



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIEROS
INDUSTRIALES VALENCIA

Curso Académico:

**Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol
(Valencia)**

RESUMEN

En el proyecto que se desarrolla a continuación se expone el cálculo y diseño de la estructura metálica de un edificio de uso para viviendas. El mencionado edificio se ubica en la localidad de Puçol, perteneciente a la provincia de Valencia; lo componen, principalmente, una estructura formada por pilares y vigas metálicas y losas alveolares pretensadas de hormigón.

También se lleva a cabo la selección de distintos elementos constructivos tales como tabiques o cerramientos, necesarios tanto para el diseño del edificio como para el cálculo de su estructura.

Para finalizar, tras haber realizado el diseño, se completa este trabajo con el presupuesto y planos del mismo.

Mediante las normas recogidas en la Instrucción de Hormigón Estructural y el Código Técnico de la Edificación, se aplican todos los conocimientos adquiridos a lo largo de los cursos del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales, siendo las asignaturas de Tecnología de la Construcción, Estructuras y Proyectos las más afines a este Trabajo Final de Grado.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

RESUM

En el projecte que es desenvolupa a continuació s'exposa el càlcul i disseny de l'estructura metàl·lica d'un edifici d'ús per a vivendes. El mencionat edifici s'ubica en la localitat de Puçol, pertanyent a la província de València; ho componen, principalment, una estructura formada per pilars i bigues metàl·liques i lloses alveolars pretensades de formigó.

També es du a terme la selecció de distints elements constructius com ara barandats o tancaments, necessaris tant per al disseny de l'edifici com per al càlcul de la seua estructura. Per a finalitzar, després d'haver realitzat el disseny, es completa aquest treball amb el pressupost i planols del mateix.

Per mitjà de les normes arreplegades en la Instrucció de Formigó Estructural i el Codi Tècnic de l'Edificació, s'apliquen tots els coneixements adquirits al llarg dels cursos del Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials, sent les assignatures de Tecnologia de la Construcció, Estructures i Projectes les més afins a aquest Treball Final de Grau.

ABSTRACT

At the following project it is showed the calculation and design of the metallic structure of a housing building. The building, which is located at Puçol, belonging to Valencia, consists, mainly, of a structure formed by metallic pillars and girders and alveolar pre-tightened concrete tiles.

The selection of different construction elements as partitions and enclosures, which are necessary for the building's design and the calculation of the structure, is also carried out. To conclude, after making the design, this work is completed with the budget and the planes of the building.

By means of the Instruction of Structural Concrete and the Technical Code of Building standards, the whole knowledge acquired throughout the Engineering in Industrial Technologies Degree is applied, being Construction Technology, Structures and Projects the most related subjects to this Final Degree work.

**Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol
(Valencia)**

Índice

1. Memoria descriptiva	10
1.1. Antecedentes	11
1.1.1. Objeto del TFG.....	11
1.1.2. Justificación.....	11
1.1.3. Motivación	11
1.2. Estado del arte	11
1.3. Situación y emplazamiento.....	12
1.3.1. Elección del emplazamiento y descripción del mismo.	12
1.4. Descripción del edificio.....	13
1.5. Solución adoptada.....	13
1.6. Resumen del presupuesto	14
1.7. Bibliografía.....	14
1.8. Software informático utilizado	15
2. Anexo 1: Normativa en vigor	16
2.1. Normativa vigente.....	17
2.1.1. Normativa de cálculo.....	17
2.1.2. Bases de cálculo	17
3. Anexo 2: Cálculo de la estructura	22
3.1. Materiales.....	23
3.1.1. Aceros	23
3.1.2. Hormigón	23
3.2. Acciones.....	24
3.2.1. Cargas permanentes.....	24
3.2.2. Sobrecarga de uso	34
3.2.3. Carga de nieve.....	38
3.2.4. Carga de viento	40
3.2.5. Sismo.....	43
3.3. Elección de perfiles empleados en la estructura.	44
3.3.1. Dimensionado de pilares	46
3.3.2. Dimensionado de jácenas	53

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

3.3.3. Dimensionado de zapatas	56
4. Anexo 3: Presupuesto	59
4.1. Capítulo 1: Acondicionamiento de terreno	60
4.1.1. Partida 1.1: Desbroce y limpieza (m2)	60
4.1.2. Subtotal Capítulo 1	60
4.2. Capítulo 2: Acero	61
4.2.1. Partida 2.1: Acero en pilares (kg)	61
4.2.2. Partida 2.2: Acero en vigas (jácenas y zunchos) (kg)	61
4.2.3. Subtotal Capítulo 2	63
4.3. Capítulo 3: Solado, cubierta y forjado	63
4.3.1. Partida 3.1: Solado de terrazo (m2)	63
4.3.2. Partida 3.2: Cubierta plana (m2)	64
4.3.3. Partida 3.3: Forjado compuesto por losas alveolares pretensadas de hormigón (m2)	66
4.3.4. Subtotal Capítulo 3	68
4.4. Capítulo 4: Cerramientos, tabiquería, enlucidos, barandillas y antepechos	68
4.4.1. Partida 4.1: Cerramientos. Paneles de hormigón armado (m2)	68
4.4.2. Partida 4.2: Tabiquería (m2)	69
4.4.3. Partida 4.3: Enlucido de yeso (m2)	71
4.4.4. Partida 4.4: Barandilla para el balcón (m)	72
4.4.5. Partida 4.5: Antepechos para la azotea y terraza 1ª planta (m)	73
4.4.6. Subtotal Capítulo 4	74
4.5. Capítulo 5: Escalera	74
4.5.1. Partida 5.1: Escalera de hormigón (m2)	74
4.5.2. Subtotal Capítulo 5	76
4.6. Capítulo 6: Cimentación	76
4.6.1. Partida 6.1: Zapatas de hormigón (u)	76
4.6.1. Subtotal Capítulo 6	77
4.7. Subtotal de ejecución material	77
4.8. Total de ejecución por contrata	77
5. Anexo 4: Pliego de condiciones	78
6. Anexo 5: Planos	80

**Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol
(Valencia)**

1. Memoria descriptiva

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

1.1. Antecedentes

1.1.1. Objeto del TFG

El objeto del TFG que se va a desarrollar es el diseño y posterior cálculo de la estructura metálica de un edificio en Puçol perteneciente a la provincia de Valencia. Se va a realizar el dimensionado de vigas y pilares de todos los pórticos, así como el forjado de este.

1.1.2. Justificación

Respondiendo a la creciente demanda, por parte de los ciudadanos de Puçol, de edificios de viviendas plurifamiliares, tal y como indica el estudio de viabilidad y mercado realizado para este trabajo, se decide diseñar y calcular la estructura metálica de este edificio que consta de planta baja, una altura y cubierta accesible de forma privada. El uso del software SAP2000 para calcular las acciones en la estructura y verificar los estados límites, ponen de manifiesto la adquisición de conocimientos de asignaturas como Tecnología de la Construcción o Estructuras. Del mismo modo, la elaboración de los planos, por medio del software AutoCad y el presupuesto justifican los conocimientos adquiridos en materias como Expresión Gráfica o Proyectos.

Para finalizar, este Trabajo Final de Grado es requisito indispensable para la obtención del título de Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

1.1.3. Motivación

La elección de este Trabajo Final de Grado es debida a la experiencia adquirida con asignaturas cursadas anteriormente relacionadas con la construcción y el cálculo de estructuras. La posibilidad de llevar a la praxis los conocimientos y técnicas aprendidas tanto en SAP2000 como en AutoCad y principalmente por el interés que despierta en el autor esta rama de la ingeniería.

1.2. Estado del arte

A pesar del uso del hormigón armado en la mayoría de edificios en las últimas décadas, existe un enorme crecimiento en el uso del acero para este tipo de estructuras. Sin duda son las óptimas propiedades de este material, como su reducido peso, gran resistencia a esfuerzos de compresión, tracción, cortante o momento flector; además de su coste reducido debido a su producción en serie, lo que hace que siga aumentando su uso frente al del hormigón armado.

Dependiendo del tratamiento térmico y del porcentaje de Carbono del que este compuesto el acero, obtenemos un material de elevada resistencia, lo que hace posible conseguir perfiles de sección menor a la que se obtendría con el hormigón. También su alta ductilidad permite que el acero estructural pueda cubrir grandes luces.

Los perfiles de acero llegan a la obra fabricados previamente, lo que significa que una vez en obra las operaciones que se les tienen que realizar para que se ajusten a las especificaciones son mínimas, esto conlleva menor tiempo de montaje y menores costes.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Al igual que ocurre con el acero estructural prefabricado, las losas alveolares pretensadas utilizadas en este edificio también llegan fabricadas al lugar donde se van a colocar, obteniendo, así, las mismas ventajas en cuanto a reducción de tiempos, costes y aumentando la seguridad en obra.

1.3. Situación y emplazamiento

1.3.1. Elección del emplazamiento y descripción del mismo.

El edificio del presente trabajo se encuentra ubicado en Puçol (Valencia). Al tratarse de un edificio de viviendas entre medianeras está delimitado por todos sus lados, excepto la entrada, la cual está situada en la calle Doctor Fleming.



Ilustración 1: Localización.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)



Ilustración 2: Emplazamiento.

La parcela escogida tiene forma rectangular, con una superficie aproximada de 600 m^2 , además cuenta con una muy buena conexión con la autovía V-21, la que se encuentra a una distancia de unos 750 metros.

1.4. Descripción del edificio

El edificio está compuesto por una planta baja de unos 500 m^2 , primera planta con 4 viviendas de unos 122 m^2 cada una y una azotea privada.

Cada una de las plantas está compuesta por 8 pórticos de 15,6 m, los pórticos 1 y 8 tienen 5 pilares cuyas jácenas miden 3,9 m, los pórticos 2,3,6 y 7 constan de 4 pilares cuyas jácenas más externas miden 5,10 m y la central 5,45 m, mientras que los pórticos 4 y 5 se apoyan en 3 pilares cuyas jácenas miden 1,6 m y 5,10 m.

Los pórticos tienen una separación máxima, entre ellos, de 5,65 m. La altura total del edificio es de 8,05 m distribuida en 3,5 m la planta baja, 2,9 m la primera planta y 1,65 m la azotea. El cambio entre las distintas plantas se puede realizar por medio de una escalera de 4 tramos o ascensor, siendo las medidas de ambos huecos de $2,50 \times 3,2 \text{ m}$ y $1,6 \times 3,2 \text{ m}$, respectivamente.

1.5. Solución adoptada

La solución tomada se compone de losas alveolares pretensadas de hormigón armado y perfiles S275JR de acero. Debido a los grandes esfuerzos de compresión que soportan los pilares se han seleccionado perfiles HEB. Por otro lado para jácenas y zunchos, se van a utilizar perfiles IPE, también

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

laminado en caliente como los anteriores, con estos perfiles se consigue un mejor comportamiento frente a la flexión, la cual predomina en ambos elementos.

Por último, las losas alveolares pretensadas de hormigón armado se utilizarán para el forjado, consiguiendo una rápida y económica colocación en obra además de gran capacidad para aguantar elevadas sobrecargas con un canto reducido.

1.6. Resumen del presupuesto

	Total (€)
Capítulo 1: Acondicionamiento de terreno	429,07
Capítulo 2: Acero	62096,82
Capítulo 3: Solado, cubierta y forjado	146544,34
Capítulo 4: Cerramientos, enlucidos, barandillas y antepechos	98789,812
Capítulo 5: Escalera	2669,76
Capítulo 6: Cimentación	5128,9
SUBTOTAL	315658,49

Tabla 1: Subtotal de ejecución material.

	Total (€)
Subtotal de ejecución material	315658,49
13% de beneficio industrial	41035,604
5% de gastos generales	15782,95
21% de IVA	78220,179
TOTAL	450697,22

Tabla 2: Total de ejecución por contrata.

