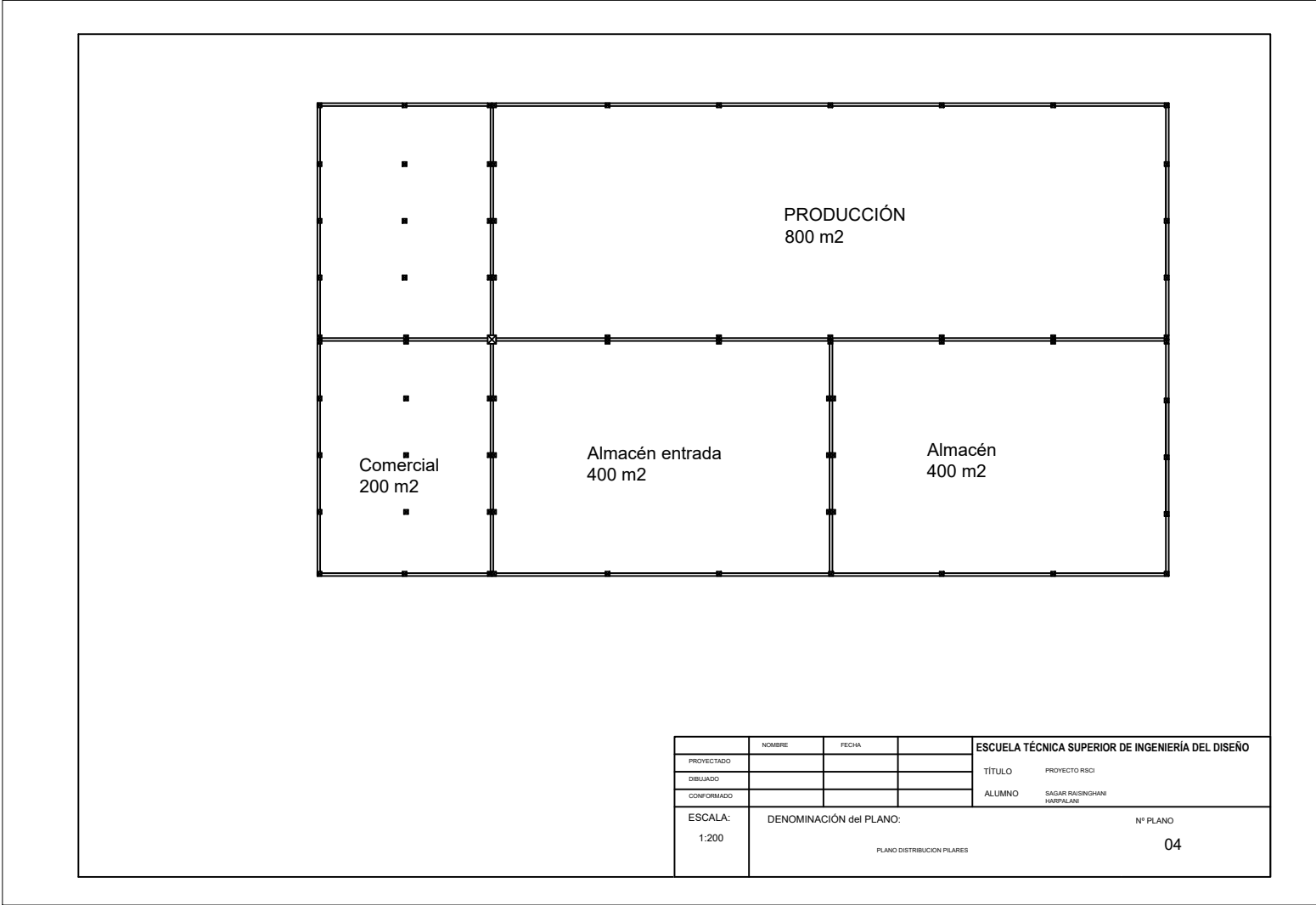
CURSO ACADÉMICO: 2019-2020

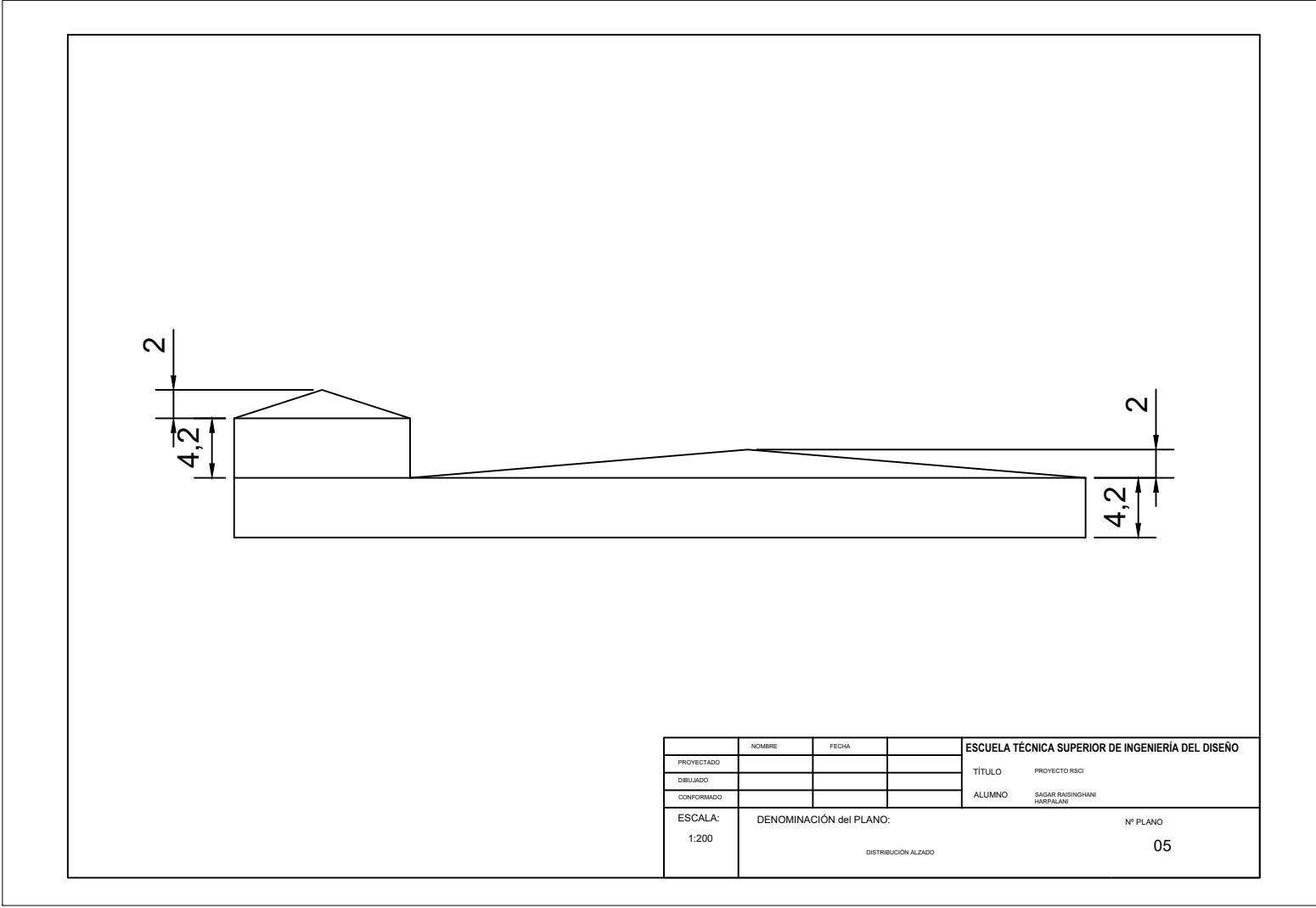


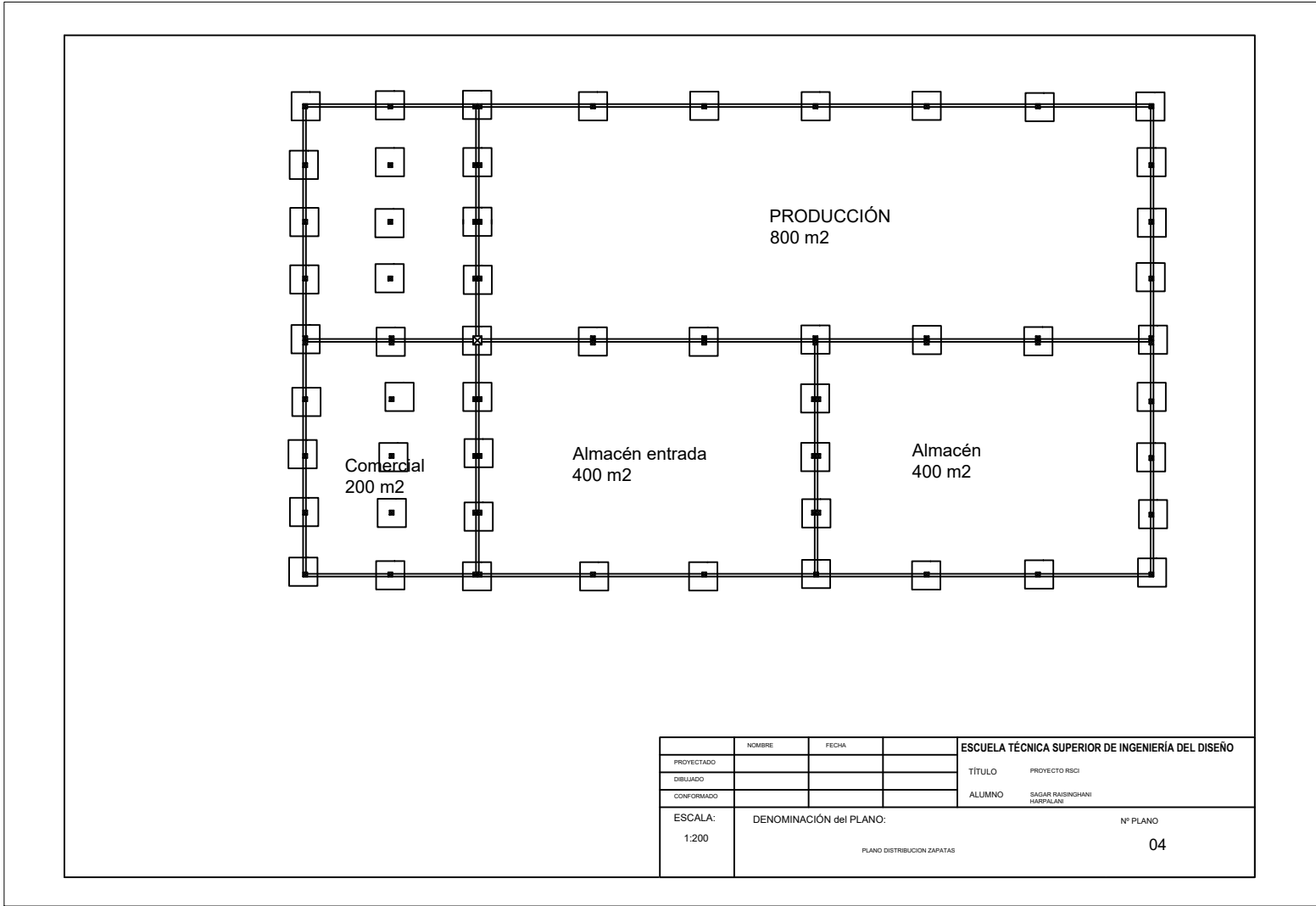


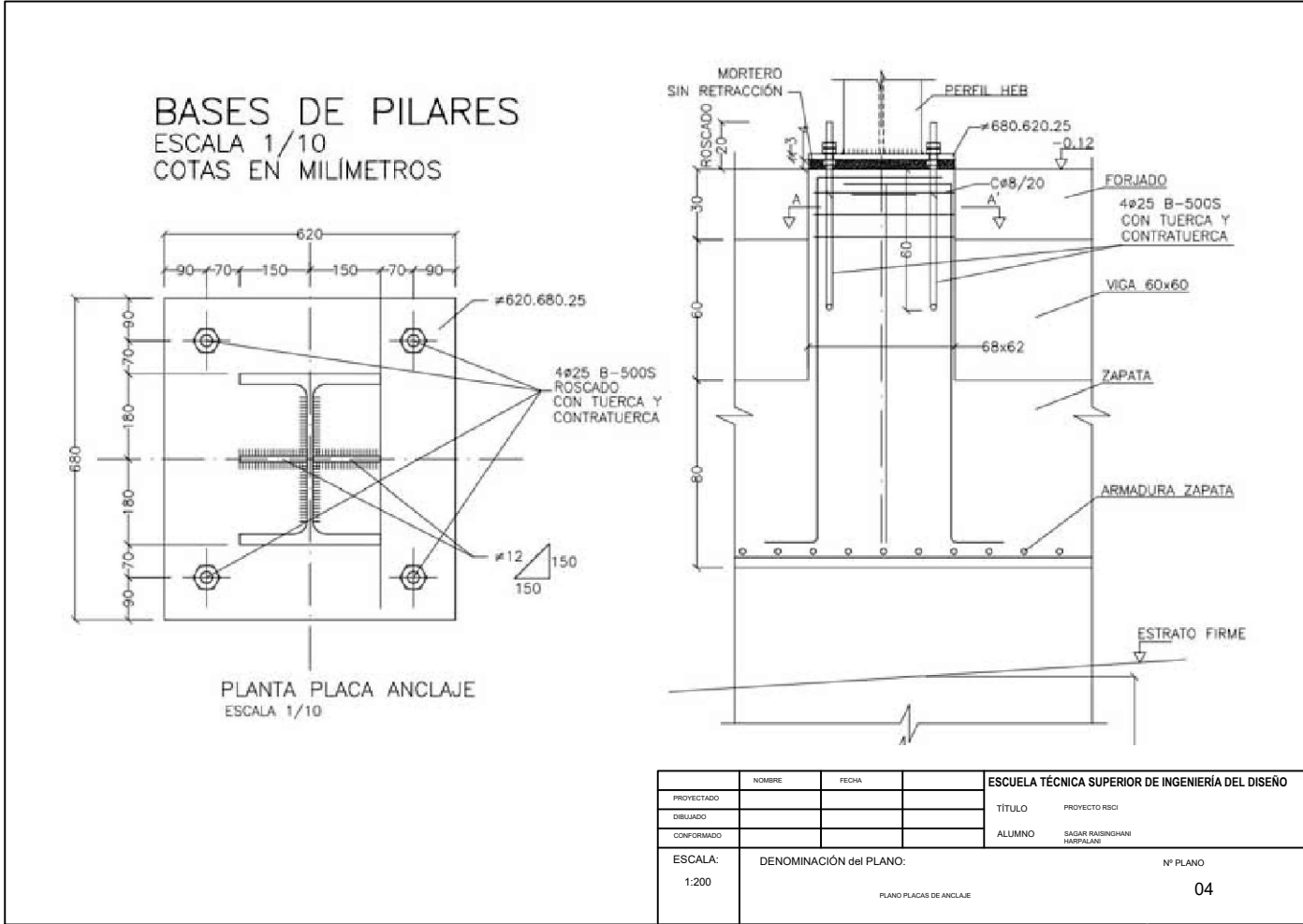














UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



## DOCUMENTO Nº3: PLIEGO DE CONDICIONES

CURSO ACADÉMICO: 2019-2020



## 1. PLIEGO DE CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

### 1.1. DISPOSICIONES GENERALES

#### NATURALEZA Y OBJETO DEL PLIEGO:

En el consiguiente pliego de condiciones se recogen un conjunto de artículos o cláusulas que regulan los derechos, responsabilidades, obligaciones y garantías mutuas entre los distintos agentes de la edificación: promotor, proyectista, director de obra, director de ejecución de la obra, etc.

Por otro lado, recoge las exigencias técnicas y legales que han de regir la ejecución del proyecto. También hay que afirmar que el pliego de condiciones no incluye leyes ni normas, sino que las complementa.

#### DESCRIPCIÓN DE LA OBRA:

La obra proyectada es una nave industrial de composición metálica cuyo uso está basado en el almacenamiento de caramelos.

