



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

TRABAJO FIN DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES

**DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA
PORTANTE DE UN HOTEL DE TRES ALTURAS
CON UNA SUPERFICIE DE 270 m² POR
PLANTA, SITUADO EN XILXES
(CASTELLÓN).**

AUTORA: LUCÍA HERRERO GÓMEZ

TUTOR: ANDRÉS LAPUEBLA FERRI

COTUTORA: ANA ESPINÓS CAPILLA

Curso Académico: 2018-19

RESUMEN

En el presente trabajo de final de grado se va a diseñar y calcular la estructura metálica para un edificio de tres plantas de uso hotelero. La superficie por planta será aproximadamente de 270 m² y estará situado en la ciudad costera de Xilxes, en la provincia de Castellón.

La estructura la formarán pilares y vigas metálicos y un forjado de losas alveolares pretensadas. Para el dimensionado de la estructura se seguirá la norma del Código Técnico de la Edificación y la Instrucción del Hormigón Estructural y se seleccionarán también los elementos constructivos necesarios para ello.

Finalmente, el trabajo se completa con un presupuesto y los planos necesarios.

Palabras clave: hotel, simulación por ordenador, pilar, viga, estructuras de acero, cimentación.

RESUM

En el present treball de final de grau es dissenyarà i calcularà l'estructura metàl·lica per a un edifici de tres plantes d'ús hotel·ler. La superfície per planta serà aproximadament de 270 m² i estarà ubicat en la ciutat costanera de Xilxes, a la província de Castelló.

L'estructura la formaran pilars i bigues metàl·lics i un forjat de lloses alveolars pretensades. Per al dimensionament de l'estructura es seguirà la norma del Codi Tècnic de l'Edificació i la Instrucció del Formigó Estructural i es seleccionaràn també els elements constructius necessaris per a això.

Finalment, el treball es completa amb un pressupost i els plans necessaris.

Paraules clau: hotel, simulació per ordinador, pilar, biga, estructures d'acer, fonamentació.

ABSTRACT

In this final degree project, the metal structure for a three-storey hotel building will be designed and calculated. The surface area per floor will be approximately 270 m² and will be located in the coastal city of Xilxes, in the province of Castellón.

Metal pillar and beams and a forging of pretensed honeycomb slabs will form the structure. For the sizing of the structure, the standard of the Technical Building Code and the Structural Concrete Instruction will be followed and the necessary building elements will also be selected.

Finally, the work is completed with a budget and the necessary drawings.

Keywords: hotel, computer simulation, pillar, beam, steel structures, foundation.

ÍNDICE

I. MEMORIA.....	1
1. ANTECEDENTES.....	3
1.1. OBJETO DEL TRABAJO.....	3
1.2. ALCANCE.....	3
1.3. MOTIVACIÓN.....	3
1.4. JUSTIFICACIÓN.....	3
2. EMPLAZAMIENTO	4
2.1. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO	4
2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA	4
2.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO	5
3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO.....	5
3.1. PRESTACIONES DEL EDIFICIO.....	5
3.2. SUPERFICIES Y VOLÚMENES	7
3.3. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS	8
4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA	9
4.1. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA	9
4.2. ESTRUCTURA	10
4.2.1. ESTRUCTURA DE ACERO	10
4.2.2. FORJADO	11
4.3. CIMENTACIÓN	12
4.3.1. PLACAS DE ANCLAJE.....	12
4.3.2. ZAPATAS.....	13
4.3.3. VIGAS DE ATADO.....	14
5. NORMATIVA DE APLICACIÓN.....	14
5.1. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN	14
5.2. INSTRUCCIÓN DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL.....	15
5.3. NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE	15
6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	16
7. BIBLIOGRAFÍA	16

II. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL	17
1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL	19
1.1. SOFTWARE EMPLEADO	19
1.2. MÉTODO DE CÁLCULO.....	19
2. MATERIALES	20
2.1. ACEROS.....	20
2.2. HORMIGONES.....	20
3. ACCIONES	21
3.1. ACCIONES PERMANENTES.....	22
3.2. ACCIONES VARIABLES.....	24
3.2.1. SOBRECARGA DE USO	24
3.2.2. VIENTO	25
3.2.3. NIEVE.....	26
3.3. ACCIONES ACCIDENTALES	27
3.3.1. SISMO.....	27
3.3.2. INCENDIO	28
3.4. BASES DE CÁLCULO	28
3.4.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS.....	29
3.4.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	29
3.5. COMBINACIONES DE ACCIONES.....	29
3.5.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS.....	30
3.5.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO	31
4. PREDIMENSIONADO DE CANTO DE FORJADO.....	33
5. PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA	35
6. DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA.....	38
6.1. COEFICIENTES DE PANDEO	38
6.2. PILARES.....	40
6.3. VIGAS.....	53
6.4. CRUCES DE SAN ANDRÉS	66
6.5. CIMENTACIONES	68
6.5.1. ZAPATAS.....	69
6.5.2. VIGAS DE ATADO.....	72
6.5.3. PLACAS DE ANCLAJE.....	73

III. MEDICIONES Y PRESUPUESTO	77
1. CAPÍTULO 1: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO	79
2. CAPÍTULO 2: CIMENTACIONES	80
3. CAPÍTULO 3: ESTRUCTURAS.....	81
4. CAPÍTULO 4: FACHADAS	84
5. CAPÍTULO 5: FORJADO Y SOLADO	85
6. CAPÍTULO 6: CUBIERTA	87
7. PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN (PBL)	88
8. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO	89
IV. PLANOS	91
1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO	
2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA	
3. ALZADOS	
4. REPLANTEO	
5. CIMENTACIONES	
6. DETALLES DE CIMENTACIONES	
7. FORJADOS	
8. PÓRTICO PRINCIPALES	
9. PÓRTICOS LATERALES	
10. ESTRUCTURA 3D	

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

I. MEMORIA

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

1. ANTECEDENTES

1.1. OBJETO DEL TRABAJO

El objeto principal del presente trabajo de fin de grado (TFG) es el desarrollo de un edificio de tres plantas con estructuras metálicas y el cálculo de éstas para adecuarlo a su uso y situación de acuerdo con Código Técnico de la Edificación. Se dimensionarán vigas, pilares, forjados y cimentaciones priorizando el factor económico.

1.2. ALCANCE

El alcance de este proyecto es poner en práctica los conocimientos adquiridos durante el Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales en el ámbito de la construcción, de la edificación y de los materiales. Se desarrollará la estructura del hotel a partir de pilares, vigas y forjados de losa alveolar pretensada los cuales se dimensionarán cumpliendo con la normativa vigente. Se emplearán programas de diseño y cálculo utilizados durante los años de carrera y las acciones que se consideran para los cálculos serán las acciones permanentes y acciones variables.

Más adelante en el proyecto se desarrollan la normativa a seguir y los cálculos realizados. Estos se basan en la seguridad estructural de cimientos, acciones en la edificación y aceros.

No es objeto de alcance en este trabajo de final de grado el estudio de la seguridad en caso de incendio, de la seguridad de utilización y accesibilidad, el estudio de ahorro de energía, la salubridad o la protección frente al ruido. Así mismo, tampoco se va a calcular ningún tipo de instalación eléctrica o de climatización. Tampoco se tendrán en cuenta las acciones accidentales en las combinaciones de cálculo ni las acciones de pretensado.

Se incluyen también el presupuesto de realización de la obra y los planos.

1.3. MOTIVACIÓN

Como se ha comentado anteriormente, a lo largo de este trabajo se va a diseñar un edificio de tres plantas dedicado a uso hotelero en la ciudad de Xilxes y se va a dimensionar toda la estructura metálica del mismo.

Este trabajo servirá para poner en práctica los conocimientos obtenidos durante la carrera, especialmente de asignaturas como estructuras o tecnología de la construcción, ya que tras su entrega se obtiene el título del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

1.4. JUSTIFICACIÓN

El sector hotelero se sustenta principalmente por la demanda turística. La demanda turística es creciente en los meses de verano por lo que se selecciona un lugar de afluencia turística especialmente estos meses del año.

Se situará por tanto en un lugar de la costa del Mediterráneo, cercano a las principales ciudades. Una zona con fácil acceso, bien comunicada y que preste distintos servicios a la ciudadanía.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Por todo ello se decide emplazar la estructura en la ciudad de Xilxes, situada entre la carretera de Valencia-Castellón, a una distancia de la primera de 46 kilómetros y de la segunda de 35 kilómetros.

2. EMPLAZAMIENTO

2.1. DESCRIPCIÓN DEL EMPLAZAMIENTO

El emplazamiento del hotel se encuentra a la entrada del pueblo de Xilxes de forma que tiene fácil acceso desde la autovía AP-7. La parcela seleccionada se encuentra entre la calle Primero de mayo, la calle Número 7 y la calle Circunvalación, siendo un límite lateral colindante con parcela privada.

En el anejo correspondiente se puede consultar el plano de situación y de emplazamiento (1).



IMAGEN 1. Emplazamiento.

2.2. CARACTERÍSTICAS DE LA PARCELA

La parcela tiene una superficie total de 1.914m². Según el PGOU de Xilxes debe existir un retranqueo entre parcelas construidas de 3 metros y en los límites colindantes con calles de 2 metros, como se observa en los planos, estas medidas se cumplen.

El acceso al edificio será por las calles Primero de mayo y la calle número 7.

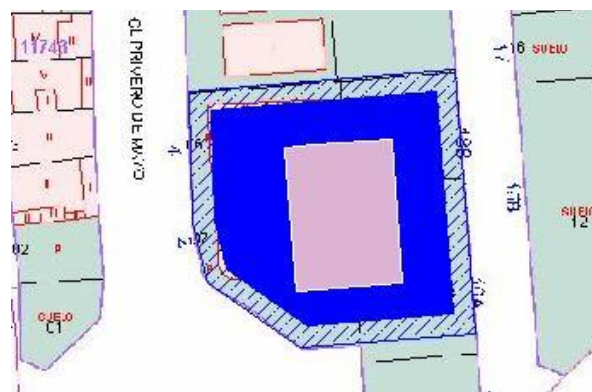


IMAGEN 2

A continuación, se calculan el coeficiente de edificabilidad y el coeficiente de ocupación que relacionan las características superficiales de la edificación con las características de la parcela. Estos valores están regulados mediante normativa municipal.

El coeficiente de edificabilidad relaciona la superficie de la parcela que se va a ocupar con los metros cuadrados construidos. Se expresa en metros cuadrados edificables por metro cuadrado de superficie (m²/m²). La edificabilidad del caso de estudio es de 2.375,1 m²/1.898,5m², o sea, un coeficiente de edificabilidad de 1,251 m²/m².

El coeficiente de ocupación describe la parte de parcela que se ocupa con la edificación. Para calcularlo se divide la superficie de la planta baja entre la superficie total de la parcela. Este coeficiente se expresa sin unidades. Para el caso de estudio tendrá un valor de 263,9/1.898,5, o sea 0,139.

2.3. ESTUDIO GEOTÉCNICO

Según el CTE-DB-SE-C [4] Artículo 3 (Código técnico de la edificación, documento básico, seguridad estructural cimientos): *“El estudio geotécnico es el compendio de información cuantificada en cuanto a las características del terreno en relación con el tipo de edificio previsto y el entorno donde se ubica, que es necesaria para proceder al análisis y dimensionado de los cimientos de este u otras obras”.*

Los estudios geotécnicos se realizan previos al inicio de cualquier obra de edificación. Se llevan a cabo una serie de sondeos sobre el terreno que posteriormente se analizan. El nombre de estos sondeos es reconocimiento del terreno. Se caracterizan así valores de tensión del terreno admisible o la profundidad del nivel freático. Con estos valores se determinan el tipo de cimentaciones necesarios, nivel del apoyo, modo de excavación o la contención de las paredes.

Los procedimientos para seguir, así como la programación de los ensayos a realizar y el contenido del estudio se pueden consultar en el anteriormente mencionado CTE-DB-SE-C (apartado 3, estudio geotécnico).

En el caso de estudio que acomete no se va a realizar un estudio geotécnico por lo que se toma un terreno tipo arena media compacta, cuya resistencia es de 2,0 kg/cm².

3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL EDIFICIO

3.1. PRESTACIONES DEL EDIFICIO

El edificio está formado por tres plantas cerradas y una azotea. Se trata de un hotel con la fachada principal situada hacia el este, en esta fachada se encuentran las ventanas y los balcones de las habitaciones principales.

La planta principal la forman una recepción, baños públicos, sala de estar con diversas formas de entretenimiento para los clientes, una cocina y un amplio comedor.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

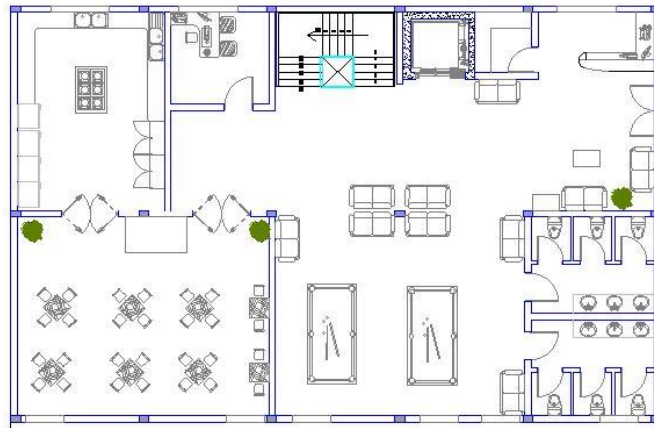


IMAGEN 3. Planta baja.

Las plantas primera y segunda están igual distribuidas y formadas por 7 habitaciones dobles, tres habitaciones de mayor tamaño y cuatro más pequeñas. Cuatro habitaciones se sitúan hacia el este, las tres restantes se sitúan hacia el oeste.

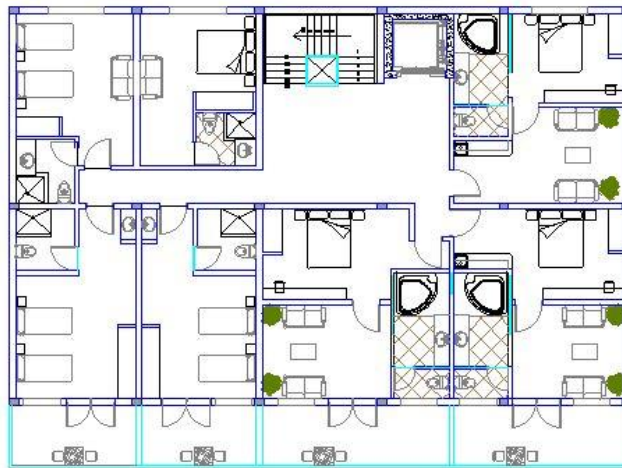


IMAGEN 4. Plantas primera y segunda.

La azotea es una zona común y transitable donde se dispone de mesas y tumbonas, una zona de bar y unos baños públicos. La azotea es abierta y está cerrada por antepechos para permitir que los huéspedes puedan disfrutar de las vistas.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

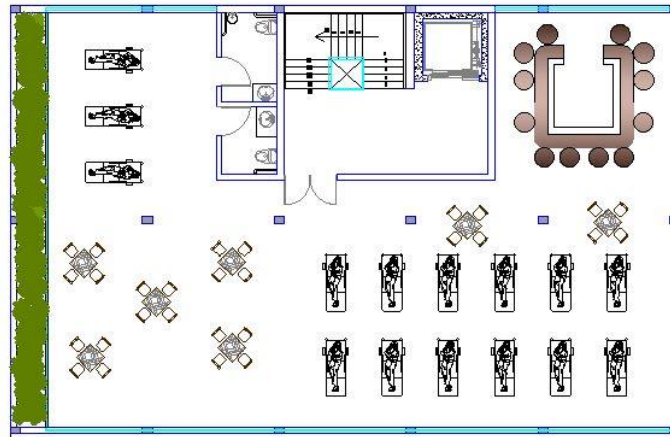


IMAGEN 5. Azotea.

El acceso a todas las plantas se puede realizar a través de las escaleras principales del edificio o del ascensor.

En los anejos del proyecto se añaden los planos de distribución en planta (3), donde se pueden consultar las partes en las que se divide el hotel.

3.2. SUPERFICIES Y VOLÚMENES

Se diseña el hotel con tres alturas sobre rasante.

La superficie de las plantas es de 263,9 m². Las plantas primera y segunda tienen unos balcones añadidos en la fachada este del edificio, siendo la superficie total del voladizo añadido de 40 m².

Para el cálculo del volumen del edificio no se tienen en cuenta los voladizos de las dos primeras plantas. Se establece una altura entre plantas de 3 metros por lo que la altura total del edificio es de 9 metros.

	TOTAL
PLANTA BAJA	263,90 m ²
PLANTAS PRIMERA Y SEGUNDA	306,01 m ²
AZOTEA	263,90 m ²
VOLUMEN	2.375,1 m ³

TABLA 1. Superficies y volúmenes.

Estos datos se han utilizado para el cálculo del coeficiente de edificabilidad y el coeficiente de ocupación.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

3.3. ELEMENTOS CONSTRUCTIVOS

Los elementos constructivos son los materiales que integran una obra.

Los elementos constructivos compartimentadores son los que forman los acabados de las superficies.

Para los acabados estructurales de la planta baja y las plantas primera y segunda se va a usar, en el caso de los suelos, *“parqué y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles”* (IMAGEN 6):



IMAGEN 6. Parqué y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles. Fuente: <https://pavidisseny.com>

Para las paredes de estas mismas plantas se utilizará *“guarnecido y enlucido de yeso”* (IMAGEN 7):



IMAGEN 7. Guarnecido y enlucido de yeso. Fuente: <https://shamrocollections.com>

En la azotea se utilizará como recubrimiento del suelo *“cubierta sobre forjado: cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida”* (IMAGEN 8):

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).



IMAGEN 8. Cubierta sobre forjado: cubierta plana, recrocido, con impermeabilización vista protegida. Fuente: <https://enriquealario.com>

Este acabado se usará también en los balcones volados de las plantas primera y segunda. Los acabados de las barandillas de los balcones y la azotea serán de cristal.

En el anexo de cálculo estructural se describen los pesos medios asociados a cada uno de los elementos descritos anteriormente.

4. DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

4.1. JUSTIFICACIÓN DE LA SOLUCIÓN ADOPTADA

La estructura la forman una serie de vigas y pilares metálicos de acero S275JR y un forjado de losas alveolares pretensadas. Es una estructura de seis pórticos con una luz 12,8 metros entre pilares extremos. La distancia entre pórticos paralelos (crujía) es de cuatro metros, lo que supone una longitud total de 20 metros.

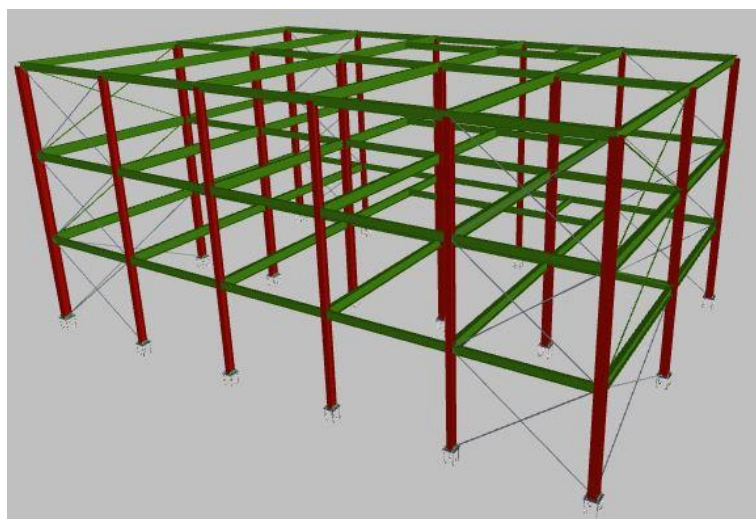


IMAGEN 9. Estructura 3D.

Cada pórtico está constituido a base de tres pilares y seis vigas que los unen. Las uniones de vigas y pilares en cada pórtico principal se realizan mediante nudos rígidos. En la dirección perpendicular a los pórticos principales, las vigas que unen estos pórticos entre sí también estarán unidas a ellos rígidamente. Las uniones entre vigas y pilares en ambas direcciones se ejecutarán soldadas.

La solución estructural que se da a los huecos del ascensor y de las escaleras en las distintas plantas del edificio es su cierre a partir de zunchos de borde, que recogerán las cargas de la escalera.

Además, se añaden cruces de arriostramiento en los dos pórticos de fachada y en las fachadas laterales que estarán apoyadas en las uniones con los pilares. Estas cruces se emplean principalmente para conseguir que la estructura en estos planos sea intraslacional.

La unión de la estructura con el terreno se hace a partir de cimentaciones superficiales. Éstas son las encargadas de transmitir las cargas al terreno. Previo al dimensionado de cimentaciones se debe conocer el informe geotécnico, la distribución de cargas y el tipo de la estructura. La cimentación estará formada por la placa base, que será del mismo acero que los pilares que sujete, y por la zapata, realizada con hormigón.

En los siguientes apartados se describe la solución adoptada para pilares, vigas, diagonales, placas de anclaje, zapatas y vigas de atado. Además, se describe en el apartado 5 de la memoria descriptiva la normativa que se ha seguido para llegar a la solución, así como su desarrollo y materiales seleccionados en el anexo de cálculo estructural.

4.2. ESTRUCTURA

4.2.1. ESTRUCTURA DE ACERO

La selección de la estructura es la que se describe a continuación. Para los pilares se usarán perfiles metálicos HEB laminados en caliente. Los perfiles de la clase HE tienen un mejor comportamiento a compresión y presentan inercias más compensadas en los dos ejes, por lo que será idóneos para soportar los esfuerzos laterales de viento.

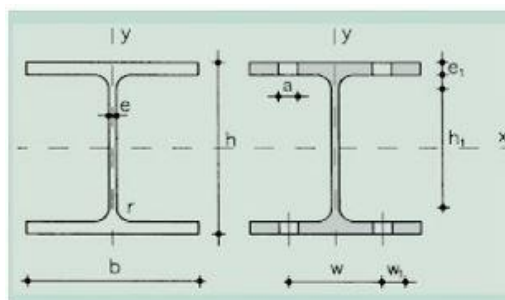


IMAGEN 10. Perfil HEB. Fuente: <https://ingemecanica.com>

Por otro lado, se emplearán perfiles IPE en todas las vigas de la estructura ya que estos elementos trabajarán principalmente a flexión en el plano del pórtico, disponiéndose su mayor inercia para soportar la flexión de dicho plano.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

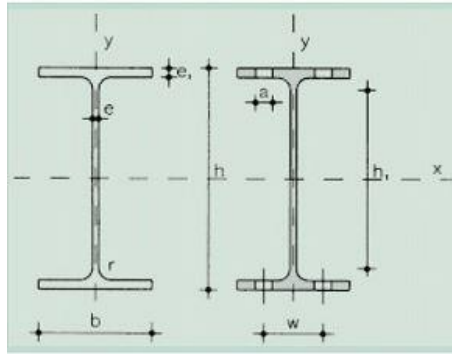


IMAGEN 11. Perfil IPE. Fuente: <https://ingemecanica.com>

Para las cruces de los pórticos principales se usan perfiles angulares L. Estos perfiles son laminados en caliente. Los perfiles angulares en L soportan mejor las fuerzas a tracción, por eso se utilizarán para las diagonales de arriostramiento.

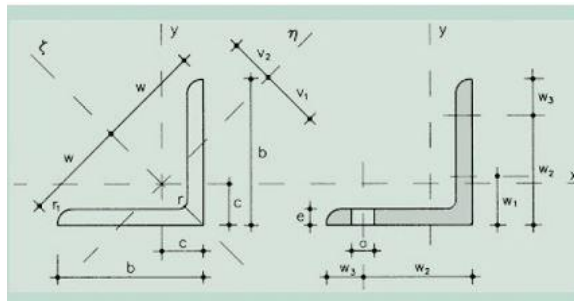


IMAGEN 12. Perfil L. Fuente: <https://ingemecanica.com>

En el anexo de cálculo estructural se adjuntan los cálculos desarrollados mediante el software empleado, CYPE 3D, para los pilares y vigas más solicitados de la estructura.

Finalmente, los perfiles utilizados son IPE240, IPE300 e IPE330. Los pilares serán: HEB 200 y HEB 260. El perfil seleccionado para las cruces de San Andrés es L 30x30x4, detallado en planos (8) y (9).

4.2.2. FORJADO

Las placas alveolares son elementos horizontales de hormigón pretensado, de canto constante y aligerado mediante alveolos. Estos elementos ofrecen gran capacidad resistente a flexión para luces intermedias, por lo que con cantos menores se cubren más áreas de forjado que con otras soluciones.



IMAGEN 13. Placa alveolar. Fuente: <http://www.viprocosa.com>

Se detalla en el apartado 4 del anexo de cálculo estructural el predimensionado del canto de la placa alveolar, la elección del forjado y las características mecánicas de la placa elegida. En el plano 7 se detalla su distribución y medidas en planta.

4.3. CIMENTACIÓN

Las cimentaciones son los elementos que soportan todas las cargas de la estructura y que transmiten al terreno las solicitaciones.

Se puede consultar la distribución y medidas de las cimentaciones en el plano de replanteo (4) y en el plano de cimentación (5).

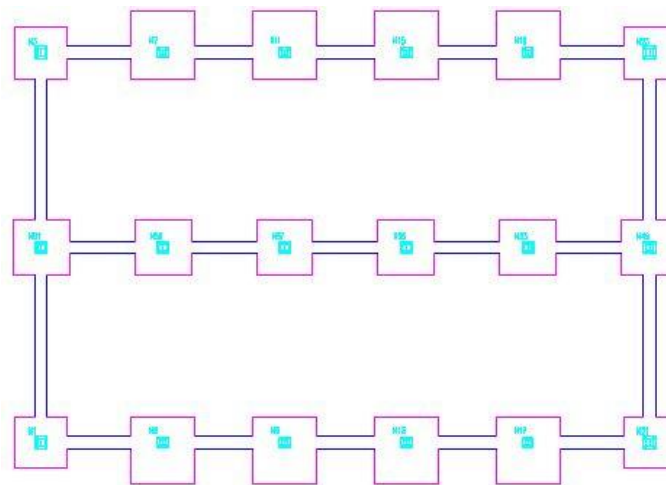


IMAGEN 14. Disposición de cimentaciones.

4.3.1. PLACAS DE ANCLAJE

En las bases de los pilares se encuentran las placas de anclaje, que son las encargadas de transmitir los esfuerzos que recibe del pilar a la cimentación. Además, garantizan la ubicación del pilar, los nivelan y aseguran su verticalidad.

Las placas de anclaje las forman la placa base, las cartelas de rigidez y los pernos. La placa base será del mismo acero que los pilares (S275JR) para realizar la soldadura. Las cartelas aumentan la rigidez de la placa así que se usarán si existe la necesidad de que aguanten esfuerzos de flexión.

Los pernos son los encargados de garantizar el anclaje de la placa a la cimentación. En el caso de estudio se pondrán en las placas base un mínimo de cuatro pernos. La longitud de anclaje de los pernos debe ser suficiente para impedir la pérdida de adherencia antes de que el perno alcance la solicitación máxima.

La placa base se diseña para soportar esfuerzos axiales de compresión o de tracción, momentos flectores, esfuerzos cortantes (estos últimos según uno o ambos ejes del pilar). Se verifican los estados límite para la combinación de cálculo más desfavorable.

La solución estructural adoptada para las placas de anclaje de la estructura del proyecto varía con las dimensiones de los pilares (IMAGEN 15).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

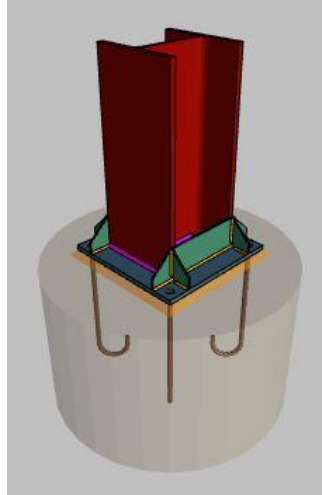


IMAGEN 15. Placa de anclaje.