Finalmente, el **presupuesto total de ejecución por contrata** tiene un valor de:

450697,22€

CUATROCIENTOS CINCUENTA MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON VEINTIDÓS CÉNTIMOS.

1.7. Bibliografía

- Normativa de Construcción Sismorresistente Española (NCSE-02).
- EHE-08 Instrucción de hormigón estructural.
- Código Técnico de la Edificación y sus documentos básicos (DB-SE, DB-AE, DB-SE A, DB-SE C).
- Ley de Ordenación de la Edificación (LOE).
- www.generadordeprecios.info perteneciente a CYPE Ingenieros, S.A.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

- Teoría de las asignaturas Proyectos y Construcción de 3º y 4º, respectivamente del Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

1.8. Software informático utilizado

<u>SOFTWARE</u>	<u>COMPAÑÍA</u>
Office Word 2007	Microsoft
AutoCAD 2017	Autodesk
Photoshop 2014	Adobe
SAP2000 v16	CSI America

Tabla 3: Software informático utilizado.

2. Anexo 1: Normativa en vigor

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

2.1. Normativa vigente

A continuación se va a citar toda la normativa correspondiente al Código Técnico de la Edificación, a partir de la cual se guía este trabajo final de grado.

2.1.1. Normativa de cálculo

Según la LOE *“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, y que permiten demostrar que se satisfacen los Requisitos Básicos de la edificación.”*

Estas son las exigencias básicas de las edificaciones del Documento Básico de Seguridad Estructural:

“El Documento Básico de Seguridad Estructural (DB SE) del CTE tiene por objeto establecer reglas y procedimientos que permitan cumplir las exigencias básicas de seguridad estructural. En él se detallan las bases de cálculo requeridas. El DB SE responde a las siguientes exigencias básicas:

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

La resistencia y 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 influencias previsibles.

- *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.”

Este trabajo también está regulado por los siguientes documentos:

- DB SE-AE: Acciones de la edificación: *“Su campo de aplicación es el de la determinación de las acciones sobre los edificios, para verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural establecidos en el DB SE.”*
- DB SE-A: Acero: *“Destinado a verificar la seguridad estructural de los elementos metálicos realizados con acero en edificación.”*
- DB SE-C: Cimientos: *“Su 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.*
- EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural: *“Marco reglamentario por el que se establecen las exigencias que deben cumplir las estructuras de hormigón para satisfacer los requisitos de seguridad estructural.”*

2.1.2. Bases de cálculo

Conforme al DB-SE *“las acciones a considerar en el cálculo se clasifican por su variación en el tiempo:*

- *Acciones Permanentes (G): Son aquellas que actúan en todo instante sobre el edificio con posición constante. Su magnitud puede ser constante (peso propio de los elementos constructivos).*

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

- *Acciones Variables (Q): Son aquellas que pueden actuar o no sobre el edificio, como las debidas al uso o a las acciones climáticas."*

2.1.2.1. Estados Límites

"Se denominan Estados Límite a aquellas situaciones para las que, de ser alcanzadas, puede considerarse que el edificio no cumple alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido concebido.

Los Estados Límite Últimos (ELU) son los que, de ser alcanzados, constituyen un riesgo para las personas. Pueden ser debidos a pérdida del equilibrio del edificio o a fallos por deformaciones excesivas.

Los Estados Límite de Servicio (ELS) son los que, de ser alcanzados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios."

2.1.2.2. Verificación de Estados Límite

Capacidad portante

"Se considera que hay suficiente estabilidad del conjunto del edificio si:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab}$$

$E_{d,dst}$ 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 estabilidad de la estructura portante si:

$$E_d \leq R_d$$

E_d valor de cálculo del efecto de las acciones.

R_d valor de cálculo de la resistencia correspondiente.

- *Situación persistente o transitoria: El valor de cálculo del efecto de las acciones se obtiene a partir de la siguiente expresión:*

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

Se consideran:

1. *Todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G G_k$).*
2. *Una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q Q_k$)*
3. *El resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \psi_{0,i} Q_k$)"*

Posteriormente se usará esta combinación de acciones para comprobar Pandeo y ELU Resistencia de las Secciones.

De las siguientes tablas se obtienen los valores de los coeficientes de simultaneidad y de los coeficientes parciales de seguridad:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	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 4: Coeficientes de simultaneidad.

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

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 5: Coeficientes parciales de seguridad.

Aptitud al servicio

“Se considera que hay un comportamiento adecuado si el efecto de las acciones no alcanza el valor límite admisible establecido para dicho efecto. La combinación de acciones para determinar si el edificio es apto para el servicio dependerá de la situación de dimensionado y criterio considerado:

- Los efectos debidos a acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinación de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la siguiente expresión:

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

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Se consideran:

1. Todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k)
2. Una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k)
3. El resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_0 Q_k$)

Esta combinación de acciones será usada posteriormente en el anexo de cálculo para la comprobación de ELS Deformación (Criterio Integridad).

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

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Se consideran:

1. Todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k)
2. Todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 Q_k$)

Esta combinación de acciones será usada posteriormente en el anexo de cálculo para la comprobación de ELS Deformación (Criterio Apariencia).”

Deformaciones

En los siguientes párrafos, el DB-SE explica cómo verificar la rigidez de la edificación ante esfuerzos tanto de carácter vertical como horizontal:

- “Flechas: Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso es suficientemente rígida si, ante cualquier combinación de acciones característica, la flecha relativa es menor que:

1. 1/500 en pisos con tabiques frágiles
2. 1/400 en pisos con tabiques ordinarios
3. 1/300 en el resto de casos

Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso es suficientemente rígida si, ante cualquier combinación de acciones característica, la flecha relativa es menor que 1/350.

Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso es suficientemente rígida si, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que 1/300.

- Desplazamientos horizontales: Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, susceptibles de ser dañados por desplazamientos horizontales, se admite que la estructura tiene suficiente rigidez lateral si, ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome es menor que:

1. Desplome total: 1/500 de la altura total del edificio.
2. Desplome local: 1/250 de la altura de la planta.

**Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol
(Valencia)**

Quando 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.”

3. Anexo 2: Cálculo de la estructura

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

3.1. Materiales

3.1.1. Aceros

El acero utilizado en esta estructura para pilares, jácenas y zunchos es el S275JR. En la tabla siguiente se muestran sus características:

Acero estructural S275JR	
Módulo de elasticidad (E)	210000 N/mm ²
Módulo de rigidez (G)	81000 N/mm ²
Coefficiente de Poisson (ν)	0,3
Coefficiente de dilatación térmica (α)	$1,2 \cdot 10^{-5} (C^{\circ})^{-1}$
Densidad (ρ)	7850 kg/m ³

Tabla 6: Características del acero estructural S275JR.

Para las losas alveolares el acero empleado es el Acero de Pretensar Y1860C, cuyas características se muestran a continuación:

Acero Y1860C	
Límite elástico f_{ck}	1600 N/mm ²
Alargamiento de rotura	3,5%
Coefficiente de seguridad	1,15

Tabla 7: Características del acero Y1860 C.

3.1.2. Hormigón

En las losas alveolares pretensadas el hormigón que se ha utilizado es el HP-40/S/12/IIb, y en la escalera el hormigón utilizado es el HA-25/P/20/IIa cuyas características se muestran a continuación:

Material	Resistencia a compresión	Consistencia	Tamaño máximo del árido
Hormigón pretensado HP-40/S/12/IIb	40 N/mm ²	Seca	12 mm
Hormigón pretensado HA-25/P/20/IIa	25 N/mm ²	Seca	20 mm

Tabla 8: Características del hormigón.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

3.2. Acciones

3.2.1. Cargas permanentes

El DB SE-AE enuncia: “el peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo. El valor característico del peso propio de los elementos constructivos se determinará, en general, como su valor medio obtenido a partir de las dimensiones nominales y de los pesos específicos medios. En el Anexo C se incluyen los pesos de materiales, productos y elementos constructivos típicos”. Se van a seleccionar los elementos que participan en el cálculo:

Solado

El solado elegido es “Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor” con un peso de 0,80 kN/m², escogido a partir de la “Tabla C.3 del DB SE-AE”:

Tabla C.3 Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación

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 rastreles recibidos con yeso	0,30
Corcho aglomerado		Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80
tarima de 20 mm y rastrel	0,40		

Tabla 9: Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación.



Ilustración 3: Terrazo sobre mortero.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Para la azotea, el peso de la cubierta sobre el forjado se consigue de la “Tabla C.5 del DB SE-AE”. La cubierta escogida es “Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida” con 1,5kN/m² de carga:

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

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 peldañeado; 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 jardineras, 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 10: Peso propio de elementos constructivos.



Ilustración 4: Cubierta Plana

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Enlucido

El enlucido escogido es “Guarnecido y enlucido de yeso” con $0,15 \text{ kN/m}^2$ de peso, escogido de la tabla siguiente:

Tabla C.4 Peso por unidad de superficie de tabiques

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 11: Peso por unidad de superficie de tabique.



Ilustración 5: Enlucido de Yeso

Tabiquería

Según el DB SE-AE, “en el caso de tabiques ordinarios cuyo peso por metro cuadrado no sea superior a $1,2 \text{ kN/m}^2$ y cuya distribución en planta sea sensiblemente homogénea, su peso propio podrá asimilarse a una carga equivalente uniformemente distribuida. Como valor de dicha carga equivalente se podrá adoptar el valor del peso por metro cuadrado de alzado multiplicando por la razón entre la superficie de tabiquería y la de la planta considerada. En el caso de tabiquería más pesada, ésta podrá asimilarse al mismo valor de carga equivalente uniforme citado más un incremento local, de valor igual al exceso de peso del tabique respecto a $1,2 \text{ kN}$ por m^2 de alzado. En general, en viviendas bastará considerar como peso propio de la tabiquería una carga de $1,0 \text{ kN}$ por cada m^2 de superficie construida”.

Al tratarse de un edificio de viviendas, la carga de tabiquería seleccionada será de $1,0 \text{ kN/m}^2$.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)



Ilustración 6: Tabiquería.

Losas

Las losas a utilizar para el forjado son “Losas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado”, producidas por la compañía Lufort. Se empleará una combinación de cargas Persistente o Transitoria para efectuar dicha selección:

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

Seleccionando los coeficientes apropiados se consigue la combinación más desfavorable de cargas:

$$1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 0,75 \cdot N$$

Se comienza el dimensionado con las losas LN-20. Con 3,5 kN/m² de peso:

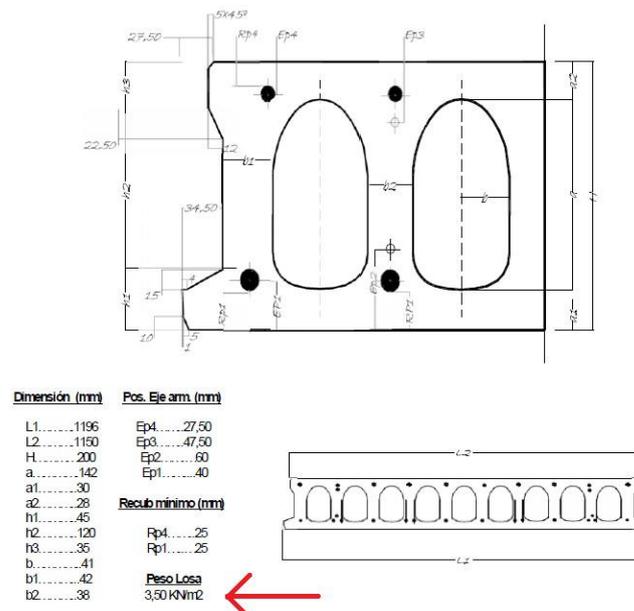


Ilustración 7: Losa alveolar LN-20 Lufort.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Se le suma al peso de la losa el de la tabiquería (1kN/m²), solado (0,8kN/m²) y enlucido (0,15kN/m²), obteniendo una carga permanente total de G=5,45kN/m².

