



DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA  
MECÁNICA Y CONSTRUCCIÓN

# DISEÑO DE UN CENTRO LOGÍSTICO

**AUTOR:** JOAQUÍN MONDRAGÓN MECHÓ

**TUTOR:** DAVID HERNANDEZ FIGUEIRIDO

JULIO 2015



## RESUMEN

El presente proyecto tiene como objeto la definición de las obras necesarias para la proyección de una nave industrial, de uso como almacén logístico. Se elige este uso, ya que debido a un constante crecimiento por parte de las empresas, éstas se encuentran con el problema de la falta de sitio para almacenar el stock una vez acabado, y para solucionarlo muchas de ellas optan por la construcción de un almacén logístico, teniendo como función el correcto almacenaje y posterior distribución del material.

La nave se proyecta en un solar que pertenece a una zona industrial situada en Esparraguera. La estructura principal es de hormigón. Todos los cálculos han sido realizados de acuerdo a sus respectivas normas.

Además de realizar los cálculos necesarios para la cimentación, en los cálculos de la estructura de la nave tenemos en cuenta la normativa para el cumplimiento de la estructura en materia de protección contra incendios.

Los cálculos y diseños realizados quedan reflejados en los respectivos planos, definiendo y detallando los componentes que la integran.

En el diseño de la nave se tiene en cuenta el uso de la misma como almacén, por lo que se construye una zona para carga y descarga (9 muelles de carga con 9 entradas de tráiler más concretamente). A su vez se adjunta un anexo para el cálculo logístico donde se definen los parámetros de utilización del almacén y se calcula la capacidad del mismo.

También se tienen en cuenta las condiciones facultativas, económico-administrativas y técnicas de la ejecución de las obras descritas en el pliego de condiciones.

Se determinan las unidades de cada partida o unidad de obra que configuran la totalidad de la obra objeto del proyecto, y se realiza un presupuesto final en función de lo establecido.



## **CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA**

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>17</b>
1.1. Motivación para elegir este proyecto .....	17
1.2. Introducción y objeto del proyecto.....	17
1.3. Alcance del proyecto .....	18
1.4. Identificación del proyecto .....	18
1.4.1. Actividad a realizar .....	18
1.5. Clasificación de la actividad .....	18
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES.....</b>	<b>19</b>
2.1. Descripción general .....	19
2.1.1. Introducción .....	19
2.1.2. Zona de preparación de pedidos .....	19
2.1.3. Zona de recepción de mercancías .....	20
2.1.4. Zona de almacenamiento .....	20
2.2. Estanterías.....	21
<b>3. PROCESO LOGÍSTICO .....</b>	<b>22</b>
3.1. Definición de proceso logístico .....	22
<b>4. PROCESO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS .....</b>	<b>23</b>
4.1. Movimiento de tierras.....	23
4.2. Cimentación .....	24
4.3. Estructura .....	24
4.4. Cubierta .....	25
4.5. Puertas exteriores .....	25

## **CAPÍTULO 2: CÁLCULOS**

<b>5. OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
<b>6. PREDIMENSIONAMIENTO .....</b>	<b>30</b>

---

<b>7. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN .....</b>	<b>32</b>
7.1. Introducción .....	32
7.2. Acciones analizadas .....	32
7.3. Acciones permanentes .....	33
7.4. Acciones variables.....	33
7.4.1. Sobrecarga de uso .....	34
7.4.2. Nieve .....	34
7.4.3. Viento .....	36
<b>8. CUBIERTA.....</b>	<b>44</b>
<b>9. ESTRUCTURA .....</b>	<b>45</b>
9.4. Placas de anclaje .....	48
<b>10. CIMENTACIONES.....</b>	<b>49</b>
 <b><u>CAPÍTULO 3: SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO</u></b>	
<b>11. SEGURIDAD EN CASO DE INCENDIO.....</b>	<b>53</b>
11.1. Objetivo .....	53
11.2. Ámbito de aplicación .....	53
11.3. Inspecciones .....	54
11.4. Periodicidad .....	54
11.5. Caracterización de los establecimientos industriales en relación con la seguridad contra incendios. ....	55
11.5.1. Establecimiento .....	55
11.5.2. Características de los establecimientos industriales por su configuración y ubicación en relación con su entorno. ....	55
11.5.3. Caracterización de los establecimientos industriales por su nivel de riesgo intrínseco. ....	58
11.6. Sectorización de los establecimientos industriales. ....	61
11.7. Materiales. ....	62
11.8. Estabilidad al fuego de los elementos constructivos portantes. ....	63
11.9. Resistencia al fuego de elementos constructivos de cerramiento. ....	65

---

11.10. Evacuación de los establecimientos industriales .....	66
11.10.1. Origen de evacuación .....	67
11.10.2. Recorrido de evacuación .....	67
11.10.3. Recorridos de evacuación alternativos .....	68
11.10.4. Espacio exterior seguro .....	68
11.10.5. Salida de edificio .....	69
11.10.6. Número y disposición de salidas .....	69
11.11. Dimensionado de los medios de evacuación .....	70
11.11.1. Criterios para la asignación de los ocupantes .....	70
11.11.2. Cálculo .....	70
11.12. Ventilación y eliminación de humos y gases de la combustión .....	71
11.13. Almacenamientos .....	71
11.14. Requisitos de las instalaciones de protección contra incendios .....	73
11.14.1. Sistemas automáticos de detección de incendios .....	73
11.14.2. Sistemas manuales de alarma de incendio .....	73
11.14.3. Sistema de hidrantes exteriores .....	73
11.14.4. Extintores de incendio .....	74
11.14.5. Sistemas de bocas de incendio equipadas .....	75
11.14.6. Sistemas de columna seca .....	75
11.14.7. Sistemas de rociadores automáticos de agua .....	75
11.14.8. Sistemas de alumbrado de emergencia .....	75

## **CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO**

<b>12. CÁLCULO DEL COSTE ECONÓMICO .....</b>	<b>79</b>
12.1. Acondicionamiento del terreno .....	79
12.2. Cimentaciones .....	80
12.3. Estructura .....	83
12.4. Cubierta y cerramientos .....	92
12.5. Pinturas .....	95
12.6. Presupuesto total .....	96

## **CAPÍTULO 5: ANEXO**

<b>13. OBJETIVO, UTILIDAD Y RIESGOS NO PREVISTOS.....</b>	<b>99</b>
<b>14. DESCRIPCIÓN DE LAS OBRAS Y CARACTERÍSTICAS.....</b>	<b>100</b>
14.1. Descripción de las obras .....	100
14.2. Tecnología empleada .....	100
14.3. Proceso ordenado .....	101
<b>15. DEFINICIÓN DE LOS RIESGOS Y MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y PROTECCIÓN.....</b>	<b>102</b>
15.1. Protecciones .....	102
15.1.1. Protecciones individuales .....	102
15.1.2. Protecciones colectivas .....	103
15.2. Riesgos que pueden ser evitados .....	103
15.2.1. Peligros de electrocución .....	103
15.2.2. Caídas de altura por los agujeros de la construcción .....	103
15.2.3. Caídas del mismo nivel debido a los escombros .....	103
15.2.4. Caídas de objetos o interferencias peligrosas cuando intervengan varios subcontratistas .....	104
15.2.5. Golpes y caídas motivadas por la oscuridad .....	104
15.3. Riesgos para cada fase y medidas básicas de seguridad a emplear .....	104
15.3.1. Movimiento de tierras (nivelación, zanjas y zapatas para cimientos y alcantarillado) .....	104
15.3.2. Construcción de cimientos (montaje de las armaduras y vertidos del hormigón en las zanjas y los pozos directamente desde el camión) .....	105
15.3.3. Montaje de la estructura y cierres del edificio .....	106
15.3.4. Montaje de la cubierta .....	107
15.3.5. Pavimentación .....	108
15.3.6. Formación de cierres exteriores e interiores .....	109
15.3.7. Montaje de la instalación eléctrica .....	109
15.3.8. Instalaciones de fontanería .....	110