La estructura se reflejará en una parcela de 5000 m<sup>2</sup> de superficie ocupando el 40% de esta, lo que equivale a 2000 m<sup>2</sup> de suelo, reservando el resto del terreno para el estacionamiento de vehículos.

El almacén estará compuesto por 9 pórticos, de los cuales 8 están constituidos por perfiles de tipo HE 400-B y uno de ellos de tipo HE 450-B. Además, los pilares necesarios para la sustentación de la estructura equivalen a una cifra de 36. En el apartado, descripción de la obra, se puede observar con detalle la disposición de estos.

### 1.2. DISPOSICIONES FACULTATIVAS

Las disposiciones facultativas describen y regulan las relaciones entre la Contrata, la Propiedad y la Dirección Facultativa de la obra.

A continuación, se describen las funciones y obligaciones de cada uno de los agentes que intervienen en la obra proyectada.

#### EL PROMOTOR:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones.



- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.
- Designar al coordinador de seguridad y salud para el proyecto y la ejecución de la obra.
- Suscribir los seguros previstos en la LOE.
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las administraciones competentes.

#### EL PROYECTISTA:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos. Rev. 200910 -3-
- Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

#### EL CONSTRUCTOR:

- Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.  
e) Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.
- Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.



- Atender las indicaciones y cumplir las instrucciones del coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra, y en su caso de la dirección facultativa.
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato.
- Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra.
- Ordenar y dirigir la ejecución material con arreglo al proyecto, a las normas técnicas y a las reglas de la buena construcción. A tal efecto, ostenta la jefatura de todo el personal que intervenga en la obra y coordina las intervenciones de los subcontratistas.
- Asegurar la idoneidad de todos y cada uno de los materiales y elementos constructivos que se utilicen, comprobando los preparados en obra y rechazando, por iniciativa propia o por prescripción del aparejador o arquitecto técnico, los suministros o prefabricados que no cuenten con las garantías o documentos de idoneidad requeridos por las normas de aplicación.
- Custodiar los libros de órdenes y seguimiento de la obra, así como los de seguridad y salud y el del control de calidad, éstos si los hubiere, y dar el enterado a las anotaciones que en ellos se practiquen.
- Facilitar al aparejador o arquitecto técnico con antelación suficiente, los materiales precisos para el cumplimiento de su cometido.
- Preparar las certificaciones parciales de obra y la propuesta de liquidación final.
- Suscribir con el promotor las actas de recepción provisional y definitiva.
- Concertar los seguros de accidentes de trabajo y de daños a terceros durante la obra.
- Facilitar al director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada.
- Facilitar el acceso a la obra a los laboratorios y entidades de control de calidad contratados y debidamente homologados para el cometido de sus funciones.
- Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción previstas en el artículo 19 de la LOE.

#### EL DIRECTOR DE OBRA:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno. Rev. 200910 -4-





- Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.
- Elaborar, a requerimiento del promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del proyecto.
- Coordinar, junto al aparejador o arquitecto técnico, el programa de desarrollo de la obra y el proyecto de control de calidad de la obra, con sujeción al Código Técnico de la Edificación (CTE) y a las especificaciones del proyecto.
- Comprobar, junto al aparejador o arquitecto técnico, los resultados de los análisis e informes realizados por laboratorios y/o entidades de control de calidad.
- Coordinar la intervención en obra de otros técnicos que, en su caso, concurren a la dirección con función propia en aspectos de su especialidad.
- Dar conformidad a las certificaciones parciales de obra y la liquidación final.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- Asesorar al promotor durante el proceso de construcción y especialmente en el acto de la recepción.
- Preparar con el contratista la documentación gráfica y escrita del proyecto definitivamente ejecutado para entregarlo al promotor.
- A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación. Esta documentación constituirá el libro del edificio y será entregada a los usuarios finales del edificio.