En la planta baja es donde se encuentran las losas alveolares que están más solicitadas, debido a la sobrecarga de uso que soportan, 3kN/m². La luz máxima es la que se encuentra entre los pórticos 6-7-8-9 y 10-11-12-1, con valor 5,65m.

A continuación se procede a calcular el momento máximo que soportará la losa.

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{q \cdot L^2}{8}$$

Siendo el ancho de la losa alveolar de 1196mm y con la siguiente combinación de cargas:

$$q = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 0,75 \cdot N = 1,35 \cdot 5,45 + 1,5 \cdot 3 + 0,75 \cdot 0 = 11,8575 \text{ kN/m}^2$$

$$q = 11,8575 \cdot 1,196 = 14,18157 \text{ kN/m}$$

El momento máximo vale:

$$M_{m\acute{a}x} = \frac{q \cdot L^2}{8} = \frac{14,18157 \cdot 5,65^2}{8} = 56,588 \text{ kN} \cdot \text{m}$$

Se compara el momento último obtenido con el que admite la losa según la siguiente tabla:

TIPO DE FORJADO	TIPO DE LOSA	FLEXIÓN POSITIVA (1)														R _s (%)	Pasante (kN/m)	
		Módulo resistente W _{inf} (cm ³ /m)	M _u (m·kN/m)	β ⁽³⁾	Rigidez (m ³ /Nm)		M Límite servicio (3) (m·kN/m)				V _{u2} (kN/m) (2)							
					Bruta E·I _e	Fisura da E·I _e	M _b	M _c	M _f	M _{b2}	Md-Mis,d		Md-Mis,d					
											Mis,d (m ³ /Nm)	V _{u2}	Long. entrega (mm)					
				X1=50 mm		X2=100 mm												
				V _a *		V _{u2} *		V _a *		V _{u2} *								
(20+0) x 120	20-1	5284	61,28	1,00	19,45	1,10	32,85	44,62	49,89	63,00	40,5	79	99	83	141	90	1,00	---
	20-2	5334	88,71	1,00	19,45	2,05	46,67	63,61	64,57	82,32	52,4	95	121	92	172	101	1,00	---
	20-3	5384	115,23	1,00	19,45	2,47	59,52	74,38	78,25	100,65	63,6	112	143	100	203	112	1,00	---
	20-4	5417	128,72	1,00	19,45	2,70	65,00	80,65	84,00	109,40	68,2	122	154	105	219	117	1,00	---
	20-5	5442	142,37	1,00	19,45	3,05	71,17	87,50	90,68	117,80	73,7	131	185	108	266	121	1,00	---
	20-6	5450	157,24	1,00	19,45	3,20	76,30	92,90	95,44	127,15	77,5	141	210	109	314	123	1,00	---
(20+5) x 120	20-1	7505	85,06	1,80	30,36	2,50	45,80	53,70	70,43	87,08	57,2	101	121	118	165	124	1,20	156
	20-2	7580	121,53	1,80	30,36	3,39	65,26	76,60	91,30	113,60	74,2	120	149	131	203	135	1,20	156
	20-3	7654	158,50	1,80	30,36	4,28	83,33	98,30	110,65	138,78	89,9	137	176	139	241	149	1,20	156
	20-4	7690	176,59	1,80	30,36	4,69	91,88	108,20	119,58	151,40	97,2	150	190	141	261	152	1,20	156
	20-5	7728	194,33	1,80	30,36	5,20	99,80	118,10	127,67	162,24	103,7	158	233	143	320	154	1,20	156
	20-6	7750	218,06	1,80	30,36	5,60	108,71	130,10	137,08	176,53	111,4	164	275	145	380	155	1,20	156

Tabla 12: Características mecánicas de las losas LN-20.

El momento último, extraído de la tabla, es M_u = 61,28 kN/m, por lo que al ser M_{máx} < M_u, la losa seleccionada es válida.

Ahora veamos si esta losa también cumple las exigencias para cantos mínimos del código EHE-08.

Según este código "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 que 4 kN/m², bastará con comprobar que el canto total h es mayor que el mínimo h_{min} dado por:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

$$h_{min} = \delta_1 \cdot \delta_2 \cdot L/C$$

Donde:

- 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/m^2 .
- 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 del EHE-08."

A continuación se muestra la citada tabla:

Tabla 50.2.2.1.b
Coeficientes C

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

Tabla 13: Coeficientes C para verificar el canto mínimo.

La carga total es $q = 3 + 5,45 = 8,45 \text{ kN/m}^2$ con lo que:

$$\delta_1 = \sqrt{\frac{q}{7}} = \sqrt{\frac{8,45}{7}} = 1,098$$

$$\delta_2 = \left(\frac{L}{6}\right)^{\frac{1}{4}} = \left(\frac{5,65}{6}\right)^{\frac{1}{4}} = 0,985$$

$$L = 5,65 \text{ m}$$

Finalmente:

$$h_{min} = 1,098 \cdot 0,985 \cdot \frac{5,65}{36} = 0,16974$$

La losa seleccionada cumple, ya que el canto es $h = 0,2 \text{ m} > 0,163 \text{ m}$.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)



Ilustración 8: Losa alveolar pretensada.

Cerramientos y antepechos

Conforme al DB SE-AE, “en el caso de edificios de viviendas (u oficinas), con soluciones constructivas usuales, se pueden considerar unos pesos, del lado de la seguridad, de:

- Cerramientos: 8kN/m
- Antepechos: 4kN/m “

Las cargas aplicadas son:

Tipo de carga	Planta Baja	Primera Planta	Azotea
Uniforme	$G = 3,5 + 0,8 + 1 + 0,15 = 5,45 \text{ kN/m}^2$	$G = 3,5 + 0,8 + 1 + 0,15 = 5,45 \text{ kN/m}^2$	$G = 3,5 + 1,5 = 5 \text{ kN/m}^2$
Lineal	Cerramiento: 8kN/m en el perímetro: 1-6-10-14.a-17.a-20-24-28-33-34-35-36-37-32-27-23-19.a-16.a-13-9-5-4-3-2-1.	Cerramiento: 8kN/m en el perímetro: 1-6-10-A-14-17-A'-20-24-28-29-30-31-32-27-23-B'-19-16-B-13-9-5-C-4-3-2-F-1. Antepecho: 4kN/m en el perímetro: G-H-I-J y 28-K-L-32.	Antepecho: 4kN/m en el perímetro: 1-6-10-A-14-17-A'-20-24-28-29-30-31-32-27-23-B'-19-16-B-13-9-5-4-3-2-1.

Tabla 14: Cargas aplicadas.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

A continuación, a modo de ejemplo, se muestra el valor de las cargas permanentes sobre el pórtico 6-7-8-9 de la primera planta:

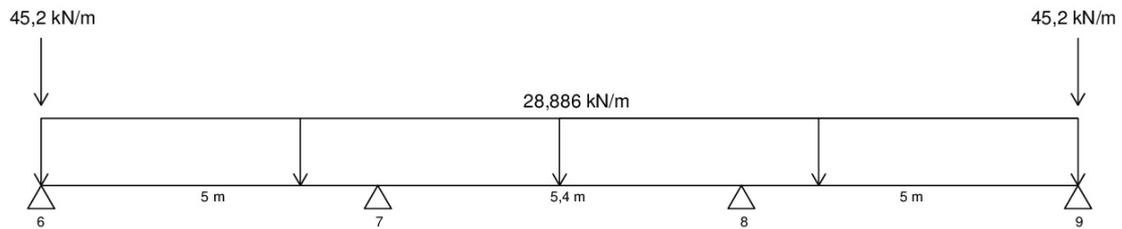


Ilustración 9: Carga permanente sobre el pórtico 6-7-8-9 de la primera planta.

A partir de las cargas aplicadas en cada planta, se va a realizar el cálculo de estas sobre cada pórtico. En la tabla que se muestra a continuación se detalla el valor de la carga permanente en cada pórtico:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

PLANTA BAJA	Lineales de 0m a 5m	Lineales de 5m a 10,4m	Lineales de 10,4m a 15,4m	Cargas puntuales
1-2-3-4-5	23,396 kN/m	23,396 kN/m	23,396 kN/m	22,6 kN en 1 22,6 kN en 5
6-7-8-9	30,79 kN/m	30,79 kN/m	30,79 kN/m	45,2 kN/m en 6 45,2 kN/m en 9
10-11-12-13	23,57 kN/m	23,57 kN/m	23,57 kN/m	34,6 kN/m en 10 34,6 kN/m en 13
14.a-14-15-16-16.a	16,89 kN/m de 14.a a 14 8,175 kN/m de 14 a 15	8,175 kN/m de 14 a 15 16,89 kN/m de 15 a D 8,175 kN/m de D a 16	8,175 kN/m de D a 16 16,89 kN/m de 16 a 16.a	24,8 kN/m en 14.a 24,8 kN/m en 16.a
17.a-17-18-19-19.a	16,89 kN/m de 17.a a 17 8,175 kN/m de 17 a C	8,175 kN/m de 17 a C 16,89 kN/m de C a 18 8,175 kN/m de 18 a 19	8,175 kN/m de 18 a 19 16,89 kN/m de 19 a 19.a	24,8 kN/m en 17.a 24,8 kN/m en 19.a
20-21-22-23	23,57 kN/m	23,57 kN/m	23,57 kN/m	34,6 kN/m en 20 34,6 kN/m en 23
24-25-26-27	30,79 kN/m	30,79 kN/m	30,79 kN/m	45,2 kN/m en 24 45,2 kN/m en 27
28-29-30-31-32	23,57 kN/m	23,57 kN/m	23,57 kN/m	34,6 kN/m en 28 34,6 kN/m en 32
33-34-35-36-37	8,175 kN/m	8,175 kN/m	8,175 kN/m	12 kN/m en 33 12 kN/m en 37

Tabla 15: Carga permanente aplicada en cada pórtico de la Planta Baja.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

PLANTA 1ª	Lineales de 0m a 5m	Lineales de 5m a 10,4m	Lineales de 10,4m a 15,4m	Cargas puntuales
1-2-3-4-5	23,42 kN/m de 1 a F 36,98 kN/m de F a 2	36,98 kN/m	36,98 kN/m de 4 a C 23,42 kN/m de C a 5	22,6 kN en 1 4,35 kN en F 4,35 kN en C 22,6 kN en 5
6-7-8-9	28,866 kN/m	28,866 kN/m	28,866 kN/m	45,2 kN en 6 45,2 kN en 9
10-11-12-13	23,42 kN/m de 10 a A 23,59 kN/m de A a 11	23,59 kN/m	23,59 kN/m de 12 a B 23,42 kN/m de B a 13	46,58 kN en 10 29,98 kN en A 29,98 kN en B 46,58 kN en 13
14-15-16	8,175 kN/m de 14 a 15	16,895 kN/m de 15 a D	8,175 kN/m de D a 16	49,59 kN en 14 49,59 kN en 16
17-18-19	8,175 kN/m de 17 a C	16,895 kN/m de C a 18	8,175 kN/m de 18 a 19	49,59 kN en 17 49,59 kN en 19
20-21-22-23	23,42 kN/m de 20 a A' 23,59 kN/m de A' a 21	23,59 kN/m	23,59 kN/m de 22 a B' 23,42 kN/m de B' a 23	46,58 kN en 20 29,98 kN en A' 29,98 kN en B' 46,58 kN en 23
24-25-26-27	30,79 kN/m	30,79 kN/m	30,79 kN/m	45,2 kN en 24 45,2 kN en 27
28-29-30-31-32	27,57 kN/m	27,57 kN/m	27,57 kN/m	34,6 kN en 28 34,6 kN en 32