15.3.9. Carpinterías y cierres metálicos .....	111
15.3.10. Pinturas y barnices.....	111
<b>16. INFORMACIÓN .....</b>	<b>112</b>
<b>17. MEDECINA PREVENTIVA Y PRIMEROS AUXILIOS .....</b>	<b>113</b>
<b>18. PREVENCIÓN DE RIESGOS DE DAÑOS A TERCEROS.....</b>	<b>114</b>
<b>19. LIBRO DE INCIDENCIAS .....</b>	<b>115</b>
<b>20. PRESCRIPCIONES GENERALES DE SEGURIDAD.....</b>	<b>116</b>
<b>21. CONDICIONES DE LOS MEDIOS DE PROTECCIÓN.....</b>	<b>117</b>
<b>22. EQUIPOS DE PROTECCIÓN INDIVIDUAL .....</b>	<b>118</b>
<b>23. SERVICIOS DE PREVENCIÓN .....</b>	<b>119</b>
23.1. Servicio técnico de seguridad y salud .....	119
23.2. Servicio médico .....	119

---

## **CAPÍTULO 6: PLIEGO DE CONDICIONES**

<b>1. DISPOSICIONES DE CARÁCTER GENERAL .....</b>	<b>vi</b>
1.1. Objeto del pliego de condiciones .....	vi
1.1.1. Contrato de obra .....	vi
1.1.2. Documentación del contrato de obra .....	vi
1.1.3. Reglamentación urbanística .....	vii
1.1.4. Formalización del contrato de obra .....	vii
<b>2. CONDICIONES FACULTATIVAS .....</b>	<b>viii</b>
2.1. Delimitación general de funciones técnicas .....	viii
2.1.1. El Ingeniero Director .....	viii
2.1.2. El Ingeniero Técnico .....	viii
2.1.3. El constructor .....	ix
2.2. Verificación de los documentos del proyecto .....	x
2.3. Plan de seguridad e higiene .....	x
2.4. Jurisdicción competente .....	x
2.5. Responsabilidad del contratista .....	xii
2.6. Accidentes de trabajo .....	xi
2.7. Daños y perjuicios a terceros .....	xi
2.8. Copia de documentos .....	xiii
2.9. Suministro de materiales .....	xii
2.10. Causas de rescisión del contrato de obra .....	xii
2.11. Oficina en la obra .....	xiii
2.12. Prescripciones relativas a los trabajos y a los materiales .....	xiii
2.12.1. Accesos y vallados .....	xiii
2.12.2. Replanteo .....	xiv
2.12.3. Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución de los trabajos .....	xiv
2.12.4. Orden de los trabajos .....	xiv
2.12.5. Facilidades para otros contratistas .....	xv
2.12.6. Ampliación del proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor .....	xv
2.12.7. Interpretaciones, aclaraciones y modificaciones del proyecto .....	xv

2.12.8. Prórroga por causa de fuerza mayor .....	xvii
2.12.9. Responsabilidad de la dirección facultativa en el retraso de la obra .....	xvii
2.12.10. Condiciones generales de ejecución de los trabajos .....	xvi
2.12.11. Trabajos defectuosos .....	xvi
2.12.12. Vicios ocultos.....	xviii
2.12.13. Procedencia de materiales, aparatos y equipos .....	xvii
2.12.14. Presentación de muestras .....	xvii
2.12.15. Materiales no utilizables .....	xviii
2.12.16. Materiales, aparatos y equipos defectuosos.....	xviii
2.12.17. Gastos ocasionados por pruebas y ensayos .....	xviii
2.12.18. Limpieza de las obras .....	xixix
2.12.19. Obras sin prescripciones .....	xixx
2.13. Disposiciones de las recepciones de edificios y obras ajenas .....	xix
2.13.1. Consideraciones de carácter general .....	xix
2.13.2. Recepción provisional .....	xx
2.13.3. Documentación final de la obra .....	xx
2.13.4. Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra ....	xxii
2.13.5. Plazo de garantía.....	xxii
2.13.6. Conservación de las obras recibidas provisionalmente .....	xxi
2.13.7. Recepción definitiva .....	xxiii
2.13.8. Prórroga del plazo de garantía.....	xxiii
2.13.9. Recepciones de trabajos cuya contrata haya sido rescindida .....	xxii
<b>3. CONDICIONES ECONÓMICAS / ADMINISTRATIVAS .....</b>	<b>xxiii</b>
3.1. Principio general.....	xxiii
3.2. Fianzas .....	xxiii
3.2.1. Fianza provisional.....	xxiii
3.2.2. Ejecución de trabajos con cargo a la fianza .....	xxiv
3.2.3. Devolución de las fianzas .....	xxiv
3.2.4. Devolución de la fianza en el caso de efectuarse recepciones parciales ...	xxiv
3.3. Composición de los precios unitarios .....	xxiv
3.3.1. Precios contradictorios .....	xxv

3.3.2. Reclamación de aumento de precios .....	xxvi
3.3.3. Formas tradicionales de medir o aplicar los precios .....	xxvii
3.3.4. Revisión de los precios contratados .....	xxvi
3.3.5. Acopio de materiales .....	xxvi
3.4. Obras por administración .....	xxvii
3.4.1. Administración.....	xxvii
3.4.3. Obras por administración delegada o indirecta .....	xxvii
3.4.4. Liquidación por obras de administración.....	xxviii
3.4.5. Abono al constructor de las cuentas de administración delegada .....	xxviii
3.4.6. Responsabilidades del constructor.....	xxviii
3.5. Valoración y abonos de los trabajos.....	xxix
3.5.1. Formas varias de abono de las obras.....	xxix
3.5.2. Relaciones valoradas y certificaciones .....	xxix
3.5.3. Mejoras de obras libremente ejecutadas .....	xxx
3.5.4. Abono de trabajos presupuestados con partidaalzada.....	xxx
3.5.5. Abono de trabajos especiales no contratados .....	xxxí
3.5.6. Abono de trabajos efectuados durante el plazo de garantía.....	xxxí
3.5.7. Abono de agotamientos y otros trabajos.....	xxxii
3.5.8. Pagos .....	xxxii
3.6. Indemnizaciones mutuas .....	xxxii
3.6.1. Indemnización por retraso del plazo de terminación de las obras .....	xxxii
3.6.2. Demora de los pagos .....	xxxii
3.7. Varios.....	xxxiii
3.7.1. Mejoras, aumentos y / o reducciones de obra .....	xxxiii
3.7.2. Unidades de obra defectuosas pero aceptables .....	xxxiii
3.7.3. Seguro de las obras.....	xxxiv
3.7.4. Conservación de la obra .....	xxxiv
3.7.5. Uso por el contratista del edificio o bienes del propietario .....	xxxv
3.8. Retenciones en concepto de garantía .....	xxxv
3.9. Plazos de ejecución: planning de obra .....	xxxvi
3.10. Liquidación económica de las obras.....	xxxvi
3.11. Liquidación final de la obra .....	xxxvi

<b>4. PRESCRIPCIONES SOBRE LOS MATERIALES .....</b>	<b>xxxvii</b>
4.1. Condiciones generales .....	xxxvii
4.1.1. Calidad de los materiales .....	xxxvii
4.1.2. Pruebas y ensayos de materiales .....	xxxvii
4.1.3. Materiales no consignados en el proyecto .....	xxxvii
4.1.4. Condiciones generales de ejecución .....	xxxviii

## **CAPÍTULO 7: PLANOS**



# CAPÍTULO 1

## MEMORIA DESCRIPTIVA





## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Motivación para elegir este proyecto**

Para la realización del proyecto elegí el área del diseño de estructuras. La razón por la que lo elegí fue la libertad que tienes a la hora de la construcción de una estructura, siempre y cuando te encuentres dentro de los márgenes impuestos en las distintas normativas. Además, este proyecto engloba lo estudiado en diversas asignaturas de la carrera que despertaron un gran interés en mi persona.