4.3.2. ZAPATAS

Las zapatas realizan la unión de la estructura con el terreno.

En las zapatas se usará un hormigón de limpieza que se colocará en todas las cimentaciones, ya que son de hormigón armado, para evitar la desecación de este o su contaminación.

Se adoptan dos tipos de zapatas para la solución final, zapatas cuadradas (IMAGEN 16) en los pilares centrales y los cuatro pilares de las esquinas de la estructura y zapatas excéntricas (IMAGEN 30) para los pilares de los laterales. Todas ellas tendrán armaduras en la base, ya que soportan principalmente fuerzas de compresión.

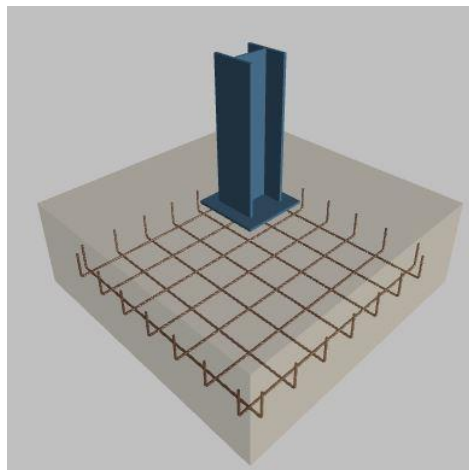


IMAGEN 16. Zapata cuadrada.

4.3.3. VIGAS DE ATADO

Para la unión de los cimientos se recurrirá a vigas de atado. Estas vigas de atado están construidas a partir de hormigón armado y su función es la de absorber las acciones que pueden recibir los cimientos. En las vigas de atado se usa también hormigón de limpieza.

Las vigas de atado de la solución son todas de tamaño 40 cm x 40 cm.

5. NORMATIVA DE APLICACIÓN

En este apartado se va a desarrollar la normativa a seguir para la ejecución y el desarrollo del presente proyecto, aplicado en el anexo de cálculo estructural. Estas normativas son el Código Técnico de la Edificación y la Instrucción del Hormigón Estructural.

5.1. CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN

“El Código Técnico de la Edificación (CTE), es el marco normativo que establece y desarrolla las exigencias básicas de calidad de los edificios y sus instalaciones, permitiendo demostrar que se satisfacen los requisitos básicos de la edificación que establece la Ley”.

El CTE está formado por seis documentos básicos. Los documentos que se utilizan para el desarrollo de este trabajo son:

- **Documento Básico de Seguridad Estructural (DB-SE) [1]** que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural. Según el DB-SE: *“La correcta aplicación del conjunto de DB supone que se satisface el requisito básico ‘Seguridad estructural’”*. Este documento constituye la base para los siguientes cinco documentos:
 - **Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la Edificación (DB-SE-AE) [3]**, que según se establece en el mismo: *“El campo de aplicación de este Documento Básico es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural (capacidad portante y estabilidad) y aptitud al servicio, establecidos en el DB-SE”*.
 - **Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos (DB-SE-C) [4]** cuyo ámbito de aplicación es *“el de la seguridad estructural, capacidad portante y aptitud al servicio, de los elementos de cimentación y, en su caso, de contención de todo tipo de edificios, en relación con el terreno, independientemente de lo que afecta al elemento propiamente dicho, que se regula en los Documentos Básicos relativos a la seguridad estructural de los diferentes materiales o la instrucción EHE”*.
 - **Documento Básico de Seguridad Estructural Acero (DB-SE-A) [2]** que *“se destina a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación. No se contemplan, por tanto, aspectos propios de otros campos de la construcción (puentes, silos, chimeneas, antenas, tanques, etc.). Tampoco se tratan aspectos relativos a elementos que, por su carácter específico, requieren consideraciones especiales”*.

- **Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio (DB-SI) [5]** que tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio.

Se usará por tanto para el desarrollo y cálculo de la estructura del edificio la normativa del DB-SE, DB-SE-A, DB-SE-AE y DB-SE-C, ya que el resto de los documentos básicos del CTE no se corresponden con el alcance del presente proyecto.

5.2. INSTRUCCIÓN DEL HORMIGÓN ESTRUCTURAL

La instrucción del hormigón estructural **(EHE)** [6] *“es el marco reglamentario por el que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural y seguridad en caso de incendio, además de la protección del medio ambiente, proporcionando procedimientos que permiten demostrar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas”*.

5.3. NORMA DE CONSTRUCCIÓN SISMORRESISTENTE

La norma de construcción sismorresistente **(NCSE-02)** [7] establece los criterios que se han de seguir para la consideración de la acción sísmica en proyectos de edificaciones, tanto nuevas como de restauración o conservación, en todo el territorio español. En el artículo 1.1 de esta norma se describe que *“la finalidad última de estos criterios es la de evitar la pérdida de vidas humanas y reducir el daño y el coste económico que puedan ocasionar los terremotos futuros”*.

6. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO		TOTAL (€)
1	Acondicionamiento del terreno	977,76
2	Cimentaciones	7.613,70
3	Estructuras	50.599,66
4	Fachadas	36.983,67
5	Forjado y solado	58.027,36
6	Cubiertas	23.792,63
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:	177.994,78
	13% Gastos generales	23.139,32
	6% Beneficio industrial	10.679,69
	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA:	211.813,79
	21% IVA	44.480,90
	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN:	256.294,69

TABLA 2. Resumen del presupuesto.

El presupuesto base de licitación del proyecto asciende a la cantidad de **DOSCIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS (256.294,69€)**.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] CTE DB-SE. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [2] CTE DB-SE-Acero. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [3] CTE DB-SE-Acciones en la Edificación. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [4] CTE DE-SE-Cimentaciones. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [5] CTE DB Seguridad en caso de Incendio. Real Decreto 314/2006 de 17 de marzo.
- [6] EHE-08. Instrucción del hormigón estructural. Real Decreto 1247/2008 de 18 de julio.
- [7] NCSE-02. Norma de Construcción Sismorresistente. Real Decreto 997/2002 de 27 de septiembre.
- [8] EAE Instrucción del acero estructural. Real Decreto 751/2011 de 27 de mayo.
- [9] MEMORIA DE CÁLCULO DE CYPE 3D.

II. ANEXO DE CÁLCULO ESTRUCTURAL

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

1. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

1.1. SOFTWARE EMPLEADO

El software de cálculo que se ha empleado ha sido CYPE (CYPE Ingenieros, año 2019 Versión CAMPUS.g). Se ha trabajado con el Generador de pórticos del programa para generar el pórtico principal de la estructura y, a continuación, se ha exportado a CYPE 3D, para el cálculo y diseño de la estructura completa. En el apartado 5 de este anexo se muestran los cálculos obtenidos de CYPE 3D para algunas vigas y pilares, así como las cimentaciones, uniones y placas de anclaje.

Para el desarrollo de los distintos planos adjuntos se ha utilizado la versión de estudiante de AUTOCAD 2019 (Autodesk, año 2019, versión estudiante).

1.2. MÉTODO DE CÁLCULO

En la memoria de cálculo de CYPE 3D [9], que es el software que se ha utilizado para el dimensionado y la comprobación de los estados límite de la estructura, se pueden consultar los análisis que realiza el programa. Se indica en el manual que:

“El programa considera un comportamiento elástico y lineal de los materiales. Las barras definidas son elementos lineales.

Las cargas aplicadas en las barras se pueden establecer en cualquier dirección. El programa admite las tipologías: uniforme, triangular, trapezoidal, puntual, momento e incremento de temperatura diferente en caras opuestas.

En los nudos se pueden colocar cargas puntuales, también en cualquier dirección. El tipo de nudo que se emplea es totalmente genérico, y se admite que la vinculación interior sea empotrada o articulada, y los extremos de las barras definidos mediante coeficientes de empotramiento (entre 0 y 1) o mediante su rigidez rotacional (momento/giro), y también se pueden articular dichos extremos.

Se puede utilizar cualquier tipo de apoyo, empotrado o articulado, o vinculando alguno de sus grados de libertad. Los apoyos (o vinculación exterior) pueden ser elásticos, definiendo las constantes correspondientes a cada grado de libertad coaccionado.

Las hipótesis de carga se establecen según su origen y se pueden asignar a Carga permanente, Sobrecarga, Viento, Sismo (estático), Nieve y Accidental. Se puede considerar el sismo dinámico.

A partir de las hipótesis básicas se puede definir y calcular cualquier tipo de combinación con diferentes coeficientes de combinación, ya sea de acuerdo a la norma seleccionada o definidos por el usuario.

Los estados límite y combinaciones para cada material y estado son los siguientes:

- *E.L.U. rotura. Hormigón.*
- *E.L.U. rotura. Hormigón en cimentaciones.*
- *E.L.U. rotura. Acero (laminado y armado).se*
- *E.L.U. rotura. Acero (Conformado).*
- *Tensiones sobre el terreno (Acciones características).*
- *Desplazamientos (Acciones características).*

Para cada estado se generan todas las combinaciones, indicando su nombre y coeficientes, según la norma de aplicación, el material y la categoría de uso.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

A partir de la geometría y cargas que se introduzcan, se obtiene la matriz de rigidez de la estructura, así como las matrices de cargas por hipótesis simples. Se obtendrá la matriz de desplazamientos de los nudos de la estructura, invirtiendo la matriz de rigidez por métodos frontales.

Después de hallar los desplazamientos por hipótesis, se calculan todas las combinaciones para todos los estados, y los esfuerzos en cualquier sección a partir de los esfuerzos en los extremos de las barras y las cargas aplicadas en las mismas”.

2. MATERIALES

Para la elección de los coeficientes de minoración del material que se usan en las combinaciones de acciones se indica: “para los coeficientes parciales para la resistencia se adoptarán, normalmente, los siguientes valores:

- a) $\gamma_{M0}=1,5$ *coeficiente parcial de seguridad relativo a la plastificación del material*
b) $\gamma_{M1}=1,05$ *coeficiente parcial de seguridad relativo a los fenómenos de inestabilidad”*

2.1. ACEROS

Las propiedades mecánicas de los aceros se describen en la TABLA 3.

Módulo de elasticidad (E)	210.000 N/mm ²
Módulo de rigidez (G)	81.000 N/mm ²
Coeficiente de Poisson (ν)	0,3
Coeficiente de dilatación térmica (α)	1,2·10 ⁻⁵ (°C) ⁻¹
Densidad (ρ)	7.850 kg/m ³

TABLA 3. Propiedades mecánicas de los aceros.

Tal y como se ha explicado en el apartado de estructura de la memoria, los perfiles de acero son normalizados y en el proyecto se utilizan de acero S275JR. Para pernos y placa base se usa acero B500S. Por último, el acero que se usa en la placa alveolar prefabricada es Y 1806 C I1.

La normativa que deben cumplir los aceros para estructuras metálicas se recoge en el CTE DB SE-A. En caso de que los aceros se usen en estructuras de hormigón la normativa es la correspondiente al EHE.

2.2. HORMIGONES

El hormigón es un material obtenido a partir de una mezcla de cemento, agua, áridos, aditivos y adiciones. Se caracteriza por su comportamiento químico y su comportamiento mecánico.

Se utiliza además un hormigón no estructural denominado hormigón de limpieza como se ha comentado en el apartado correspondiente a cimentaciones de la memoria del proyecto. Esta solera de asiento se coloca en todas las cimentaciones si las zapatas son de hormigón armado o en masa y tendrá un espesor como mínimo de 10 cm. La finalidad de esta capa de hormigón es la de evitar la desecación del hormigón estructural o su contaminación.

En el presente proyecto se utiliza para el hormigón de limpieza HL-150/B/20. En cimentaciones y capa de compresión se utiliza hormigón HA-25/B/20/IIa. La losa seleccionada es de hormigón pretensado: HP-45/P/12/IIa.

	HL-150/B/20	HA-25/B/20/IIa	HP-45/P/12/IIa
TIPO DE HORMIGÓN	Hormigón de limpieza	Hormigón armado	Hormigón pretensado
RESISTENCIA	150 N/mm ²	25 N/mm ²	45 N/mm ²
CONSISTENCIA	Blanda	Blanda	Plástica
TAMAÑO DEL ÁRIDO	20 mm	20 mm	12 mm

TABLA 4. Característica principales hormigones.

La exposición del acero utilizado para cimentaciones y losa es normal y humedad alta (IIa). Según la tabla 37.3.2.b del EHE-08 [6] la resistencia recomendada para este tipo de ambiente tanto para hormigones armados como hormigones pretensados es de 25 N/mm².

3. ACCIONES

El DB-SE [1] clasifica las acciones según su variación en el tiempo de la siguiente forma:

“a) acciones permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (como el peso propio de los elementos constructivos o las acciones y empujes del terreno) o no (como las acciones reológicas o el pretensado), pero con variación despreciable o tendiendo monótonamente hasta un valor límite.

b) acciones variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o las acciones climáticas.

c) acciones accidentales (A): Son aquellas cuya probabilidad de ocurrencia es pequeña, pero de gran importancia, como sismo, incendio, impacto o explosión”.

3.1. ACCIONES PERMANENTES

Las acciones permanentes que se deben considerar son las de peso propio de la estructura de acero (que el programa tiene en cuenta), peso propio de las placas alveolares y peso propio de los elementos constructivos.

Los pesos medios de los elementos constructivos se incluyen en el Anejo C del DB-SE-AE [3], que se han “obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios”.

Los elementos constructivos seleccionados se han descrito en el apartado 3.3. Elementos constructivos de la memoria descriptiva. Se añaden a continuación las tablas del Anejo C, anteriormente mencionado, de las cuales se obtienen los pesos que se van a tener en cuenta de estos elementos para el dimensionado de la estructura.

En las plantas baja, primera y segunda usarán “Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles”, cuyo peso se obtiene de la Tabla C.3 Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación, y “Guarnecido y enlucido de yeso” obtenido de la Tabla C.4. Peso por unidad de superficie de tabiques. El valor de pavimentación de las escaleras va a ser el mismo que en estas plantas.

Materiales y elementos	Peso kN/m ²	Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor	
Corcho aglomerado		rastreles recibidos con yeso	0,30
tarima de 20 mm y rastrel	0,40	Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80

TABLA 5. Tabla C.3. DB-SE-AE. Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación.

Tabiques (sin revestir)	Peso kN/m ²	Revestimientos (por cara)	Peso kN/m ²
Rasilla, 30 mm de espesor	0,40	Enfoscado o revoco de cemento	0,20
Ladrillo hueco, 45 mm de espesor	0,60	Revoco de cal-estuco	0,15
de 90 mm de espesor	1,00	Guarnecido y enlucido de yeso	0,15

TABLA 6. Tabla C.4. DB-SE-AE. Peso por unidad de superficie de tabiques.

En la azotea se usa una cubierta del tipo “Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida”, el valor del peso propio de este elemento se obtiene de la Tabla C.5. Peso propio de los elementos constructivos.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañado; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardinerías, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

TABLA 7. Tabla C.5. DB-SE-AE. Peso propio de los elementos constructivos.

El forjado seleccionado para las plantas es de los catálogos la empresa HERMO S.L. En el apartado 4 de este mismo anexo se describe el predimensionado del forjado, se justifica la solución adoptada y se describen las características de este. En este apartado indicaremos únicamente cuál es el peso correspondiente a una losa alveolar de canto 16 cm: 2,55 kN/m².

En el caso de las mesetas empleadas en las escaleras, se empleará un forjado colaborante del tipo “chapa grecada con chapa de hormigón; grueso total < 0,12 m”, cuyo peso es de 2kN/m², obtenido de la tabla anterior.

Otro elemento que se debe tener en cuenta en caso de acciones permanentes es la tabiquería. Para la selección del peso de tabiquería se especifica en el DB-SE-AE que:

“[...] En general, en viviendas bastará considerar como peso propio de la tabiquería una carga de 1,0 kN por cada m² de superficie construida.” Así que la carga de tabiquería será para todas las plantas de 1,0 kN/m².

Para los elementos de compartimentación, como son cerramientos y antepechos, la carga se asignará a los elementos que vayan a soportarlos. Así que, se añadirá a las plantas primera y segunda una carga lineal en todo el cerramiento de fachada de valor 8kN/m², y en los balcones volados de estas plantas una carga lineal en los bordes de 4kN/m², así como en las barandillas de las escaleras. En el caso de la azotea se le asigna una carga igual a la de los balcones, ya que se considera que el cerramiento de la azotea está formado por antepechos.

Para la carga en las escaleras se considera la carga de solado y la carga de forjado. Se añade un 20% de la carga del solado.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Las acciones permanentes de cada planta se pueden resumir en la siguiente tabla:

	G (kN/m ²)
PLANTAS PRIMERA Y SEGUNDA	0,4+0,15+3,49+1=5,04
AZOTEA	3,49+1,55=4,99
BALCONES	3,49
ESCALERAS	0,4+0,08+2=2,48

TABLA 8. Acciones permanentes.

3.2. ACCIONES VARIABLES

El Código Técnico de la Edificación considera como acciones variables la sobrecarga de uso, viento, acciones térmicas y nieve.

3.2.1. SOBRECARGA DE USO

Se describe en el apartado 3.1. del DB-SE-AE [3] la sobrecarga de uso como “el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso”. El valor que adopta esta sobrecarga queda recogido en la tabla 3.1 del DB-SE-AE y depende del uso que vaya a adoptar el edificio para determinarla. Esta carga se considera distribuida de manera uniforme por toda la superficie e incluye los efectos por uso normal como los efectos por uso poco habitual.

Categoría de uso		Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m ²]	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 ⁽¹⁾	
F	Cubiertas transitables, accesibles sólo privadamente ⁽²⁾		1	2	
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁵⁾	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) ⁽⁵⁾	0,4 ⁽⁴⁾	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

TABLA 9. Tabla 3.1. DB-SE-AE. Valores característicos de la sobrecarga de uso.

Se debe añadir una carga de valor 1 kN/m² en zonas de evacuación, como escaleras, si se trata de una categoría de uso A o B y los balcones volados tendrán una sobrecarga de uso igual a la de la zona a la que pertenecen más una carga de valor 2 kN/m.

En el caso de estudio de este proyecto las plantas primera y segunda se consideran de categoría de uso A1 (zona residencial, viviendas y zonas de habitaciones en hospitales y hoteles). La azotea se ha considerado categoría de uso F (cubierta transitable accesible solo privadamente). Mientras que la planta baja, cuyas cargas no necesitamos conocer para el cálculo de la estructura, es categoría de uso C3 (Zonas sin obstáculo que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición, museos, etc.). Por tanto, en las escaleras que suben a la primera y a la segunda planta añadiremos una carga del valor mencionado anteriormente. Ocurrirá lo mismo en los balcones volados de las mismas.

3.2.2. VIENTO

A continuación, se describe la carga de viento. La carga de viento es el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio. El DB-SE-AE [3] determina que “la acción del viento [...] puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (1)$$

siendo:

q_b la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m². Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

c_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

c_p el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión”.

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

TABLA 10. Tabla 3.4. DB-SE-AE. Valores del coeficiente de exposición c_e .

Para el caso de estudio se trata de un edificio de grado de aspereza IV (Zona urbana en general, industrial o forestal). En CYPE basta con introducir el grado de aspereza del terreno para que automáticamente el programa calcule la carga de viento que actúa en las diferentes fachadas de la estructura.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

3.2.3. NIEVE

Para finalizar la descripción de las acciones variables, se describe la carga de nieve. Esta carga se tiene en cuenta en la cubierta de los edificios, por tanto, debemos tener en cuenta que la carga de nieve actúa únicamente en la azotea del edificio. Como se trata de un elemento horizontal podemos establecer la carga de nieve que actúa en la construcción a partir del Anejo E del DB-SE-AE [3]:

“Como valor de carga de nieve en un terreno horizontal, s_k , puede tomarse de la tabla E.2 función de la altitud del emplazamiento o término municipal, y de la zona climática del mapa de la figura E.2”.



IMAGEN 17. Figura E.2. DB-SE-AE. Zonas climáticas de invierno.

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	-	-	-	-	-

TABLA 11. Tabla E.2. DB-SE-AE. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal.

El edificio se sitúa en la provincia de Castellón (Zona 5), tratándose, además de una cubierta plana. Por tanto, la carga de nieve que se debe considerar en la azotea será de 0,2kN/m².

Las acciones térmicas no se van a tener en cuenta en el desarrollo del proyecto.

Las acciones variables de cada planta se pueden resumir en la siguiente tabla:

	USO (kN/m ²)	NIEVE (kN/m ²)
PLANTAS PRIMERA Y SEGUNDA	2	0
AZOTEA	1	0,2
BALCONES	2	0
ESCALERAS	2+1=3	0

TABLA 12. Acciones variables.

3.3. ACCIONES ACCIDENTALES

3.3.1. SISMO

Las acciones sísmicas se regulan en la NSCE-02, Norma de Construcción Sismorresistente [7]: Parte general y edificación. En esta se recogen los criterios de aplicación, “[...] es obligatoria en las construcciones recogidas en el artículo 1.2.1. excepto:

- En las construcciones de importancia moderada.
- En las edificaciones de importancia normal o especial cuando la aceleración sísmica básica a_b sea inferior a 0,04g, siendo g la aceleración de la gravedad.
- En las construcciones de importancia normal con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones cuando la aceleración sísmica básica a_b (art. 2.1.) sea inferior a 0,08g. No obstante, la Norma será de aplicación en los edificios de más de siete plantas si la aceleración sísmica de cálculo, a_c , (art. 2.2.) es igual o mayor de 0.08g. [...]”.

En la figura 2.1. del NCSE-02 (IMAGEN 18) se puede obtener el valor de la aceleración sísmica básica en función del emplazamiento dentro del territorio nacional.



IMAGEN 18. Mapa sísmico NCSE-02.

Hay que fijarse en la provincia de Castellón, que es dónde está localizado el edificio, en la que se distingue que la aceleración básica se corresponde con un valor $a_b < 0,04g$.

En conclusión, al tratarse de una edificación de importancia normal y siendo el valor de la aceleración básica menor que 0,04 veces el valor de la aceleración de la gravedad no se va a tener en cuenta el efecto de la acción sísmica.

3.3.2. INCENDIO

En el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio [5] se establecen las *“reglas y procedimientos que permiten cumplir las exigencias básicas de seguridad en caso de incendio”*.

El objetivo de este documento básico es el de *“reducir a límites aceptables el riesgo de que los usuarios de un edificio sufran daños derivados de un incendio de origen accidental, como consecuencia de las características de su proyecto, construcción, uso y mantenimiento”*.

El DB-SI [5] establece seis exigencias básicas de seguridad en caso de incendio:

- Exigencia básica SI 1-Propagación interior.
- Exigencia básica SI 2-Propagación exterior.
- Exigencia básica SI 3-Evacuación de ocupantes.
- Exigencia básica SI 4-Instalaciones de protección contra incendios.
- Exigencia básica SI 5-Intervención de los bomberos.
- Exigencia básica SI 6-Resistencia al fuego de la estructura.

Según la exigencia básica SI 6 (tabla 3.1 del DB-SI [5]) la resistencia a fuego requerida para un edificio hotelero de 9m de altura es R90. No se comprobará dicha exigencia por quedar fuera del alcance de este TFG. Así mismo, tampoco son objeto de comprobación las acciones accidentales debidas a impacto.

3.4. BASES DE CÁLCULO

Las bases de cálculo que se siguen en el desarrollo del proyecto son el cumplimiento de las normas que se describen en el Código Técnico de la Edificación, que deben cumplir todos los proyectos de construcción.

El DB-SE [1] establece dos exigencias básicas de seguridad estructural:

- *“Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad*

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen riesgos indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las acciones e influencia previsibles durante las fases de construcción y usos previstos de los edificios, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias respecto a la causa original y se facilite el mantenimiento previsto.

- *Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio*

La aptitud al servicio será conforme con el uso previsto del edificio, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibles y no se produzcan degradaciones o anomalías inadmisibles.”

3.4.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

Las verificaciones de los Estados Límite Últimos (ELU) son relativas a estabilidad y resistencia.

“Los estados límite últimos son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea porque producen una puesta fuera de servicio del edificio o el colapso total o parcial del mismo”.

En el apartado 4.2.1. del DB-SE [1] se describe:

“Se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio o de una parte independiente del mismo, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición.

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (2)$$

Siendo:

$E_{d,dst}$ valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras

$E_{d,stab}$ valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras

Se considera que hay suficiente resistencia de la estructura portante, de un elemento estructural, sección, punto o de una unión entre elementos, si para todas las situaciones de dimensionado pertinentes, se cumple la siguiente condición.

$$E_d \leq R_d \quad (3)$$

Siendo

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones

R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente”.

3.4.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

Las verificaciones de los Estados Límite de Servicio (ELS) son relativas a la aptitud para el servicio, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción. En el CTE se describe lo siguiente:

“Los estados límite de servicio son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios o de terceras personas, al correcto funcionamiento del edificio o a la apariencia de la construcción”.

“Se considera que hay un comportamiento adecuado, en relación con las deformaciones, las vibraciones o al deterioro, si se cumple, para las situaciones de dimensionado pertinentes, que el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible para dicho efecto”.

Se verifican con el software empleado los Estados Límite Últimos y los Estados Límite de Servicio. Las comprobaciones extraídas del programa para la viga y el pilar más desfavorable se añaden en este anexo. También se añaden las comprobaciones para un tipo de cimentación.

3.5. COMBINACIONES DE ACCIONES

Para la verificación de los Estados Límite Últimos se obtiene el efecto de las acciones mediante las combinaciones de situación persistente, situación extraordinaria y acción sísmica.

Para la verificación de los Estados Límite de Servicio se obtiene el efecto de las acciones mediante las combinaciones de acciones características (criterio de integridad), acciones frecuentes (criterio de confort) y acciones casi permanentes (criterio de apariencia). Para estar del lado de la seguridad en el caso de estudio, el coeficiente parcial de seguridad de efecto favorable de una acción tomará valor igual a 0. Se explica en cada criterio las flechas límite que se indican en el CTE DB-SE [1] y se tomarán los valores más restrictivos de flecha para el cálculo de la estructura.

Cada situación se distingue de otras por los valores que toman los coeficientes parciales de seguridad γ y los coeficientes de combinación Ψ . Estos valores se establecen en la Tabla 4.1. DB-SE. en la Tabla 4.2. DB-SE. y en el apartado 2.3.3 del DB-SE-A [2].

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

⁽¹⁾ Los coeficientes correspondientes a la verificación de la resistencia del terreno se establecen en el DB-SE-C

TABLA 13. Tabla 4.1. DB-SE. Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones.

	Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

TABLA 14. Tabla 4.2. DB-SE. Coeficientes de simultaneidad (Ψ).

3.5.1. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

“El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{K,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{K,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{K,i}$$

(4)

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_K$) incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_K$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_K$).

Los valores de los coeficientes de seguridad, γ , se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora)."

3.5.2. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

"Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

(5)

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- Todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- Una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otras sucesivamente en distinto análisis;
- El resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_0 \cdot Q_k$)."

Para el cálculo de flechas el DB-SE [1] dice: "Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:

- 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
- 1/400 en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
- 1/300 en el resto de los casos."

En el caso de desplazamiento horizontales, desplomes en pilares, "cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, tales como tabiques o fachadas rígidas, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome [...] es menor de:

- desplome total: 1/500 de la altura total del edificio;
- desplome local: 1/250 de la altura de la planta en cualquiera de ellas." Véase IMAGEN 19.

"Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles se determinan mediante combinaciones de acciones, de tipo denominado frecuente, a partir de la expresión

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (6)$$

Siendo

- Todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- Una acción variable cualquiera, en valor frecuente ($\psi_1 \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- El resto de las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 \cdot Q_k$).