Tabla 16: Carga permanente aplicada en cada pórtico de la Primera Planta.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

AZOTEA	Lineales de 0m a 5m	Lineales de 5m a 10,4m	Lineales de 10,4m a 15,4m	Cargas puntuales
1-2-3-4-5	18,15 kN/m	18,15 kN/m	18,15 kN/m	11,3 kN en 1 11,3 kN en 5
6-7-8-9	28,25 kN/m	28,25 kN/m	28,25 kN/m	22,6 kN en 6 22,6 kN en 9
10-11-12-13	18,125 kN/m de 10 a A 21,63 kN/m de A a 11	21,63 kN/m	21,63 kN/m de 12 a B 18,125 kN/m de B a 13	22,6 kN en 10 6 kN en A 6 kN en B 22,6 kN en 13
14-15-16	15,5 kN/m de 14 a 15	23,5 kN/m de 15 a D	15,5 kN/m de D a 16	18,8 kN en 14 18,8 kN en 16
17-18-19	15,5 kN/m de 17 a C	23,5 kN/m de C a 18	15,5 kN/m de 18 a 19	18,8 kN en 17 18,8 kN en 19
20-21-22-23	18,125 kN/m de 20 a A' 21,63 kN/m de A' a 21	21,63 kN/m	21,63 kN/m de 22 a B' 18,125 kN/m de B' a 23	22,6 kN en 20 6 kN en A' 6 kN en B' 22,6 kN en 23
24-25-26-27	28,25 kN/m	28,25 kN/m	28,25 kN/m	22,6 kN en 24 22,6 kN en 27
28-29-30-31-32	18,15 kN/m	18,15 kN/m	18,15 kN/m	11,3 kN en 28 11,3 kN en 32

Tabla 17: Carga permanente aplicada sobre cada pòrtico de la Azotea.

3.2.2. Sobrecarga de uso

El DB SE-AE, define la sobrecarga de uso como “*el peso de todo lo que puede gravitar sobre el edificio por razón de su uso. Por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del edificio, como valores característicos se adoptarán los de la Tabla 3.1*”.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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 18: Valores característicos de las sobrecargas de uso.

En cuanto a la sobrecarga de uso, también se contemplan las siguientes situaciones en el DB SE-AE:

- “En las zonas de acceso y evacuación de los edificios de las zonas de categorías A y B, tales como portales, mesetas y escaleras, se incrementará el valor correspondiente a la zona servida en 1kN/m².”
- “Para su comprobación local, los balcones volados de toda clase de edificios se calcularán con la sobrecarga de uso correspondiente a la categoría de uso con la que se comunique, más una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de 2kN/m.”

Las cargas que se aplican a cada planta son:

Tipo de carga	Planta Baja	Primera Planta	Azotea	Escalera
Uniforme	3kN/m ² (Por tratarse de una zona de acceso)	2kN/m ²	1kN/m ² (Accesible solo privadamente)	3kN/m ² (Por tratarse de una zona de acceso)
Lineal		2kN/m en el perímetro F-A-B-C por tratarse de un balcón volado		

Tabla 19: Cargas aplicadas.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

A partir de las cargas aplicadas en cada planta, se va a realizar el cálculo de estas sobre cada pòrtico.

A continuación, a modo de ejemplo, se muestra el valor de la sobrecarga de uso sobre el pòrtico 6-7-8-9 de la primera planta:

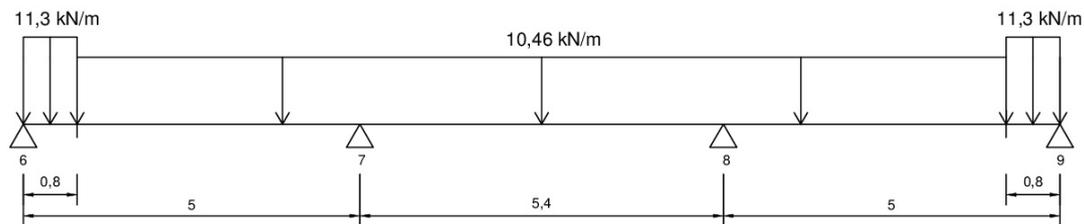


Ilustración 10: Sobrecarga de uso sobre el pòrtico 6-7-8-9 de la primera planta.

En la tabla que se muestra a continuación se detalla el valor de la sobrecarga de uso en cada pòrtico:

PLANTA BAJA	Lineales de 0m a 5m	Lineales de 5m a 10,4m	Lineales de 10,4m a 15,4m	Cargas puntuales
1-2-3-4-5	8,475 kN/m	8,475 kN/m	8,475 kN/m	0 kN
6-7-8-9	16,950 kN/m	16,950 kN/m	16,950 kN/m	0 kN
10-11-12-13	12,975 kN/m	12,975 kN/m	12,975 kN/m	0 kN
14.a-14-15-16-16.a	9,3 kN/m de 14.a a 14 4,5 kN/m de 14 a 15	9,3 kN/m de 15 a D 4,5 kN/m de D a 16	4,5 kN/m de D a 16 9,3 kN/m de 16 a 16.a	0 kN
17.a-17-18-19-19.a	9,3 kN/m de 14.a a 14 4,5 kN/m de 14 a 15	9,3 kN/m de 15 a D 4,5 kN/m de D a 16	4,5 kN/m de D a 16 9,3 kN/m de 16 a 16.a	0 kN
20-21-22-23	12,975 kN/m	12,975 kN/m	12,975 kN/m	0 kN
24-25-26-27	16,950 kN/m	16,950 kN/m	16,950 kN/m	0 kN
28-29-30-31-32	12,975 kN/m	12,975 kN/m	12,975 kN/m	0 kN
33-34-35-36-37	4,5 kN/m	4,5 kN/m	4,5 kN/m	0 kN

Tabla 20: Sobrecarga de uso aplicada sobre cada pòrtico de la Planta Baja.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Planta 1ª	Lineales de 0m a 5m	Lineales de 5m a 10,4m	Lineales de 10,4m a 15,4m	Cargas puntuales
1-2-3-4-5	5,65 kN/m de 1 a F 11,29 kN/m F a 3	11,29 kN/m	11,29 kN/m de 4 a C 5,65 kN/m de C a 5	3,15 kN en F 3,15 kN en C
6-7-8-9	11,3 kN/m de 6 a E 10,46 kN/m de E a 7	10,46 kN/m	10,46 kN/m de 8 a D 11,3 kN/m de D a 9	0 kN
10-11-12-13	5,65 kN/m de 10 a A 8,65 kN/m de A a 11	8,65 kN/m	8,65 kN/m de 12 a B 5,65 kN/m de B a 13	20,24 kN en 10 6,6 kN en A 6,6 kN en B 20,24 kN en 13
14-15-16	3kN/m de 14 a 15	6,2 kN/m de 15 a D	3 kN/m de D a 16	6,6 kN en 14 6,6 kN en 16
17-18-19	3kN/m de 14 a 15	6,2 kN/m de 15 a D	3 kN/m de D a 16	6,6 kN en 14 6,6 kN en 16
20-21-22-23	5,65 kN/m de 10 a A 8,65 kN/m de A a 11	8,65 kN/m	8,65 kN/m de 12 a B 5,65 kN/m de B a 13	20,24 kN en 10 6,6 kN en A 6,6 kN en B 20,24 kN en 13
24-25-26-27	8,65 kN/m	8,65 kN/m	8,65 kN/m	0 kN
28-29-30-31-32	16,3 kN/m	16,3 kN/m	16,3 kN/m	6 kN en 28 6 kN en 32

Tabla 21: Sobrecarga de uso aplicada sobre cada pórtico de la Primera Planta.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Azotea	Lineales de 0m a 5m	Lineales de 5m a 10,4m	Lineales de 10,4m a 15,4m	Cargas puntuales
1-2-3-4-5	2,825 kN/m	2,825 kN/m	2,825 kN/m	0 kN
6-7-8-9	5,65 kN/m	5,65 kN/m	5,65 kN/m	0 kN
10-11-12-13	2,825 kN/m	4,325 kN/m	2,825 kN/m	0 kN
14-15-16	1,5 kN/m	3,25 kN/m	1,5 kN/m	0 kN
17-18-19	1,5 kN/m	3,25 kN/m	1,5 kN/m	0 kN
20-21-22-23	2,825 kN/m	4,325 kN/m	2,825 kN/m	0 kN
24-25-26-27	5,65 kN/m	5,65 kN/m	5,65 kN/m	0 kN
28-29-30-31-32	2,825 kN/m	2,825 kN/m	2,825 kN/m	0 kN

Tabla 22: Sobrecarga de uso aplicada sobre cada pòrtico de la Azotea.

3.2.3. Carga de nieve

Conforme al DB SE-AE, "como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

Siendo:

- s_k el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal.
- μ el coeficiente de forma de la cubierta"

A partir de la siguiente tabla se obtiene s_k :

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas								
Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²	Capital	Altitud m	s_k kN/m ²
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,5
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,2	SanSebas- tián/Donostia	0	0,3
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,7	Santander	0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Santander	1.000	0,7
Barcelona	0	0,2	Lérida / Lleida	150	1,2	Segovia	10	0,2
Bilbao / Bilbo	0	0,4	Logroño	380	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Burgos	860	0,3	Lugo	470	0,6	Soria	0	0,9
Cáceres	440	0,6	Madrid	660	0,7	Tarragona	0	0,4
Cádiz	0	0,4	Málaga	0	0,6	Tenerife	0	0,2
Castellón	0	0,2	Murcia	40	0,2	Teruel	950	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	130	0,2	Toledo	550	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	230	0,4	Valencia/València	0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	230	0,4	Valladolid	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,2	Palencia	740	0,5	Vitoria / Gasteiz	520	0,7
Cuenca	1.010	0,3	Palma de Mallorca	0	0,4	Zamora	650	0,4
Gerona / Girona	70	1,0	Palmas, Las	0	0,2	Zaragoza	210	0,5
Granada	690	0,4	Pamplona/Iruña	450	0,2	Ceuta y Melilla	0	0,2
		0,5			0,7			

Tabla 23: Sobrecarga de nieve.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Al tratarse de un municipio cercano a Valencia, se seleccionará un valor de s_k de $0,2 \text{ kN/m}^2$.

Al tener la cubierta una inclinación de 0° , se tomará $\mu = 1$, según indica el DB SE-AE en su apéndice 3.5.3.

Finalmente se tiene que la carga de nieve será:

$$q_n = s_k \cdot \mu = 0,2 \cdot 1 = 0,2 \text{ kN/m}^2$$

Esta carga solo se aplicará en la azotea.

A continuación, a modo de ejemplo, se muestra el valor de la carga de nieve sobre el pórtico 6-7-8-9 de la azotea:

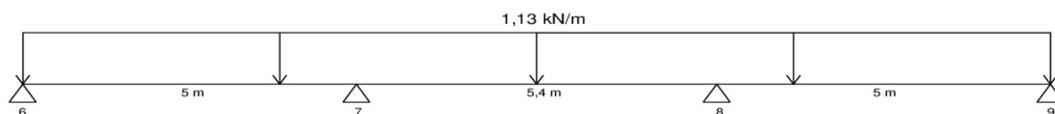


Ilustración 11: Carga de nieve sobre el pórtico 6-7-8-9 de la azotea.

Como en los casos anteriores de cargas permanentes y sobrecarga de uso, hacemos lo mismo con la nieve.