Dentro de los proyectos que se pueden realizar en el diseño de una estructura, escogí la construcción de un centro logístico porque éstos son muy necesarios en grandes empresas que necesitan almacenar todos sus productos en un lugar en el que no interfiera con el trabajo. Por tanto, la realización de este proyecto me ha supuesto una toma de contacto con la realidad.

### **1.2. Introducción y objeto del proyecto**

Debido a un constante crecimiento de las empresas, éstas se encuentran con el problema de la falta de sitio para almacenar el stock una vez acabado el proceso de producción. Para solucionarlo, muchas de ellas optan por la construcción de un almacén logístico teniendo como función el correcto almacenaje y posterior distribución del material.

El presente proyecto tiene por objeto la definición de las obras necesarias para la construcción de un almacén logístico de 2.000 m<sup>2</sup> de superficie en una parcela de la zona industrial de Esparraguera.

Teniendo en cuenta la afectación urbana, se considerará especialmente el no ocasionar molestias innecesarias, respetando los límites de actuación, dispensando un buen trato a los vecinos y coordinando con el ayuntamiento los cortes de tránsito o entradas de material o maquinaria.

Este proyecto se ha realizado buscando las soluciones más prácticas y racionales para la construcción de un almacén. Dicho almacén se proyecta de forma que integra las funciones operativas y administrativas de un almacén de distribución.

### **1.3. Alcance del proyecto**

El proyecto parte de una zona industrial situada en Esparraguera y se pretende construir la estructura de un almacén logístico.

En el presente proyecto realizaremos los cálculos necesarios para el diseño de la estructura. Comenzaremos realizando los cálculos necesarios para el correcto diseño de la estructura y seguiremos con los relativos a la cimentación. Además, incluiremos las estimaciones pertinentes para asegurar que el diseño de la nave cumple con la normativa de seguridad estructural en caso de incendio.

### **1.4. Identificación del proyecto**

#### **1.4.1. Actividad a realizar**

La actividad industrial principal a realizar será el almacenamiento y distribución de mercancías, existiendo también oficinas de desarrollo.

### **1.5. Clasificación de la actividad**

Según la Clasificación Nacional de Actividades Económicas, la actividad correspondiente al edificio a construir es:

Sección H: Transporte y Almacenamiento

5210 Depósito y almacenamiento

## **2. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LAS INSTALACIONES**

### **2.1. Descripción general**

#### **2.1.1. Introducción**

La instalación proyectada en este trabajo es una nave industrial, cuyas dimensiones horizontales y alturas quedan plasmadas en los planos correspondientes. Dentro de la nave podremos diferenciar tres zonas, cada una de las cuales es destinada a una operación específica. Procedemos a su explicación:

La primera zona (Zona A) está destinada a la preparación de los pedidos solicitados y a su posterior carga en el vehículo de transporte correspondiente.

La segunda zona (Zona B) está destinada a la recepción de pedidos y la entrada de mercancía en el almacén.

La tercera zona (Zona C) está destinada al almacenamiento y catalogación de los pedidos recibidos.

#### **2.1.2. Zona de preparación de pedidos**

Esta zona está situada dentro de la nave. En ella se reciben los pedidos y se gestionan las órdenes que dichos pedidos conllevan. Una vez recibida la orden, se procede a la localización del pedido solicitado y a su traslado desde las estanterías de la zona de almacenamiento hasta la zona de preparación de pedidos (con la ayuda de carretillas contrapesadas en el caso de que fuese necesario). Una vez en la zona de preparación de pedidos, se coloca en europalets (de medidas 1,2 m x 0,8 m) y se procede a la comprobación, por parte de la persona responsable, de que la carga preparada es la correcta.

Una vez los palets listos y comprobados, se cargan al camión correspondiente con la ayuda de las carretillas contrapesadas a través de los diferentes muelles de carga asignados para esta zona.

### **2.1.3. Zona de recepción de mercancías**

Los camiones entraran al recinto en el que se encuentra la nave industrial previo paso por un control de seguridad situado a la entrada. En dicho control, el transportista deberá mostrar al encargado de la seguridad un papel en el que acredite la carga transportada. Una vez superado el control, el transportista situará su camión en el muelle de carga que le ha sido indicado en el control de seguridad.

Una vez el camión aparcado en el muelle correspondiente, el transportista entrará en la nave y se dirigirá a la persona responsable de la zona de recepción de mercancías, entregando la documentación correspondiente a la carga transportada al oficial responsable. Dicho oficial realizará la revisión de la carga que se transporta en el interior del camión, y una vez la carga comprobada, se descargará el camión con la ayuda de carretillas contrapesadas.

Una vez la mercancía descargada del camión, se procederá a su catalogación y a su posterior almacenamiento de la zona destinada para ello.

### **2.1.4. Zona de almacenamiento**

Esta zona es a la que está destinada la mayor parte de la superficie de la nave industrial. Consta de 900 m<sup>2</sup> y en ella podemos encontrar 10 estanterías y 5 pasillos. Dentro de la zona de almacenamiento se realizarán trabajos destinados a la preparación de los pedidos y trabajos destinados a la recepción de mercancías.

Los trabajos cuyo objetivo es la preparación de mercancías, consisten en la búsqueda de los productos necesarios para acometer los pedidos demandados para posteriormente trasladarlos desde la zona de almacenamiento hasta la zona de preparación de pedidos.

Los trabajos destinados a la recepción de mercancías consisten en realizar la operación contraria a la citada anteriormente. La mercancía, ya catalogada, es recibida, de la zona de recepción de mercancías y se procede al almacenamiento de dicha mercancía en su sitio correspondiente teniendo un registro de la ubicación en la que es almacenada.

La zona de almacenamiento dispondrá de los coordinadores necesarios para poder tener un perfecto control de la situación de los paquetes almacenados, así como su ubicación. Este control se realizará mediante el uso de un listado que se irá actualizando en cada momento en función de los pedidos que salgan y que sean recibidos en la nave.

## **2.2. Estanterías**

El almacén logístico constará de 10 estanterías ubicadas en la zona de almacenamiento. Dichas estanterías se construyen de forma que se optimice el espacio para almacenar la máxima cantidad de paquetes posibles pero sin poner en riesgo la integridad de ninguno de ellos.

Las estanterías tendrán una longitud de 40 m y una altura de 7,2 m. En las estanterías interiores situaremos dos zonas de paso de 2,5 m de anchura y 3,6 m de altura para facilitar el tránsito del personal y así agilizar las operaciones de almacenaje. La separación entre estanterías es de 2 m para facilitar el manejo de la mercancía y del mismo modo se deja una separación de 10 m desde la estantería hasta la pared trasera de la nave.

Las estanterías situadas contra las paredes tendrán un única abertura en ellas coincidiendo con la puerta sobre la que estarán situada y con unas dimensiones iguales a las de ésta.

Las estanterías serán de acero y estarán constituidas por bloques de 2,5 m de anchura y 7,2 m de altura. Poseerán 6 alturas y se podrán almacenar dos paquetes por altura. Los paquetes podrán tener unas dimensiones de 1 m de ancho por 1 m de alto. Para ofrecer mayor versatilidad, los estantes son desmontables permitiendo así el almacenamiento de equipos de mayor tamaño.

