



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



TRABAJO FINAL EN GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

PROYECTO BÁSICO NAVE PLANTA EMBOTELLADORA

MEMORIA DESCRIPTIVA

AUTOR: MANUEL ALEJANDRO LARIOS ROS

TUTOR: PEDRO EFRÉN MARTÍN CONCEPCIÓN

Fecha: Junio 2016

1 OBJETO DEL TRABAJO	4
2 INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA	4
2.1 Motivación y antecedentes	4
2.2 Justificación.....	4
3 NORMATIVA APLICADA	5
4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	5
5 REQUERIMIENTOS ESPACIALES	6
6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	6
6.1 Actuaciones previas.....	6
6.2 Cimentación y solera.....	6
6.3 Estructura	7
6.4 Cerramientos	9
6.4.1 Cerramiento Lateral.....	9
6.4.2 Cubierta	9
6.5 Materiales	10
7 PRESUPUESTO	12

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA MECÁNICA

Proyecto básico nave planta embotelladora



1 OBJETO DEL TRABAJO

El objeto del presente trabajo final de grado es el cálculo estructural de una nave industrial de $1500m^2$ situada en el polígono industrial “Sector B industrial Nuevo”, situado en el paraje de “Los Cencerrosos” de Mora de Rubielos, provincia de Teruel.

La solución final deberá de contener tanto el resultado detallado de cada uno de los componentes esenciales de la nave, como la representación a escala de todos ellos en planos y un presupuesto en el que se detalle el coste de cada partida.

No son objeto de este trabajo las instalaciones de saneamiento, electricidad o fontanería, ni ha sido incluido el cálculo de sismo. Sin embargo, sí que ha sido calculada la estructura para caso de incendio siendo un R60 la condición principal, así como una protección de pintura intumescente en los materiales empleados.

2 INTRODUCCIÓN AL PROBLEMA

2.1 Motivación y antecedentes

La motivación de este trabajo final de grado es aplicar y mostrar todos los conocimientos adquiridos en el grado de ingeniería mecánica y complementar la materia relacionada con el cálculo de estructuras tanto de acero como de hormigón. Para ello se ha tomado como referente el problema propuesto por la empresa FERTINAGRO NUTRIENTES S.L.

FERTINAGRO NUTRIENTES S.L. es una gran empresa presente en numerosos municipios en España, así como en diversos países de la Unión Europea que se dedica a la producción de fertilizantes y numerosos productos del ámbito agrícola. Ante la necesidad del contratante de aumentar su espacio para satisfacer las necesidades de la ampliación de su producción, la empresa ha encargado la proyección y construcción de una nave industrial, que cubra las necesidades de la misma.

2.2 Justificación

La tipología estructural seleccionada para la nave es una formada por pórticos a dos aguas de perfiles conformados en caliente de acero S275. Los perfiles utilizados serán del tipo IPE para las vigas de cubierta, y HEB para los pilares de los dos forjados presentes. La estructura formará una superficie de 30 m de luz y 45 m de longitud.

3 NORMATIVA APLICADA

La normativa aplicada en este TFG queda mencionada a continuación:

- La localización y geometría de la nave queda normalizada en la normativa vigente del polígono industrial “SECTOR B INDUSTRIAL NUEVO” de Mora de Rubielos (Teruel).
- Para el cálculo de las cargas sobre la estructura y las combinaciones entre ellas, se ha seguido el documento base en seguridad estructural sobre acciones en el edificio (DB SE-AE).
- A la estructura de acero se le ha aplicado el RD 314/2006 por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- Tanto en zapatas como en vigas de atado y solera de hormigón, se aplicará la EHE-08. La norma aprobada en julio de 2008 en todo lo referente a la instrucción de hormigón estructural.
- Los coeficientes de seguridad aplicados a la resistencia del acero empleado en toda la obra son los estipulados por el documento base en seguridad estructural sobre el acero (DB SE-A).

4 SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

La parcela sobre la que se ejecutará el proyecto se encuentra en el término municipal de Mora de Rubielos al sur de la provincia de Teruel, comarca de Gúdar-Javalambre en Aragón, España. El polígono escogido es conocido como “SECTOR B INDUSTRIAL NUEVO”. Se encuentra en el paraje “Los Cencerrosos”.