La tabla siguiente muestra la acción de la carga de nieve aplicada sobre cada pórtico:

AZOTEA	Lineales de 0m a 5m	Lineales de 5m a 10,4m	Lineales de 10,4m a 15,4m	Cargas puntuales
1-2-3-4-5	0,565 kN/m	0,565 kN/m	0,565 kN/m	0 kN
6-7-8-9	1,13 kN/m	1,13 kN/m	1,13 kN/m	0 kN
10-11-12-13	0,565 kN/m	0,865 kN/m	0,565 kN/m	0 kN
14-15-16	0,3 kN/m	0,62 kN/m	0,3 kN/m	0 kN
17-18-19	0,3 kN/m	0,62 kN/m	0,3 kN/m	0 kN
20-21-22-23	0,565 kN/m	0,865 kN/m	0,565 kN/m	0 kN
24-25-26-27	1,13 kN/m	1,13 kN/m	1,13 kN/m	0 kN
28-29-30-31-32	0,565 kN/m	0,565 kN/m	0,565 kN/m	0 kN

Tabla 24: Carga de nieve en los pórticos de la azotea.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

3.2.4. Carga de viento

A continuación se calcularán las cargas originadas por la acción del viento. Conforme al DB SE-AE “La acción del viento q_e , en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

Siendo:

- q_b la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse $0,5 \text{ kN/m}^2$.
- c_e el coeficiente de exposición. Su valor se obtiene a partir de la Tabla 3.4 del DB SEAE:

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

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

Tabla 25: Valores de c_e .

- c_p el coeficiente eólico de presión. Su valor se obtiene a partir de la Tabla 3.5 del DB

SE-AE:

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltez en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coefficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coefficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Tabla 26: Coeficiente eólico en edificios de pisos.”

Enunciada la normativa, se realizan los cálculos sobre la estructura:

- El valor de q_b vale $0,5 \text{ kN/m}^2$ (en toda España).
- El valor de c_e se obtiene a partir de la tabla, entrando con la altura del punto que se considere, este punto será el de mayor altura del edificio (cabeza del pilar de la azotea). La altura de este punto es de $6,4 \text{ m}$, por lo que el $c_e = 1,44$.
- El valor de c_p se obtiene entrando en la tabla correspondiente con la esbeltez de la fachada.

La esbeltez se calcula como $\frac{h}{L}$, siendo h la altura y L la longitud. De este modo se tiene:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

$$\text{Esbeltez fachada corta} = \frac{6,4}{15,4} = 0,415$$

$$\text{Esbeltez fachada larga} = \frac{6,4}{31,8} = 0,201$$

A partir de la tabla se obtiene:

$$c_p = 0,7 \text{ (fachada corta)}$$

$$c_p = 0,7 \text{ (fachada larga)}$$

La fachada corta va del pilar 1 al 5 y la fachada larga va del pilar 5 al 32:

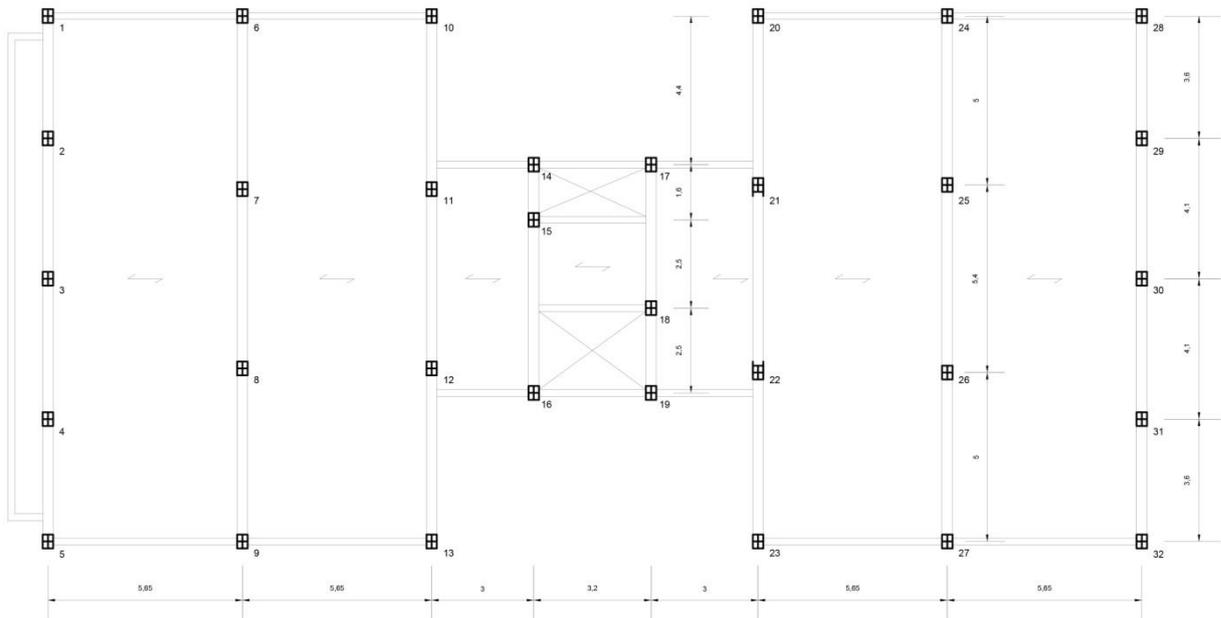


Ilustración 12: Planta de la azotea.

La cargas que provocan esta acción, a partir del cálculo de todos los coeficientes es:

$$q_{e,\text{fachada corta}} = 0,5 \cdot 1,44 \cdot 0,7 = 0,504 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{e,\text{fachada larga}} = 0,5 \cdot 1,44 \cdot 0,7 = 0,504 \text{ kN/m}^2$$

Se desprecia el efecto del viento en el interior del edificio, ya que no hay huecos demasiado grandes en la fachada y tampoco hay espacios abiertos demasiado grandes en el interior.

A continuación, a modo de ejemplo, se muestra el valor de las carga de viento sobre el pilar 2:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

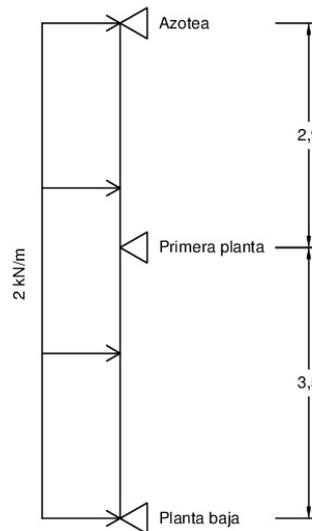


Ilustración 13: Carga de viento sobre el pilar 2.

Realizando los cálculos con las cargas de viento correspondientes, en todos los pilares, se obtiene la siguiente tabla con las cargas puntuales en las cabezas de cada uno de ellos:

PILARES FACHADA CORTA	A 3,5 m de altura (Primera planta)	A 6,4 m de altura (Azotea)
1	1,75 kN	1,45 kN
2	3,5 kN	2,9 kN
3	3,5 kN	2,9 kN
4	3,5 kN	2,9 kN
5	1,75 kN	1,45 kN
28	1,75 kN	1,45 kN
29	3,5 kN	2,9 kN
30	3,5 kN	2,9 kN
31	3,5 kN	2,9 kN
32	1,75 kN	1,45 kN

Tabla 27: Carga de viento en pilares de la fachada corta.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

PILARES FACHADA LARGA	A 3,5 m de altura (Primera planta)	A 6,4 m de altura (Azotea)
5	2,49 kN	2,06 kN
9	4,98 kN	4,128 kN
13	3,81 kN	3,159 kN
16	2,73 kN	2,265 kN
19	2,73 kN	2,265 kN
23	3,81 kN	3,159 kN
27	4,98 kN	4,128 kN
32	2,485 kN	2,059 kN
37	2,49 kN	
1	2,49 kN	2,06 kN
6	4,98 kN	4,128 kN
10	3,81 kN	3,159 kN
14	2,73 kN	2,265 kN
17	2,73 kN	2,265 kN
20	3,81 kN	3,159 kN
24	4,98 kN	4,128 kN
28	2,485 kN	2,059 kN
33	2,49 kN	

Tabla 28: Carga de viento en pilares de la fachada larga.

3.2.5. Sismo.

La “Normativa de Construcción Sismorresistente Española (NCSE-02)” en su apéndice 1.2.3 enuncia: “en las construcciones de importancia normal (Aquellas cuya destrucción por el terremoto pueda ocasionar víctimas, interrumpir un servicio para la colectividad, o producir importantes pérdidas

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

económicas, sin que en ningún caso se trate de un servicio imprescindible ni pueda dar lugar a efectos catastróficos) con pórticos bien arriostrados entre sí en todas las direcciones, si la aceleración sísmica básica a_b es inferior a $0,08 \cdot g$, la Norma no será de aplicación obligatoria en dicha edificación.” A partir del Anexo 1 de dicha norma, se observa que la aceleración sísmica básica del municipio de Puçol es:

$$a_b = 0,05 \cdot g$$

Como $a_b < 0,08 \cdot g$ no se tendrá en cuenta tal efecto.

3.3. Elección de perfiles empleados en la estructura.

Se comienza simulando la estructura en SAP2000. Mediante un modelo numérico se representan geometría, cargas y apoyos para, así, poder analizar la estructura del trabajo. En este software informático, es posible realizar un análisis estructural del proyecto y realizar revisiones y rediseños de los elementos. Los resultados obtenidos, diagramas de solicitaciones, reacciones y deformaciones se representan gráficamente en el programa. Del mismo modo SAP2000 es capaz de resolver de forma rápida difíciles sistemas de ecuaciones y realizar análisis dinámicos entre otras muchas opciones.

Seguidamente, mediante capturas de pantalla, se puede ver el proceso que se ha llevado a cabo para resolver esta estructura.

Se comienza creando la estructura formada por pilares, jácenas y zunchos (SAP, por defecto, les da el color azul). También se simula el empotramiento de los pilares en su base (color verde) y se libera, en los apoyos de los zunchos, la transmisión de momentos.

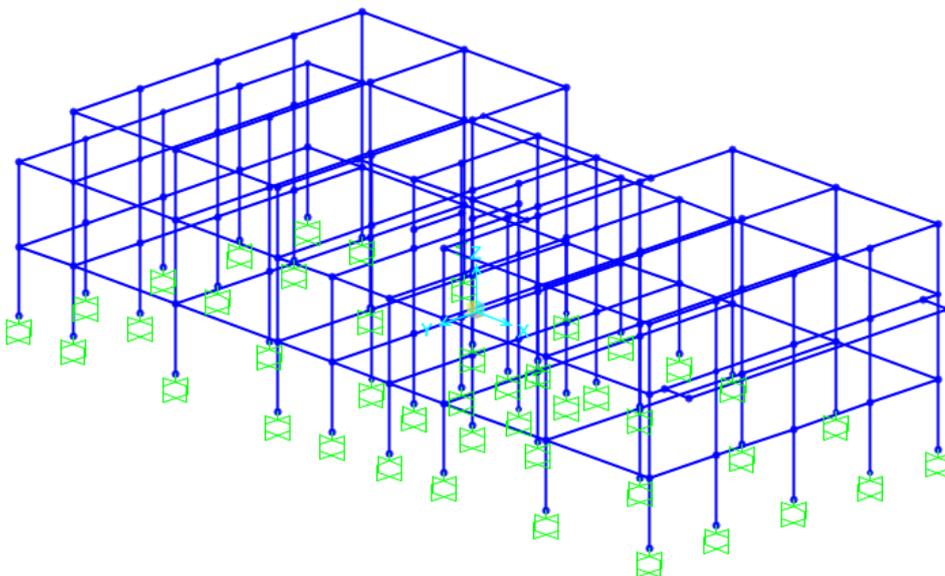


Ilustración 14: Estructura del edificio, creada con SAP2000.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

El acero utilizado en todas las barras es el S275JR, en esta captura se muestran sus características:

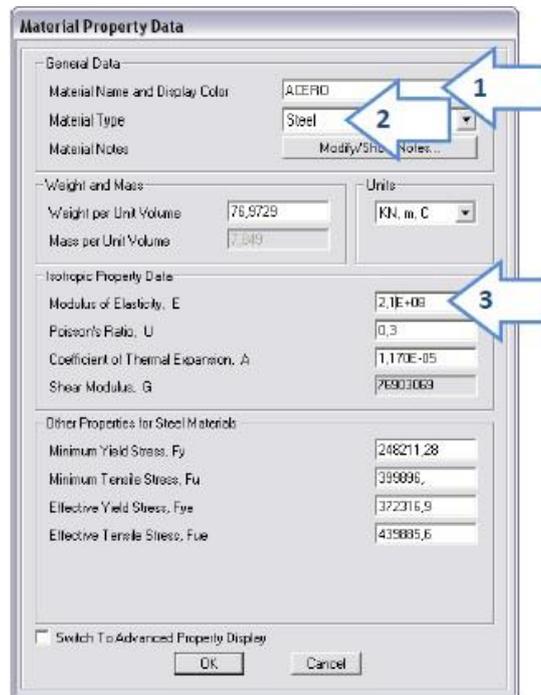


Ilustración 15: Características del acero utilizado.