### **3. PROCESO LOGÍSTICO**

#### **3.1. Definición de proceso logístico**

El factor al que más atención se le ha prestado a la hora de diseñar el almacén ha sido la importancia de que los procesos de carga y descarga se realicen con la mayor brevedad posible con tal de reducir costes. Se diseñan 9 muelles de carga y se deja una anchura de 5 m entre cada muelle. Las puertas estarán situadas en las dos fachadas laterales de la nave. En un lado se dispondrán 5 puertas destinadas a la recepción de pedidos mientras que en la fachada opuesta se encontrarán las 4 puertas restantes que serán destinadas a la carga de pedidos. De esta manera, al estar separadas las zonas de carga y de descarga de mercancías se facilita el proceso logístico disminuyendo de esta forma los tiempos de espera.

Además internamente se encuentran separadas las zonas de preparación de mercancías y la de recepción de pedidos, cosa que facilitará la realización de ambas operaciones a la vez de una manera más organizada.

## **4. PROCESO DE EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

En el presente apartado se fija un proceso de ejecución de las obras con objeto de definir y ordenar el conjunto de las operaciones a realizar en dicha construcción. Se detalla y se especifica la manera de ejecutar cada una de ellas, manteniendo el orden y coordinación entre las diferentes operaciones.

### **4.1. Movimiento de tierras**

La ejecución comenzará con una limpieza general del terreno, quitando todo tipo de tierra vegetal y estorbos. Todo el material recogido será transportado por camiones hacia el vertedero.

Se realizará el replanteo para realizar las tareas de excavación de las bases.

Se colocarán unas vallas de 2 m de altura alrededor del perímetro de la parcela para realizar las tareas de la obra sin causar ningún problema y evitar que personas ajenas a la misma tengan accidentes.

Para realizar la excavación se utilizarán las siguientes máquinas e instrumentos: barreta, perforador neumático, hoja ancha cortante, sierras mecánicas, barrenas, apisonadoras, excavadoras de pluma y cuchara, niveladoras y palas aplanadoras zanjadoras, draga de pluma y cuchara, tablonos, paneles de madera laminado, bombas, etc.

Se efectuará la excavación de pozos para las zapatas de los pilares y para la colocación de las vigas de atado de las zapatas. Tendremos en cuenta que no todas las zapatas tendrán las mismas dimensiones por lo que la excavación previa también será diferente en función de la zapata a la que se corresponde. Distinguiremos cinco tipos de zapatas diferentes, cuyas dimensiones serán:

- 270x270x60
- 190x190x55
- 310x310x70
- 90x90x40
- 280x280x65

Todas las unidades aquí descritas están en centímetros. Más adelante en el apartado de cálculos ya explicaremos con mayor detenimiento la geometría de las zapatas aquí descritas.

Por tanto, visto esto las excavaciones variarán entre los 40 y 70 cm.

La excavación se realizará de forma automática mediante máquinas especiales y se completará manualmente en aquellas zonas que se precise.

El volumen de tierra excedente se retirará de forma mecánica con camiones.

Una vez realizadas todas las tareas de limpieza del terreno a edificar y de los movimientos de tierras ya citados, se procederá a la cimentación de las zapatas y de las riostras.

#### **4.2. Cimentación**

La cimentación de la nave industrial la realizaremos mediante la colocación de zapatas de hormigón armado. Las zapatas serán unidas entre sí mediante la colocación de una viga de atado. Antes de colocar las zapatas y sobre la superficie de excavación en la que las situaremos, colocaremos una capa de hormigón llamada solera de asiento, cuya misión es crear una superficie plana y horizontal de apoyo para la zapata y al mismo tiempo evitar que penetre la lechada del hormigón estructural en el terreno y queden los áridos de la parte inferior mal recubiertos. El espesor que pondremos a esta solera será de 10 cm.

#### **4.3. Estructura**

Una vez tengamos toda la cimentación realizada, se procederá a la ejecución de la estructura, que básicamente está formada por unas correas que nos servirán para realizar la construcción del tejado, que a la vez están sujetas por los pilares de la nave. La sujeción de la fachada se realiza mediante vigas apoyadas en los pilares.



Todos los pilares y vigas utilizados en la obra son de acero laminado S275 y de acero conformado S235. En función de la posición en la que estén situados los pilares tendrán un perfil determinado u otro. Los dos pilares esquineros de la fachada frontal del edificio serán de perfil IPE 240, los seis pilares centrales (tres en la fachada delantera y tres en la fachada trasera) serán de perfil IPE 300, todos los pilares situados en las dos fachadas laterales (a excepción de los cuatros pilares esquineros) serán de perfil IPE 330 y por último los dos pilares esquineros de la fachada trasera serán de perfil IPE 400.

Las luces entre pilares serán iguales para todos los pórticos y tendrán una longitud de 20 m.

#### **4.4. Cubierta**

La cubierta se realizará con panel sándwich de 80 mm de espesor. Estos paneles serán sujetos mediante pernos a las correas de cubierta. Los pernos serán tapados mediante tapajuntas.

En los laterales de la cubierta se colocan los canalones para el recogido de las aguas pluviales. Se instalarán diez canales de desagüe (bajantes) por cada lateral (uno por cada dos pilares). Estos desagües serán de PVC de Ø 250 mm. El desagüe irá junto a la viga de los pilares, para ahorrar espacio.

#### **4.5. Puertas exteriores**

La nave constará de 11 puertas metálicas de 5 m de ancho por 6 m de alto que se distribuyen a lo largo de la nave de la siguiente manera:

- En la fachada izquierda de la nave se situarán 5 puertas separadas entre sí 5 m que serán destinadas a la descarga de material.
- En la fachada derecha tendremos 4 puertas separadas entre sí 5 m por las cuales se realizará las cargas de los materiales correspondientes.
- Además de las puertas descritas anteriormente, se situarán dos puertas más de las mismas dimensiones destinadas al trasiego de personas y a facilitar la circulación de las carretillas contrapesadas. Dichas puertas estarán ubicadas una en cada fachada situándose a 15 metros del comienzo de la nave en la fachada izquierda y a 40 metros del comienzo de la nave en la fachada derecha.



# CAPÍTULO 2

# CÁLCULOS



## **5. OBJETIVOS**

El presente documento contempla el dimensionado y cálculo de las estructuras del almacén que se desea edificar.

La nave consta de una planta baja de almacén más la zona de oficinas. La nave se diseña con 9 muelles de carga, con el objetivo de agilizar el proceso de carga y descarga de pedidos perdiendo el menor tiempo posible durante la realización de dichas acciones.

## 6. PREDIMENSIONAMIENTO

El primer paso a realizar para solucionar la estructura de la nave será realizar un pre dimensionamiento de la tipología de los pilares y vigas que vamos a necesitar para soportar la estructura. Este cálculo tendrá un valor orientativo que nos ayudará a entender mejor los resultados obtenidos mediante el programa de cálculo de estructuras utilizado (cype).

El primer paso para calcular los perfiles necesarios será calcular el radio de giro correspondiente de los pilares y de las vigas, tanto en el eje fuerte como en el eje débil. Para ello utilizaremos la siguiente fórmula:

$$i_{min} = \frac{f_y}{\lambda_{min}^2 * \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 * E}$$

Siendo  $f_y$  y  $E$  valores característicos del tipo de acero utilizado en la estructura. En nuestro caso el acero utilizado será el S275 y sus valores son:

$$f_y = 275 \text{ MPa}$$

$$E = 210 \text{ GPa}$$

$L_k$  es la longitud corregida y se obtendrá al multiplicar el coeficiente de pandeo por la longitud real de la barra que está siendo estudiada.

$$L_k = \beta * L$$

Empezaremos calculando el eje fuerte de la viga, el parámetro de pandeo elegido para este caso tiene como valor la unidad.

$$L_k = 20 \text{ m}$$

$$i = 11,52 \text{ cm}$$

El perfil correspondiente a este radio de giro sería **IPE 300**

Calculamos ahora el perfil del pilar en su eje fuerte. En este plano el coeficiente de pandeo aplicado será de 1,4.

$$L_k = 11,2 \text{ m}$$

$i = 6,45 \text{ cm}$

Por tanto tendremos un perfil **IPE 160**.