El cálculo de flechas “cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa es menor que 1/350”.

“Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (7)$$

Siendo:

- Todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- Todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 \cdot Q_k$).

En el cálculo de flechas “cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300”.

Para desplazamientos horizontales “cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura global tiene suficiente rigidez lateral, si ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo [...] es menor que 1/250”. Véase IMAGEN 19.

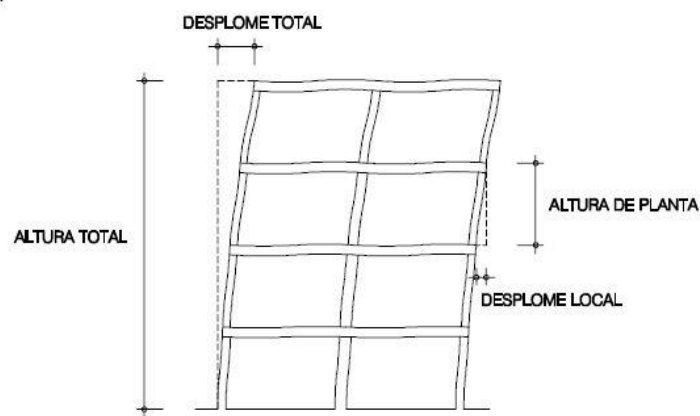


Figura 4.1 Desplomes

IMAGEN 19. Figura 4.1. DB-SE. Desplomes. Fuente: DB-SE.

4. PREDIMENSIONADO DE CANTO DE FORJADO

El canto del forjado, que como se ha explicado en la memoria descriptiva se trata de losa alveolar, se elige a partir del catálogo disponible de la empresa PREFABRICADOS DE HORMIGÓN HERMO S.L. situada en el pueblo de Vinaròs (Castellón).

Para la elección del canto del forjado se utilizará una combinación de cargas persistente o transitoria (4) cuyos coeficientes se seleccionan para la combinación más desfavorable a partir de la TABLA 13 y la TABLA 14. Se obtiene:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q \quad (8)$$

En el EHE-08 se desarrolla la comprobación de canto mínimo para vigas y losas de edificación “en el caso particular de forjados de viguetas con luces menores que 7 m y de forjados de losas alveolares pretensadas con luces menores que 12 m, y sobrecargas no mayores a 4kN/m², no es preciso comprobar si la flecha cumple con las limitaciones de 50.1, si el canto total h es mayor que el mínimo h_{min} dado por:

$$h_{min} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot \frac{L}{C} \quad (9)$$

Siendo:

- δ_1 Factor que depende de la carga total y que tiene el valor de $\sqrt{q/7}$ siendo q la carga total, en kN/m²;
- δ_2 Factor que tiene el valor de $(L/6)^{1/4}$;
- L La luz de cálculo del forjado, en m;
- C Coeficiente cuyo valor se toma de la Tabla 50.2.2.1.b”.

Tipo de forjado	Tipo de carga	Tipo de tramo		
		Aislado	Extremo	Interior
Viguetas armadas	Con tabiques o muros	17	21	24
	Cubiertas	20	24	27
Viguetas pretensadas	Con tabiques o muros	19	23	26
	Cubiertas	22	26	29
Losas alveolares pretensadas(*)	Con tabiques o muros	36	—	—
	Cubiertas	45	—	—

(*) Piezas pretensadas proyectadas de forma que, para la combinación poco frecuente no llegue a superarse el momento de fisuración.

IMAGEN 20. Tabla 50.2.2.1.b del EHE-08. Fuente: EHE-08.

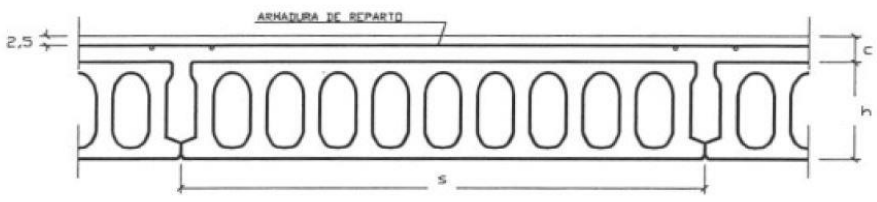
En el caso concreto de estudio de este proyecto se toma L=4m y C=36. Para un primer valor de canto mínimo se toma $\delta_1=1$ y $\delta_2=1$ Sustituyendo estos valores en la fórmula (9) se obtiene:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

$$h_{\min} = 1 \cdot 1 \cdot \frac{4}{36} = 0,1111\text{m}$$

El primer canto que cumple este canto en el catálogo seleccionado es el de canto 16 cm. Se elige el forjado con capa de compresión de 4cm siendo su peso de 3,49 kN/m².

2. FORJADO (cotas en mm)



TIPO DE FORJADO	PESO kN/m ²
(h+c) s (cm)	
(16+0)*120	2,55
(16+4)*120	3,49
(16+5)*120	3,73

IMAGEN 21. Forjado: medidas y pesos.

La carga total en el caso de las plantas primera y segunda, en combinación característica, es $Q=G+Q=5,04+2=7,04$ kN/m². Se realiza el cálculo para las cargas de estas plantas ya que las de la azotea son menores y, por tato, se cumplirá canto mínimo en esta planta también. A continuación, se sustituye este valor en las fórmulas de δ_1 y δ_2 para obtener sus valores reales.

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{Q}{7}} = \sqrt{\frac{7,04}{7}} = 1,0029$$

$$\delta_2 = \left(\frac{L}{6}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{4}{6}\right)^{\frac{1}{4}} = 0,9036$$

Se calcula otra vez el canto mínimo a partir de estos valores:

$$h_{\min} = 1,0029 \cdot 0,9036 \cdot \frac{4}{36} = 0,1007\text{m}$$

La losa seleccionada cumple el canto mínimo ya que 0,16m > 0,1007m.

Finalmente, se debe calcular el momento máximo que soportará la losa y comprobar que no supera el momento último de la misma. El ancho de la losa alveolar es de 1200mm. Puesto que las losas van a estar simplemente apoyadas en sus dos extremos sobre las vigas, el momento máximo en el centro del vano será:

$$M_{\max} = \frac{q \cdot L^2}{8}$$

(10)

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Se sustituye en la fórmula (9) los valores de carga permanente y sobrecarga de uso:

$$Q=1,35 \cdot 5,04+1,5 \cdot 2=9,804 \text{ kN/m}^2$$

$$q=9,804 \cdot 1,2=11,7648 \text{ kN/m}$$

El máximo momento vale, por tanto:

$$M_{\text{máx}} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{11,7648 \cdot 4^2}{8} = 23,5296 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

6. FLEXION POSITIVA (por m)																	
TIPO DE FORJADO	TIPO DE LOSA	Mu (m·kN/m)	β (1)	W _{ef} (m ³ /m · 10 ³)	Rig (mm ² ·MN/m)·10 ⁶		M límite según servicio (m·kN/m) (2)			V _u (kN/m) (3)				ζ (4)	w (5)	Rasante (kN/m)	
					bruta E·I _b	fisurada E·I _{fl}	M ₁	M ₂	M _{0,2}	M _{1>M₂}	x=50 mm V _u *	V _u *	x=100 mm V _u *				V _u *
(16+4)·120	P.16*120-1	45,4	1,9	5,37	18,0	0,8	18,0	21,8	50,2	54,7	52,1	90,4	98,5	98,4	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-2	59,7	1,9	5,41	18,0	1,1	26,0	30,1	60,3	62,1	73,0	95,2	137,9	102,5	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-3	73,3	1,9	5,44	18,1	1,3	33,1	37,6	69,6	68,5	93,8	99,7	177,4	109,2	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-4	85,6	1,9	5,47	18,2	1,5	38,9	43,8	77,5	74,3	104,2	104,0	197,1	113,6	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-5	96,5	1,9	5,49	18,2	1,7	45,4	50,8	86,1	80,8	104,2	108,1	197,1	118,7	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-6	106,1	1,9	5,51	18,3	1,9	48,8	55,4	92,6	89,7	156,4	114,3	295,6	126,3	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-7	117,8	1,9	5,54	18,3	2,1	54,4	61,2	100,4	94,0	177,2	118,2	335,0	131,0	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-8	129,1	1,9	5,58	18,4	2,4	61,1	68,2	109,2	98,9	198,1	121,9	374,4	135,6	1,1	1,4	76,5
	P.16*120-9	135,1	1,9	5,60	18,5	2,6	66,0	74,3	117,3	107,0	208,5	127,3	394,1	142,2	1,1	1,4	76,5

IMAGEN 22.

Según la tabla del catálogo correspondiente a una losa de canto 16 cm de la empresa HERMO S.L. (IMAGEN 22.) el momento último de esta es M_u=45,4 kN·m/m, siendo para un ancho de 1.2m M_u=54,48kN·m.

Así M_u>M_{máx}, por lo que el canto seleccionado es correcto. En conclusión, se utilizará como forjado una losa alveolar prefabricada de hormigón de canto 16 cm con una capa de compresión de 4 cm, ancho 120 cm y peso 3,49 kN/m.

5. PREDIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

La comprobación de los Estados Límite Últimos de las barras incluye la resistencia a pandeo de estas. Este efecto se debe comprobar en los posibles planos en los que la pieza pueda flexionar. En los pilares de edificios la longitud de pandeo, L_k, se puede calcular según la fórmula (11).

$$L_k = \beta \cdot L \tag{11}$$

Siendo β el cociente de longitud de pandeo y L la longitud del pilar.

En planos intraslacionales puede obtenerse el valor de β según:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \frac{1 + 0.145 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0.265 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{2 - 0.364 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0.247 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2} \leq 1 \tag{12}$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Para planos traslacionales en cambio se puede obtener de la fórmula:

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0.2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0.12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0.8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0.6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} \geq 1 \quad (13)$$

Además, los coeficientes de distribución de momentos pueden obtenerse a partir de la Figura 6.4. del DB SE-A. [2].

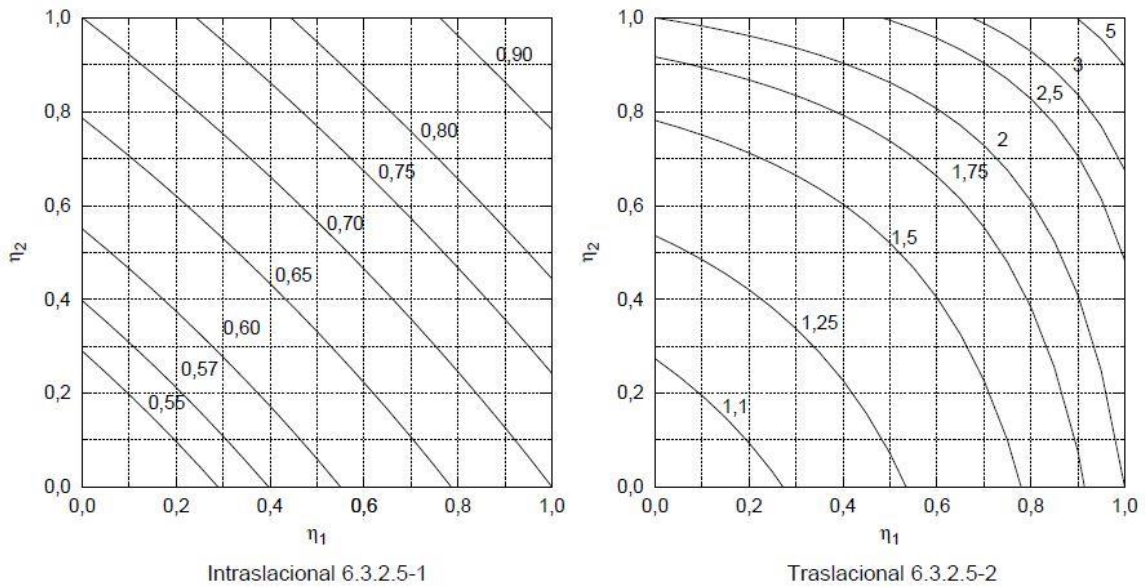


IMAGEN 23. Figura 6.4. del DB SE-A.

Según el DB SE-A: “los coeficientes de distribución η_1 y η_2 anteriores se obtienen de:

$$\eta_1 = \frac{K_c + K_1}{K_c + K_1 + K_{11} + K_{12}} \quad (14)$$

$$\eta_2 = \frac{K_c + K_2}{K_c + K_2 + K_{21} + K_{22}} \quad (15)$$

Siendo

K_c Coeficiente de rigidez EI/L del tramo del pilar analizado;

K_i coeficiente de rigidez EI/L del siguiente tramo del pilar en el nudo i , nulo en caso de no existir;

K_{ij} coeficiente de rigidez eficaz de la viga en el nudo i , y posición j .”

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

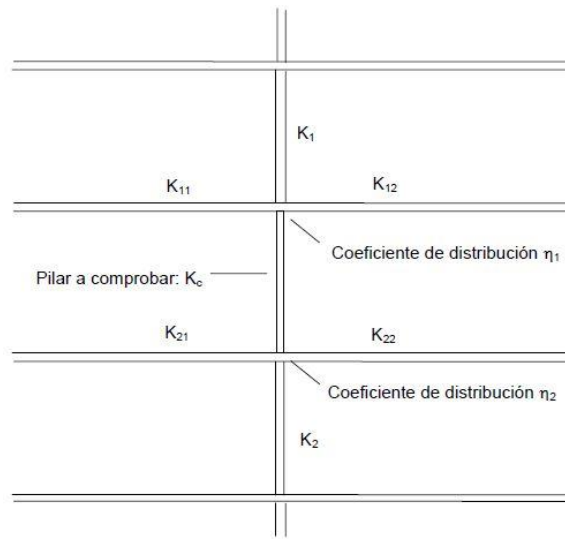


IMAGEN 24. Figura 6.5. DB SE-A. Coeficientes de distribución.

Los coeficientes de rigidez eficaz de las vigas se determinan a partir de la tabla 6.5 del mismo documento. Se considera el caso de estudio “sin compresión relevante” así que:

- Para planos intraslacionales: $K_{ij}=0.5 \cdot EI/L$.
- Para planos traslacionales: $K_{ij}=1.5 \cdot EI/L$.

Como se observa, para el cálculo de los coeficientes de distribución se deben conocer las inercias de los pilares y vigas que llegan a cada nudo (superior e inferior del pilar) y, a partir de estos, se puede calcular el coeficiente de longitud de pandeo y por tanto la resistencia a pandeo de los pilares.

Para poder obtener un valor inicial de las rigideces de los nudos y con ello poder predimensionar la estructura, se adoptará en primera instancia $\beta=1$ y la misma inercia para todas las barras. Posteriormente, para la correcta comprobación de todos los Estados Límite en el desarrollo del trabajo y la obtención de las secciones definitivas de todas las barras, se utilizará un procedimiento iterativo para el cálculo de las rigideces.

Para la primera iteración se calcula el radio de giro mínimo cuando el coeficiente de pandeo es igual a 1 a partir del valor máximo de esbeltez reducida impuesto por el CTE para elementos principales (apartado 6.3 del DB-SE-A [2]). Por tanto:

$$\bar{\lambda}_Y = \frac{\lambda_Y}{\lambda_{lim}} < \bar{\lambda}_{m\acute{a}x} = 2 \quad (16)$$

Siendo:

$$\lambda_Y = \frac{L \cdot \beta}{i_Y} \quad (17)$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

$$\lambda_{lim} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{f_Y}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 210000}{275}} = 86,814 \quad (18)$$

El valor de λ_{lim} será igual para todas las barras ya que son del mismo tipo de acero. Si sustituimos la fórmula (17)

y la fórmula (18)

en la fórmula (16)

obtenemos:

$$\frac{L \cdot 1}{i_y \cdot 86,814} < 2 \quad (19)$$

Para pilares la longitud es de 3 metros. Se sustituye este valor en la fórmula (19) y se obtiene que $i_y > 1,73$ cm. Como los pilares son de la serie HEB se partirá del perfil HEB100 cuyos radios de giro son, referidos a los ejes de la IMAGEN 10, $i_y = 2,53$ cm e $i_x = 4,16$ cm.

Las vigas más grandes son de longitud 6,4 metros. Sustituyendo en la fórmula (19) se obtiene $i_y > 3,686$ cm. Para vigas se usan perfiles IPE y se parte del IPE100 cuyo radio de giro referido al eje x que se muestran en la IMAGEN 11 es $i_x = 4,07$ cm.

Así, una vez introducida la estructura en el programa de cálculo CYPE3D a partir de los perfiles inici descritos anteriormente y los paños con las correspondientes cargas, se realiza una primera comprobación de la estructura y se aumentan aquellas secciones necesarias. Una vez determinadas las nuevas dimensiones de los perfiles y sus inercias, se calcula de nuevo los valores de los coeficientes de pandeo de cada pilar, y se introducen como dato en CYPE3D. Este procedimiento se repite hasta que se consigue definir por completo la estructura y se comprueba que se verifican todas las exigencias estructurales.

6. DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

6.1. COEFICIENTES DE PANDEO

Se añade a continuación el ejemplo de cálculo de un pilar en los dos posibles planos en los que puede flectar. Se trata del pilar correspondiente a los nudos N13/N37. Se listan en la tabla las características de los perfiles necesarios. Los valores de las inercias se corresponden con los mostrados en la IMAGEN 10 para los HEB y en la IMAGEN 11 para los IPE.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

	PILAR N13/N37	PILAR N37/N39	VIGA N37/N70	VIGA N41/N37-N37/N33
PERFIL	HEB200	HEB200	IPE330	IPE240
LONGITUD (m)	3	3	6.2	4
I_x (cm ⁴)	5696	5696	11770	3890
I_y (cm ⁴)	2003	2003	788	284

TABLA 15. Perfiles ejemplo betas.

Se debe añadir, además, que en la IMAGEN 25 se muestran los ejes de las barras tal y como corresponden al programa CYPE 3D. A partir de ellos y de la posición de los pilares en la estructura se deduce que el pilar padea en el plano XZ en el caso del pórtico de fachada y en el plano XY en el caso del plano perpendicular este.

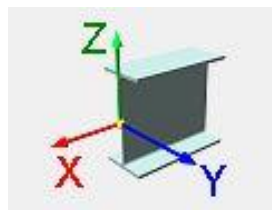


IMAGEN 25. Ejes en barras de CYPE 3D.

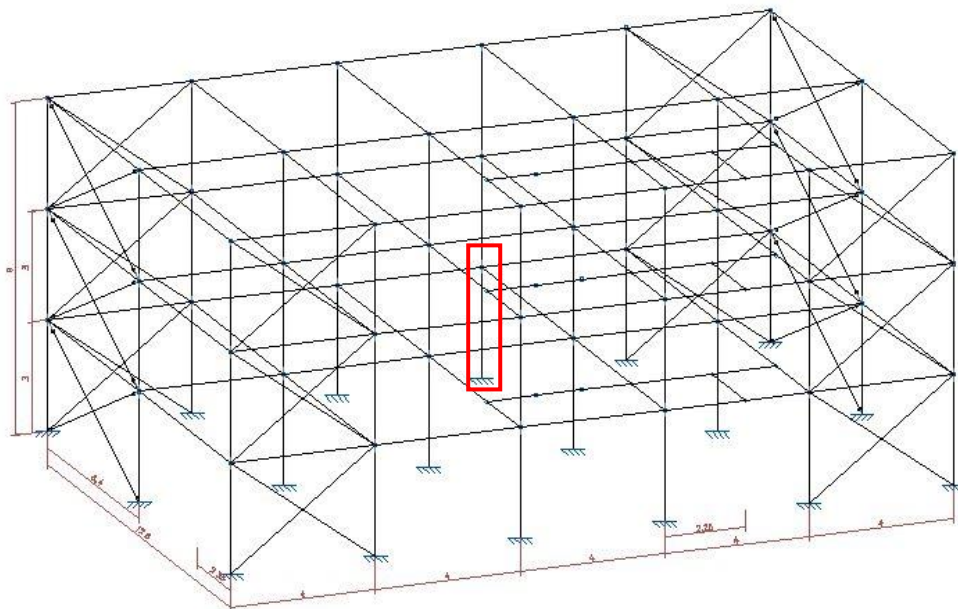


IMAGEN 26. Pilar N13/N37.

El cuadro rojo de la IMAGEN 26 muestra el pilar para el que se van a realizar los cálculos del ejemplo.

Primero se muestra el cálculo del coeficiente para el caso de pandeo en el plano del pórtico interior de fachada. Se trata de un plano traslacional. Siendo el nudo 1 el superior y el nudo 2 el inferior (tal y como se muestra en la IMAGEN 24), se obtiene:

- Sustituyendo en la fórmula (14)

$$\eta_1 = \frac{\frac{2003}{3} + \frac{2003}{3}}{\frac{2003}{3} + \frac{2003}{3} + 1.5 \cdot \frac{11770}{6.4}} = 0.326$$

- Sustituyendo en la fórmula (15)

$$\eta_2 = 0$$

Finalmente, al tratarse de un plano traslacional, se deben sustituir estos valores en la fórmula (13), a partir de la cual se obtiene el valor que debemos introducir en el programa.

$$\beta = \sqrt{\frac{1 - 0.2 \cdot (0.326) - 0.12 \cdot 0.326}{1 - 0.8 \cdot (0.326) + 0.6 \cdot 0.326}} = 1.125$$

El procedimiento para el caso del plano perpendicular es igual que el anterior. En este caso se trata de un plano intraslacional por la presencia de cruces de San Andrés.

- Sustituyendo en la fórmula (14):

$$\eta_1 = \frac{\frac{5696}{3} + \frac{5696}{3}}{\frac{5696}{3} + \frac{5696}{3} + 0.5 \cdot \frac{3890}{4}} = 0.796$$

- Sustituyendo en la fórmula (15):

$$\eta_2 = 0$$

Por tanto, a partir de la fórmula (12):

$$\beta = \frac{1 + 0.145 \cdot (0.796) - 0.265 \cdot 0.796}{2 - 0.364 \cdot (0.796) - 0.247 \cdot 0.796} = 0.652$$

6.2. PILARES

Se listan a continuación las comprobaciones realizadas por CYPE 3D para la BARRA N13/N37, correspondiente al pilar más desfavorable y del cual se han calculado los coeficientes de pandeo en el apartado anterior.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Perfil: HE 200 B																
Material: Acero (S275)																
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas												
	Inicial	Final		Área (cm ²)	I _y ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _z ⁽¹⁾ (cm ⁴)	I _t ⁽²⁾ (cm ⁴)									
	N13	N37	3.000	78.10	5696.00	2003.00	59.28									
	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		0.65	1.13	0.00	0.00										
	L _K		1.956	3.375	0.000	0.000										
	C _m		1.000	1.000	1.000	1.000										
	C ₁		-		1.000											
Notación: β: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico																
COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)																
Barra	$\bar{\lambda}$	λ_w	N _t	N _c	M _Y	M _Z	V _Z	V _Y	M _Y V _Z	M _Z V _Y	NM _Y	NM _Y M _Z	M _t	M _t V _Z	M _t V _Y	Estado
N5/N47	$\lambda < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_w$ máx Cumple	N _{Ed} =0.00 N.P. ⁽¹⁾	x: 0 m η=46.2	x: 2.83 m η=29.3	x: 0 m η=6.9	x: 0 m η=10.1	η=0.4	η<0.1	η<0.1	x: 2.8 m η=75.5	η<0.1	η=0.1	x: 0 m η=7.2	η<0.4	CUMPLE η=75.5
Notación: $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N _t : Resistencia a tracción N _c : Resistencia a compresión M _Y : Resistencia a flexión eje Y M _Z : Resistencia a flexión eje Z V _Z : Resistencia a corte Z V _Y : Resistencia a corte Y M _Y V _Z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M _Z V _Y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM _Y M _Z : Resistencia a flexión y axil combinados NM _Y M _Z V _Y V _Z : Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M _t : Resistencia a torsión M _t V _Z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M _t V _Y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede																
Comprobaciones que no proceden (N.P.): (1) La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.																

LIMITACIÓN DE ESBELTEZ (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_Y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.46 ✓

Donde:

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

Clase : 1

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

A : 78.10 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 10364.34 kN

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

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

N_{cr,y} : 10364.34 kN

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_Y}{L_{ky}^2}$$

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

N_{cr,z} : 10850.81 kN

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_Y}{L_{ky}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

N_{cr,T} : ∞

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_Y}{L_{ky}^2} \right]$$

Donde:

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

I_y : 5696.00 cm⁴

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

I_z : Momento de inercia de la sección bruta, respecto al eje Z.	I_z : <u>2003.00</u> cm ⁴
I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.	I_t : <u>59.28</u> cm ⁴
I_w : Constante de alabeo de la sección.	I_w : <u>171100.00</u> cm ⁶
E : Módulo de elasticidad.	E : <u>210000</u> MPa
G : Módulo de elasticidad transversal.	G : <u>81000</u> MPa
L_{ky} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Y.	L_{ky} : <u>3.375</u> m
L_{kz} : Longitud efectiva de pandeo por flexión, respecto al eje Z.	L_{kz} : <u>1.956</u> m
L_{kt} : Longitud efectiva de pandeo por torsión.	L_{kt} : <u>0.000</u> m
i₀ : Radio de giro polar de la sección bruta, respecto al centro de torsión.	i₀ : <u>9.93</u> cm

$$i_0 = (i_Y^2 + i_Z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

i_y, i_z : Radios de giro de la sección bruta, respecto a los ejes principales de inercia Y y Z.	i_y : <u>8.54</u> cm
	i_z : <u>5.06</u> cm
y₀, z₀ : Coordenadas del centro de torsión en la dirección de los ejes principales Y y Z, respectivamente, relativas al centro de gravedad de la sección.	y₀ : <u>0.00</u> mm
	z₀ : <u>0.00</u> mm

ABOLLADURA DEL ALMA INDUCIDA POR EL ALA COMPRIMIDA (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}}$$

$$18.89 \leq 163.60 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.	h_w : <u>170.00</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>9.00</u> mm
A_w : Área del alma.	A_w : <u>15.30</u> cm ²

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

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

$$A_{fc,ef} : \underline{30.00} \text{ cm}^2$$

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

$$k : \underline{0.30}$$

E: Módulo de elasticidad.

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

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

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

Siendo:

$$f_{yf}=f_y$$

RESISTENCIA A COMPRESIÓN (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.404} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta \quad \underline{0.462} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 Q1+0.9 V(180º)H1+0.75 N1.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{825.69} \text{ kN}$$

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

:

$$N_{c,Rd}=A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{2045.48} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

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

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd}=f_y/\gamma_{M0}$$

Siendo

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

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd}=\chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{1786.32} \text{ kN}$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Donde:

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

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo

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

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

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

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

χ: Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.90}$$

$$\chi_z : \underline{0.87}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2]$$

$$\Phi_y : \underline{0.65}$$

$$\Phi_z : \underline{0.66}$$

α: Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.34}$$

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

λ̄: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.46}$$

$$\bar{\lambda}_z : \underline{0.44}$$

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

$$N_{cr} : \underline{10364.34} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{10364.34} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{10850.81} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,t} : \underline{\infty}$$

RESISTENCIA A FLEXIÓN EJE Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.293} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 2.835 m del nudo N5, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(180°)H1+075 N1.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : \underline{49.35}$ kN·m
 Para flexión negativa: :
 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : \underline{0.00}$ kN·m

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

Donde:

$$M_{c,Rd} : \underline{168.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{642.50} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo

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

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

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

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

RESISTENCIA A FLEXIÓN EJE Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.069} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 0.88 PP+0.88 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 V(180°)H2.

M_{Ed}^+ : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^+ : \underline{5.54}$ kN·m
 Para flexión negativa: :
 M_{Ed}^- : Momento flector solicitante de cálculo pésimo. $M_{Ed}^- : \underline{5.40}$ kN·m

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{80.09} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{305.80} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo

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

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

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

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

RESISTENCIA A CORTE Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.101} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(180°)H1+0.75 N1.