A continuación se seleccionan las barras, con un perfil I/Widel Flange y se le adjudica a jácenas y zunchos perfiles IPE, mientras que a los pilares se le asignan HEB:

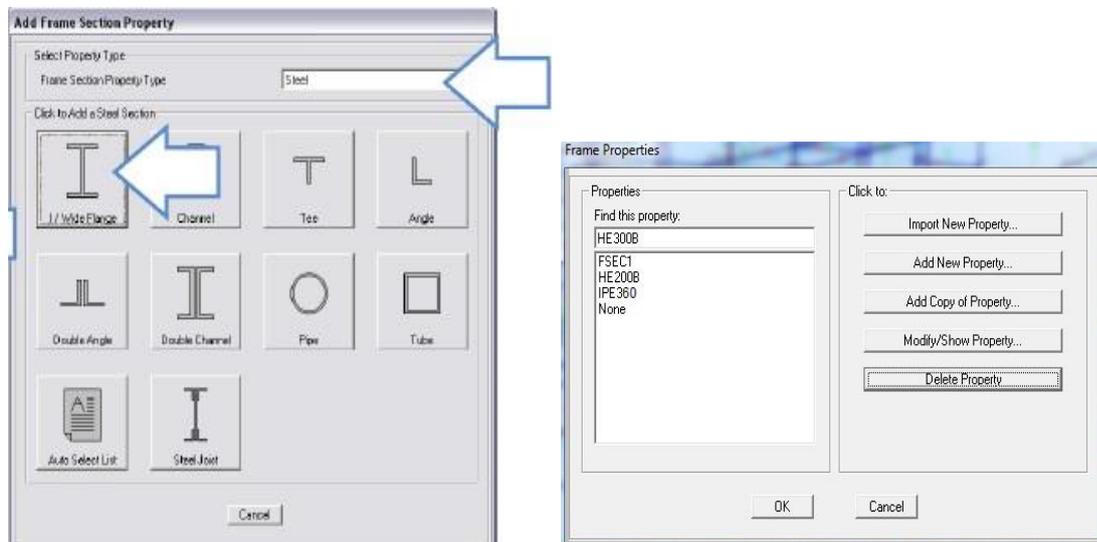


Ilustración 16: Definición de las secciones de cada barra.

Ahora se definen los tipos de cargas que actúan en la estructura (Sobrecarga de Uso, Permanentes, Nieve y Viento).

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)



Ilustración 17: Definición de los tipos de cargas que actúan en la estructura.

A continuación se definen las combinaciones de acciones, necesarias para realizar la comprobación de los ELU y ELS. Se seleccionan los coeficientes de simultaneidad y parciales de seguridad más desfavorables, como se ha visto anteriormente:

$$\begin{aligned} \gamma_G \cdot G + \gamma_Q \cdot Q + \gamma_N \cdot \psi_{0,N} \cdot N + \gamma_V \cdot \psi_{0,V} \cdot V = \\ = 1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 1,5 \cdot 0,5 \cdot N + 1,5 \cdot 0,6 \cdot V = \\ \underline{1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q + 0,75 \cdot N + 0,9 \cdot V} \end{aligned}$$

Para comprobar el ELS Deformación se utiliza:

$$G + \psi_{2,Q} \cdot Q + \psi_{2,N} \cdot N + \psi_{2,V} \cdot V$$

A partir de los coeficientes seleccionados:

$$\begin{aligned} G + 0,3 \cdot Q + 0 \cdot N + 0 \cdot V = \\ \underline{G + 0,3 \cdot Q} \end{aligned}$$

Para comprobar el ELS Deformación se utiliza:

$$G + Q + \psi_{0,n} \cdot N + \psi_{0,v} \cdot V$$

A partir de los coeficientes seleccionados:

$$\underline{Q + 0,5 \cdot N + 0,6 \cdot V}$$

Una vez que se han aplicado las cargas en la estructura y se han definido todas las combinaciones, se realizará el análisis estructural. De este modo se obtendrán: diagramas de esfuerzos, deformaciones y reacciones en apoyos.

3.3.1. Dimensionado de pilares

El acero utilizado es el S275JR, por lo que $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$. Así se obtiene f_{yd} :

$$f_{yd} = \frac{f_y}{\gamma_{M0}} = \frac{f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{275}{1,05} = 261,9 \text{ N/mm}^2$$

El perfil HEB160 es el que se va a utilizar para comenzar el dimensionado de los pilares, cuyas características son las siguientes:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

	A(mm ²) x10 ²	t _w (mm)	G kg/m	I _y (mm ⁴) x10 ⁴	W _{el,y} (mm ³) x10 ³	i _y (mm) x10	A _{v,z} (mm ²) x10 ²	I _z (mm ⁴) x10 ⁴
HEB160	54,3	8	42,6	2492	311,5	6,78	17,6	889

Tabla 28: Perfil HEB160. Características.

Comprobación de ELU Resistencia de las Secciones para HEB160

Para esta comprobación se tienen en cuenta los esfuerzos que existen sobre la barra más castigada, la 77.

Frame	Station m	Output Case	P kN	V2 kN	V3 kN	T kN·m	M2 kN·m	M3 kN·m
77	0	ELU	-973,51	-0,070	-1,378	0,0017	-1,3253	-0,4357
77	1,45	ELU	-972,31	-0,070	-1,378	0,0017	0,6545	-0,3325
77	2,9	ELU	-971,11	-0,070	-1,378	0,0017	2,6695	-0,2234

Tabla 29: Resultados tras el análisis de SAP2000 de la barra 77.

Como se puede observar en la tabla siguiente se tiene una sección de Clase 3.

Tabla 5.1 Clasificación de secciones transversales solicitadas por momentos flectores

Clase 1: Plástica	Permiten la formación de la rótula plástica con la capacidad de rotación suficiente para la redistribución de momentos.
Clase 2: Compacta	Permiten el desarrollo del momento plástico con una capacidad de rotación limitada.
Clase 3: Semicompacta o Elástica	En la fibra más comprimida se puede alcanzar el límite elástico del acero pero la abolladura impide el desarrollo del momento plástico
Clase 4: Esbelta	Los elementos total o parcialmente comprimidos de las secciones esbeltas se abollan antes de alcanzar el límite elástico en la fibra más comprimida.

Tabla 30: Clasificación de secciones transversales solicitadas por momentos flectores.

Según el DB SE-A, al tratarse de una sección de clase 3, se debe cumplir la siguiente condición para cumplir el ELU Resistencia:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1$$

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

$$M_{el,Rdy} = W_y \cdot f_{yd}$$

Para realizar esta comprobación, se debe ver si hay interacción del cortante:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 1760 \text{ mm}^2 \cdot \frac{261,9 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}} = 266126,142 \text{ N} = 266,126 \text{ kN}$$

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

A partir de los las tablas extraídas de SAP2000, $V_{Ed} = -0,07 \text{ kN}$

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$0,07 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot 266,126 = 133,063 \text{ kN}$$

Por lo tanto la interacción del cortante no se tendrá en cuenta:

$$\frac{973510 \text{ N}}{5430 \text{ mm}^2 \cdot 261,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{435700 \text{ N}\cdot\text{mm}}{311500 \text{ mm}^3 \cdot 261,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{0 \text{ kN}\cdot\text{m}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \rightarrow 0,6898 < 1$$

De este modo, el perfil seleccionado cumple ELU Resistencia de las Secciones.

Comprobación de ELU Resistencia de las Barras (Pandeo) para HEB160

Conforme al apartado 6.3.4.2 del DB SE-A "el perfil en cuestión cumplirá ELU Resistencia de las Barras si se cumple:

$$\frac{N_{Ed}}{\chi_z \cdot A \cdot f_{yd}} + \alpha_y \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} + k_z \cdot \frac{c_{m,z} \cdot M_{z,Ed}}{W_z \cdot f_{yd}} \leq 1$$

Siendo en los planos Y y Z donde se va a trabajar, entonces:

$$\begin{bmatrix} 1/\chi_y \\ 1/\chi_z \end{bmatrix} \cdot \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha_y \end{bmatrix} \cdot k_y \cdot \frac{c_{m,y} \cdot M_{y,Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Siendo:

- $\chi_i \equiv$ Coeficiente de reducción

$$\chi_i \text{ se calcula tal que } \chi_i = \frac{1}{\phi_i + \sqrt{\phi_i^2 - \bar{\lambda}^2}} \text{ con:}$$

$$- \phi_i = 0,5 \cdot [1 + \alpha_i \cdot (\bar{\lambda} - 0,2) + \bar{\lambda}^2]$$

$$- \bar{\lambda}, \text{ esbeltez reducida, obteniéndose como } \bar{\lambda} = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} \text{ con } N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_y$$

- L_k , longitud de pandeo, obteniéndose a partir de

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1 - 0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1 - 0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} \leq 1. \text{ Con } \eta_1 = \frac{L}{L + 1,5xh} \text{ y } \eta_2 = 0, \text{ cuando se}$$

trata de pilares.

- α_i se selecciona a partir de las tablas siguientes:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Tabla 6.2 Curva de pandeo en función de la sección transversal

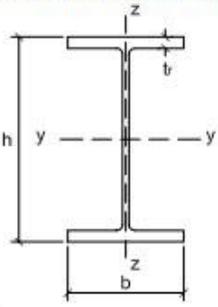
Tipo de sección	Tipo de acero		S235 a S355		S450	
	Eje de pandeo ⁽¹⁾		y	z	y	z
Perfiles laminados en I 	$h/b > 1,2$	$t \leq 40 \text{ mm}$	a	b	a_0	a_0
	$40 \text{ mm} < t \leq 100 \text{ mm}$		b	c	a	a
	$h/b \leq 1,2$	$t \leq 100 \text{ mm}$	b	c	a	a
	$t > 100 \text{ mm}$		d	d	c	c

Tabla 31: Curva de pandeo en función de la sección transversal.

Tabla 6.3 Valores del coeficiente de pandeo (χ)

Esbeltez reducida	Curva de pandeo				
	a_0	a	b	c	d
Coeficiente (α) de imperfección	0,13	0,21	0,34	0,49	0,76
$\leq 0,20$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
0,30	0,99	0,98	0,96	0,95	0,92
0,40	0,97	0,95	0,93	0,90	0,85
0,50	0,95	0,92	0,88	0,84	0,78
0,60	0,93	0,89	0,84	0,79	0,71
0,70	0,90	0,85	0,78	0,72	0,64
0,80	0,85	0,80	0,72	0,66	0,58
0,90	0,80	0,73	0,66	0,60	0,52
1,00	0,73	0,67	0,60	0,54	0,47
1,10	0,65	0,60	0,54	0,48	0,42
1,20	0,57	0,53	0,48	0,43	0,38
1,30	0,51	0,47	0,43	0,39	0,34
1,40	0,45	0,42	0,38	0,35	0,31
1,50	0,40	0,37	0,34	0,31	0,28
1,60	0,35	0,32	0,31	0,28	0,25
1,80	0,28	0,27	0,25	0,23	0,21
2,00 ⁽¹⁾	0,23	0,22	0,21	0,20	0,18
2,20 ⁽¹⁾	0,19	0,19	0,18	0,17	0,15
2,40 ⁽¹⁾	0,16	0,16	0,15	0,14	0,13
2,70 ⁽²⁾	0,13	0,13	0,12	0,12	0,11
3,00 ⁽²⁾	0,11	0,10	0,10	0,10	0,09

⁽¹⁾ esbeltez intolerable en los elementos principales
⁽²⁾ esbeltez intolerable incluso en elementos de arriostramiento

Tabla 32: Valores de χ .