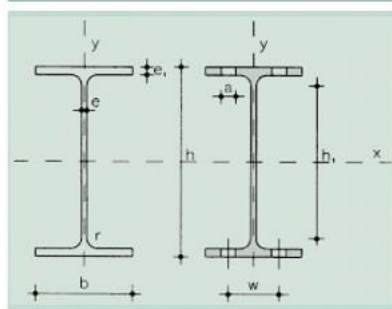
Por último calcularemos el perfil asociado al eje débil del pilar. En este caso el coeficiente de pandeo utilizado será de 0,7.

$L_k = 5,6 \text{ m}$

$i = 3,23 \text{ cm}$

El perfil correspondiente será **IPE 300**.

El valor de los perfiles han sido obtenidos consultando la siguiente tabla:



$A$ = Área de la sección	$I_t$ = Módulo de torsión de la sección
$S_x$ = Momento estático de media sección, respecto a X	$I_a$ = Módulo de alabeo de la sección
$I_x$ = Momento de inercia de la sección, respecto a X	$u$ = Perímetro de la sección
$W_x = 2I_x : h$ . Módulo resistente de la sección, respecto a X	$a$ = Diámetro del agujero del roblón normal
$i_x = \sqrt{I_x : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto a X	$w$ = Gramil, distancia entre ejes de agujeros
$I_y$ = Momento de inercia de la sección, respecto a Y	$h_1$ = Altura de la parte plana del alma
$W_y = 2I_y : b$ . Módulo resistente de la sección, respecto a Y	$p$ = Peso por m
$i_y = \sqrt{I_y : A}$ . Radio de giro de la sección, respecto a Y	

Perfil	Dimensiones							Términos de sección										Agujeros			Peso	
	h	b	e	e <sub>1</sub>	r <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	u	A	S <sub>x</sub>	I <sub>x</sub>	W <sub>x</sub>	i <sub>x</sub>	I <sub>y</sub>	W <sub>y</sub>	i <sub>y</sub>	I <sub>t</sub>	I <sub>a</sub>	w	a	e <sub>2</sub>		p
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup>	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>6</sup>	mm	mm	mm	kp/m	
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	60	328	7,64	11,6	80,1	20,0	3,24	8,49	3,69	1,05	0,721	118	—	—	3,8	6,00	C
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	75	400	10,30	19,7	171,0	34,2	4,07	15,90	5,79	1,24	1,140	351	—	—	4,1	8,10	C
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	93	475	13,20	30,4	318,0	53,0	4,90	27,70	8,65	1,45	1,770	890	35	—	4,4	10,40	C
IPE 140	140	73	4,7	6,9	7	112	551	16,40	44,2	541,0	77,3	5,74	44,90	12,30	1,65	2,630	1.981	40	11	4,7	12,90	C
IPE 160	160	82	5,0	7,4	9	127	623	20,10	61,9	869,0	109,0	6,58	68,30	16,70	1,84	3,640	3.959	44	13	5,0	15,80	P
IPE 180	180	91	5,3	8,0	9	146	698	23,90	83,2	1.320,0	146,0	7,42	101,00	22,20	2,05	5,060	7.431	48	13	5,3	18,80	P
IPE 200	200	100	5,6	8,5	12	159	788	28,50	110,0	1.940,0	194,0	8,26	142,00	28,50	2,24	6,670	12.990	52	13	5,6	22,40	P
IPE 220	220	110	5,9	9,2	12	178	848	33,40	143	2.770	252	9,11	205	37,3	2,48	9,15	22.670	58	17	5,9	26,20	P
IPE 240	240	120	6,2	9,8	15	190	922	39,10	183	3.890	324	9,97	284	47,3	2,69	12,00	37.390	65	17	6,2	30,70	P
IPE 270	270	135	6,6	10,2	15	220	1.040	45,90	242	5.790	429	11,20	420	62,2	3,02	15,40	70.580	72	21	6,6	36,10	P
IPE 300	300	150	7,1	10,7	15	249	1.160	53,80	314	8.360	557	12,50	604	80,5	3,35	20,10	125.900	80	23	7,1	42,20	P
IPE 330	330	160	7,5	11,5	18	271	1.250	62,60	402	11.770	713	13,70	788	98,5	3,55	26,50	199.100	85	25	7,5	49,10	P
IPE 360	360	170	8,0	12,7	18	299	1.350	72,70	510	16.270	904	15,00	1.040	123,0	3,79	37,30	313.600	90	25	8,0	57,10	P
IPE 400	400	180	8,6	13,5	21	331	1.470	84,50	654	23.130	1.160	16,50	1.320	146,0	3,95	48,30	490.000	95	28	8,6	66,30	P
IPE 450	450	190	9,4	14,6	21	379	1.610	98,80	851	33.740	1.500	18,50	1.680	176,0	4,12	65,90	791.000	100	28	9,4	77,60	P
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	426	1.740	116,00	1.100	48.200	1.990	20,40	2.140	214,0	4,31	91,80	1.249.000	110	28	10,2	90,70	P
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	468	1.880	134,00	1.390	67.120	2.440	22,30	2.670	254,0	4,45	122,00	1.884.000	115	28	11,1	106,00	C
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	514	2.010	155,00	1.760	92.080	3.070	24,30	3.390	308,0	4,66	172,00	2.846.000	120	28	12,0	122,0	C

## **7. ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN**

### **7.1. Introducción**

Lo primero a tener en cuenta para la realización de los cálculos es que todos ellos han de cumplir con la normativa correspondiente. Las exigencias que se han tenido en cuenta a la hora de realizar este proyecto son las que aparecen descritas en los respectivos documentos básicos que podemos encontrar en el Código Técnico de la Edificación. En función de la actividad calculada, seremos referenciados a un documento básico determinado.

### **7.2. Acciones analizadas**

A la hora del cálculo del proyecto, hemos de tener presente las cargas provocadas sobre la estructura por las diferentes acciones existentes.

Las acciones las podemos clasificar en dos grupos diferenciados:

- Acciones permanentes.
- Acciones variables.



### 7.3. Acciones permanentes

Como su propio nombre indica, estas acciones son permanentes sobre la nave y son independientes del entorno en el que haya sido situada la estructura. Las fuerzas a tener en cuenta en este apartado son aquellas debidas al peso propio de la estructura que compone la nave.

Peso propio cubierta 0,24 KN/m<sup>2</sup>

Peso propio estructura 0,2 KN/m<sup>2</sup>

TOTAL CARGA PERMANENTE 0,44 KN/m<sup>2</sup>

Las acciones permanentes debidas al peso propio de los materiales constructivos, así como de la propia estructura se establecen en 0,44 KN/m<sup>2</sup>, que se considerarán aplicados en la cubierta de la nave.

El peso propio aplicado en el pórtico interior:

$$g = r * G$$

Siendo r la cruja y G el total de la carga permanente.

$$g = 5 * 0,44 = 2,2 \text{ KN/m}$$

Calculamos la carga que será aplicada en el pórtico de fachada

$$g = r/2 * G = 1,1 \text{ KN/m}$$

### 7.4. Acciones variables

En este apartado se engloban todas aquellas fuerzas a las que está sometida la estructura pero que no poseen siempre el mismo valor. A diferencia de las acciones permanentes descritas en el apartado anterior, que siempre presentan valores de carga constantes para la estructura, las acciones variables varían la carga aplicada sobre la misma en función de una serie de parámetros.