Este polígono está a 4 km de la localidad de Mora de Rubielos, situado a 980 m sobre el nivel del mar.

El acceso al polígono se hará desde la Autovía Mudéjar, tomando la carretera autonómica A-228. Los límites de nuestra parcela colindan con otras en todos los límites, pero se encuentran totalmente desocupadas. Aquí una imagen de la parcela donde está proyectada la edificación.

Se trata de una parcela con forma de triángulo rectángulo de 350 m de largo y 250 m de ancho, tiene una superficie de $84.854,57 \text{ m}^2$ de las cual 10000 m^2 serán tratados para poder realizar trabajos o simplemente utilizar el espacio. De esta imagen también se puede apreciar el estado de la parcela.

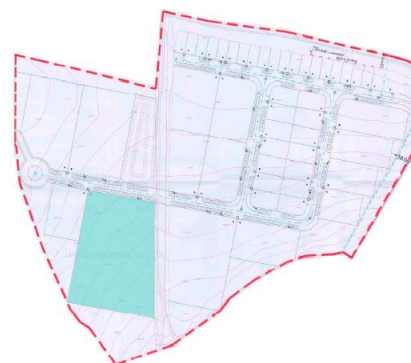


Ilustración 1. Emplazamiento parcela

No tiene nada construido, pero necesita un desbroce previo y una nivelación.

5 REQUERIMIENTOS ESPACIALES

La solución adoptada es una nave de $1500m^2$ de superficie, separada X m de la parcela izquierda y trasea, y 10m de la parcela que queda a su derecha y a la vía pública.

La cumbrera es de 12 m de altura y la cabeza de los pilares están a 8 m.

Coeficientes	Valores
Ocupación	0.82
Retranqueo alineación exterior (m)	5
Retranqueo lindes laterales y traseros (m)	Zócalo 0.45m y valla vegetal 2 m de altura

Tabla 1. Coeficientes y retranqueos

6 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

6.1 Actuaciones previas

Como se ha visto en el apartado 4: Situación y Emplazamiento, el solar se encuentra en estado virgen. No tiene ninguna construcción, tubería o conducto subterráneo. Únicamente será necesario desbrozar la parcela mediante medios mecánicos y se retirarán los posibles escombros u otros materiales que se encuentren en ella. En caso de ser necesario, se realizará una nivelación de la misma.

6.2 Cimentación y solera

La solución final de cimentación ha quedado dividida en cinco tipos diferentes. Las zapatas de los pilares laterales en el forjado principal y solidarios con el segundo forjado son de $335 \times 335 \times 115$ cm. Esta solución ha sido adoptada para evitar el vuelco lateral en la estructura. En los pórticos de fachada encontramos unas zapatas de dimensiones $250 \times 250 \times 85$ cm para los pilares de fachada intermedios y de $270 \times 270 \times 85$ cm en los pilares de fachada en cumbrera. En el segundo forjado encontraremos dos tipos de zapata también, en el primer pórtico de éste paralelo al forjado principal con unas dimensiones de $225 \times 225 \times 80$ cm, mientras que en el resto serán de $170 \times 170 \times 75$ cm. Todas ellas debidamente referenciadas en los planos.

Estas zapatas están referenciadas en planos y en anejos como toda la cimentación superficial está relacionada entre sí con vigas de atado. Todas las zapatas descansan sobre una capa de hormigón de limpieza de canto 10 cm. Las razones de este hormigón de limpieza son las siguientes:

- Formar una superficie homogénea y nivelada, algo más horizontal y uniforme que la superficie que resulta de la excavación.
- Mantener limpia de tierra la superficie de hormigonado para que el hormigón de la cimentación esté en perfecto estado, sin mezclarse con el terreno.



Proyecto básico nave planta embotelladora

- Garantizar la rigidez adecuada de la superficie inferior para que la superficie de apoyo sea homogénea.