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

$$V_{Ed} : \underline{38.10} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{375.76} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{24.85} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_r + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

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

$$A : \underline{78.10} \text{ cm}^2$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

b: Ancho de la sección. **b** : 200.00 mm
t_f: Espesor del ala. **t_f** : 15.00 mm
t_w: Espesor del alma. **t_w** : 9.00 mm
r: Radio de acuerdo entre ala y alma. **r** : 18.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 14.89 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : 14.89 MPa

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

λ_{máx}: Esbeltez máxima. **λ_{máx}** : 64.71

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : 235.00 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

RESISTENCIA A CORTE Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.004} \quad \checkmark$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35 PP+0.88 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(90°)H2

V_{Ed}: Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. **V_{Ed}** : 3.55 kN

El momento flector resistente de cálculo **V_{c,Rd}** viene dado por:

$$V_{c,Rd} = A_V \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

V_{c,Rd} : 949.60 kN

Donde:

A_v: Área transversal a cortante.

A_v : 62.8 cm²

$$A_v = A \cdot d \cdot t_w$$

Siendo:

A: Área de la sección bruta.

A : 78.10 cm²

d: Altura del alma.

d : 170.00 mm

t_w: Espesor del alma.

t_w : 9.00 mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{Mo} : 1.05

RESISTENCIA A MOMENTO FLECTOR Y, Y FUERZA CORTANTE Z COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

38.10kN ≤ 187.88kN ✓

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(180°)H1+0.75 N1.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 38.10 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 375.76 kN

RESISTENCIA A MOMENTO FLECTOR Z Y FUERZA CORTANTE Y COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2} \quad 3.55 \text{ kN} \leq 474.80 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(180°)H1+0.75 N1.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. V_{Ed} : 3.55 kN

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd}$: 949.60 kN

RESISTENCIA A FLEXIÓN Y AXIL COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.682} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_Y \cdot A \cdot f_{yd}} + k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + \alpha_Z \cdot k_Z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.755} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{\chi_Z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_Y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{\chi_{LT} \cdot W_{pl,y} \cdot f_{yd}} + k_Z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_{pl,z} \cdot f_{yd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.649} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen en el nudo N5, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(270°)H1+0.75 N1.

Donde:

$N_{c,Ed}$: Axil de compresión solicitante de cálculo pésimo. $N_{c,Ed}$: 823.39 kN

$M_{y,Ed}$: 46.55 kN·m

M_{y,Ed}, M_{z,Ed}: Momentos flectores solicitantes de cálculo pésimos, según los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{z,Ed} : <u>0.21</u> kN·m
Clase: Clase de la sección, según la capacidad de deformación y de desarrollo de la resistencia plástica de sus elementos planos, para axil y flexión simple.	Clase : <u>1</u>
N_{pl,Rd}: Resistencia a compresión de la sección bruta.	N_{pl,Rd} : <u>2045.48</u> kN
M_{pl,Rd,y}, M_{pl,Rd,z}: Resistencia a flexión de la sección bruta en condiciones plásticas, respecto a los ejes Y y Z, respectivamente.	M_{pl,Rd,y} : <u>168.27</u> kN·m
	M_{pl,Rd,z} : <u>80.09</u> kN·m
Resistencia a pandeo: (CTE DB SE-A, Artículo 6.3.4.2)	
A: Área de la sección bruta.	A : <u>78.10</u> cm ²
W_{pl,y}, W_{pl,z}: Módulos resistentes plásticos correspondientes a la fibra comprimida, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	W_{pl,y} : <u>168.27</u> kN·m
	W_{pl,z} : <u>80.09</u> kN·m
f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.	f_{yd} : <u>261.90</u> MPa
f_{yd}=f_y/γ_{M1}	
Siendo:	
f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1)	f_y : <u>275.00</u> MPa
γ_{M1}: Coeficiente parcial de seguridad del material.	γ_{M1} : <u>1.05</u>
k_y, k_z: Coeficientes de interacción.	
k_Y = 1 + (λ̄_y - 0.2) · $\frac{N_{c,Ed}}{\chi_Y \cdot N_{c,Rd}}$	k_Y : <u>1.11</u>
k_Z = 1 + (2 · λ̄_z - 0.6) · $\frac{N_{c,Ed}}{\chi_Z \cdot N_{c,Rd}}$	k_Z : <u>1.13</u>
C_{m,y}, C_{m,z}: Factores de momento flector uniforme equivalente.	C_{m,y} : <u>1.00</u>
	C_{m,z} : <u>1.00</u>
χ_y, χ_z: Coeficientes de reducción por pandeo, alrededor de los ejes Y y Z, respectivamente.	χ_y : <u>0.90</u>
	χ_z : <u>0.87</u>
λ̄_y, λ̄_z: Esbelteces reducidas con valores no mayores que 1.00, en relación a los ejes Y y Z, respectivamente.	λ̄_y : <u>0.46</u>
	λ̄_z : <u>0.44</u>
α_y, α_z: Factores dependientes de la clase de la sección.	α_y : <u>0.60</u>
	α_z : <u>0.60</u>

RESISTENCIA A FLEXIÓN, AXIL Y CORTANTE COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Los esfuerzos solicitantes de cálculo p^simos se producen para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(180°)H1+0.75 N1.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$38.10 \text{ kN} \leq 187.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo p^simo.

$$V_{Ed} : \frac{38.19}{\text{ kN}}$$

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

$$V_{c,Rd} : \frac{375.76}{\text{ kN}}$$

ELS DEFORMACIÓN

Para la comprobación de ELS Deformación en pilares se comprueba el desplazamiento horizontal (desplomes), cuyos límites se reflejan en el apartado 3.5. En la IMAGEN 19 queda descrito el concepto desplome local.

Se comprueba en primer lugar el criterio de integridad. En este caso el desplome local máximo debe ser menor que 1/250 y el desplome total máximo será menor que 1/500. El mayor desplazamiento se da para el nudo N32 (segunda planta) para la combinación de acciones 0,7·Q1+V(180°)H1+N1 y su valor es:

$$\delta = 0.069 \text{ mm.}$$

$$f_r = \frac{\delta}{h} = \frac{0.069}{6000} = 0.0000115 < 0.002$$

El desplazamiento del nudo N29 es $\delta = 0.041 \text{ mm}$.

El desplazamiento local máximo será $\delta = \delta_{N32} - \delta_{N29} = -0.028 \text{ mm}$.

Por tanto, el desplome local máximo será:

$$\frac{\delta}{h} = \frac{0.028}{3000} = 0.00000934 < 0.004$$

Así que se cumple el criterio de integridad ELS Deformación

Por último, se comprueba el criterio de apariencia. En este caso el desplazamiento más desfavorable corresponde a la combinación de acciones PP+0.6·Q1.

En el nudo 41 el desplazamiento toma el valor de $\delta = 0.222 \text{ mm}$.

En el nudo 43 el desplazamiento toma el valor de $\delta = 0.18 \text{ mm}$.

El desplome local máximo es $\delta = 0.222 - 0.18 = 0.042 \text{ mm}$.

$$\frac{\delta}{h} = \frac{0.042}{3000} = 0.000014 < 0.004$$

Por tanto, se cumplen los criterios de ELS Deformación integridad y apariencia.

6.3. VIGAS

En las vigas se considera $\beta=0$ en el plano XY ya que el pandeo está impedido por a placa. Por seguridad se toma el valor $\beta=1$ en el plano XZ.

Se listan a continuación las comprobaciones realizadas por CYPE para la BARRA N68/N73, correspondiente a la viga más desfavorable.

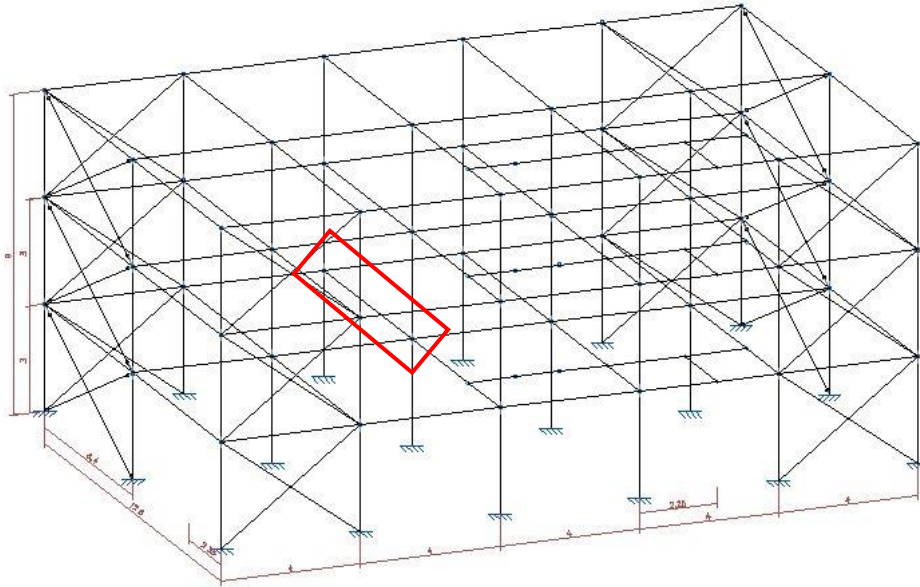


IMAGEN 27. Viga N41/N68.

Perfil: IPE 330							
Material: Acero (S275)							
	Nudos		Longitud (m)	Características mecánicas			
	Inicial	Final		Área (cm ²)	$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)
	N41	N68	6.400	62.60	11770.00	788.00	28.20
	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	6.400	0.000	0.000			
C_m	1.000	1.000	1.000	1.000			
C_1	-		1.000				
Notación: β : Coeficiente de pandeo L_K : Longitud de pandeo (m) C_m : Coeficiente de momentos C_1 : Factor de modificación para el momento crítico							

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Perfil: IPE 330 Material: Acero (S275)		COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)														Estado
Barra	$\bar{\lambda}$	λ_w	N_t	N_c	M_y	M_z	V_z	V_y	M_y V_z	M_z V_y	NM_y M_z	NM_yM_z V_yV_z	M_t	M_tV_z	M_t V_y	
N68/N73	$\lambda < 2.0$ Cumple	$\lambda_w \leq \lambda_{w, \text{máx}}$ Cumple	$\eta = 2.0$	$\eta = 0.2$	$x: 6.2$ 7m $\eta = -79.9$	$x: 6.2$ 7m $\eta = 1.5$	$x: 6.2$ 7m $\eta = 29.8$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$\eta < 0.1$	$x: 6.2$ 7m $\eta = 80.6$	$\eta < 0.1$	$\eta = 0.1$	$x: 6.2$ 7m $\eta = 28.6$	$\eta < 0.1$	CUMPLE $\eta = 80.6$

Notación:
 $\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez
 λ_w : Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
 N_t : Resistencia a tracción
 N_c : Resistencia a compresión
 M_y : Resistencia a flexión eje Y
 M_z : Resistencia a flexión eje Z
 V_z : Resistencia a corte Z
 V_y : Resistencia a corte Y
 M_yV_z : Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados
 M_zV_y : Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados
 NM_yM_z : Resistencia a flexión y axil combinados
 $NM_yM_zV_yV_z$: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados
 M_t : Resistencia a torsión
 M_tV_z : Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados
 M_tV_y : Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados
 x : Distancia al origen de la barra
 h : Coeficiente de aprovechamiento (%)

LIMITACIÓN DE ESBELTEZ (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras comprimidas debe ser inferior al valor 2.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$\bar{\lambda}$: 0.54 ✓

Donde:

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

Clase : 3

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

A : 62.6 cm²

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

f_y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : 5955.74 kN

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

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

$$N_{cr,y} : \underline{5955.74} \text{ kN}$$

$$N_{cr,y} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_Y}{L_{ky}^2}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty} \text{ kN}$$

$$N_{cr,z} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_Y}{L_{ky}^2}$$

c) Axil crítico elástico de pandeo por torsión.

$$N_{cr,T} : \underline{\infty}$$

$$N_{cr,T} = \frac{1}{i_0^2} \cdot \left[G \cdot I_t + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_Y}{L_{ky}^2} \right]$$

Donde:

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

$$I_Y : \underline{11770.00} \text{ cm}^4$$

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

$$I_Z : \underline{788.00} \text{ cm}^4$$

I_t : Momento de inercia a torsión uniforme.

$$I_t : \underline{28.20} \text{ cm}^4$$

I_w : Constante de alabeo de la sección.

$$I_w : \underline{199000.00} \text{ cm}^6$$

E : Módulo de elasticidad.

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

G : Módulo de elasticidad transversal.

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

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

$$L_{ky} : \underline{6.400} \text{ m}$$

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

$$L_{kz} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$L_{kt} : \underline{0.000} \text{ m}$$

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

$$i_0 : \underline{14.16} \text{ cm}$$

$$i_0 = (i_Y^2 + i_Z^2 + y_0^2 + z_0^2)^{0.5}$$

Siendo:

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

$$i_Y : \underline{13.71} \text{ cm}$$

$$i_Z : \underline{3.55} \text{ cm}$$

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

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

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

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

ABOLLADURA DEL ALMA INDUCIDA POR EL ALA COMPRIMIDA (Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: Eurocódigo 3 EN 1993-1-5: 2006, Artículo 8)

Se debe satisfacer:

$$\frac{h_w}{t_w} \leq k \frac{E}{f_{yf}} \sqrt{\frac{A_w}{A_{fc,ef}}} \quad 40.93 \leq 256.27 \quad \checkmark$$

Donde:

h_w : Altura del alma.

h_w : 307.00 mm

t_w : Espesor del alma.

t_w : 7.50 mm

A_w : Área del alma.

A_w : 23.03 cm²

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

$A_{fc,ef}$: 18.40 cm²

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

k : 0.30

E : Módulo de elasticidad.

E : 210000 MPa

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

f_{yf} : 275.00 MPa

Siendo:

$$f_{yf} = f_y$$

RESISTENCIA A TRACCIÓN (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1 \quad \eta : \underline{0.020} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(90°)H2.

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

$N_{t,Ed}$: 33.02 kN

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

:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 1639.52 kN

Donde:

A : Área de la sección transversal de la barra.

A : 62.60 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{MO}$$

Siendo

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

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

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

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

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

RESISTENCIA A COMPRESIÓN (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.5)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{b,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.002} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8 PP+0.8 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 V(180º)H2+0.75 N1.

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

$$N_{c,Ed} : \underline{3.52} \text{ kN}$$

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

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$$N_{c,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

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

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

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo

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

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

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

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

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

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

$$N_{b,Rd} = \chi \cdot A \cdot f_{yd}$$

$$N_{b,Rd} : \underline{1495.52} \text{ kN}$$

Donde:

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

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M1}$$

Siendo:

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

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

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

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

χ : Coeficiente de reducción por pandeo.

$$\chi = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - (\bar{\lambda})^2}} \leq 1$$

$$\chi_y : \underline{0.91}$$

Siendo:

$$\Phi = 0.5 \cdot [1 + \alpha \cdot (\bar{\lambda} - 0.2) + (\bar{\lambda})^2]$$

$$\Phi_y : \underline{0.68}$$

α : Coeficiente de imperfección elástica.

$$\alpha_y : \underline{0.21}$$

$\bar{\lambda}$: Esbeltez reducida.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda}_y : \underline{0.54}$$

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

$$N_{cr} : \underline{5955.74} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,y} : \underline{5955.74} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,z} : \underline{\infty} \text{ kN}$$

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

$$N_{cr,t} : \underline{\infty}$$

RESISTENCIA A FLEXIÓN EJE Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.7999} \checkmark$$

Para flexión positiva:

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

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

Para flexión negativa:

:

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.130 m del nudo N68, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 Q1+0.9 V(180°)H1+0.75 N1.

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

$$\mathbf{M_{Ed}^-} : \underline{168.28} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$\mathbf{M_{c,Rd}} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$\mathbf{M_{c,Rd}} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\mathbf{Clase} : \underline{1}$$

W_{pl,y}: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$\mathbf{W_{pl,y}} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo

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

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

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

$$\mathbf{\gamma_{Mo}} : \underline{1.05}$$

RESISTENCIA A FLEXIÓN EJE Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.6)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{M_{Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.015} \checkmark$$

Para flexión positiva:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.130 m del nudo N68, para la combinación de acciones 0.8 PP+0.8 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 V(90°)H1.

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

$$\mathbf{M_{Ed}^+} : \underline{0.61} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Para flexión negativa:

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce en un punto situado a una distancia de 0.130 m del nudo N68, para la combinación de acciones 0.8 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+ 1.5 V(270°)H1.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

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

$$M_{Ed} : \underline{0.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

$$M_{c,Rd} = W_{pl,y} \cdot f_{yd}$$

$$M_{c,Rd} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

Donde:

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

$$\text{Clase} : \underline{1}$$

$W_{pl,y}$: Módulo resistente plástico correspondiente a la fibra con mayor tensión, para las secciones de clase 1 y 2.

$$W_{pl,y} : \underline{154.00} \text{ cm}^3$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{Mo}$$

Siendo

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

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

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

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

RESISTENCIA A CORTE Z (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.298} \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce a una distancia de 0.130 m del nudo N68, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 Q1+0.9 V(180°)H1+0.75 N1.

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

$$V_{Ed} : \underline{138.98} \text{ kN}$$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{30.80} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - 2 \cdot b \cdot t_f + (t_w + 2 \cdot r) \cdot t_f$$

Siendo:

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

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

b : Ancho de la sección.	b : <u>160.00</u> mm
t_f : Espesor del ala.	t_f : <u>11.50</u> mm
t_w : Espesor del alma.	t_w : <u>7.5</u> mm
r : Radio de acuerdo entre ala y alma.	r : <u>18.00</u> mm

f_{yd}: Resistencia de cálculo del acero. **f_{yd}** : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

γ_{M0}: Coeficiente parcial de seguridad del material. **γ_{M0}** : 1.05

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

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

$$\frac{d}{t_w} < 70 \cdot \varepsilon \quad 36.13 < 64.71 \quad \checkmark$$

Donde:

λ_w: Esbeltez del alma. **λ_w** : 36.13 MPa

$$\lambda_w = \frac{d}{t_w}$$

λ_{máx}: Esbeltez máxima. **λ_{máx}** : 64.71

$$\lambda_{máx} = 70 \cdot \varepsilon$$

ε: Factor de reducción. **ε** : 0.92

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{f_{ref}}{f_y}}$$

Siendo:

f_{ref}: Límite elástico de referencia. **f_{ref}** : 235.00 MPa

f_y: Límite elástico. (CTE DB SE-A, Tabla 4.1) **f_y** : 275.00 MPa

RESISTENCIA A CORTE Y (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.4)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{V_{Ed}}{V_{c,Rd}} \leq 1 \quad \eta < \underline{0.001} \quad \checkmark$$

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 0.8 PP+0.8 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 V(90°)H2

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$

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

$$V_{c,Rd} = A_v \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} \quad V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$$

Donde:

A_v : Área transversal a cortante.

$$A_v : \underline{39.58} \text{ cm}^2$$

$$A_v = A - d \cdot t_w$$

Siendo:

A : Área de la sección bruta.

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

d : Altura del alma.

$$d : \underline{307.00} \text{ mm}$$

t_w : Espesor del alma.

$$t_w : \underline{7.50} \text{ mm}$$

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

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

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo

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

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

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

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

RESISTENCIA A MOMENTO FLECTOR Y, Y FUERZA CORTANTE Z COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$119.19 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 Q1+0.9 V(180°)H1+0.75 N1.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{119.19} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$

RESISTENCIA A MOMENTO FLECTOR Z Y FUERZA CORTANTE Y COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$0.17 \text{ kN} \leq 299.21 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 0.8 PP+0.8 CARGAMUERTAPLANTAS+0.8 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 V(90°)H2.

V_{Ed} : Esfuerzo cortante solicitante de cálculo pésimo. $V_{Ed} : \underline{0.17} \text{ kN}$

$V_{c,Rd}$: Esfuerzo cortante resistente de cálculo. $V_{c,Rd} : \underline{598.42} \text{ kN}$

RESISTENCIA A FLEXIÓN Y AXIL COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{c,Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{pl,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.806} \quad \checkmark$$

$$\eta = \frac{M_{ef,Ed}}{M_{b,Rd,y}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{pl,Rd,z}} \leq 1$$

$$\eta : \underline{0.794} \quad \checkmark$$

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen a una distancia de 0.130 m del nudo N68, para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 Q1+0.9 V(180°)H1.

Donde:

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

$$N_{c,Ed} : \underline{10.86} \text{ kN}$$

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

$$M_{y,Ed} : \underline{168.27} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{z,Ed} : \underline{0.01} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

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

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

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

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

M_{ef,Ed}: Momento flector solicitante de cálculo pésimo.

$$M_{ef,Ed} = W_{y,com} \cdot \sigma_{com,Ed}$$

Siendo:

σ_{com,Ed}: Tensión combinada en la fibra extrema comprimida.

$$\sigma_{com,Ed} = \frac{M_{y,Ed}}{W_{y,com}} - 0.8 \cdot \frac{N_{t,Ed}}{A}$$

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

A: Área de la sección bruta.

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

$$\text{Clase : } \underline{1}$$

$$N_{pl,Rd} : \underline{1639.52} \text{ kN}$$

$$M_{pl,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{pl,Rd,z} : \underline{40.33} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ef,Ed} : -167.16 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$\sigma_{com,Ed} : 207.91 \text{ MPa}$$

$$W_{y,com} : \underline{804.00} \text{ cm}^3$$

$$A : \underline{62.60} \text{ cm}^2$$

$$M_{b,Rd,y} : \underline{210.57} \text{ kN}\cdot\text{m}$$

RESISTENCIA A FLEXIÓN, AXIL Y CORTANTE COMBINADOS (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.8)

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

Los esfuerzos solicitantes de cálculo pésimos se producen para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.5 Q1+0.9 V(180º)H1+0.75 N1.

$$V_{Ed} \leq \frac{V_{c,Rd}}{2}$$

$$142.60 \text{ kN} \leq 232.88 \text{ kN} \quad \checkmark$$

Donde:

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

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

$$V_{Ed} : \underline{119.19} \text{ kN}$$

$$V_{c,Rd} : \underline{465.77} \text{ kN}$$

ELS DEFORMACIÓN

Para la comprobación de ELS Deformación en vigas se comprueba el desplazamiento relativo (flecha). La mayor flecha se produce en la viga que va del nudo 48 al 42.

El criterio de integridad debe cumplir que $f_r < \frac{1}{400}$. La combinación de acciones que produce la flecha máxima es Q1+0.7V(90°)H1 cuyo valor es de 1,672 mm a 2 m del origen de la barra. Por tanto:

$$f_r = \frac{|1,672 - 0|}{2 \cdot |2000 - 0|} = 0.000418 < \frac{1}{400} = 0,0025$$

El criterio de apariencia debe cumplir que $f_r < \frac{1}{300}$. La combinación de acciones que produce la flecha máxima es PP+0.6·Q1 cuyo valor es de 1,877 mm a 2 m del origen de la barra. Por tanto:

$$f_r = \frac{|1,877 - 0|}{2 \cdot |2000 - 0|} = 0.000469 < \frac{1}{300} = 0,00333$$

El criterio de confort debe cumplir que $f_r < \frac{1}{350}$. La combinación de acciones que produce la flecha máxima es Q1+0.7V(90°)H1 cuyo valor es de 1,672 mm a 2 m del origen de la barra. Por tanto:

$$f_r = \frac{|1,672 - 0|}{2 \cdot |2000 - 0|} = 0.000469 < \frac{1}{350} = 0,00286$$

Se comprueba de esta manera que los desplazamientos en las vigas cumplen con los criterios de ELS Deformación de integridad, apariencia y confort.

6.4. CRUCES DE SAN ANDRÉS

Las comprobaciones para la barra N5/N29 obtenidas de CYPE son:

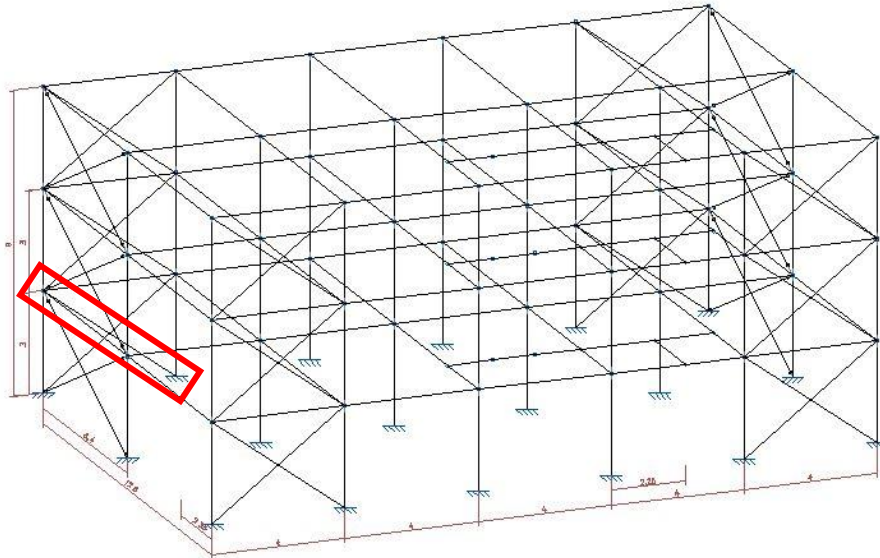
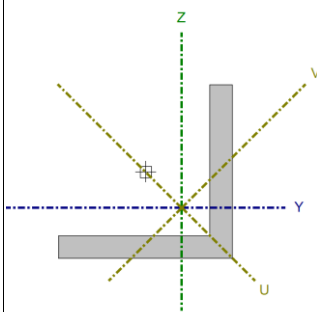


IMAGEN 28. Barra N5/N29.

Perfil: L 30 x 30 x 4											
Material: Acero (S275)											
Nudos			Longitud (m)	Características mecánicas							
Inicial	Final	Área (cm ²)		$I_y^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_z^{(1)}$ (cm ⁴)	$I_{yz}^{(4)}$ (cm ⁴)	$I_t^{(2)}$ (cm ⁴)	$y_g^{(3)}$ (mm)	$z_g^{(3)}$ (mm)	$a^{(5)}$ (grados)	
N5	N29	5.000	2.27	1.80	1.80	1.05	0.12	6.20	-6.20	-45.0	
Notas: (1) Inercia respecto al eje indicado (2) Momento de inercia a torsión uniforme (3) Coordenadas del centro de gravedad (4) Producto de inercia (5) Es el ángulo que forma el eje principal de inercia U respecto al eje Y, positivo en sentido antihorario.											
		Pandeo		Pandeo lateral							
		Plano XY	Plano XZ	Ala sup.	Ala inf.						
b		0.00	0.00	0.00	0.00						
L _K		0.000	0.000	0.000	0.000						
C _m		1.000	1.000	1.000	1.000						
C ₁		-		1.000							
Notación: b: Coeficiente de pandeo L _K : Longitud de pandeo (m) C _m : Coeficiente de momentos C ₁ : Factor de modificación para el momento crítico											



Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Barra	COMPROBACIONES (CTE DB SE-A)													Estado	
	$\bar{\lambda}$	N _t	N _c	M _Y	M _Z	V _Z	V _Y	M _Y V _Z	M _Z V _Y	NM _Y M _Z	NM _Y M _Z V _Y V _Z	M _t	M _t V _Z		M _t V _Y
N5/N29	$\lambda < 4.0$ Cumple	$\eta = 33.1$	N _{Ed} =0 N.P. ⁽¹⁾	M _{Ed} =0 N.P. ⁽²⁾	M _{Ed} =0 N.P. ⁽²⁾	V _{Ed} =0 N.P. ⁽³⁾	V _{Ed} =0 N.P. ⁽³⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁴⁾	N.P. ⁽⁵⁾	N.P. ⁽⁶⁾	M _{Ed} =0 N.P. ⁽⁷⁾	N.P. ⁽⁸⁾	N.P. ⁽⁸⁾	CUMPLE $\eta = 33.1$
<p>Notación:</p> <p>$\bar{\lambda}$: Limitación de esbeltez λ_w: Abolladura del alma inducida por el ala comprimida N_t: Resistencia a tracción N_c: Resistencia a compresión M_Y: Resistencia a flexión eje Y M_Z: Resistencia a flexión eje Z V_Z: Resistencia a corte Z V_Y: Resistencia a corte Y M_YV_Z: Resistencia a momento flector Y y fuerza cortante Z combinados M_ZV_Y: Resistencia a momento flector Z y fuerza cortante Y combinados NM_YM_Z: Resistencia a flexión y axil combinados NM_YM_ZV_YV_Z: Resistencia a flexión, axil y cortante combinados M_t: Resistencia a torsión M_tV_Z: Resistencia a cortante Z y momento torsor combinados M_tV_Y: Resistencia a cortante Y y momento torsor combinados x: Distancia al origen de la barra η: Coeficiente de aprovechamiento (%) N.P.: No procede</p> <p>Comprobaciones que no proceden (N.P.): ⁽¹⁾ La comprobación no procede, ya que no hay axil de tracción.</p>															

LIMITACIÓN DE ESBELTEZ (CTE DB SE-A, Artículos 6.3.1 y 6.3.2.1 - Tabla 6.3)

La esbeltez reducida $\bar{\lambda}$ de las barras de arriostramiento traccionadas no debe superar el valor 4.0.

$$\bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_Y}{N_{cr}}}$$

$$\bar{\lambda} < \underline{0.01} \quad \checkmark$$

Donde:

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

A : 2.27 cm²

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

f_Y : 275.00 MPa

N_{cr}: Axil crítico de pandeo elástico.