Dentro de este apartado podemos clasificar las cargas en:

- Sobrecarga de uso
- Nieve
- Viento

#### 7.4.1. Sobrecarga de uso

Empezaremos determinando el valor que tendrá la sobrecarga de uso para nuestra nave. El valor de la sobrecarga viene determinado en el Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la Edificación. Según la Tabla 3.1 (Valores característicos de las sobrecargas de uso) de dicho documento tenemos que nuestra sobrecarga de uso tiene el valor de  $0,40 \text{ KN/m}^2$ , debido a que nos encontramos en el caso de cubiertas ligeras sobre correas.

Por lo tanto tendremos:

Sobrecarga de uso aplicada en el pórtico interior  $0,40 \text{ KN/m}^2$

Sobrecarga de uso aplicada en el pórtico de fachada  $0,20 \text{ KN/m}^2$

#### 7.4.2. Nieve

Continuando con el análisis de las cargas que son debidas a acciones variables procederemos ahora al estudio de las fuerzas debidas a la acción de la nieve.

El valor de la carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal,  $q_n$ , puede calcularse utilizando la siguiente fórmula:

$$Q_n = \mu * s_k$$

Siendo:

$\mu$  el coeficiente de forma de la cubierta

$s_k$  el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.

Como nuestra cubierta proyectada tiene una inclinación menor de  $30^\circ$  (tiene un valor de  $11,31^\circ$ ) y no hay ningún impedimento al deslizamiento de la nieve, podemos determinar,

$$\mu = 1$$

El valor de la carga de nieve en un terreno horizontal, es función de la altitud del emplazamiento en el que se está llevando a cabo la obra y de la zona climática en la que se encuentra dicho emplazamiento.

La zona climática y la altitud del emplazamiento aparecen en la Figura E.2 y en la Tabla E.2 del Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones de la edificación.



Figura E.2 Zonas climáticas de invierno

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m<sup>2</sup>)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Sabiendo que Esparraguera se encuentra a 187 m de altura sobre el nivel del mar, y que para la tabla E.2 no se puede interpolar, cogemos el valor inmediatamente superior.

De la figura E.2 sabemos que la obra tiene lugar en la zona climática 2 por lo que a partir de estos datos ya se puede obtener el valor de la carga de nieve.

$$Q_n = 0,5 * 1 = 0,5 \text{ KN/m}^2$$

Por tanto la carga de nieve que tendremos aplicada será:

Carga de nieve en el pórtico interior  $q_n = 2,5 \text{ KN/m}$

Carga de nieve en el pórtico de fachada  $q_n = 1,25 \text{ KN/m}$

### 7.4.3. Viento

El siguiente paso a realizar es la determinación de las cargas que se producen en la estructura debido a la acción del viento.

La acción del viento se puede considerar como una fuerza perpendicular a la superficie que puede obtenerse mediante

$$Q_e = q_b * c_e * c_p$$

Siendo:

$q_b$  la presión dinámica del viento.

$C_e$  el coeficiente de exposición, el cual es función de la altura del punto considerado.

$C_p$  coeficiente eólico o de presión. Depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento,

Para calcular las cargas de viento, empezaremos calculando la presión dinámica del viento.

#### 7.4.3.1. Presión dinámica del viento ( $q_b$ )

Según el Anejo D del Documento Básico de Seguridad Estructural: Acciones en la Edificación, el valor de la presión dinámica del viento lo podemos obtener de la fórmula:

$$q_b = 0,5 * \delta * v_b^2$$

Siendo:

$\delta$  la densidad del aire

$v_b$  la velocidad básica del viento,

Para la densidad del viento podemos coger un valor de  $1,25 \text{ Kg/m}^3$ . El valor básico de la velocidad del viento en cada lugar se obtiene de la siguiente figura:

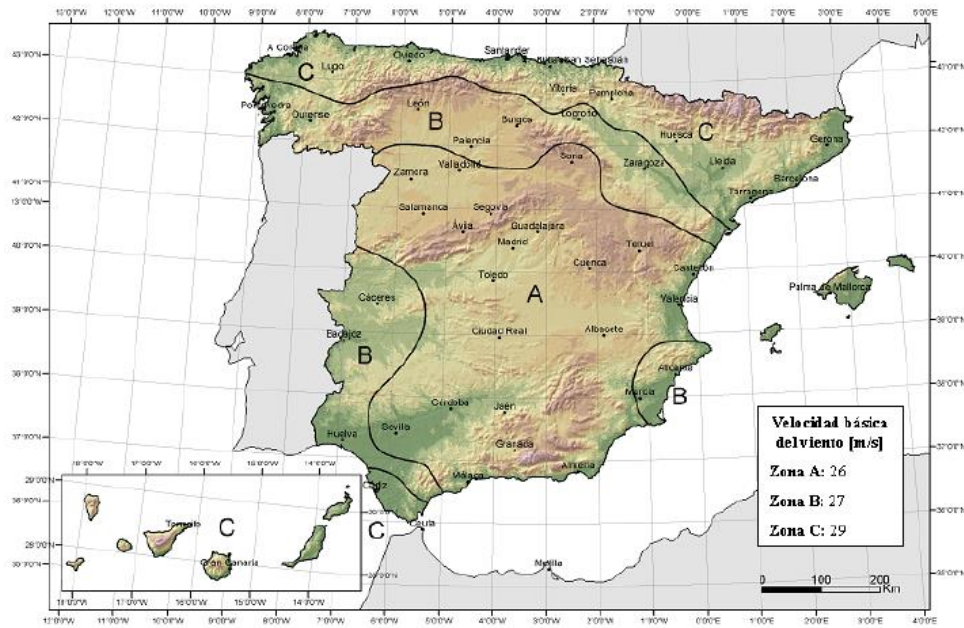


Figura D.1 Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$

La localización de la obra se encuentra de la zona C por lo que la velocidad básica del viento en este emplazamiento es de 29 m/s. Por tanto, una vez conocidos los valores de la densidad del aire y de la velocidad básica del viento podemos calcular el valor de la presión dinámica del viento, obteniendo un valor de  $0,52 \text{ KN/m}^2$ .

#### 7.4.3.2. Coeficiente de exposición

Según la normativa vigente, el coeficiente de exposición para alturas sobre el terreno que sean menores de 200 m se puede calcular utilizando las siguientes dos ecuaciones:

$$C_e = F * (F + 7 * x K)$$

$$F = K * \ln [\text{máx} (z, Z)/L]$$

Siendo K, L y Z parámetros característicos de cada tipo de entorno. Estos valores se obtienen de la siguiente tabla:

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
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	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Sabiendo que el grado de aspereza del entorno de la obra se puede clasificar como IV (debido a que la obra tiene lugar en una zona industrial), podemos coger los valores asociados a dicho grado de aspereza, obteniendo por lo tanto:

$$K = 0,22 \quad L = 0,3 \text{ m} \quad Z = 5 \text{ m}$$

Al resolver las dos ecuaciones obtenemos un coeficiente de exposición de valor 1,783.

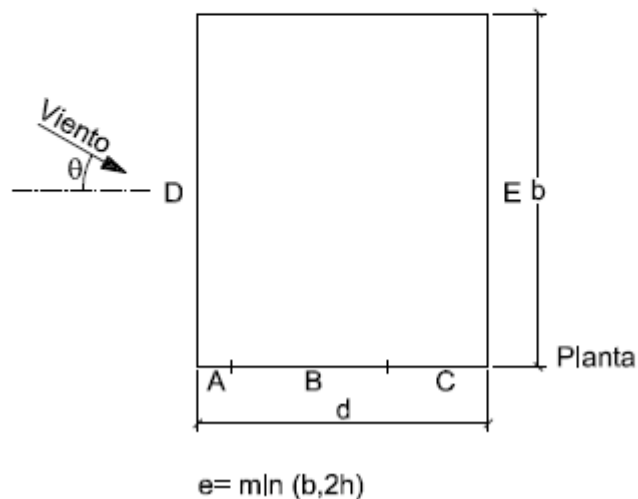
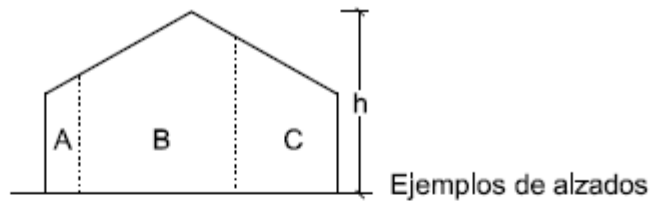
#### 7.4.3.3. Coeficiente eólico o de presión ( $c_p$ )

Una vez que ya hemos calculado la presión dinámica del viento y el coeficiente de exposición, solo nos queda por determinar el coeficiente eólico del viento para saber la carga que éste ejerce sobre la estructura. Para calcular este coeficiente, hemos de tener en cuenta la orientación de la nave en función de la dirección en la que sopla el viento.