- k_y es el coeficiente de interacción y su valor se calcula así:

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Tabla 6.9 Coeficientes de interacción según peor clase de sección en la pieza

Clase	Tipo de sección	k_y	k_z	k_{yLT}
1 y 2	I, H, abiertas	$1 + (\bar{\lambda}_y - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$	$1 + (2 \cdot \bar{\lambda}_z - 0,6) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	el menor de $1 - \frac{0,1 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$
	Hueca delgada		$1 + (\bar{\lambda}_z - 0,2) \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	$0,6 + \bar{\lambda}_z$
3 y 4	Todas	$1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y N_{C,Rd}}$	$1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_z \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$	$1 - \frac{0,05 \cdot \bar{\lambda}_z}{(c_{mLT} - 0,25)} \frac{N_{Ed}}{\chi_z N_{C,Rd}}$

siendo

$\bar{\lambda}_y$ y $\bar{\lambda}_z$ valores de las esbelteces reducidas para los ejes y – y z – z, no mayores que 1,00.

$$N_{C,Rd} = A^* \cdot \frac{f_y}{\gamma_{M1}}$$

Tabla 33: Coeficientes de interacción según peor clase de sección en la pieza.

- α_y , por tratarse de una sección de clase 3, vale 0,8.

Tabla 6.8 Términos de comprobación, según peor clase de sección en la pieza

Clase	A^*	W_y	W_z	α_y	α_z	$e_{N,y}$	$e_{N,z}$
1	A	$W_{pl,y}$	$W_{pl,z}$	0,6	0,6	0	0
2	A	$W_{pl,y}$	$W_{pl,z}$	0,6	0,6	0	0
3	A	$W_{el,y}$	$W_{el,z}$	0,8	1	0	0
4	A_{eff}	$W_{eff,y}$	$W_{eff,z}$	0,8	1	Según pieza y tensiones	Según pieza y tensiones

Tabla 34: Términos de comprobación, según peor clase de sección en la pieza

- $c_{my} \equiv$ Según el DB SE-A dice que para los pilares “En las barras de pórticos de estructuras sin arriostrar con longitudes de pandeo superiores a la de las propias barras debe tomarse $c_{my} = 0,9$ ”

A continuación se van a calcular los coeficientes de reducción por pandeo de ambos planos y su comprobación final.

Plano del pórtico (y)

Se calcula L_k , longitud de pandeo:

$$\eta_1 = \frac{L}{L + 1,5xh} = \frac{5}{5 + 1,5 \cdot 2,9} = 0,5347$$

$$\eta_2 = 0$$

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

$$\beta = \frac{L_k}{L} = \sqrt{\frac{1-0,2 \cdot (\eta_1 + \eta_2) - 0,12 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}{1-0,8 \cdot (\eta_1 + \eta_2) + 0,6 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2}} = \sqrt{\frac{1-0,2 \cdot 0,5347}{1-0,8 \cdot 0,5347}} = 1,249 > 1$$

Considerando L la longitud del pilar, se obtiene $L_k = \beta \cdot L = 1,249 \cdot 2,9 = 3,621 \text{ m}$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{3621\text{mm}}\right)^2 \cdot \frac{210000 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 24920000 \text{ mm}^4 = 3939218,116\text{N}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{5430\text{mm}^2 \cdot 275\text{N/mm}^2}{3939218,11\text{N}}} = 0,6157 < 2 = \bar{\lambda}_{\text{máx}}$$

Según las tablas anteriores, para este perfil, le corresponde un coeficiente $\alpha_y = 0,34$, por lo que:

$$\phi_y = 0,5 \cdot 1 + [\alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + (\bar{\lambda}_y)^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,34 \cdot (0,6157 - 0,2) + 0,6157^2] = 0,76$$

Por último se calcula el valor de χ_y :

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}} = \frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,6157^2}} = 0,82949$$

Plano perpendicular al pórtico (z)

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k}\right)^2 \cdot E \cdot I_z = \left(\frac{\pi}{3621\text{mm}}\right)^2 \cdot \frac{210000 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 8890000\text{mm}^4 = 1405282,86 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_z = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{5430\text{mm}^2 \cdot 275\text{N/mm}^2}{1405282,86\text{N}}} = 1,0625 < 2 = \bar{\lambda}_{\text{máx}}$$

Al igual que en el caso anterior, para este perfil en el eje de pandeo z, le corresponde $\alpha_z = 0,49$ entonces:

$$\phi_z = 0,5 \cdot 1 + [\alpha_z \cdot (\bar{\lambda}_z - 0,2) + (\bar{\lambda}_z)^2] = 0,5 \cdot [1 + 0,49 \cdot (1,0625 - 0,2) + 1,0625^2] = 1,2757$$

Por último se halla el valor de χ_z :

$$\chi_z = \frac{1}{\phi_z + \sqrt{\phi_z^2 - (\bar{\lambda}_z)^2}} = \frac{1}{1,2757 + \sqrt{1,2757^2 - 1,0625^2}} = 0,5046$$

A continuación se van a obtener los demás coeficientes, necesarios para continuar con la comprobación. El valor de α_y será 0,8 por tratarse de una sección de clase 3 y el valor de c_{my} será de 0,9 por lo expuesto anteriormente.

El valor del coeficiente de interacción, k_y , es:

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} = 5430\text{mm}^2 \cdot 261,9\text{N/mm}^2 = 1422117\text{N}$$

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot 0,6157 \cdot \frac{973510\text{N}}{0,82949 \cdot 1422117\text{N}} = 1,3048$$

Para finalizar:

$$\begin{bmatrix} 1/\chi_y \\ 1/\chi_z \end{bmatrix} \cdot \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha_y \end{bmatrix} \cdot k_y \cdot \frac{c_{my} \cdot M_{y,Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$
$$\begin{bmatrix} 1/0,82949 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \frac{973510\text{N}}{5430\text{mm}^2 \cdot 261,9\text{N/mm}^2} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0,8 \end{bmatrix} \cdot 1,3048 \cdot \frac{0,9 \cdot 435700\text{N} \cdot \text{mm}}{311500\text{mm}^3 \cdot 261,9\text{N/mm}^2} =$$
$$= \begin{bmatrix} 0,8315 \\ 0,6895 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

En conclusión, el perfil HEB160 cumple el Estado Límite Último de Resistencia de las Barras (Pandeo).

Comprobación de Estado Límite de Servicio de Deformación para el perfil HEB 160 (Criterio de Integridad)

A partir del análisis realizado con SAP2000 se conoce el desplome en el nudo 124, donde el desplazamiento es mayor, cuando se le aplica la combinación siguiente:

$$Q + 0,5 \cdot N + 0,6 \cdot V$$

Según el Documento Básico de Seguridad Estructural: "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 a estructura global tiene suficiente rigidez si, ante cualquier combinación de acciones característica, el desplome relativo es menor que 1/250 de la altura de la planta" El desplome en dicho nudo $\delta = 0,001739$ m, por lo tanto se tiene que:

$$\delta_r = \frac{\delta}{h} = \frac{0,001739}{2,9} = 5,996 \cdot 10^{-4} < \frac{1}{250}$$

De este modo, el perfil seleccionado HEB160 cumple el Estado Límite de Servicio de Deformación (Criterio de Integridad)

Comprobación de Estado Límite de Servicio de Deformación para el HEB160 (Criterio de Apariencia)

De nuevo, a partir de las tablas obtenidas en SAP, se obtiene el desplazamiento máximo bajo esta nueva combinación:

$$G + 0,3 \cdot Q$$

Según el Documento Básico de Seguridad Estructural: "Cuando se considere la apariencia de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, el desplome relativo es menor que $\frac{1}{250}$ de la altura de la planta". Siendo el desplome máximo en el nudo 128, $\delta = 0,004149$ m.

$$\delta_r = \frac{\delta}{h} = \frac{0,004149}{2,9} = 1,43 \cdot 10^{-3} < \frac{1}{250}$$

Como se puede ver, el perfil HEB160 también cumple el Estado Límite de Servicio de Deformación (Criterio de Integridad).

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Para finalizar, ya que el perfil HEB160 cumple las condiciones necesarias de los ELU y de los ELS, será este el seleccionado para utilizar en los pilares.

3.3.2. Dimensionado de jácenas

Se utiliza el mismo acero que para los pilares, el S275JR, con $f_{yd} = 261,9 \text{ N/mm}^2$.

Se comienza dimensionando las jácenas con un perfil IPE330, el cual cuenta con las siguientes características:

- $A(\text{mm}^2) \times 10^2$: 62,6
- $t_w(\text{mm})$: 7,5
- $G(\text{kg/m})$: 49,1
- $I_y(\text{mm}^4) \times 10^4$: 11768
- $W_{el,y}(\text{mm}^3) \times 10^3$: 713
- $i_y(\text{mm}) \times 10$: 13,71
- $A_{v,z}(\text{mm}^2) \times 10^2$: 30,81
- $I_z(\text{mm}^4) \times 10^4$: 788

Comprobación de ELU Resistencia de las Secciones para el perfil IPE330

Para esta comprobación se tiene en cuenta la barra más castigada de la estructura, en este caso la 222. Tras el análisis realizado con SAP 2000 se extraen los siguientes valores para esta barra:

Frame	Station m	Output Case	P kN	V2 kN	V3 kN	T kN·m	M2 kN·m	M3 kN·m
222	0	ELU	-2,872	-182,676	0,021	-0,0018	-0,0292	-178,1461
222	2,7	ELU	-2,872	-17,964	0,021	-0,0018	-0,0809	70,7381
222	5,4	ELU	-2,872	182,675	0,021	-0,0018	-0,1440	-178,1461

Tabla 35: Resultados tras el análisis de SAP2000 de la barra 222.

Primero se va a comprobar si existe interacción con el cortante. Se aplica la siguiente condición, no existirá si:

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd}$$

$$V_{c,Rd} = V_{pl,Rd} = A_{vz} \cdot \frac{f_{yd}}{\sqrt{3}} = 3081 \text{mm}^2 \cdot \frac{261,9 \text{ N/mm}^2}{\sqrt{3}} = 465871,957 \text{ N} = 465,872 \text{ kN}$$

A partir de los valores obtenidos con el programa SAP2000 se puede ver que $V_{Ed} = -182,676 \text{ kN}$

$$V_{Ed} \leq 0,5 \cdot V_{c,Rd} \rightarrow 182,676 \text{ kN} \leq 0,5 \cdot 465,872 = 232,936 \text{ kN}$$

Por lo tanto la interacción del cortante no se tendrá en cuenta:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{pl,Rd}} + \frac{M_{y,Ed}}{M_{el,Rdy}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{el,Rdz}} \leq 1$$

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

$$\frac{2872 \text{ N}}{6270 \text{ mm}^2 \cdot 261,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{178146100 \text{ N}\cdot\text{m}}{713000 \cdot 261,9 \text{ N/mm}^2} + \frac{0 \text{ kN}\cdot\text{m}}{M_{el,Rdz}} \leq 1 \rightarrow 0,9557 < 1$$

De este modo, ELU Resistencia de las Secciones se cumple con el perfil IPE 330 seleccionado.