#### EL DIRECTOR DE LA EJECUCIÓN DE LA OBRA:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.



- Redactar el documento de estudio y análisis del proyecto para elaborar los programas de organización y de desarrollo de la obra.
- Planificar, a la vista del proyecto arquitectónico, del contrato y de la normativa técnica de aplicación, el control de calidad y económico de las obras.
- Redactar, cuando se le requiera, el estudio de los sistemas adecuados a los riesgos del trabajo en la realización de la obra y aprobar el Estudio de seguridad y salud para la aplicación de este.
- Redactar, cuando se le requiera, el proyecto de control de calidad de la edificación, desarrollando lo especificado en el proyecto de ejecución.
- Efectuar el replanteo de la obra y preparar el acta correspondiente, suscribiéndola en unión del arquitecto y del constructor.
- Comprobar las instalaciones provisionales, medios auxiliares y medidas de seguridad y salud en el trabajo, controlando su correcta ejecución.
- Realizar o disponer las pruebas y ensayos de materiales, instalaciones y demás unidades de obra según las frecuencias de muestreo programadas en el plan de control, así como efectuar las demás comprobaciones que resulten necesarias para asegurar la calidad constructiva de acuerdo con el proyecto y la normativa técnica aplicable. De los resultados informará puntualmente al constructor, impartándole, en su caso, las órdenes oportunas; de no resolverse la contingencia adoptará las medidas que corresponda, dando cuenta al arquitecto.
- Realizar las mediciones de obra ejecutada y dar conformidad, según las relaciones establecidas, a las certificaciones valoradas y a la liquidación final de la obra. Rev. 200910 -5-
- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas.
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el proyecto y con las instrucciones del director de obra.
- Consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas.
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas.
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado.



## EL COORDINADOR DE SEGURIDAD Y SALUD

- Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La dirección facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

Por último, es de vital importancia señalar que, a las obligaciones anteriores del constructor o contratista, se añaden las siguientes:

- Verificación de los documentos del proyecto: antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.
- Plan de seguridad y salud: el constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico de la dirección facultativa.
- Proyecto de control de calidad: el constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas e calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el arquitecto o aparejador de la dirección facultativa.



### 1.3. DISPOSICIONES ECONÓMICAS

Todos los que intervienen en el proceso constructivo tienen derecho a percibir puntualmente las cantidades devengadas por su correcta actuación, con arreglo a las condiciones contractualmente establecidas.

La propiedad, el contratista y, en su caso, los técnicos pueden exigirse recíprocamente las garantías adecuadas al cumplimiento puntual de sus obligaciones de pago.

El presupuesto del cual depende la obra se puede observar de forma detallada en el apartado de presupuestos. Por otra parte, hay que señalar que el cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio.

#### COSTES DIRECTOS:

- La mano de obra, con sus pluses y cargas y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra. Rev. 200910 -14-
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución.
- Los equipos y sistemas técnicos de seguridad y salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales.
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra.
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados.

#### COSTES INDIRECTOS:

Los gastos de instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc., los del personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra y los imprevistos. Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los costes directos.

#### GASTOS GENERALES:

Los gastos generales de empresa, gastos financieros, cargas fiscales y tasas de la administración, legalmente establecidas. Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los costes directos e indirectos (en los contratos de obras de la administración pública este porcentaje se establece entre un 13% y un 17%).

#### BENEFICIO:

El beneficio industrial del contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas en obras para la administración.



#### PRECIO DE EJECUCIÓN MATERIAL:

Se denominará precio de ejecución material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del beneficio industrial.

#### PRECIO DE CONTRATA:

El precio de contrata es la suma de los costes directos, los indirectos, los gastos generales y el beneficio industrial.

## 2. PLIEGO DE CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

### 2.1. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES

Los materiales usados en la obra deben cumplir una serie de condiciones generales que se pueden observar a continuación:

#### CALIDAD DE LOS MATERIALES:

Todos los materiales que se usarán en la presente obra serán de primera calidad y reunirán las condiciones exigidas vigentes referentes a materiales y prototipos de construcción.

#### PRUEBAS Y ENSAYOS DE MATERIALES:

Todos los materiales a que este capítulo se refiere podrán ser sometidos a los análisis o pruebas, por cuenta de la contrata, que se crean necesarios para acreditar su calidad. Cualquier otro que haya sido especificado, y sea necesario emplear, deberá ser aprobado por la dirección de las obras, bien entendido que será rechazado el que no reúna las condiciones exigidas por la buena práctica de la construcción.