Calcularemos tres hipótesis diferentes en función del sentido en el que sople el viento.

##### HIPÓTESIS 1:

Para esta hipótesis utilizaremos los datos obtenidos en la tabla D.3 del Anejo D del Documento Básico de seguridad estructural acciones en la edificación



A (m <sup>2</sup> )	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	≤ 0,25	"	"	"	"	-0,3

Teniendo en cuenta que el área es mayor que 10 m<sup>2</sup> y que h/d = 0,5, interpolaremos los valores de la tabla anterior para obtener el valor exacto de c<sub>p</sub>. Una vez realizada la interpolación obtenemos los siguientes valores:

$$\text{ZONA A: } C_p = -1,2$$

$$\text{ZONA B: } C_p = -0,8$$

$$\text{ZONA C: } C_p = -0,5$$

$$\text{ZONA D: } C_p = 0,73$$

$$\text{ZONA E: } C_p = -0,3667$$

Una vez los valores de c<sub>p</sub> calculados, pasamos a resolver la ecuación planteada al principio de este apartado para calcular el valor de la acción del viento en cada una de las distintas zonas de la nave, obteniendo el siguiente valor:

$$\text{ZONA A: } q_e = -1,1126 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA B: } q_e = -0,7417 \text{ KN/m}^2$$

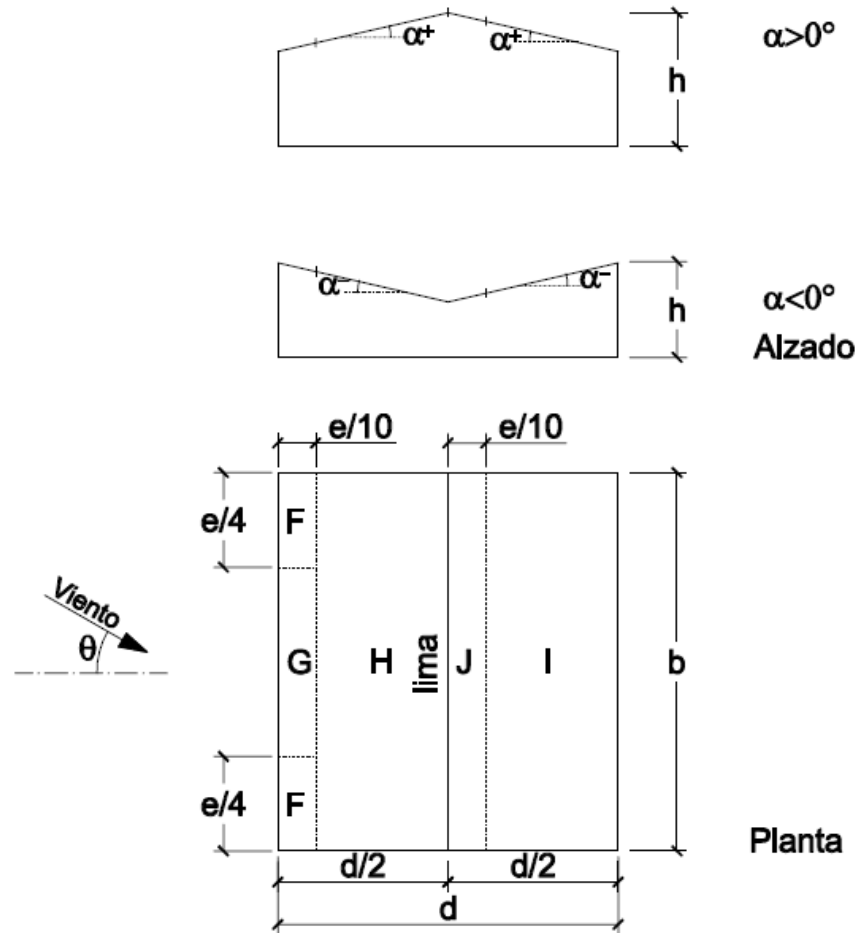
$$\text{ZONA C: } q_e = -0,4636 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA D: } q_e = 0,6768 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA E: } q_e = -0,34 \text{ KN/m}^2$$

HIPÓTESIS 2:

Los datos utilizados para esta hipótesis están obtenidos de la tabla D.6 Cubiertas a dos aguas, que se encuentra en el mismo anejo que hemos utilizado en la hipótesis anterior.





Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura)				
		F	G	H	I	J
-45°	≥ 10	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1
	≤ 1	-0,6	-0,6	-0,8	-0,7	-1,5
-30°	≥ 10	-1,1	-0,8	-0,8	-0,6	-0,8
	≤ 1	-2	-1,5	-0,8	-0,6	-1,4
-15°	≥ 10	-2,5	-1,3	-0,9	-0,5	-0,7
	≤ 1	-2,8	-2	-1,2	-0,5	-1,2
-5°	≥ 10	-2,3	-1,2	-0,8	0,2	0,2
	≤ 1	-2,5	-2	-1,2	0,2	0,2
5°	≥ 10	-1,7	-1,2	-0,6	-0,6	0,2
	≤ 1	+0,0	+0,0	+0,0	-0,6	-0,6
15°	≥ 10	-0,9	-0,8	-0,3	-0,4	-1
	≤ 1	0,2	0,2	0,2	+0,0	+0,0
30°	≥ 10	-0,5	-0,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
45°	≥ 10	-1,5	-1,5	-0,2	-0,4	-0,5
	≤ 1	0,7	0,7	0,4	0	0
60°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0
75°	≥ 10	-0,0	-0,0	-0,0	-0,2	-0,3
	≤ 1	0,7	0,7	0,6	+0,0	+0,0

Al igual que hemos realizado en la hipótesis 1, cogeremos los valores de la tabla correspondientes e interpolaremos con ellos para obtener el valor exacto de  $c_p$ . Para ello primero es necesario calcular el ángulo que forma nuestra cubierta. Dicho ángulo tendrá un valor de:

$$\alpha = 11,31^\circ$$

Una vez esto calculado ya podemos pasar a realizar la interpolación, obteniendo los siguientes valores:

$$\text{ZONA F: } C_p = -1,1952; \quad C_p = 0,127$$

$$\text{ZONA G: } C_p = -0,9476; \quad C_p = 0,127$$

$$\text{ZONA H: } C_p = -0,4107; \quad C_p = 0,127$$

$$\text{ZONA I: } C_p = -0,4738$$

$$\text{ZONA J: } C_p = -0,5572$$

Calculamos ahora la acción del viento

$$\text{ZONA F: } q_e = -1,1081 \text{ KN/m}^2 \quad q_e = 0,1177 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA G: } q_e = -0,8786 \text{ KN/m}^2 \quad q_e = 0,1177 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA H: } q_e = -0,3808 \text{ KN/m}^2 \quad q_e = 0,1177 \text{ KN/m}^2$$