N_{cr} : ∞

RESISTENCIA A TRACCIÓN (CTE DB SE-A, Artículo 6.2.3)

Se debe satisfacer:

$$\eta = \frac{N_{t,Ed}}{N_{t,Rd}} \leq 1$$

η : 0.331 ✓

El esfuerzo solicitante de cálculo pésimo se produce para la combinación de acciones 1.35 PP+1.35 CARGAMUERTAPLANTAS+1.35 CERRAMIENTOSYANTEPECHOS+1.05 Q1+1.5 V(170º)H1+0.75 N1.

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

$N_{t,Ed}$: 19.66 kN

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

:

$$N_{t,Rd} = A \cdot f_{yd}$$

$N_{t,Rd}$: 59.45 kN

Donde:

A : Área de la sección transversal de la barra.

A : 2.27 cm²

f_{yd} : Resistencia de cálculo del acero.

f_{yd} : 261.90 MPa

$$f_{yd} = f_y / \gamma_{M0}$$

Siendo

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

f_y : 275.00 MPa

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

γ_{M0} : 1.05

6.5. CIMENTACIONES

Se listan a continuación las soluciones obtenidas para las cimentaciones en CYPE 3D tras el cálculo de la estructura. En el plano (5), correspondiente a cimentaciones, se indican las medidas de estas y en el plano de replanteo su posición con respecto a la parcela.

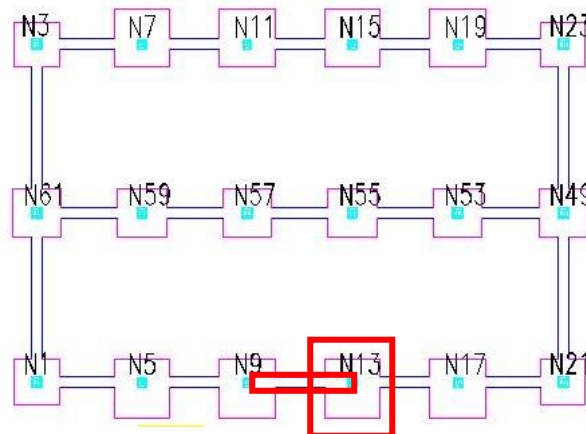


IMAGEN 29. Zapata y viga de atado correspondientes a las comprobaciones.

6.5.1. ZAPATAS

Se han obtenido tres soluciones distintas para las zapatas, pero se añade a continuación la solución de la zapata excéntrica del N13.

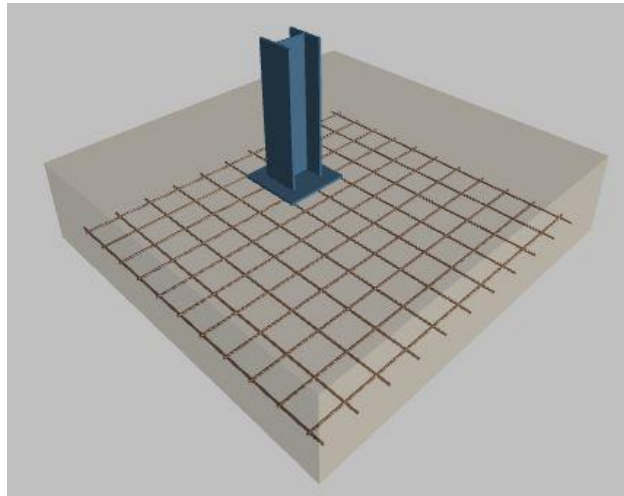


IMAGEN 30. Zapata excéntrica.

Referencia: N13		
Dimensiones: 210 x 220 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
Tensiones sobre el terreno: <i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>		
-Tensión media en situaciones persistentes:	Máximo: 0.2 MPa Calculado: 0.142441 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes sin viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.214447 MPa	Cumple
-Tensión máxima en situaciones persistentes con viento:	Máximo: 0.249959 MPa Calculado: 0.222197 MPa	Cumple
Vuelco de la zapata: <i>Si el % de reserva de seguridad es mayor que cero, quiere decir que los coeficientes de seguridad al vuelco son mayores que los valores estrictos exigidos para todas las combinaciones de equilibrio.</i>		
- En dirección X:	Reserva seguridad: 7124.6 %	Cumple

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Referencia: N13		
Dimensiones: 210 x 220 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- En dirección Y:	Reserva seguridad: 289.7 %	Cumple
Flexión en la zapata:		
- En dirección X:	Momento: 163.80 kN·m	Cumple
- En dirección Y:	Momento: 186.81 kN·m	Cumple
Cortante en la zapata:		
- En dirección X:	Cortante: 186.78 kN	Cumple
- En dirección Y:	Cortante: 194.63 kN	Cumple
Compresión oblicua en la zapata:		
- Situaciones persistentes:	Máximo: 5000 kN/m ²	
<i>Criterio de CYPE Ingenieros</i>	Calculado: 1548.5 kN/m ²	Cumple
Canto mínimo:	Mínimo: 25 cm	
<i>Artículo 58.8.1 de la norma EHE-08</i>	Calculado: 50 cm	Cumple
Espacio para anclar arranques en cimentación:	Mínimo: 30 cm	
- N11:	Calculado: 43 cm	Cumple
Cuantía geométrica mínima:		
<i>Artículo 42.3.5 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 0.0009	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 0.0011	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 0.0013	Cumple
Cuantía mínima necesaria por flexión:		
<i>Artículo 42.3.2 de la norma EHE-08</i>		
- Armado inferior dirección X:	Mínimo: 0.0012	
	Calculado: 0.0012	Cumple

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Referencia: N13		
Dimensiones: 210 x 220 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inferior dirección Y:	Mínimo: 0.0013 Calculado: 0.0013	Cumple
Diámetro mínimo de las barras: - Parrilla inferior: <i>Recomendación del Artículo 58.8.2 (norma EHE-08)</i>	Mínimo: 12 mm Calculado: 12 mm	Cumple
Separación máxima entre barras: <i>Artículo 58.8.2 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Separación mínima entre barras: <i>Criterio de CYPE Ingenieros, basado en: J. Calavera. "Cálculo de Estructuras de Cimentación". Capítulo 3.16</i>	Mínimo: 10 cm	
- Armado inferior dirección X:	Calculado: 20 cm	Cumple
- Armado inferior dirección Y:	Calculado: 18 cm	Cumple
Longitud de anclaje: <i>Criterio del libro "Cálculo de estructuras de cimentación", J. Calavera. Ed. INTEMAC, 1991</i>		
- Armado inf. dirección X hacia der:	Mínimo: 25 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado inf. dirección X hacia izq:	Mínimo: 25 cm Calculado: 42 cm	Cumple
- Armado inf. dirección Y hacia arriba:	Mínimo: 20 cm Calculado: 22 cm	Cumple

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Referencia: N13		
Dimensiones: 210 x 220 x 50		
Armados: Xi:Ø12c/20 Yi:Ø12c/18		
Comprobación	Valores	Estado
- Armado inf. dirección Y hacia abajo:	Mínimo: 27 cm	Cumple
	Calculado: 72 cm	
Se cumplen todas las comprobaciones		

Se observa que en la solución de la zapata se coloca un armado en la parte inferior. Esto es debido a que la cimentación soportará cargas de compresión en la parte superior, que harán que la parte inferior traccione. Este efecto puede producir grietas en el hormigón, que se evitan añadiendo la armadura que hará la base más resistente.

6.5.2. VIGAS DE ATADO

Las vigas de atado son de medidas 40x40cm. La solución de las placas de anclaje de la estructura depende de las dimensiones del pilar.

Referencia: C.1 [N13-N9] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
Diámetro mínimo estribos:	Mínimo: 6 mm Calculado: 8 mm	Cumple
Separación mínima entre estribos: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm Calculado: 29.2 cm	Cumple
Separación mínima armadura longitudinal: <i>Artículo 69.4.1 de la norma EHE-08</i>	Mínimo: 3.7 cm	
- Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
- Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Separación máxima estribos: - Sin cortantes: <i>Artículo 44.2.3.4.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Separación máxima armadura longitudinal: <i>Artículo 42.3.1 de la norma EHE-08</i>	Máximo: 30 cm	

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Referencia: C.1 [N13-N9] (Viga de atado)		
-Dimensiones: 40.0 cm x 40.0 cm		
-Armadura superior: 2Ø12		
-Armadura inferior: 2Ø12		
-Estribos: 1xØ8c/30		
Comprobación	Valores	Estado
-Armadura superior:	Calculado: 26 cm	Cumple
-Armadura inferior:	Calculado: 26 cm	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Diámetro mínimo de la armadura longitudinal (Recomendación del Artículo 58.8.2 de la EHE-08): Mínimo: 12.0 mm, Calculado: 12.0 mm (Cumple)		
- No llegan estados de carga a la cimentación.		

6.5.3. PLACAS DE ANCLAJE

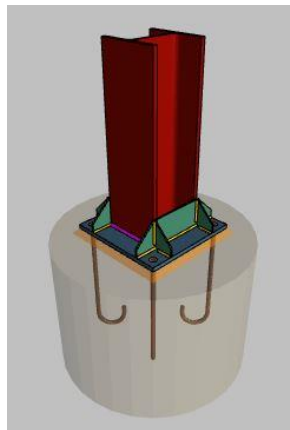


IMAGEN 31. Placa de anclaje N13.

Las características de las placas de anclaje que soportan pilares de perfil HEB 200 son:

- Medidas placa base: 350x350x15mm.
- Rigidizadores:
 - 2 rigidizadores paralelos al eje de inercia Z del pilar de medidas 100x30x5 mm.
 - 2 rigidizadores paralelos al eje de inercia Y del pilar de medidas 100x30x7 mm.
- 4 pernos gancho a 180° de longitud 30 cm y diámetro 16.

Se listan a continuación las comprobaciones extraídas de CYPE para el nudo 13.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Referencia: -Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x30x5.0) Paralelos Y: 2(100x30x7.0)		
Comprobación	Valores	Estado
Separación mínima entre pernos: <i>3 diámetros</i>	Mínimo: 48 mm Calculado: 291 mm	Cumple
Separación mínima pernos-borde: <i>1.5 diámetros</i>	Mínimo: 24 mm Calculado: 30 mm	Cumple
Esbeltez de rigidizadores: - Paralelos a X: - Paralelos a Y:	Máximo: 50 Calculado: 43.3 Calculado: 30.9	Cumple Cumple
Longitud mínima del perno: <i>Se calcula la longitud de anclaje necesaria por adherencia.</i>	Mínimo: 16 cm Calculado: 30 cm	Cumple
Anclaje perno en hormigón: - Tracción: - Cortante: - Tracción + Cortante:	Máximo: 53.34 kN Calculado: 4.52 kN Máximo: 37.34 kN Calculado: 9.52 kN Máximo: 53.34 kN Calculado: 18.12 kN	Cumple Cumple Cumple
Tracción en vástago de pernos:	Máximo: 64.32 kN Calculado: 7.52 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en vástago de pernos:	Máximo: 380.952 MPa Calculado: 91.3804 MPa	Cumple
Aplastamiento perno en placa: <i>Límite del cortante en un perno actuando contra la placa</i>	Máximo: 125.71 kN Calculado: 9.53 kN	Cumple
Tensión de Von Mises en secciones globales: - Derecha: - Izquierda: - Arriba: - Abajo:	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 194.849 MPa Calculado: 193.722 MPa Calculado: 231.29 MPa Calculado: 152.87 MPa	Cumple Cumple Cumple Cumple
Flecha global equivalente: <i>Limitación de la deformabilidad de los vuelos</i> - Derecha: - Izquierda:	Mínimo: 250 Calculado: 6851.12 Calculado: 6894.87	Cumple Cumple

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Referencia: -Placa base: Ancho X: 350 mm Ancho Y: 350 mm Espesor: 15 mm -Pernos: 4Ø16 mm L=30 cm Gancho a 180 grados -Disposición: Posición X: Centrada Posición Y: Centrada -Rigidizadores: Paralelos X: 2(100x30x5.0) Paralelos Y: 2(100x30x7.0)		
Comprobación	Valores	Estado
- Arriba:	Calculado: 5351.77	Cumple
- Abajo:	Calculado: 8337.79	Cumple
Tensión de Von Mises local: <i>Tensión por tracción de pernos sobre placas en voladizo</i>	Máximo: 261.905 MPa Calculado: 43.8333 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional: - Relación rotura pésima sección de hormigón: 0.273 - Punto de tensión local máxima: (-0.107, -0.1)		

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

III. MEDICIONES Y PRESUPUESTO

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

1. CAPÍTULO 1: ACONDICIONAMIENTO DEL TERRENO

1.1. DESBROCE Y LIMPIEZA DEL TERRENO

“Desbroce y limpieza del terreno, con medios mecánicos. Comprende los trabajos necesarios para retirar de las zonas previstas para la edificación o urbanización: pequeñas plantas, maleza, broza, maderas caídas, escombros, basuras o cualquier otro material existente, hasta una profundidad no menor que el espesor de la capa de tierra vegetal, considerando como mínimo 30 cm; y carga a camión. El precio no incluye la tala de árboles ni el transporte de los materiales retirados.”

Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Total (€)
569,55	1,19	677,77

1.2. EXCAVACIÓN A CIELO ABIERTO, CON MEDIOS MECÁNICOS

“Excavación a cielo abierto, en suelo de arcilla semidura, con medios mecánicos, y carga a camión. El precio no incluye el transporte de los materiales excavados.”

Medición (m ³)	Precio unitario (€/m ³)	Total (€)
48,23	5,40	260,44

1.3. TRANSPORTE DE TIERRAS DENTRO DE LA OBRA

“Transporte de tierras con camión de 12t de los productos procedentes de la excavación de cualquier tipo de terreno dentro de la obra. El precio incluye el tiempo de espera en obra durante las operaciones de carga, el viaje de ida, la descarga y el viaje de vuelta, pero no incluye la carga en obra.”

Medición (m ³)	Precio unitario (€/m ³)	Total (€)
48,23	0,82	39,55

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

1.4. RESUMEN CAPÍTULO 1

PARTIDA	TOTAL (€)
Desbroce y limpieza del terreno	677,77
Excavación a cielo abierto con medios mecánicos	260,44
Transporte de tierras dentro de la obra	39,55
CAPÍTULO 1	977,76

2. CAPÍTULO 2: CIMENTACIONES

2.1. CAPA DE HORMIGÓN DE LIMPIEZA

“Capa de hormigón de limpieza y nivelado de fondos de cimentación, de 10 cm de espesor, de hormigón HL-150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, en el fondo de la excavación previamente realizada.”

Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Total (€)
103,30	7,50	774,75

2.2. ZAPATA DE CIMENTACIÓN DE HORMIGÓN ARMADO

“Zapata de cimentación de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 50kg/m³. Incluso armadura de espera del pilar, alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.”

Medición (m ³)	Precio unitario (€/m ³)	Total (€)
34,53	139,37	4.812,45

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

2.3. VIGA ENTRE ZAPATAS

“Viga de atado de hormigón armado, realizada con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido desde camión, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 60 kg/m³. Incluso alambre de atar, y separadores. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye el encofrado.”

Medición (m ³)	Precio unitario (€/m ³)	Total (€)
13,70	147,92	2.026,51

2.4. RESUMEN CAPÍTULO 2

PARTIDA	TOTAL (€)
Capa de hormigón de limpieza	774,75
Zapata de cimentación de hormigón armado	4.812,45
Viga entre zapatas	2.026,51
CAPÍTULO 2	7.613,71

3. CAPÍTULO 3: ESTRUCTURAS

3.1. ACERO EN ESTRUCTURA DE ESCALERAS Y RAMPAS

“Acero UNE-EN 10025 S275JR, en estructuras de escalera compuesta de zancas y mesetas, formada por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.”

Medición (kg)	Precio unitario (€/kg)	Total (€)
155,86	7,25	1.130,00

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

3.2. PLACA DE ANCLAJE DE ACERO, CON PERNOS SOLDADOS PARA PILARES HEB260

“Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado de 400X400mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B500S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud total. El precio incluye los cortes, los despuntes, la preparación de bordes, las pletinas, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje.”

Medición (Ud)	Precio unitario (€/Ud)	Total (€)
10	46,98	469,80

3.3. PLACA DE ANCLAJE DE ACERO, CON PERNOS SOLDADOS PARA PILARES HEB200

“Placa de anclaje de acero UNE-EN 10025 S275JR en perfil plano, con rigidizadores y taladro central biselado de 350X350 mm y espesor 15 mm, con 4 pernos soldados, de acero corrugado UNE-EN 10080 B500S de 16 mm de diámetro y 30 cm de longitud total. El precio incluye los cortes, los despuntes, la preparación de bordes, las pletinas, las piezas especiales y los elementos auxiliares de montaje.”

Medición (Ud)	Precio unitario (€/Ud)	Total (€)
8	38,36	306,88

3.4. ACERO EN PILARES

“Acero UNE-EN 10025 S275JR, en pilares formados por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, colocado con uniones soldadas en obra, a una altura de hasta 3 m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, las placas de arranque y de transición de pilar inferior a superior, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.”

Medición (kg)	Precio unitario (€/kg)	Total (€)
12.779,02	1,60	20.446,43

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

3.5. ACERO EN VIGAS

“Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, UPE, HEB, HEA, HEM o UPN, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.”

Medición (kg)	Precio unitario (€/kg)	Total (€)
16.971,70	1,62	27.494,15

3.6. ACERO EN CRUCES DE SAN ANDRÉS

“Acero UNE-EN 10025 S275JR, en vigas formadas por piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T, redondo, cuadrado, rectangular o pletina, acabado con imprimación antioxidante, con uniones soldadas en obra, a una altura de más de 3m. El precio incluye las soldaduras, los cortes, los despuntes, las piezas especiales, los casquillos y los elementos auxiliares de montaje.”

Medición (kg)	Precio unitario (€/kg)	Total (€)
445,21	1,69	752,40

3.7. RESUMEN CAPÍTULO 3

PARTIDA	TOTAL (€)
Acero en estructura de escaleras y rampas	1.130,00
Placa de anclaje de acero, con pernos soldados para pilares HEB 260	469,80
Placa de anclaje de acero, con pernos soldados para pilares HEB 200	306,88
Acero en pilares	20.446,43
Acero en vigas	27.494,15
Acero en cruces de San Andrés	752,40
CAPÍTULO 3	50.599,66

4. CAPÍTULO 4: FACHADAS

4.1. HOJA EXTERIOR DE FACHADA, DE FÁBRICA DE BLOQUE DE HORMIGÓN CARA VISTA, CON CÁMARA DE AIRE LIGERAMENTE VENTILADA

“Hoja exterior en cerramiento de fachada, de 15 cm de espesor de fábrica, de bloque CV de hormigón, liso hidrófugo, color gris, 40x20x15 cm, resistencia normalizada R10 (10 N/mm²), con juntas horizontales y verticales de 10 mm de espesor, junta rehundida, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-7,5, suministrado a granel, revestimiento de los frentes de forjado con plaquetas de hormigón, colocadas con mortero de alta adherencia, formación de dinteles mediante piezas en “U” con armadura y macizado de hormigón, con cámara de aire ligeramente ventilada (drenaje no incluido en este precio).”

Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Total (€)
590,40	32,75	19.335,60

4.2. HOJA INTERIOR DE FACHADA, DE FÁBRICA DE LADRILLO CERÁMICO PARA REVESTIR

“Hoja interior de cerramiento de fachada de 7 cm de espesor, de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble, para revestir, 33x16x7 cm, con juntas horizontales y verticales de 10 mm de espesor, junta rehundida, recibida con mortero de cemento industrial, color gris, M-5, suministrado a granel, formación de dinteles mediante obra de fábrica sobre carpintería”.

Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Total (€)
590,40	13,29	7.846,42

4.3. BARANDILLA DE FACHADA

“Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm y montantes de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 100 cm entre sí; entrepañó para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm con una separación de 10 cm y pasamanos de cuadradillo de perfil macizo de acero laminado en caliente de 12x12 mm, fijada mediante anclaje mecánico de expansión”.

Medición (m)	Precio unitario (€/m)	Total (€)
129,60	75,63	9.801,65

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

4.4. RESUMEN CAPÍTULO 4

PARTIDA	TOTAL (€)
Hoja exterior de fachada, de fábrica de bloque de hormigón cara vista, con cámara de aire ligeramente ventilada	19.335,60
Hoja interior de fachada, de fábrica de ladrillo cerámico para revestir	7.846,42
Barandilla de fachada	9.801,65
CAPÍTULO 4	36.983,67

5. CAPÍTULO 5: FORJADO Y SOLADO

5.1. LOSA DE PLACAS ALVEOLARES PREFABRICADAS DE HORMIGÓN PRETENSADO

“Losa de 20 cm de canto, realizada con placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de 20 cm de canto y 120 cm de anchura, con momento flector último de 40 kN·m/m, con altura libre de planta de hasta 3 m apoyada directamente sobre vigas de canto o muros de carga; relleno de juntas entre pacas alveolares y zonas de enlace son apoyos, realizados con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central, y vertido en cubilote, y acero B 500 S en zona de negativos, con una cuantía aproximada de 4 kg/m². Incluso piezas de acero UNE-EN-10025 S275JR tipo Omega, en posición invertida, laminado en caliente con recubrimiento galvanizado, 1 kg/m², para el apoyo de las placas en los huecos de forjado y alambre de atar. El precio incluye la elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y el montaje en el lugar definitivo de su colocación en obra, pero no incluye los apoyos ni los pilares”.

Medición (m²)	Precio unitario (€/m²)	Total (€)
768	59,96	46.049,28

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

5.2. SOLADO DE BALDOSAS CERÁMICAS CON MORTERO DE CEMENTO COMO MATERIAL DE AGARRE

“Solado de baldosas cerámicas de gres rústico, 2/0/-/-, de 30x30 cm, 8 €/m², recibidas con mortero de cemento M-5 de 3 cm de espesor y rejuntadas con lechada de cemento blanco, L, BL-V 22,5, para junta mínima (entre 1,5 y 3 mm), coloreada con la misma tonalidad de las piezas”.

Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Total (€)
512	20,04	10.260,48

5.3. SOLADO DE BALDOSAS CERÁMICAS COLOCADAS EN CAPA FINA

“Solado de baldosas cerámicas de gres porcelánico, acabado pulido, de 20x20 cm, 8 €/m², capacidad de absorción de agua E<0,5%, grupo Bla, resistencia al deslizamiento Rd>45, clase 3, recibidas con adhesivo cementoso mejorado, C2 sin ninguna característica adicional, color gris y rejuntadas con mortero de juntas cementoso tipo L, color blanco, para juntas de hasta 3 mm.”

Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Total (€)
80	21,47	1.717,60

5.4. RESUMEN CAPÍTULO 5

PARTIDA	TOTAL (€)
Losa de placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado.	46.049,28
Parqué mosaico.	10.260,48
Solado de baldosas cerámicas colocadas en capa fina.	1.717,60
CAPÍTULO 5	58.027,36

6. CAPÍTULO 6: CUBIERTA

6.1. CUBIERTA PLANA TRANSITABLE, VENTILADA, CON SOLADO FIJO. IMPERMEABILIZACIÓN CON LÁMINAS DE PVC.

“Cubierta plana transitable, ventilada, con solado fijo, tipo convencional, pendiente del 1% al 5%, para tráfico peatonal privado, compuesta de formación de pendientes: tablero cerámicos hueco machihembrado de 80x25x3,5 cm apoyado sobre tabiques aligerados de ladrillo cerámico hueco de 24x11,5x9 cm, dispuestos cada 80 cm y con 30 cm de altura media, aislamiento térmico: fieltro aislante de lana mineral; capa separadores bajo impermeabilización: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado (300 g/m²); impermeabilización monocapa no adherida: lámina impermeabilizante flexible de PVC-P, (fy) de 1,2 mm de espesor, con armadura de velo de fibra de vidrio, y con resistencia a la intemperie, fijada en solapes y bordes mediante soldadura termoplástica, capa separadora bajo protección: geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado (300 g/m²); capa de protección: baldosas cerámicas de gres rústico 20x20 cm colocadas en capa fina con adhesivo cementoso de fraguado normal, C1 gris, sobre capa de regularización de mortero de cemento, industrial, M-5, rejuntadas con mortero de juntas cementoso tipo CG 2, color blanco, para juntas de 2 a 15 mm.”

Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Total (€)
256	92,94	23.792,64

6.2. RESUMEN CAPÍTULO 2

PARTIDA	TOTAL (€)
Cubierta plana transitable, ventilada, con solado fijo. Impermeabilización con láminas de PVC.	23.792,64
CAPÍTULO 6	23.792,64

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

7. PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN (PBL)¹

	TOTAL (€)
CAPÍTULO 1: Acondicionamiento del terreno	977,76
CAPÍTULO 2: Cimentaciones	7.613,70
CAPÍTULO 3: Estructuras	50.599,66
CAPÍTULO 4: Fachadas y particiones	36.983,67
CAPÍTULO 5: Forjado y solado	58.027,36
CAPÍTULO 6: Cubierta	23.792,63
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:	177.994,78

El presupuesto de Ejecución Material de la obra asciende a la cantidad de **CIENTO SETENTA Y SIETE MIL NOVECIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON SETENTA Y OCHO CÉNTIMOS** (177.994,78€).

	TOTAL (€)
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:	177.994,78
Gastos generales 13%	23.139,32
Beneficio industrial 6%	10.679,69
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA:	211.813,79
21% I.V.A.	44.480,90
PRESUPUESTO BASE LICITACIÓN:	256.294,69

El Presupuesto Base de Licitación asciende a la cantidad de **DOSCIENTOS CINCUENTA Y SEIS MIL DOSCIENTOS NOVENTA Y CUATRO EUROS CON SESENTA Y NUEVE CÉNTIMOS** (256.294,69€).