Tanto el hormigón como el acero utilizado para cada una de las diferentes partes de la cimentación quedan reflejados en la siguiente tabla:

Resumen de medición del hormigón						
Material	Serie	Perfil	Volumen		Peso acero B500S	
Hormigón			Serie (m3)	Total (m3)	Serie (kg)	Total (kg)
	Hormigón limpieza	HL-150/B/20	31.9		0	
	Zapatas	HA-25/B/IIa	337.97		8027.04	
	Vigas de atado	HA-25/B/IIa	29.07		1540.36	
	Solera	HA-25/B/IIa	250		120	
				648.94		9687.4

Tabla 2. Medición de hormigón

La solera definida para este proyecto es una solera industrial de hormigón HA-25/B/30 de 20 cm de canto. Descansa sobre 15 cm de zahorra compactada y está separada de ésta por una lámina de polietileno que evita que aparezcan cargas de tracción por la retracción del hormigón durante su fraguado. Este es la solución elegida para permitir el tráfico de camiones sobre el pavimento de la nave. A la capa superficial de solera, se le añadirá un endurecedor para mantener el estado inicial durante toda la vida útil de la nave.

6.3 Estructura

En esta imagen se muestra la solución adoptada. La estructura de pórticos a dos aguas es ampliamente utilizada, puesto que resulta una de las soluciones más sencillas y económicas. En cuanto al segundo forjado podemos apreciar que es completamente plano para poder albergar una zona de oficinas así como una terraza para eventos.

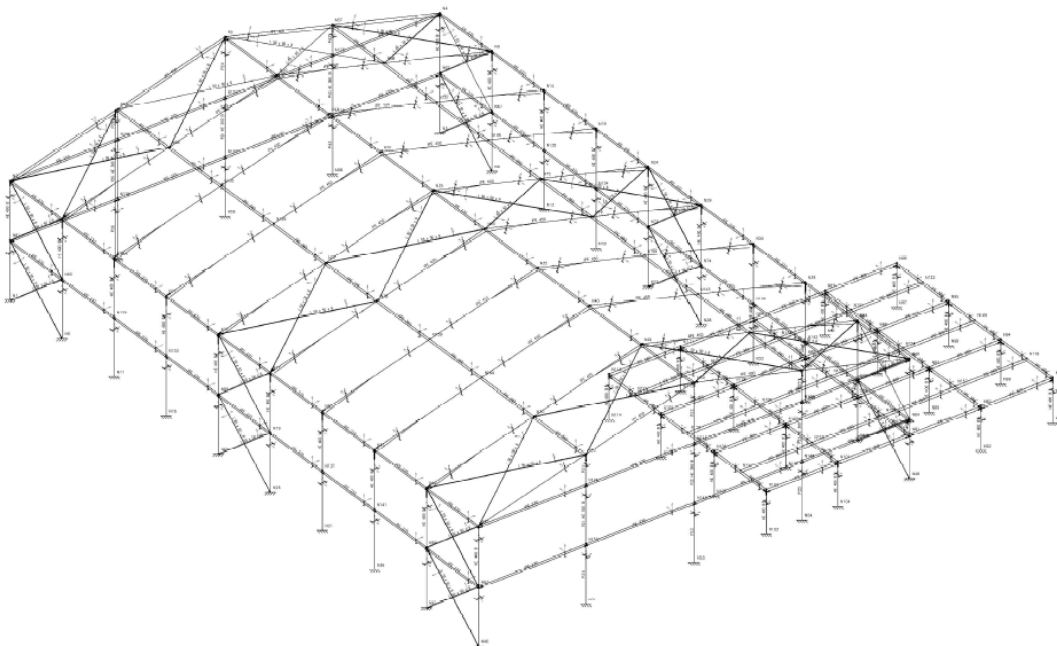


Ilustración 2. Estructura



Proyecto básico nave planta embotelladora

La estructura de pórticos a dos aguas está compuesta por los siguientes elementos: 9 pórticos interiores, dos pórticos de fachada, dos vigas perimetrales, dos viguetas de cubierta y arriostramientos. Mientras que la estructura del forjado secundario está formada por 3 pórticos interiores solidarios al forjado principal, siete viguetas paralelas al forjado principal y cinco perpendiculares a éste. Todos los elementos nombrados irán atornillados entre sí, como se aprecia en el detalle de los nudos del plano 4.1.