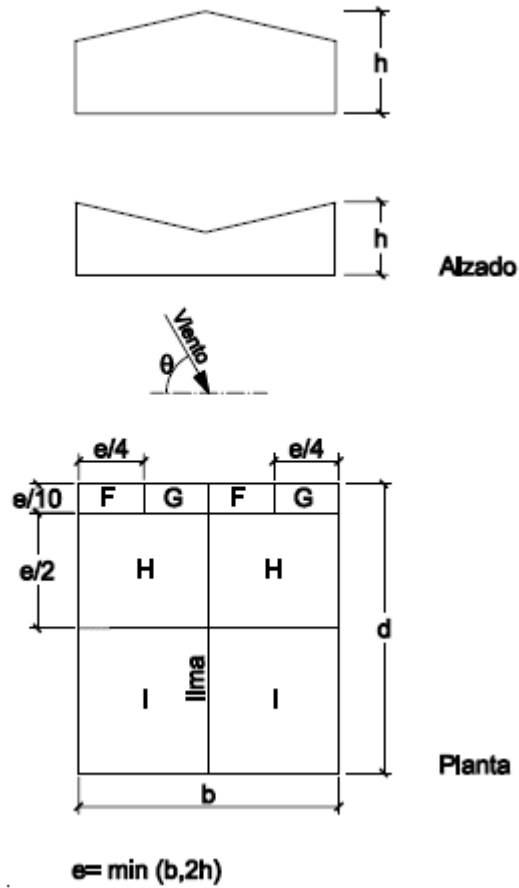
$$\text{ZONA I: } q_e = -0,4393 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA J: } q_e = -0,5166 \text{ KN/m}^2$$

Se puede observar que en algunas zonas se obtienen dos valores diferentes de acción del viento, esto es debido a que la acción del viento en dichas zonas puede variar de succión a presión y se han de considerar ambas situaciones.

### HIPÓTESIS 3

Para realizar los cálculos correspondientes a esta hipótesis también utilizaremos la tabla D.6 como en la hipótesis anterior pero con la diferencia que en esta hipótesis la dirección del viento es diferente con respecto a la hipótesis anterior. Por lo tanto los valores necesarios se obtendrán de la siguiente tabla:



Pendiente de la cubierta $\alpha$	A (m <sup>2</sup> )	Zona (según figura), $-45^\circ \leq \theta \leq 45^\circ$			
		F	G	H	I
-45°	$\geq 10$	-1,4	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,3	-1,2
-30°	$\geq 10$	-1,5	-1,2	-1,0	-0,9
	$\leq 1$	-2,1	-2,0	-1,3	-1,2
-15°	$\geq 10$	-1,9	-1,2	-0,8	-0,8
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
-5°	$\geq 10$	-1,8	-1,2	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,5	-2,0	-1,2	-1,2
5°	$\geq 10$	-1,6	-1,3	-0,7	-0,6
	$\leq 1$	-2,2	-2,0	-1,2	-0,6
15°	$\geq 10$	-1,3	-1,3	-0,6	-0,5
	$\leq 1$	-2,0	-2,0	-1,2	-0,5
30°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
45°	$\geq 10$	-1,1	-1,4	-0,9	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,2	-0,5
60°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5
75°	$\geq 10$	-1,1	-1,2	-0,8	-0,5
	$\leq 1$	-1,5	-2,0	-1,0	-0,5

Volvemos a interpolar los valores de la tabla tal y como se ha realizado en las dos hipótesis anteriores. Los valores calculados son los siguientes:

$$\text{ZONA F: } C_p = -1,4107$$

$$\text{ZONA G: } C_p = -1,3$$

$$\text{ZONA H: } C_p = -0,6939$$

$$\text{ZONA I: } C_p = -0,5369$$

Por último calculamos la acción del viento que se ha de tener en cuenta en las distintas zonas, obteniendo los siguientes resultados:

$$\text{ZONA F: } q_e = -1,3079 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA G: } q_e = -1,2053 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA H: } q_e = -0,5905 \text{ KN/m}^2$$

$$\text{ZONA I: } q_e = -0,4978 \text{ KN/m}^2$$

## 8. CUBIERTA

Se ha optado por elegir una cubierta tipo sándwich que tendrá 80 mm de espesor. Estará formada por dos chapas de acero galvanizado con una ligera separación entre ambas chapas. La separación existente entre ambas chapas se rellena con una inyección de espuma de poliuretano rígido, que sirve como aislante. Los paneles se colocan sobre los faldones y se fijan a las correas mediante pernos.

Debido a este tipo de panel sándwich elegido establecemos que las correas tienen que tener una separación entre ellas de 1,4 m (recomendación del fabricante). Se ha optado por elegir una correa del tipo IPE 100. Esta correa tiene un peso de  $0,06 \text{ KN/m}^2$  y su aprovechamiento es del 76,93%.

## 9. ESTRUCTURA

La nave construida tiene una superficie de  $2000 \text{ m}^2$ , teniendo una longitud de 100 m y un ancho de 20m, con una altura de cumbrera de 10 m y una altura en los extremos laterales de 8 m, formándose una cubierta con una inclinación de  $11,31^\circ$ .

Para la realización de la estructura se han utilizado perfiles IPE formados por acero laminado S275. Los cerramientos laterales serán paneles prefabricados de hormigón con un peso de  $2,7 \text{ KN/m}^2$  que apoyará sobre las vigas de atado de la cimentación. Además se ha de tener en cuenta que se ha realizado un forjado para poner la zona de oficinas, que tendrá unas dimensiones de 5 m de ancho y 20 m de largo y estarán situadas a 4 m de altura.

Colocamos cruces de san Andrés, tanto en la fachada delantera y en la trasera, como en los extremos de las dos fachadas laterales (el posicionamiento de dichas cruces queda determinado en los planos correspondientes), de esta forma conseguimos evitar que se puedan producir desplazamientos, tanto en el plano del pórtico como en el plano perpendicular a éste.

La tipología de los perfiles utilizados en cada uno de los pilares y de las vigas vienen determinados en los planos correspondientes. Los pilares variarán desde un perfil mínimo IPE 220 para los pilares de la zona de oficinas, hasta un perfil 400 para los pilares esquineros de la nave. Los diferentes pilares han sido agrupados, en la medida de lo posible, para facilitar su posterior construcción. Por su parte las vigas también han sido agrupadas, al igual que ha ocurrido en los pilares. En las vigas los perfiles varían desde un IPE 160 para las vigas de arriostramiento entre pórticos, hasta un IPE 330 para las vigas del techo de la nave.

Además de cumplir con todas las comprobaciones resistentes, los pilares y las vigas cumplen con la comprobación de flecha, siendo ésta limitada a  $L/250$  para pilares y a  $L/300$  para las vigas.

Para cumplir con la resistencia al fuego, se ha aplicado una capa de pintura intumescente, de  $0,10 \text{ W/(m}^2\text{K)}$  de conductividad, por la parte interna de los cerramientos de la nave.

Los pilares y vigas han sido agrupados en diferentes grupos, ahora pasaremos a describir los valores obtenidos para cada uno de los distintos elementos de la estructura.

### 9.1. FACHADA DELANTERA

Pilares extremos (IPE 240):

- Esbeltez reducida 1,11
- Área 39,10 cm<sup>2</sup>
- Límite elástico 275 MPa
- Axil crítico de pandeo elástico 875,28 KN

Pilares centrales (IPE 300):

- Esbeltez reducida 0,58
- Área 52,70 cm<sup>2</sup>
- Límite elástico 275 MPa
- Axil crítico de pando 4363,51 KN

Vigas de cumbrera (IPE 330):

- Esbeltez reducida 0,48
- Área 60,78 cm<sup>2</sup>
- Límite elástico 275 MPa
- Axil crítico de pandeo elástico 7278,08 KN

Vigas forjado oficinas (IPE 270):

- Esbeltez reducida 1,90
- Área 45,90 cm<sup>2</sup>
- Límite elástico 275 MPa
- Axil crítico de pandeo elástico 348,20 KN