¹ Los precios unitarios de todas las partidas se han extraído de www.generadordeprecios.info

8. ANÁLISIS DEL PRESUPUESTO

El porcentaje de cada capítulo sobre el presupuesto de ejecución material se detalla en la tabla siguiente:

CAPÍTULO	RESUMEN	TOTAL (€)	(%)
1	Acondicionamiento del terreno	977,76	0,55
2	Cimentaciones	7.613,70	4,28
3	Estructuras	50.599,66	28,43
4	Fachadas	36.983,67	20,78
5	Forjado y solado	58.027,36	32,60
6	Cubiertas	23.792,63	13,37
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL:		177.994,78	

Para el cálculo del presupuesto general de la obra se ha añadido al PEM un 13% de gastos generales y un 6% de beneficio industrial. Una vez se obtienen estos valores se añaden al Presupuesto de Ejecución Material, sobre este precio (presupuesto de ejecución por contrata) se aplica el Impuesto sobre el valor añadido, obteniendo así el Presupuesto base de licitación que es el valor total del proyecto.

■ CAPÍTULO 1 ■ CAPÍTULO 2 ■ CAPÍTULO 3 ■ CAPÍTULO 4 ■ CAPÍTULO 5 ■ CAPÍTULO 6

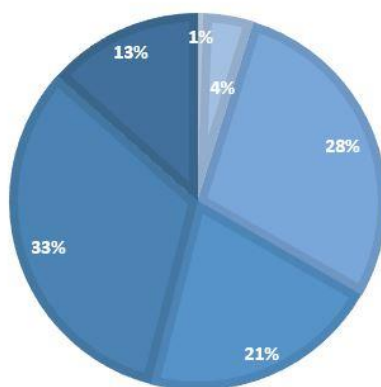


IMAGEN 32. Gráfico de porcentajes por capítulo.

En la columna de la derecha se han añadido los pesos de cada partida sobre el presupuesto de ejecución material de la obra. Se observa pues que la partida que mayor peso tiene en el presupuesto es el capítulo 5 correspondiente a forjado y solado. Uno de los motivos puede ser que el forjado que se utiliza es del tipo prefabricado, siendo más barata la opción de puesta en obra. Por otro lado, la partida que menos gasto supone es el capítulo 1 que se corresponde con el acondicionamiento del terreno. Esto puede deberse a que se trata exclusivamente de mano de obra y no hay aporte de material como acero u hormigón, los cuales están muy presentes en el resto de los capítulos.

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

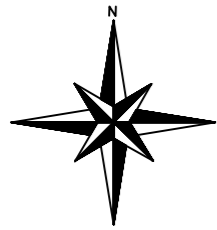
IV. PLANOS

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).

ÍNDICE DE PLANOS

- 1. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO**
- 2. DISTRIBUCIÓN EN PLANTA**
- 3. ALZADOS**
- 4. REPLANTEO**
- 5. CIMENTACIONES**
- 6. DETALLES DE CIMENTACIONES**
- 7. FORJADOS**
- 8. PÓRTICO PRINCIPALES**
- 9. PÓRTICOS LATERALES**
- 10. ESTRUCTURA 3D**

Diseño y cálculo de la estructura portante de un hotel de tres alturas con una superficie de 270 m² por planta situado en Xilxes (Castellón).



Situación. E 1:3000



Emplazamiento. E 1:600

TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN HOTEL DE TRES ALTURAS CON UNA SUPERFICIE DE 270 m² POR PLANTE SITUADO EN XILXES

Plano: Situación y emplazamiento

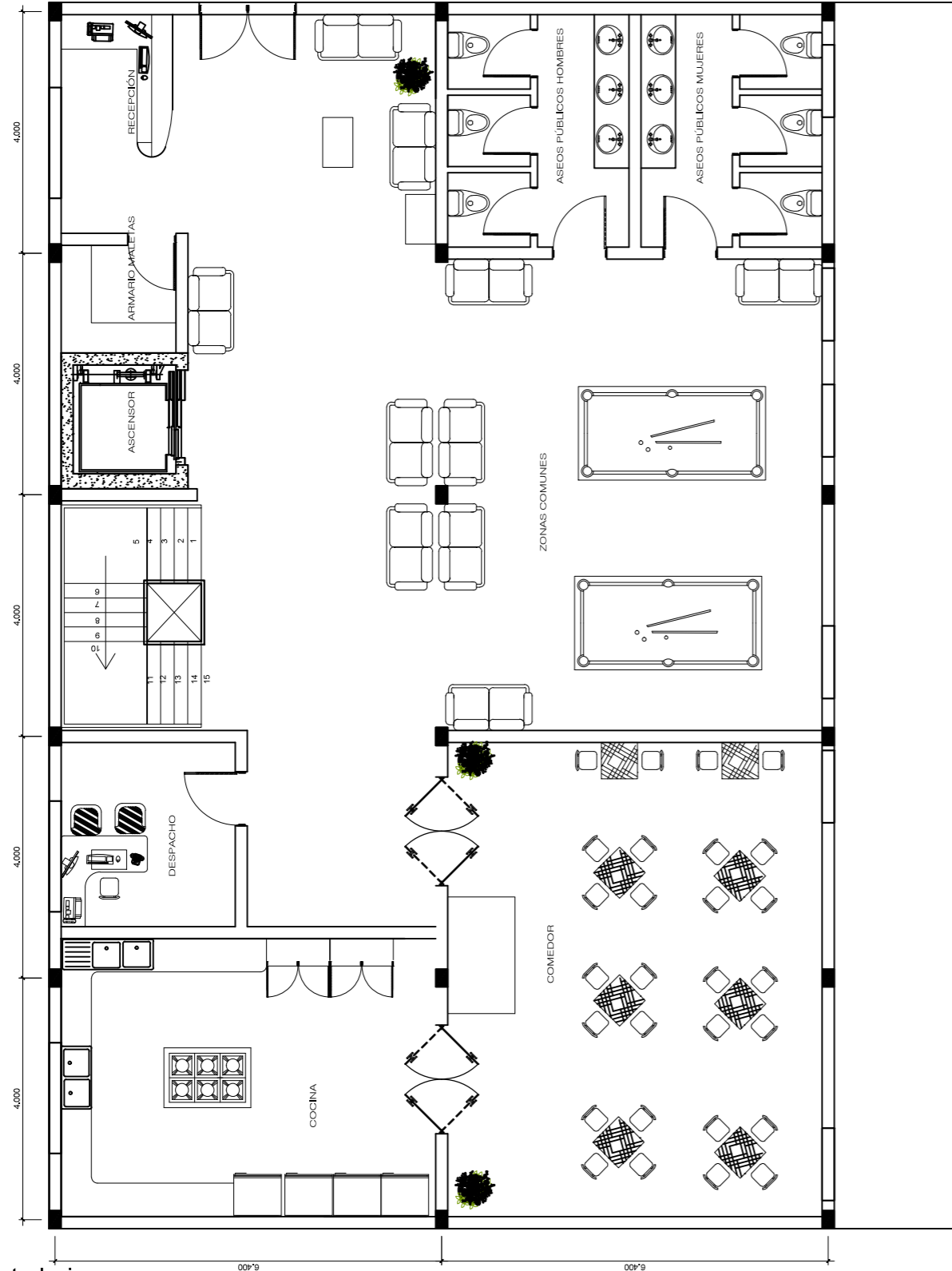
Autor: Lucía Herrero Gómez

Fecha: Septiembre 2019

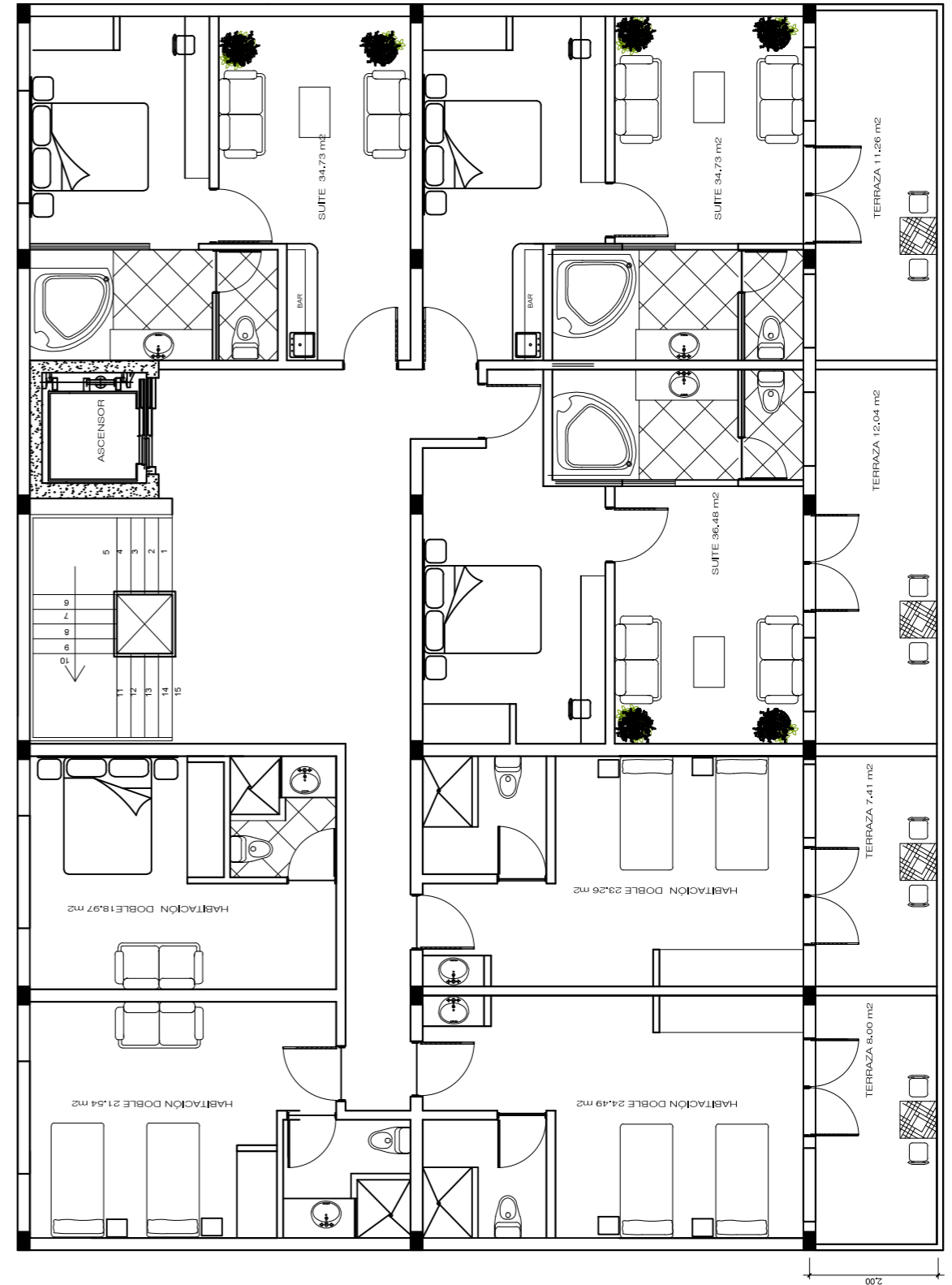
Escala: Varias

Nº Plano:

1

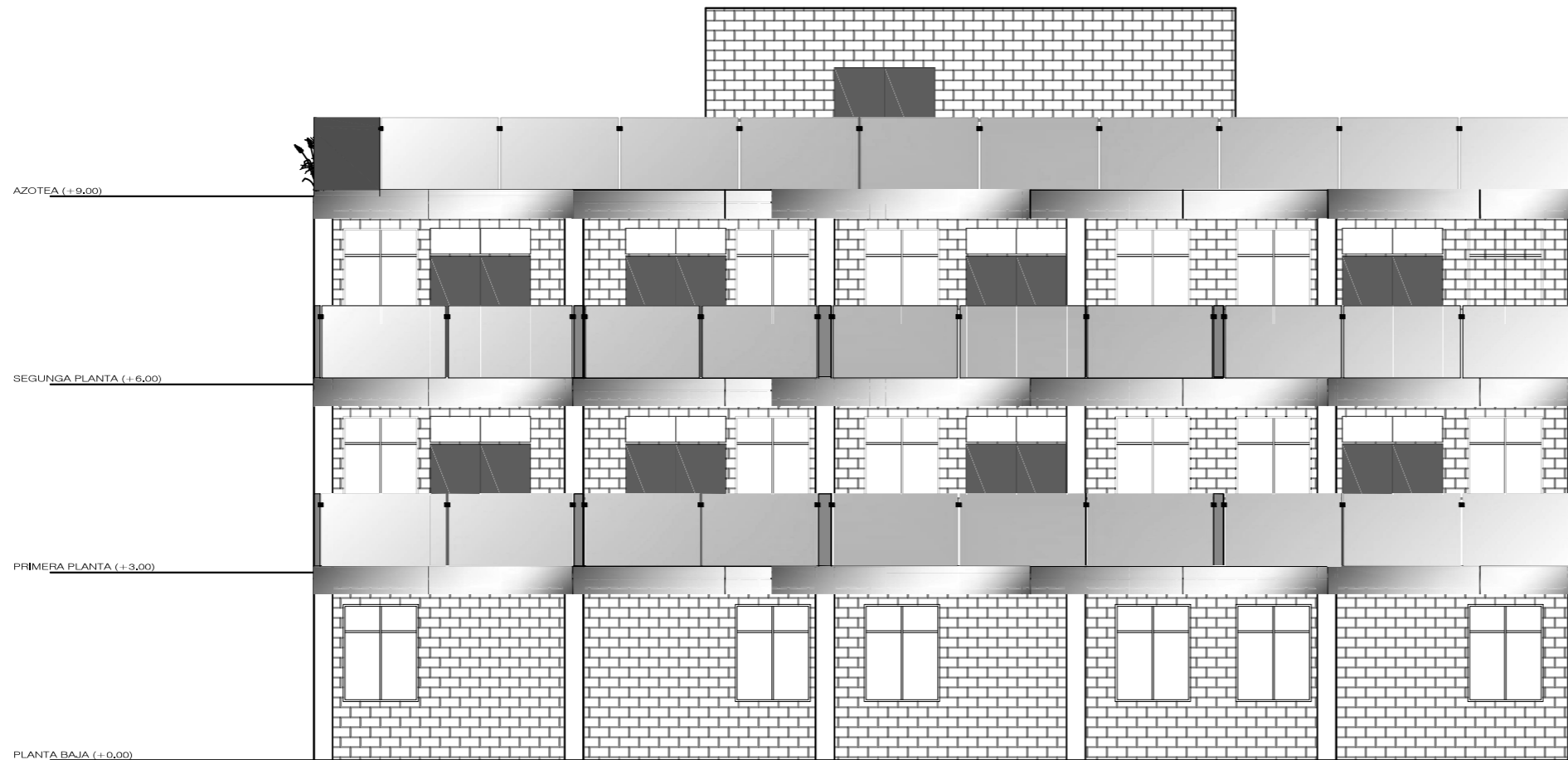


Planta baja

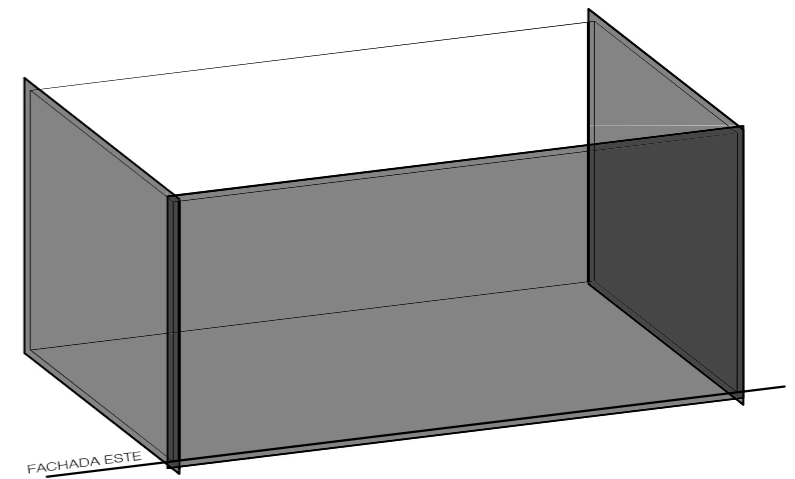


Plantas primera y segunda

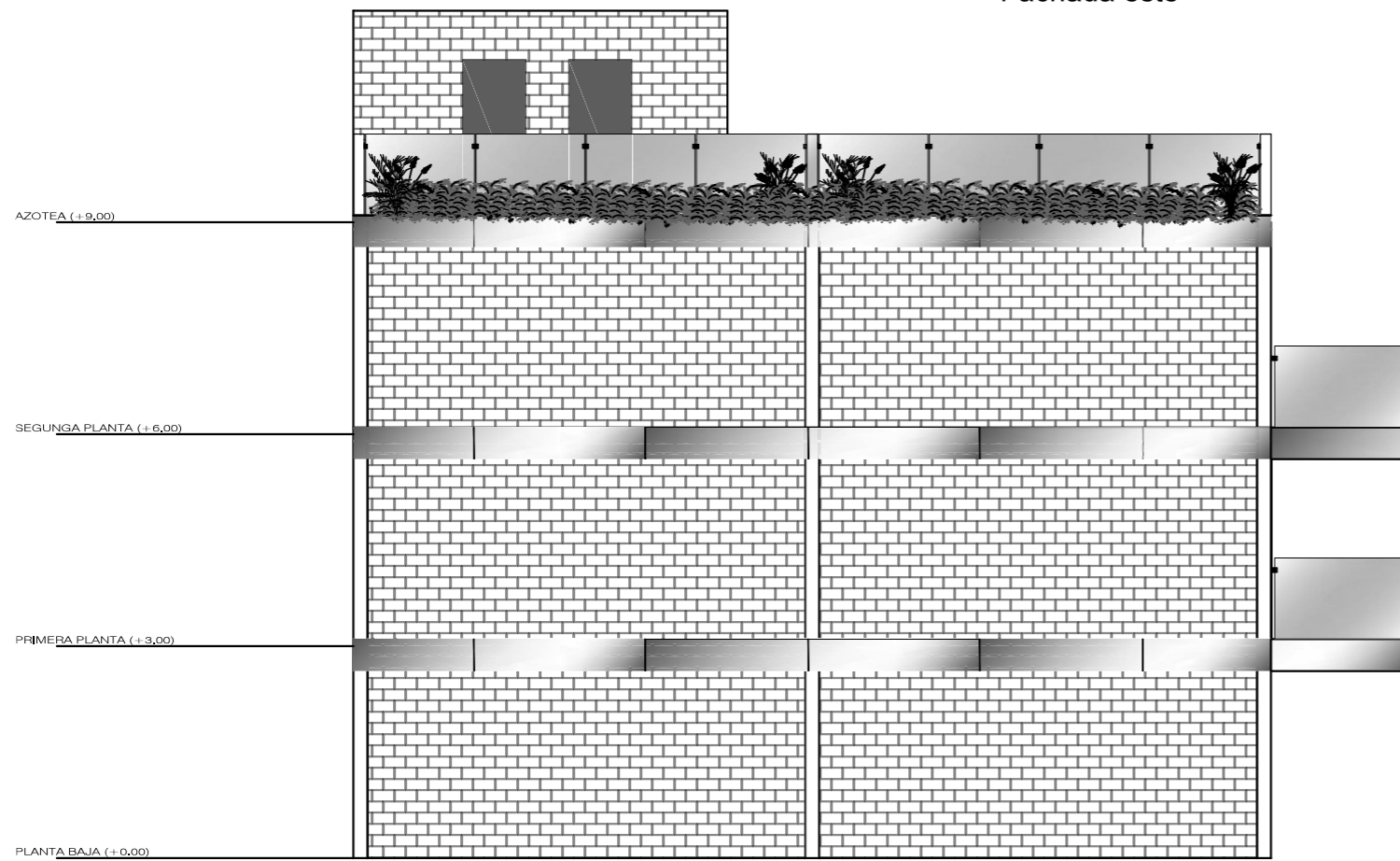
Cotas en metros



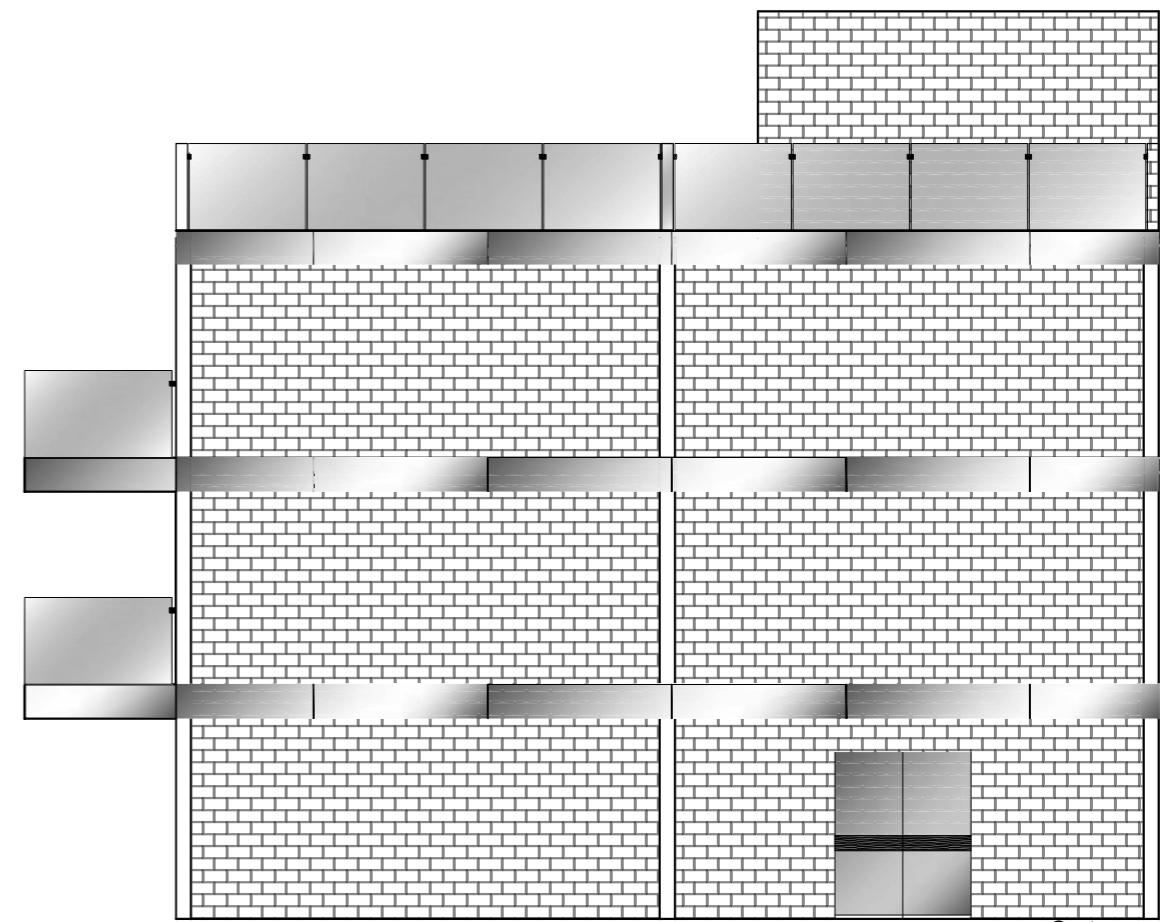
Fachada este



Vista 3D

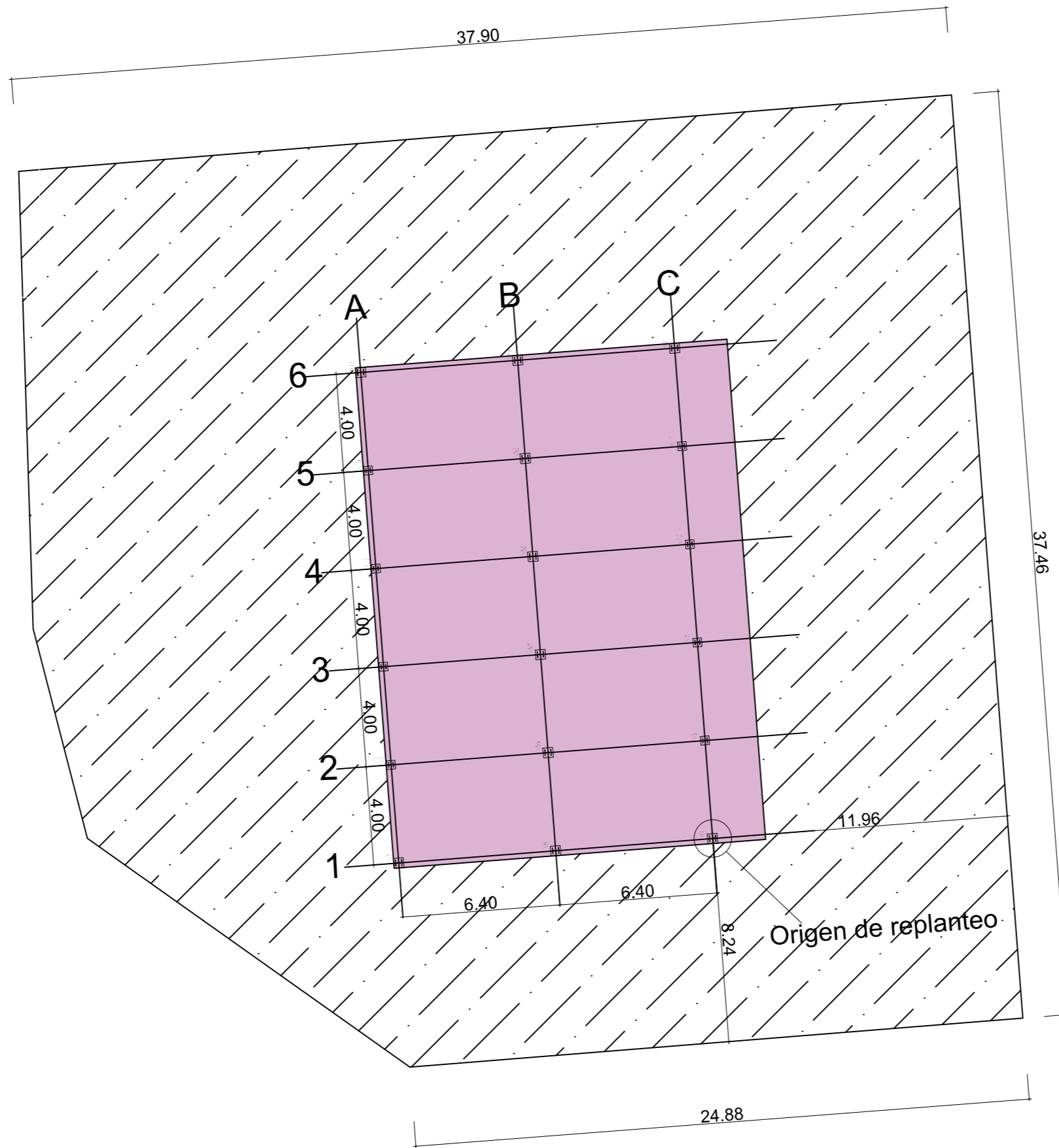
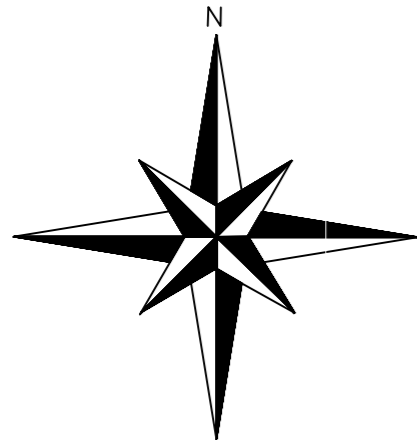