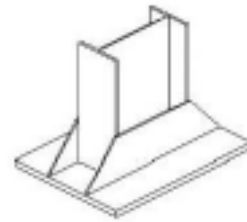


Ilustración 3. Placa de anclaje

Todos los pilares de la estructura descansan sobre placas de anclaje, las cuales suponen un nexo de unión entre la cimentación y la estructura de acero. Las placas quedan dimensionadas en función de la carga que transmitirá el pilar, (axil, cortante y momento). Las placas de mayor geometría (700x800x30 mm y 6 pernos) son las correspondientes a los pilares de los pórticos interiores del forjado principal ya que sobre ellos descansa la carga correspondiente a la superficie de cubierta de ancho y luz del pórtico. El resto de placas son las correspondientes a los pilares intermedios del pórtico de fachada y los pilares de cumbrera (500x600x22 mm y 4 pernos), además de los pilares no solidarios al principal del forjado secundario (450x550x20 mm y 4 pernos). Todas las placas utilizadas contienen cartelas, como muestra la figura. El despiece y descripción de los materiales empleados en las placas de anclaje se detallan en el plano 7.

Una vez las placas de anclaje estén instaladas en su posición exacta, un equipo de trabajadores comenzarán a levantar la estructura. Comenzarán por los pórticos interiores, los cuales están compuestos de perfiles IPE y HEB. Los pilares son HEB-400 de 8 m de longitud y las jácenas son IPE-450 con un 22.5% de su longitud de cartela inferior de 15.524 m de longitud. Estos pilares están empotrados en su base y atornillados en la cabeza, junto con la jácena, forman una unidad estructural cuyos nudos son rígidos.

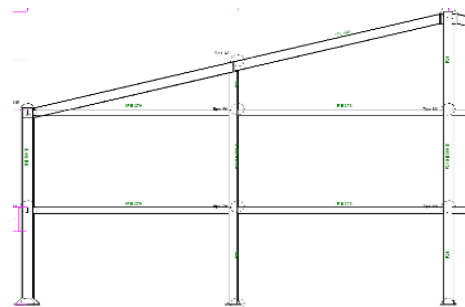


Ilustración 4. Portico fachada

Los pórticos de fachada se componen de pilares HEB-360 y jácenas de perfil IPE-400. Junto con unas vigas perimetrales IPE-270. Estas aportan rigidez a la estructura y reduce el pandeo de los pilares de fachada.

Otro elemento incorporado a la fachada lateral es la cruz de San Andrés. Este elemento es el encargado de reducir los desplazamientos en la dirección perpendicular al plano de fachada frontal. Se trata de dos barras de perfiles en L (50x50x6 mm) consideradas cables que únicamente trabajan a tracción, por ello es necesario duplicar los elementos. Éstas están unidas a dos perfiles IPE-270 que conforman las dos vigas perimetrales existentes para crear el recuadro de arriostramiento.

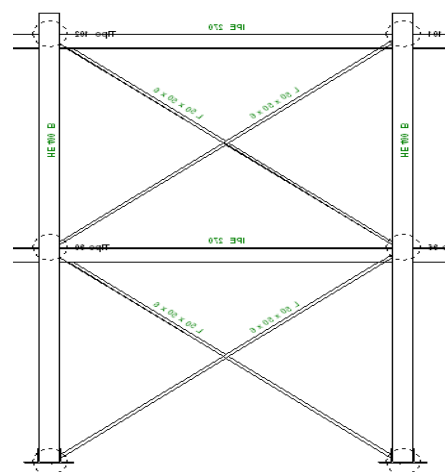


Ilustración 4. Arriostramientos

6.4 Cerramientos

6.4.1 Cerramiento Lateral

El cerramiento de fachada adoptado se compone de un muro prefabricado de hormigón de 4 m de altura y 5 m de longitud. Sobre él descansará panel sándwich hasta llegar a la cubierta. Estos paneles sándwich están compuestos por dos chapas de 30mm de espesor de galvanizado y entre ellas hay un aislante de 30 cm, lo que mejora notablemente el aislamiento térmico respecto de la chapa de acero sencilla. Este cerramiento lateral superior irá atornillado a las correas tipo C que hay en la parte superior de los pilares, como muestran el plano6.