#### MATERIALES NO CONSIGNADOS EN PROYECTO:

Los materiales no consignados en proyecto que dieran lugar a precios contradictorios reunirán las condiciones de bondad necesarias, a juicio de la dirección facultativa, no teniendo el contratista derecho a reclamación alguna por estas condiciones exigidas.

#### CONDICIONES GENERALES DE EJECUCIÓN:

Todos los trabajos incluidos en el presente proyecto se ejecutarán esmeradamente, con arreglo a las buenas prácticas de la construcción, de acuerdo con las condiciones establecidas en el Pliego de Condiciones Técnicas de la Dirección General de Arquitectura, aprobado por el Consejo Superior de los Colegios de Arquitectos en fecha 24 de abril de 1973, y cumpliendo estrictamente las instrucciones recibidas por la dirección facultativa, no pudiendo por tanto servir de pretexto al contratista la baja subasta para variar esa esmerada



ejecución, ni la primerísima calidad de las instalaciones proyectadas en cuanto a sus materiales y mano de obra, ni pretender proyectos adicionales.

## 2.2. PRESCRIPCIONES SOBRE LA EJECUCIÓN Y CONTROL DE CALIDAD

### EJECUCIÓN:

El procedimiento constructivo previsto para la obra se adecua al siguiente programa de trabajos:

1. Movimiento de tierras:
  - Preparación del terreno
  - Replanteo y nivelación
  - Preparación de los trabajos
  - Sondeo y catas en el terreno
  - Relleno y compactación
  - Apertura de zanjas y pozos
  - Trabajos de entibación
2. Obras de saneamiento:
  - Reconocimiento del terreno y fijación de pendiente
  - Tuberías
  - Solera
  - Nivel de compactación
  - Arquetas
3. Cimentaciones:
  - Resistencia del terreno y coeficiente de seguridad
  - Cimentaciones adecuadas
4. Estructuras:
  - Estructura metálica
5. Cubiertas:
  - Formación de pendientes
  - Impermeabilización de cubiertas
6. Maquinaria:
  - Recepción y almacenamiento
  - Condiciones de ejecución y montaje
  - Seguridad
  - Puesta en marcha
7. Instalaciones y equipos de protección contra incendios:
  - Número de extintores y colocación
  - Pruebas y puesta en marcha



#### CONTROL DE CALIDAD:

En el control de calidad de la obra se comprobará todo el conjunto de condiciones técnicas y de operación para comprobar la adecuación del producto puesto en práctica con los requisitos teóricos de este.



## DOCUMENTO Nº4: PRESUPUESTO DE OBRA

CURSO ACADÉMICO: 2019-2020





<b>CIMENTACIÓN</b>		<b>COSTE (€)</b>
hormigón de limpieza		3214,45
zapatás		28502,47
arriostramientos		4261,51
	SUBTOTAL	35978,43
<b>ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO</b>		<b>COSTE (€)</b>
movimiento de tierras		17474,9
mejoras del terreno		21824,89
nivelación		67500
	SUBTOTAL	106799,79
<b>ESTRUCTURA METÁLICA DE ACERO</b>		<b>COSTE (€)</b>
Montajes		123544,21
Vigas		70500,4
Estructuras ligeras		36912
Pilares		12456,34
	SUBTOTAL	243412,95
<b>FACHADAS</b>		<b>COSTE (€)</b>
Materiales		54667,3
	SUBTOTAL	54667,3
<b>CUBIERTAS</b>		<b>COSTE (€)</b>
Paneles metálicos		83573,45
Chapas		9729,12
	SUBTOTAL	93302,57
<b>OTROS</b>		<b>COSTE (€)</b>
Remates finales		7364,89
	SUBTOTAL	7364,89
<b>GESTIÓN DE RESIDUOS</b>		<b>COSTE (€)</b>
Transporte de tierras		1500,84
	SUBTOTAL	1500,84
<b>PRESUPUESTO FINAL</b>		<b>COSTE (€)</b>
<b>PRESEPUUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)</b>		543026,77
<b>GASTOS GENERALES (GG)</b>	13%	70593,4801
<b>BENEFICIO (B)</b>	6%	32581,6062
		646201,856
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA (PEC)</b>		



**21% IVA**

135702,39

**PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (PBL)**

781904,246