Fachada norte

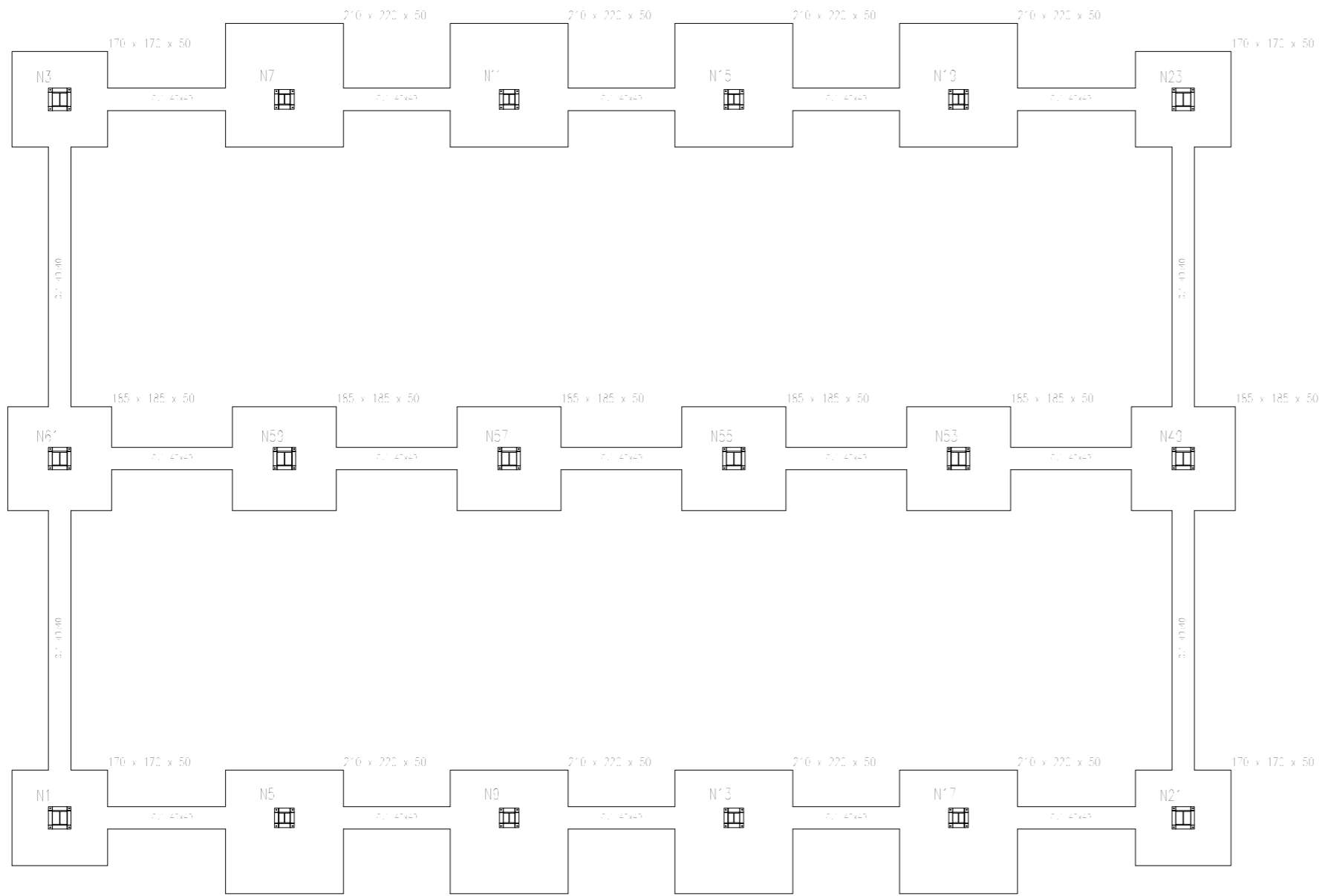


Fachada sur

Cotas en metros



Cotas en metros



Características de los materiales - Zonas de cimentación									
Materiales	Hormigón						Acero		
	Control			Características			Control		
Elemento Zona/Elección	Nivel Control	Cos. Porce.	Tipo	Consistencia	Temper. máx. árido	Exposición Ambiente	Nivel Control	Cos. Porce.	Tipo
Zapatas	Festible	γ _{adm} = 25	25-28	Albado (3-5 cm)	30 mm	IIa	Normal	γ _{adm} = 25	F 500 S
Vigas de atado	Festible	γ _{adm} = 25	25-28	Albado (3-5 cm)	30 mm	IIa	Normal	γ _{adm} = 25	F 500 S
Fijación (Anchajes)	Normal	γ _{adm} = 25		Aceptado e la Instrucción EHE					
Exposición/ambiente	Terrano	Trabajo protección u formación de limpieza				I	IIa	IIb	IIIa
Requisitos nominales (mm)	80	Ver Exposición/Ambiente				30	35	40	45

Notas:
 - Control Estadístico en EHE, equivale a control normal
 - Solapes según EHE
 - El acero utilizado deberá estar garantizado con un distintivo reconocido Sello CEMEX, CO-EHE, ...

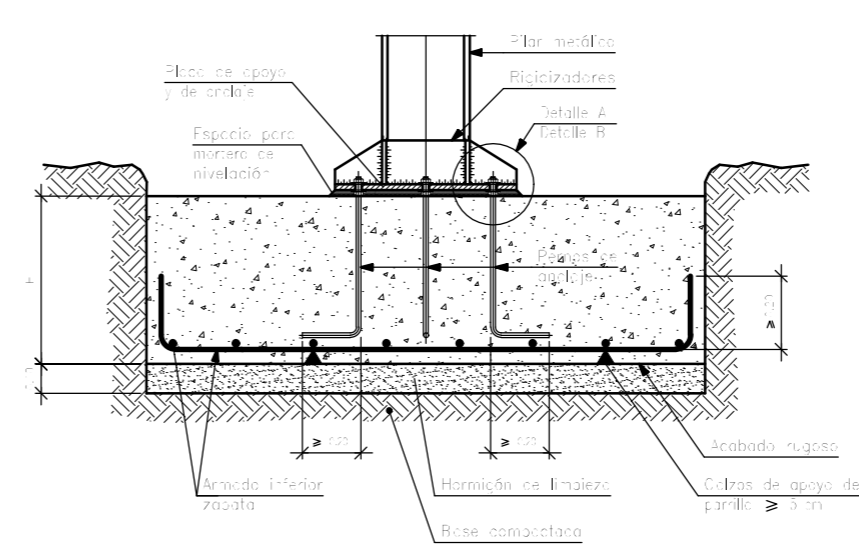
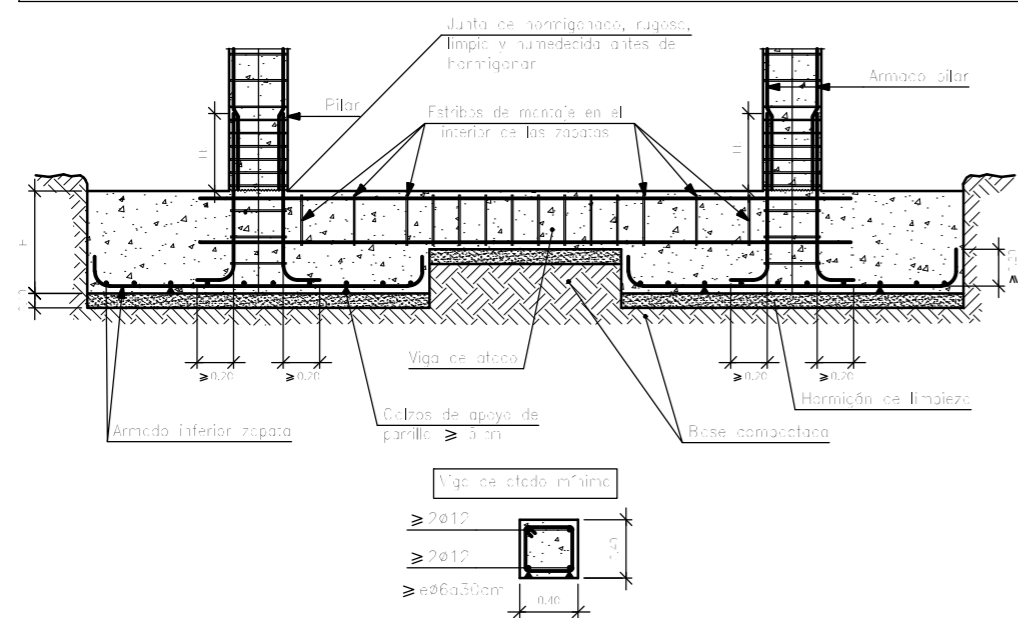
Requisitos nominales

1.- Recubrimiento inferior contacto terreno ≥ 8 cm.
 1a.- Recubrimiento sin hormigón de limpieza 4 cm.
 2.- Recubrimiento superior libre 7/5 cm.
 3.- Recubrimiento interior contacto terreno ≥ 8 cm.
 4.- Recubrimiento lateral libre 4/5 cm.

Datos geotécnicos
 - Tensión admisible del terreno considerada = 0,2000 MPa (2,0 kg/cm²)

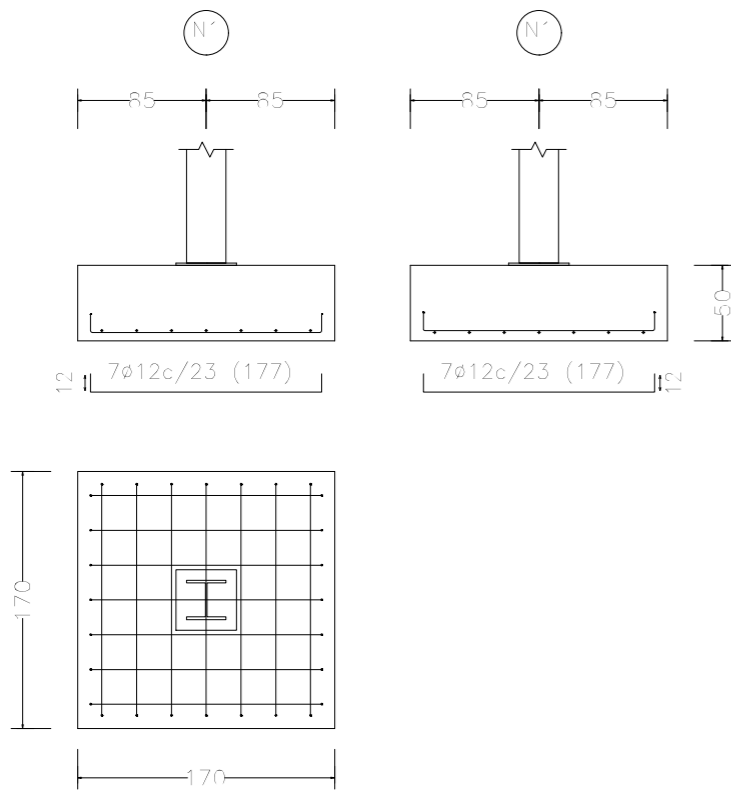
Armados	
Zapata tipo 1 (N1, N3, N7, N23)	X: 7Ø12c/23 Y: 7Ø12c/23
Zapata tipo 2 (N4, N6, N10, N14, N18, N22)	X: 11Ø12c/18 Y: 10Ø12c/18
Zapata tipo 3 (N5, N9, N13, N17, N19, N21)	X: 11Ø12c/20 Y: 11Ø12c/18

Viga de atado entre zapatas.



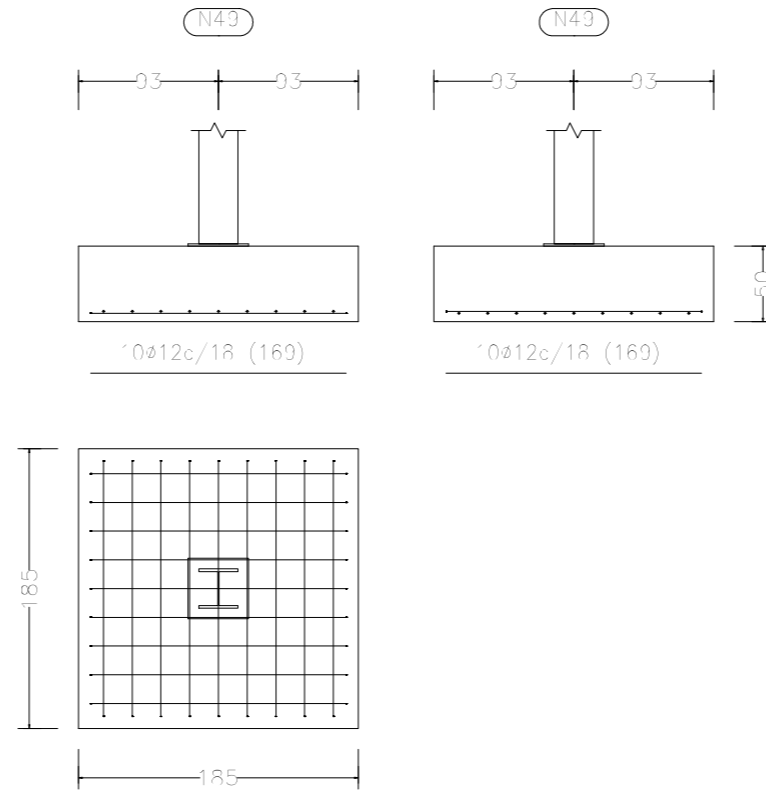
Cotas en centímetros

TIPO 1: N1, N3, N21 y N23



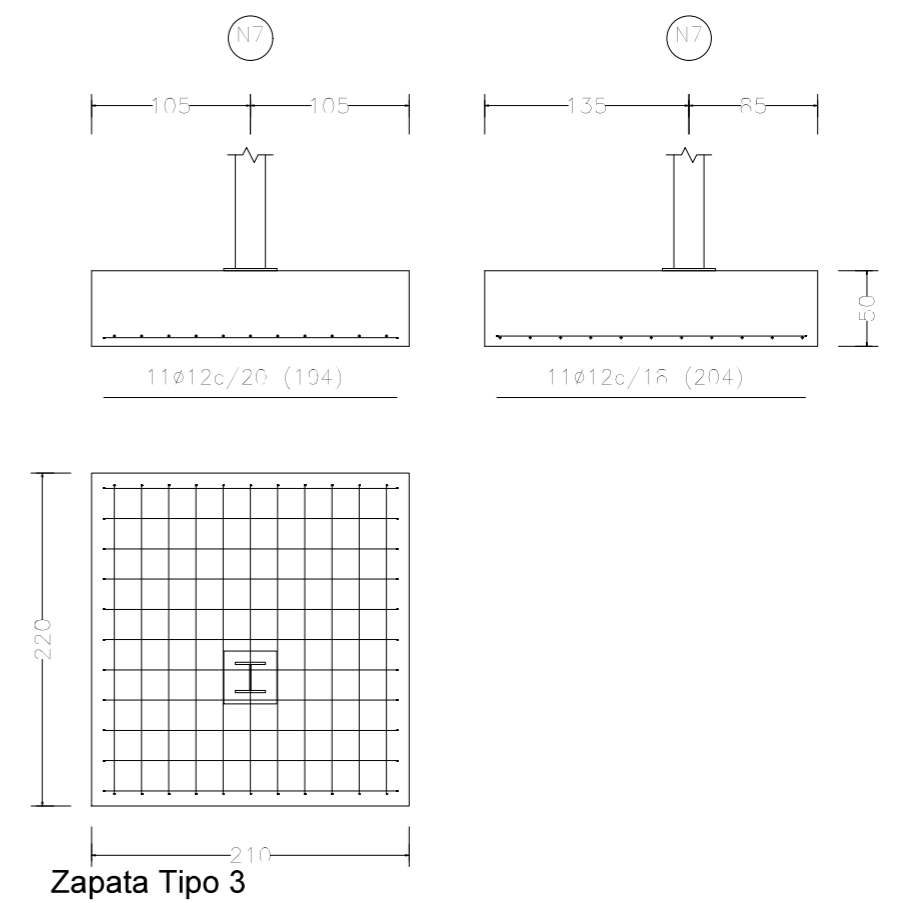
Zapata Tipo 1

TIPO 2: N49, N53, N55, N57, N59 y N61



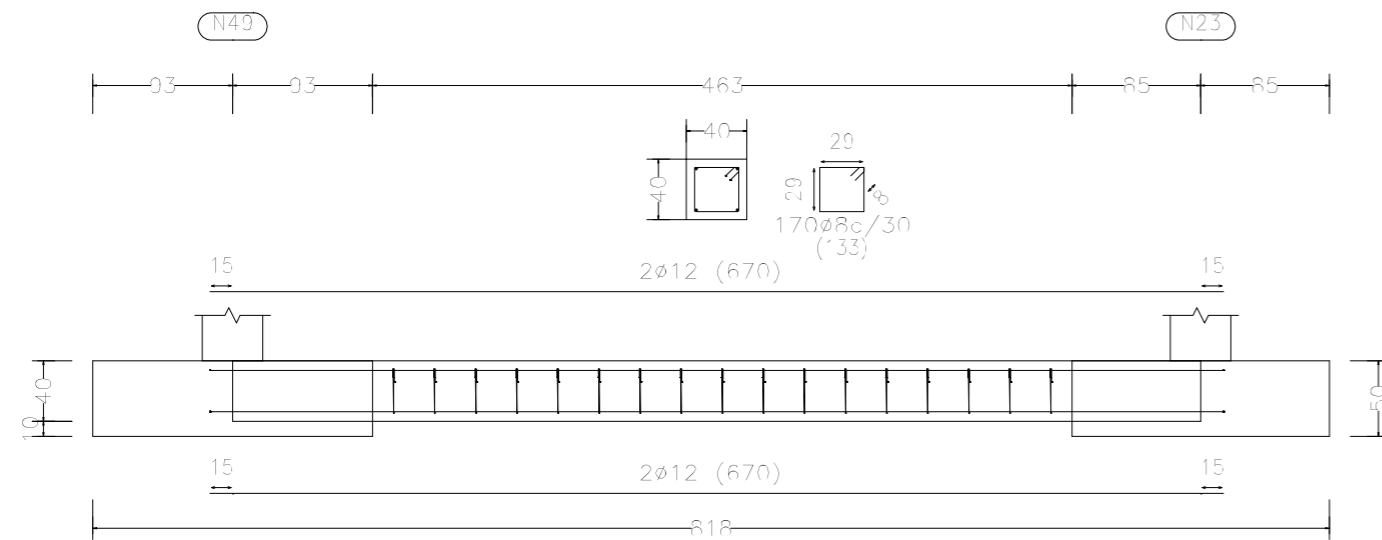
Zapata Tipo 2

TIPO 3: N5, N7, N9, N11, N13, N15, N17 y N19



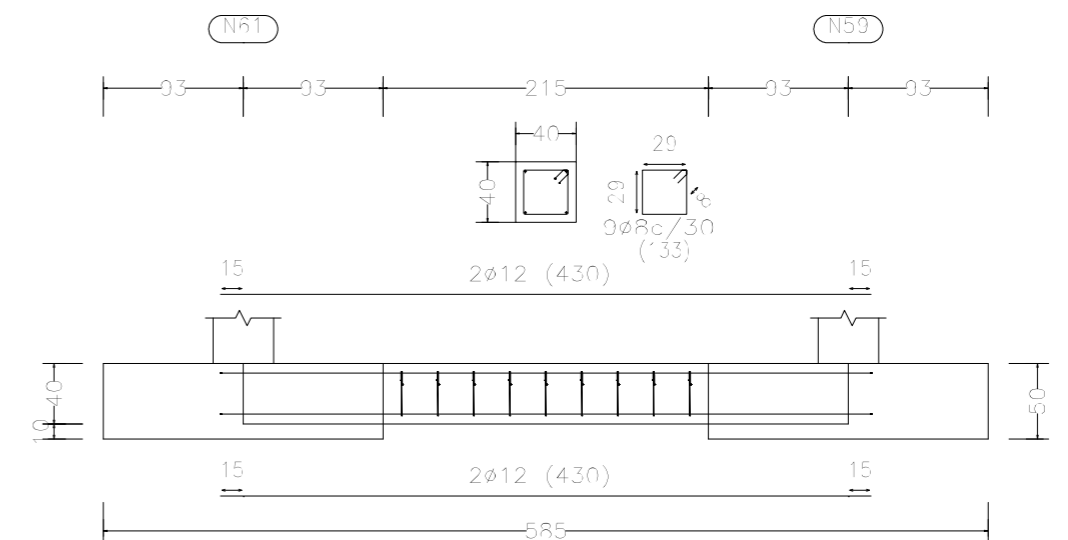
Zapata Tipo 3

C.1 [N49-N23], C.1 [N49-N21], C.1 [N61-N1] y C.1 [N61-N3]



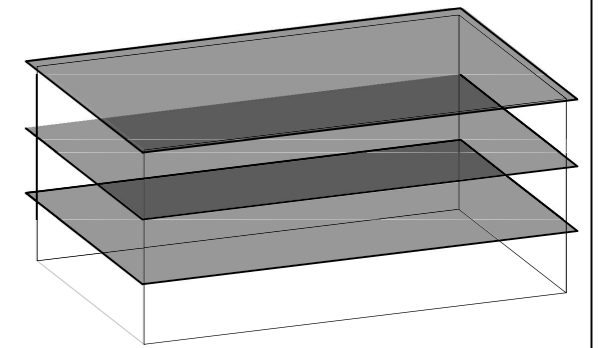
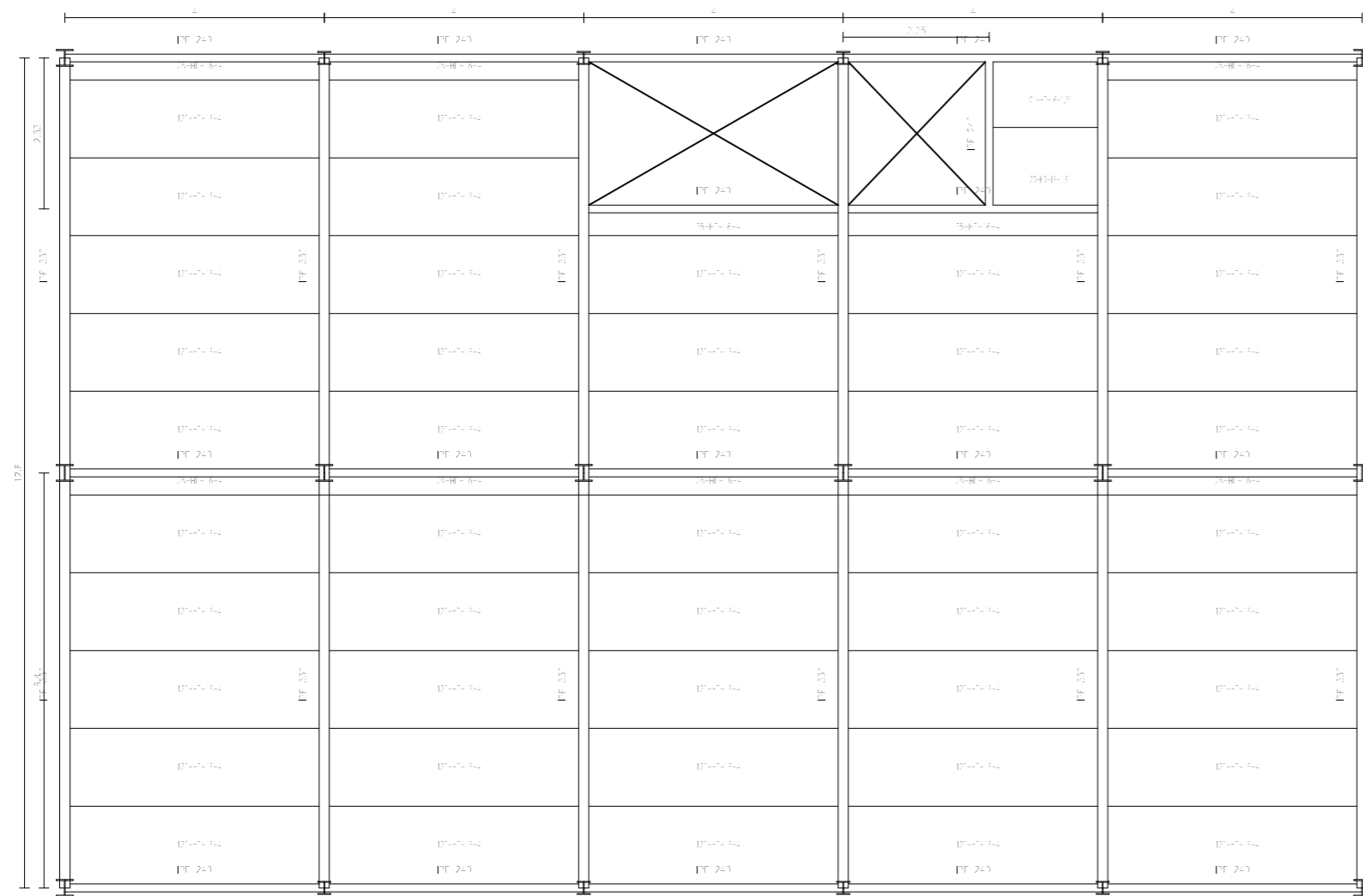
Viga de atado Tipo 1

C.1 [N61-N59], C.1 [N5-N1], C.1 [N19-N15], C.1 [N21-N17], C.1 [N7-N3], C.1 [N59-N57], C.1 [N53-N49], C.1 [N11-N7], C.1 [N9-N5], C.1 [N57-N55], C.1 [N15-N11], C.1 [N17-N13], C.1 [N55-N53], C.1 [N13-N9] y C.1 [N23-N19]



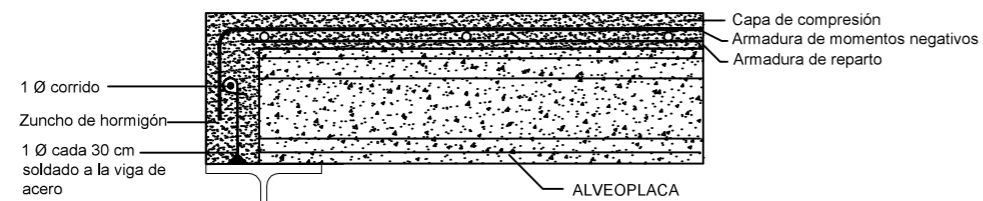
Viga de atado Tipo 2

Cotas en centímetros



Vista 3D

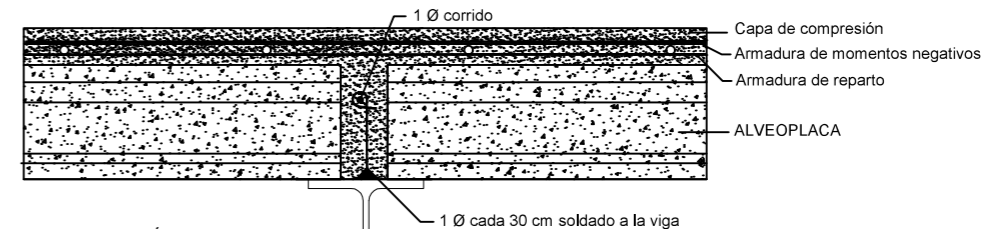
Tabla de características de placas aligeradas (Grupo 1)
HERMO: HR-16-4
Canto total del forjado: 20cm
Espesor total de la capa de compresión: 4 cm.
Ancho de la placa: 1200 mm
Armación de la alca: F4-45, $\gamma_s=1.50$
Armación de la capa y juntas: F4-25, $\gamma_s=1.50$
Acero de negativos: B500S, $\gamma_s=1.15$
Peso propio: 3.40 kN/m ²



OBSERVACIÓN: Cuando el forjado haya de estar sometido a ambientes muy calurosos, convendrá colocar la armadura de reparto sobre la de negativos, sin bajar la posición de ésta.