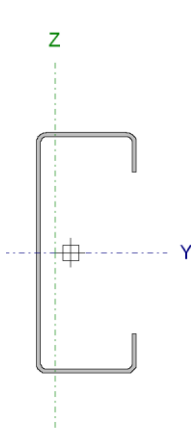
Perfil: CF-120x2.5Material: S235										
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	
		0.000, 5.000, 0.550	0.000, 0.000, 0.550	5.000	6.09	133.08	21.63	0.13	-7.81	0.00
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad										
			Pandeo		Pandeo lateral					
			Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.				
			β	1.00	0.00	0.00				
			L _K	5.000	0.000	0.000				
			C ₁	-	1.000					
C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico Notación: Coeficiente de pandeo β: Coeficiente de pandeo (m) L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Tabla 3. Características perfil C

6.4.2 Cubierta

La cubierta estará compuesta por panel sándwich como el mencionado. Las correas sobre las que descansan los cerramientos de cubierta son correas de tipo C. Las barras deberán tener cinco metros de longitud para apoyar en dos pórticos diferentes, así conseguimos una situación de viga continua y las solicitaciones en ella se ven muy reducidas. Los datos técnicos de la sección de correa adecuada para el caso supuesto es el representado en las siguientes tablas.

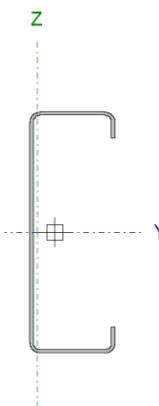
Perfil: CF-225x4.0Material: S235										
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas						
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)	y _g ⁽³⁾ (mm)	z _g ⁽³⁾ (mm)	
	0.870, 40.000, 8.232	0.870, 35.000, 8.232	5.000	16.20	1212.89	131.08	0.86	-16.42	0.00	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme										
	Pandeo		Pandeo lateral							
	Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
	β	0.00	1.00	0.00	0.00					
	L _K	0.000	5.000	0.000	0.000					
	C ₁	-		1.000						
Notación: β : Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico										

Tabla 4. Características perfil C

6.5 Materiales

Los principales materiales utilizados para realizar la estructura de este proyecto son el acero y el hormigón. Las siguientes tablas resumen el contenido de cada uno de ellos.

Resumen de medición													
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso			
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Material (m)	Perfil (m ³)	Serie (m ³)	Material (m ³)	Perfil (kg)	Serie (kg)	Material (kg)	
		HEB	HE 400 B	208.000			4.114			32296.78			
			HE 360 B	64.000			1.156			9073.34			
					272.000			5.270			41370.13		
			IPE 450, Simple con	248.387			4.126			23433.14			
			IPE 400	62.097			0.525			4119.03			
			IPE 270	345.000			1.584			12430.87			
			IPE 360	305.000			2.217			17406.20			
	S275	IPE											



Proyecto básico nave planta embotelladora

Acero laminado	L	L 50 x 50 x 6	375.269	960.483	0.214	8.451	1676.20	57389.23	
			375.269	375.269	0.214	0.214	1676.20	1676.20	
				1607.753		13.935		100435.55	

Tabla 5. Medición de acero

Resumen de medición del hormigón						
Material	Serie	Perfil	Volumen		Peso acero B500S	
			Serie (m3)	Total (m3)	Serie (kg)	Total (kg)
Hormigón	Hormigón limpieza	HL-150/B/20	31.9		0	
	Zapatas	HA-25/B/IIa	337.97		8027.04	
	Vigas de atado	HA-25/B/IIa	29.07		1540.36	
	Solera	HA-25/B/IIa	250		120	
				648.94		9687.4

Tabla 6. Medición de hormigón

7 PRESUPUESTO

El presupuesto de la presente obra se descompone los siguientes capítulos:

1 Acondicionamiento del terreno	23.615,48
2 Cimentaciones	116.150,00
3 Estructuras	235.873,78
4 Fachadas y particiones	51.030,55
5 Cubiertas	58.233,63
<hr/>	
Presupuesto de ejecución material	547.518,71
13% de gastos generales	71.177,43
6% de beneficio industrial	32.851,12
Suma	<hr/> 651.547,26
21% IVA	136.824,92
<hr/>	
Presupuesto de ejecución por contrata	788.372,18

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de SETECIENTOS OCHENTA Y OCHO MIL TRESCIENTOS SETENTA Y DOS CON DIECIOCHO CÉNTIMOS