Sección por la junta entre alveoplacas

APOYO EXTERIOR SOBRE ALA SUPERIOR DE VIGA DE ACERO
FORJADO DE ALVEOPLACA CON CAPA DE COMPRESIÓN

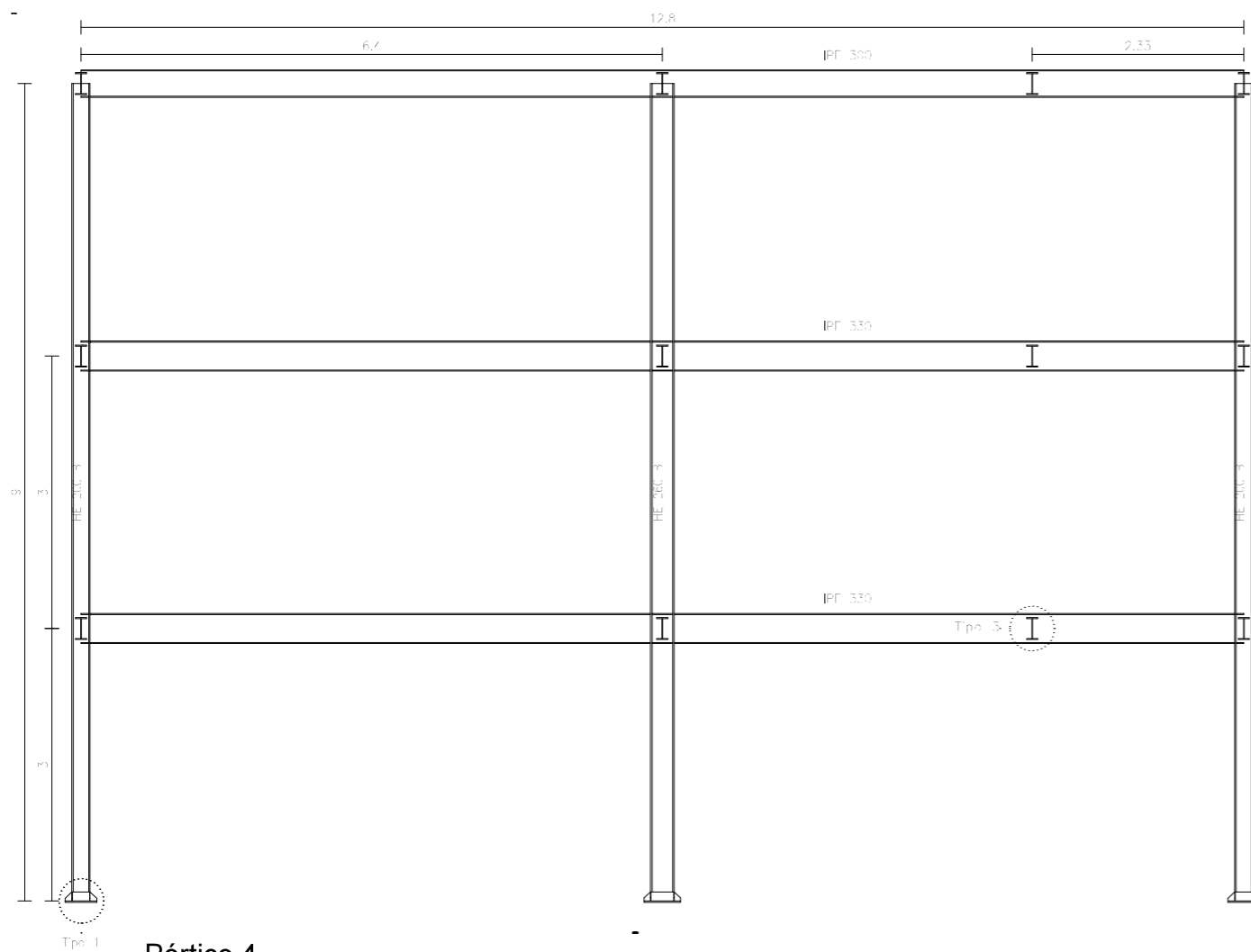


OBSERVACIÓN: Cuando el forjado haya de estar sometido a ambientes muy calurosos, convendrá colocar la armadura de reparto sobre la de negativos, sin bajar la posición de ésta.

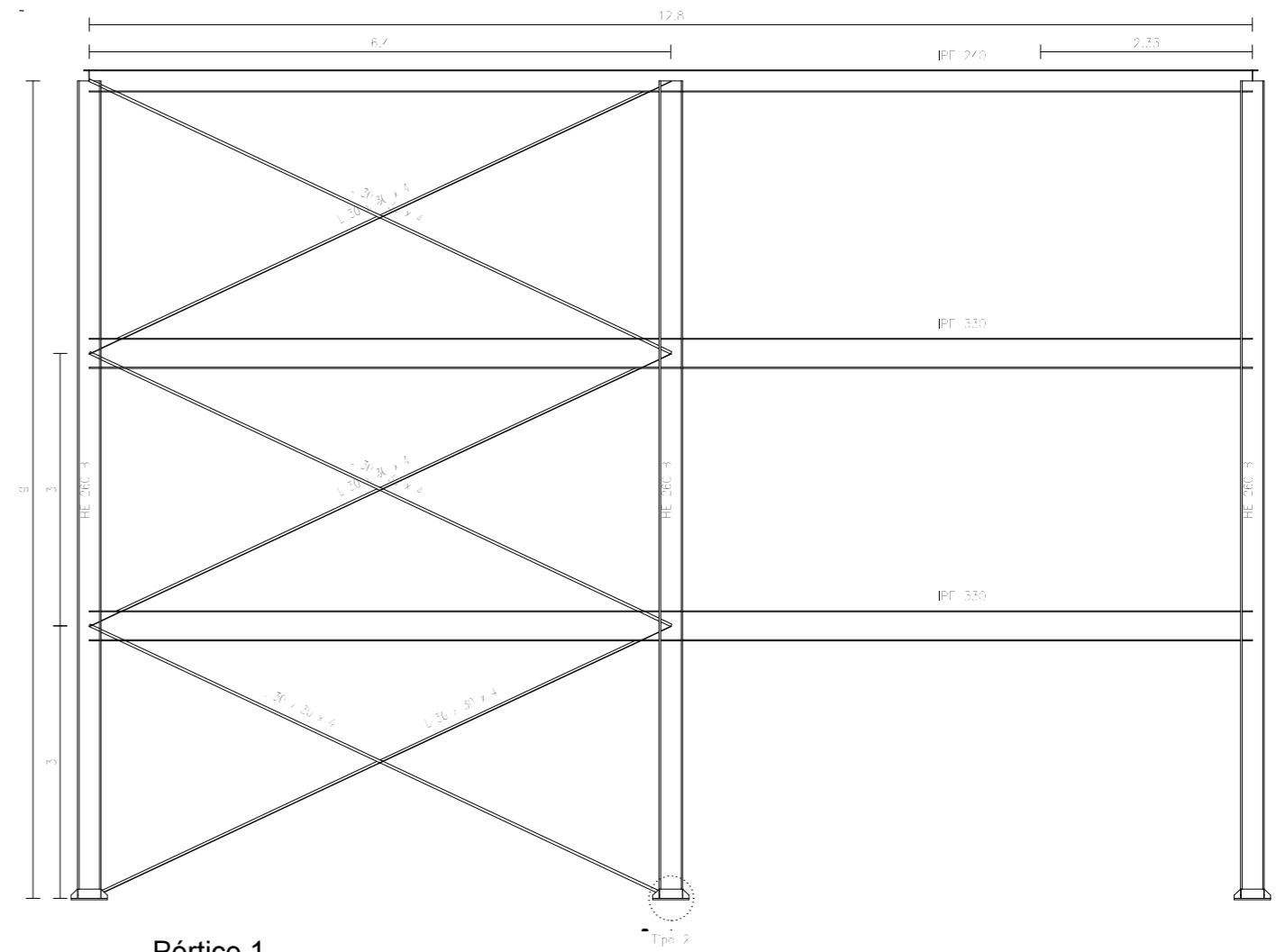
Sección por la junta entre alveoplacas

APOYO INTERIOR SOBRE ALA SUPERIOR DE VIGA DE ACERO
FORJADO DE ALVEOPLACA CON CAPA DE COMPRESIÓN

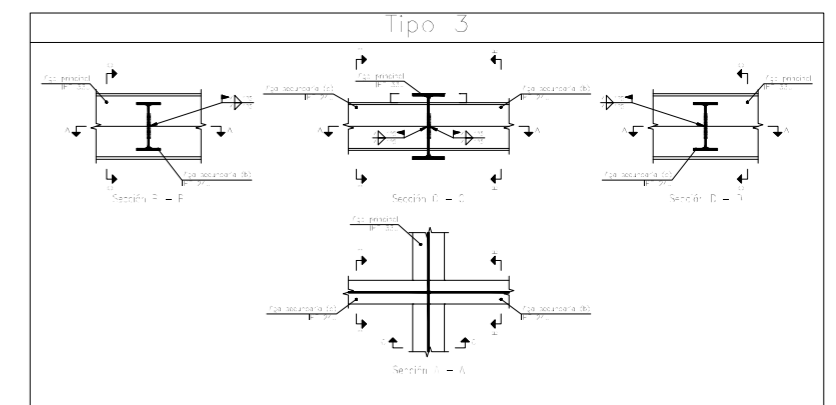
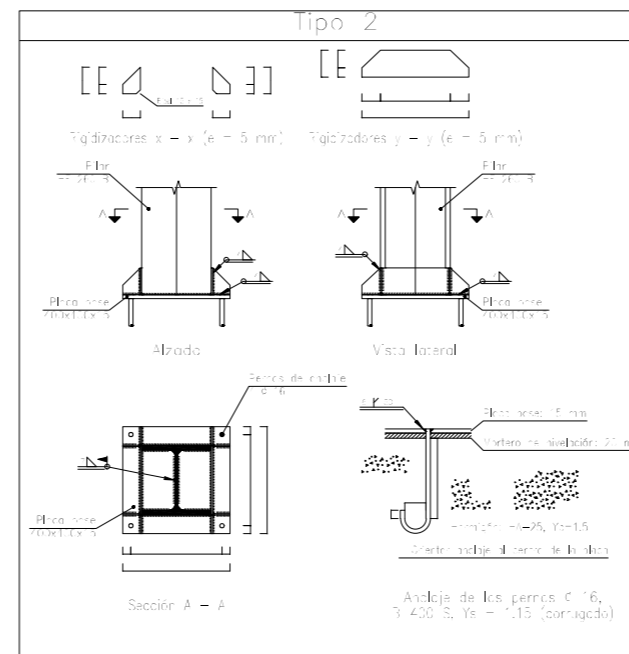
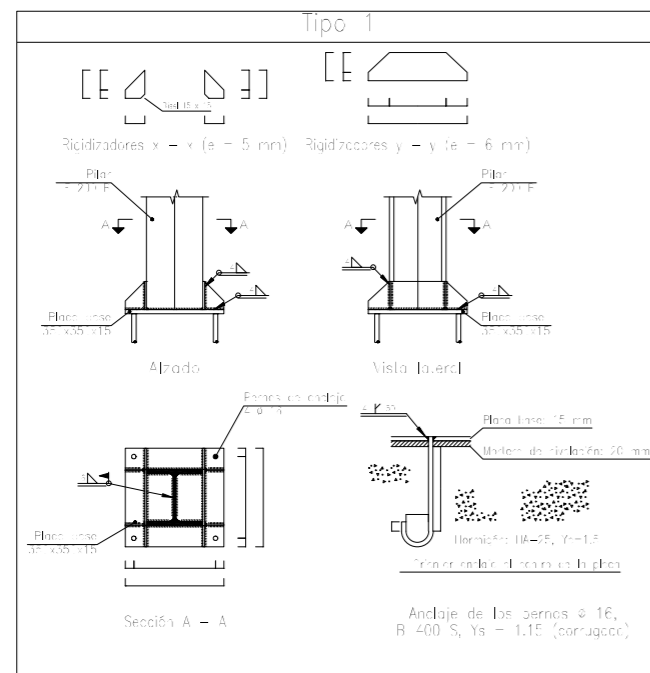
Cotas en metros



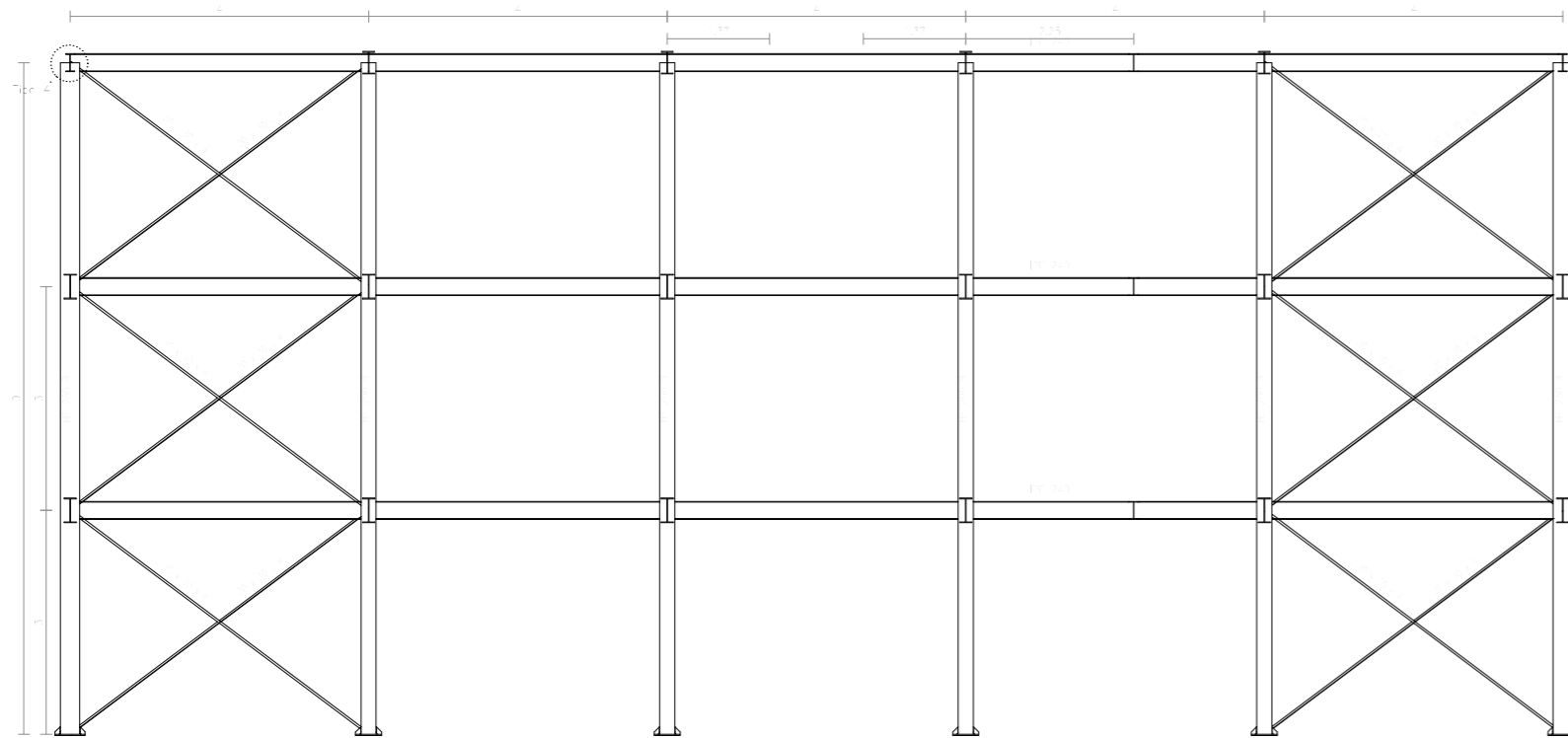
Pórtico 4



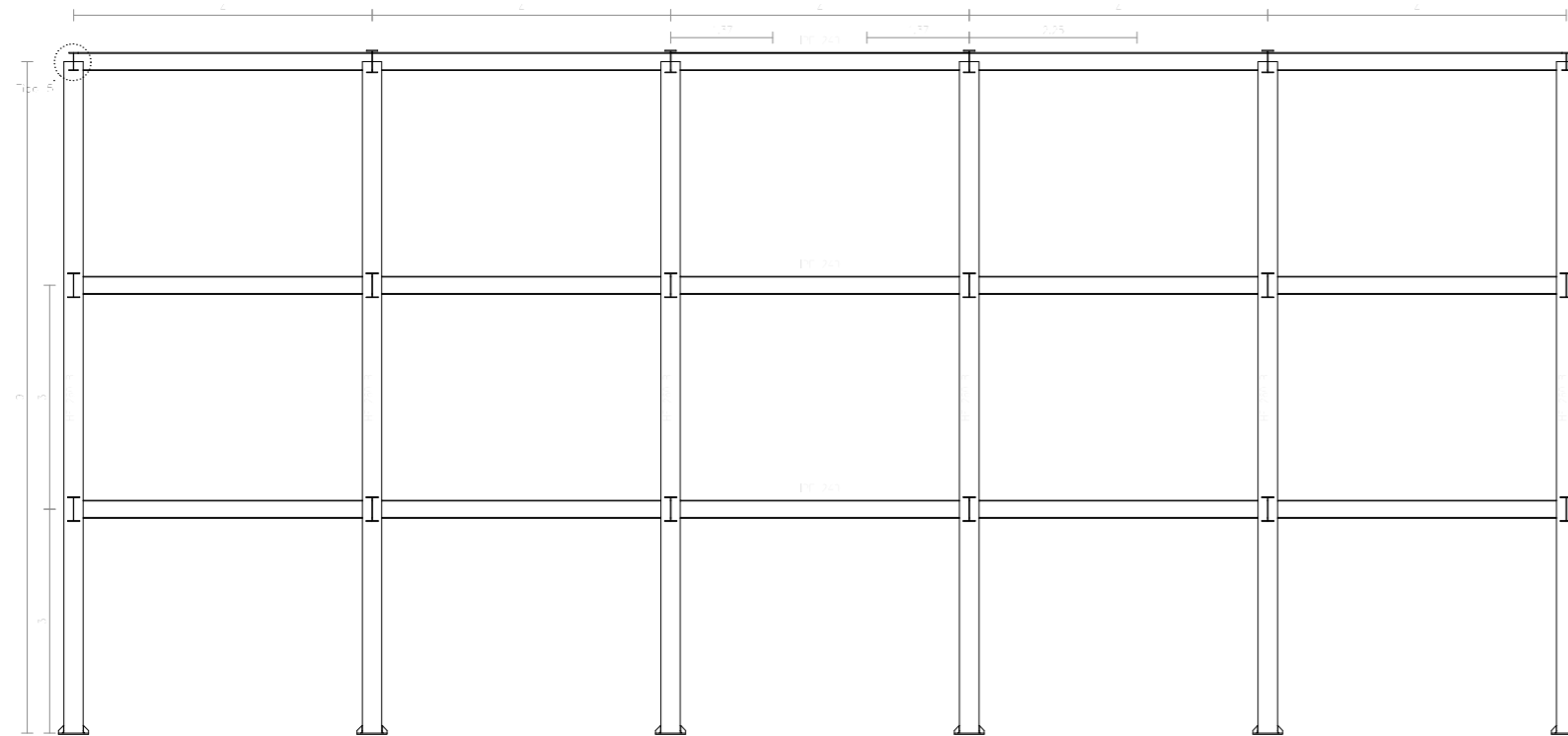
Pórtico 1



Cotas en metros

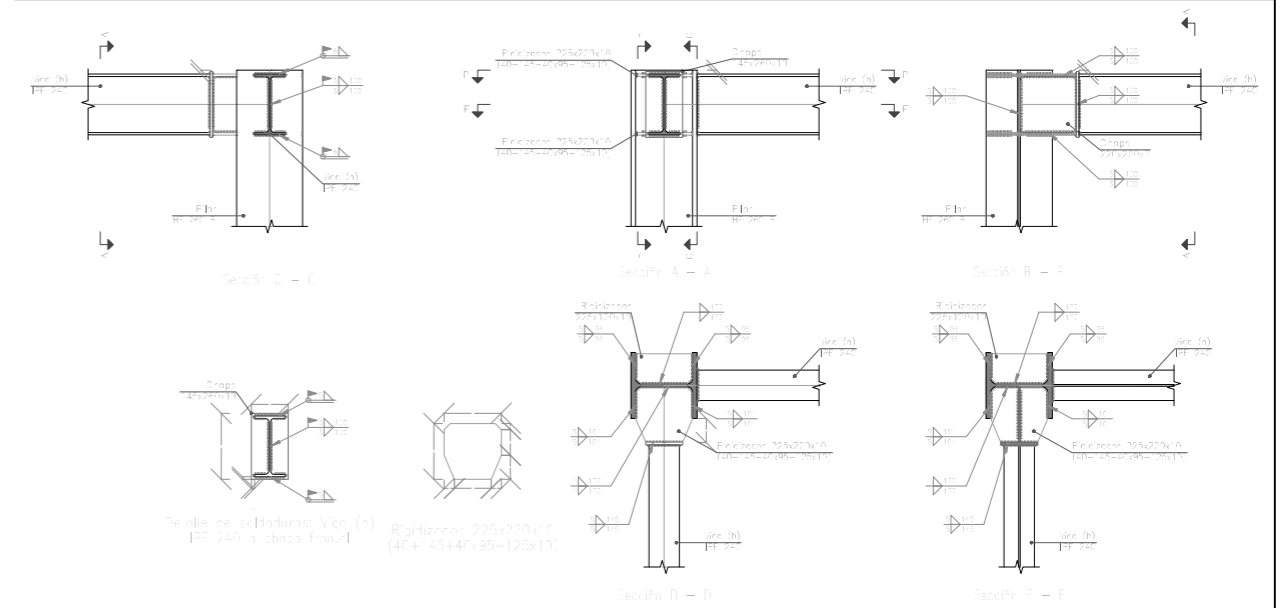


Pórticos A y C

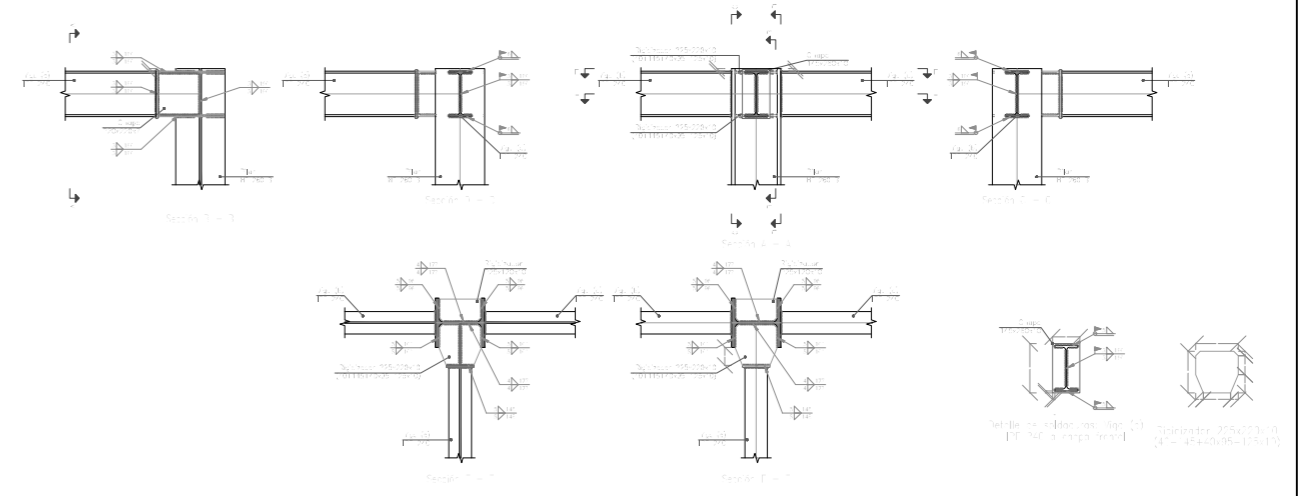


Pórtico B

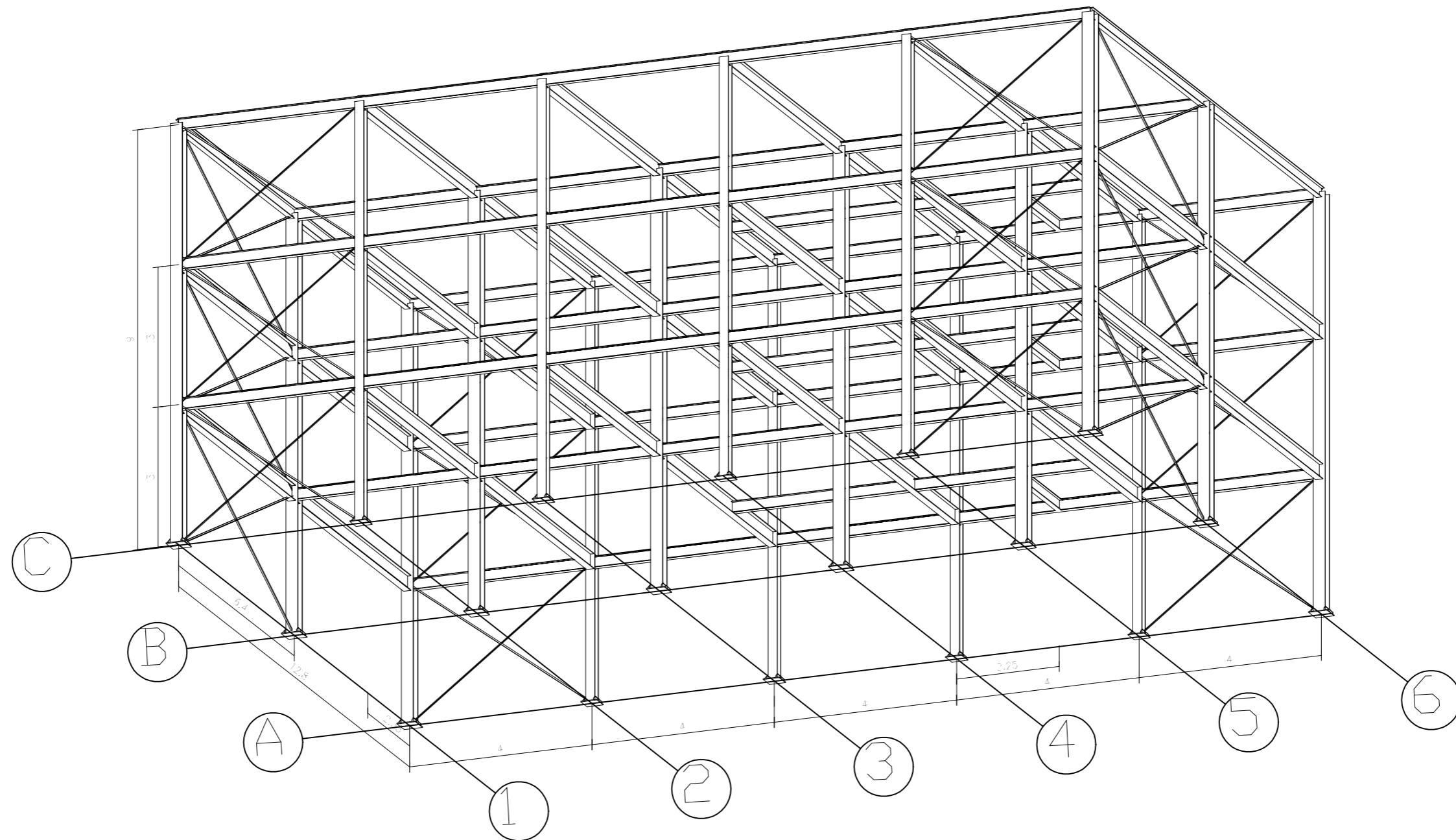
Tipo 4





Tipo 5



Cotas en metros



Cotas en metros

<p>TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES</p>  <p>UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA</p>  <p>ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR INGENIEROS INDUSTRIALES VALENCIA</p>	<p>Proyecto: DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA PORTANTE DE UN HOTEL DE TRES ALTURAS CON UNA SUPERFICIE DE 270 m² POR PLANTE SITUADO EN XILXES</p>	<p>Plano: Estructura 3D.</p> <p>Autor: Lucía Herrero Gómez</p>	<p>Fecha: Septiembre 2019</p> <p>Escala: 1:100</p>	<p>Nº Plano: 10</p>
--	---	--	--	----------------------------