Comprobación de ELU Resistencia de las Barras para el perfil IPE330

Primero se calcula los coeficientes de reducción.

Plano del pórtico (y)

Se calcula la L_k (longitud de pandeo). Al tratarse de jácenas, las barras están biapoyadas sin que estas puedan desplazarse en los apoyos, por lo que, a partir de esta tabla extraída del DB SE-A, se obtiene:

Tabla 6.1 Longitud de pandeo de barras canónicas					
Condiciones de extremo	biarticulada	biempotrada	empotrada articulada	biempotrada desplazable	en ménsula
Longitud L_k	1,0 L	0,5 L	0,7 L	1,0 L	2,0 L

Tabla 36: Longitud de pandeo de barras canónicas.

Considerando L la longitud de la barra, se obtiene $L_k = \beta \cdot L = 1 \cdot L = 1 \cdot 5,4 = 5,4 \text{ m}$

$$N_{cr} = \left(\frac{\pi}{L_k} \right)^2 \cdot E \cdot I_y = \left(\frac{\pi}{5,4} \right)^2 \cdot \frac{210000 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot 11768 \text{ cm}^4 = 8364388,19 \text{ N}$$

$$\bar{\lambda}_y = \sqrt{\frac{A \cdot f_y}{N_{cr}}} = \sqrt{\frac{6260 \text{ mm}^2 \cdot 275 \text{ N/mm}^2}{8364388,19 \text{ N}}} = 0,45366 < 2 = \bar{\lambda}_{\text{máx}}$$

Observando las Tablas 6.2 y 6.3 se obtiene el valor de $\alpha_y = 0,21$, con este valor podemos seguir con las operaciones para conseguir el coeficiente de reducción en este plano:

$$\phi_y = 0,5 \cdot 1 + \left[\alpha_y \cdot (\bar{\lambda}_y - 0,2) + (\bar{\lambda}_y)^2 \right] = 0,5 \cdot [1 + 0,21 \cdot (0,45366 - 0,2) + 0,45366^2] = 0,6308$$

Por último se obtiene χ_y :

$$\chi_y = \frac{1}{\phi_y + \sqrt{\phi_y^2 - (\bar{\lambda}_y)^2}} = \frac{1}{0,6308 + \sqrt{0,6308^2 - 0,45366^2}} = 0,9353$$

Plano perpendicular al pórtico (z)

En este plano $\chi_z = 1$, ya que al tener que soportar el peso del forjado, el pandeo de las jácenas está impedido.

Al tratarse de una sección de clase 3, $\alpha_y = 0,8$.

El valor del coeficiente de interacción, k_y , es:

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot \bar{\lambda}_y \cdot \frac{N_{Ed}}{\chi_y \cdot N_{c,Rd}}$$

$$N_{c,Rd} = A \cdot f_{yd} = 6260 \text{ mm}^2 \cdot 261,9 \text{ N/mm}^2 = 1639494 \text{ N}$$

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

$$k_y = 1 + 0,6 \cdot 0,45366 \cdot \frac{2872}{0,9353 \cdot 1639494} = 1,0005$$

Para las jácenas la longitud de pandeo coincide con la longitud de la barra, por lo tanto según la tabla siguiente del DB SE-A, c_{my} vale:

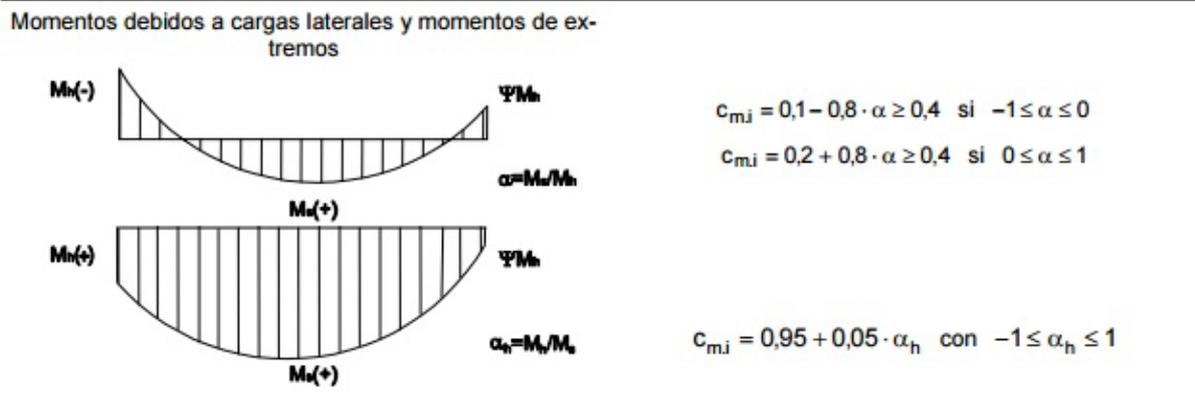


Tabla 37: Tabla 6.10 del Documento Básico de Seguridad Estructural.

A partir de los momentos flectores máximo positivo y negativo de la barra 222 se obtiene el valor de α :

Posición (m)	Momento Máximo (kN·m)
x = 2,7	+ 70,7381
x = 5	- 178,1461

Tabla 38: Momentos máximos positivos y negativos.

$$\alpha = \frac{M_s}{M_h} = \frac{70,7381 \text{ kN}\cdot\text{m}}{-178,1461 \text{ kN}\cdot\text{m}} = -0,397$$

Con el valor de α y según la Tabla 6.10:

$$c_{my} = 0,1 - 0,8 \cdot \alpha = 0,1 - 0,8 \cdot (-0,397) = 0,4176$$

Por último se obtiene:

$$\begin{bmatrix} 1/\chi_y \\ 1/\chi_z \end{bmatrix} \cdot \frac{N_{Ed}}{A \cdot f_{yd}} + \begin{bmatrix} 1 \\ \alpha_y \end{bmatrix} \cdot k_y \cdot \frac{c_{my} \cdot M_{y,Ed}}{W_y \cdot f_{yd}} \leq \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} 1/0,9353 \\ 1 \end{bmatrix} \cdot \frac{2872 \text{ N}}{6260 \text{ mm}^2 \cdot 261,9 \text{ N/mm}^2} + \begin{bmatrix} 1 \\ 0,8 \end{bmatrix} \cdot 1,0005 \cdot \frac{0,4176 \cdot 178146100 \text{ N}\cdot\text{mm}}{713000 \text{ mm}^3 \cdot 261,9 \text{ N/mm}^2} =$$

$$\begin{bmatrix} 0,4 \\ 0,3206 \end{bmatrix} \leq \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

Tras todas las comprobaciones, queda demostrado que el IPE330 seleccionado, cumple ELU Resistencia de las Barras.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Comprobación de Estado Límite de Servicio de Deformación para el perfil IPE330 (Criterio de Integridad)

A partir del análisis realizado con SAP2000 se conoce la flecha máxima que se da en la barra 222 (la más solicitada) cuando se le aplica la combinación siguiente:

$$Q + 0,5 \cdot N + 0,6 \cdot V$$

Según el Documento Básico de Seguridad Estructural: “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 solo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que $\frac{1}{300}$ ”. Por lo tanto y como el valor de la flecha máxima es, $f = 0,00151$ m, en $x = 2,5$ m, se procede a calcular la flecha relativa:

$$f_{r,ij} = \frac{|f_i - f_j|}{2 \cdot |x_i - x_j|} = \frac{|0,00151 - 0|}{2 \cdot |2,5 - 0|} = 3,02 \cdot 10^{-4} < \frac{1}{300}$$

El perfil IPE330 cumple el Estado Límite de Servicio de Deformación (Criterio de Integridad)

Comprobación de Estado Límite de Servicio de Deformación para el IPE330 (Criterio de Apariencia)

De nuevo, a partir de las tablas obtenidas en SAP, se obtiene la flecha máxima bajo esta nueva combinación:

$$G + 0,3 \cdot Q$$

Según el Documento Básico de Seguridad Estructural: “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 $\frac{1}{300}$ ”. Siendo la flecha máxima, $f = 0,002894$ m, en $x = 2,5$ m, por lo tanto la flecha relativa será:

$$f_{r,ij} = \frac{|f_i - f_j|}{2 \cdot |x_i - x_j|} = \frac{|0,002894 - 0|}{2 \cdot |2,5 - 0|} = 5,78 \cdot 10^{-4} < \frac{1}{300}$$

Como se puede ver, el perfil IPE330 también cumple el Estado Límite de Servicio de Deformación (Criterio de Integridad).

Para finalizar, ya que el perfil IPE330 cumple las condiciones necesarias de los ELU y de los ELS, será este el seleccionado para utilizar en jácenas y zunchos.

3.3.3. Dimensionado de zapatas

A partir de la simulación realizada en SAP2000, se conocen las reacciones producidas en el pilar más solicitado, correspondiente con la barra 27 (extremo inferior) del modelo, las cuales se utilizarán para calcular las dimensiones de la zapata tipo. Las reacciones son:

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

$$M_{Ed} = 1,154 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$N_{Ed} = 984,965 \text{ kN}$$

$$V_{Ed} = 1,205 \text{ kN}$$

El DB SE-C enuncia que “el equilibrio de la cimentación (estabilidad al vuelco o estabilidad frente a la subpresión) quedará verificado si para las situaciones de dimensionado pertinentes se cumple la condición:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stb}$$

Siendo:

- $E_{d,dst}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones desestabilizadoras.
- $E_{d,stb}$ el valor de cálculo del efecto de las acciones estabilizadoras.”

Esta misma hipótesis puede ser expresada en términos de momentos de la siguiente forma:

$$\gamma_{E,stb} \cdot E_{stb} \geq \gamma_{E,dst} \cdot E_{dst}$$

$$M_{d,stb} = \gamma_{E,stb} \cdot M_{stb} \geq M_{d,dst} = \gamma_{E,dst} \cdot M_{dst}$$

$$\gamma_{E,stb} \cdot \left(\frac{a^2}{2} \cdot b \cdot h \cdot \gamma_h \right) \geq \gamma_{E,dst} \cdot \left[M_{Ed} + h \cdot V_{Ed} - N_{Ed} \cdot \frac{a}{2} \right]$$

A partir de la tabla 2.1 del Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos se obtienen los coeficientes de seguridad necesarios para poder realizar la siguiente comprobación:

Tabla 2.1. Coeficientes de seguridad parciales

Situación de dimensionado	Tipo	Materiales		Acciones		
		γ_R	γ_M	γ_E	γ_F	
	Hundimiento	3,0 ⁽¹⁾	1,0	1,0	1,0	
	Deslizamiento	1,5 ⁽²⁾	1,0	1,0	1,0	
	Vuelco ⁽²⁾					
	Acciones estabilizadoras	1,0	1,0	0,9 ⁽³⁾	1,0	
	Acciones desestabilizadoras	1,0	1,0	1,8	1,0	
	Estabilidad global	1,0	1,8	1,0	1,0	
	Capacidad estructural	- ⁽⁴⁾	- ⁽⁴⁾	1,6 ⁽⁵⁾	1,0	
	Persistentes o transitorias	Pilotes				
	Arrancamiento	3,5	1,0	1,0	1,0	
	Rotura horizontal	3,5	1,0	1,0	1,0	
	Pantallas					
	Estabilidad fondo excavación	1,0	2,5 ⁽⁶⁾	1,0	1,0	
	Sifonamiento	1,0	2,0	1,0	1,0	
	Rotación o traslación					
	Equilibrio límite	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0	
	Modelo de Winkler	1	1,0	0,6 ⁽⁷⁾	1,0	
	Elementos finitos	1,0	1,5	1,0	1,0	

Tabla 39: Coeficientes parciales de seguridad.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Para dimensionar la zapata se va a emplear el siguiente esquema de acciones:

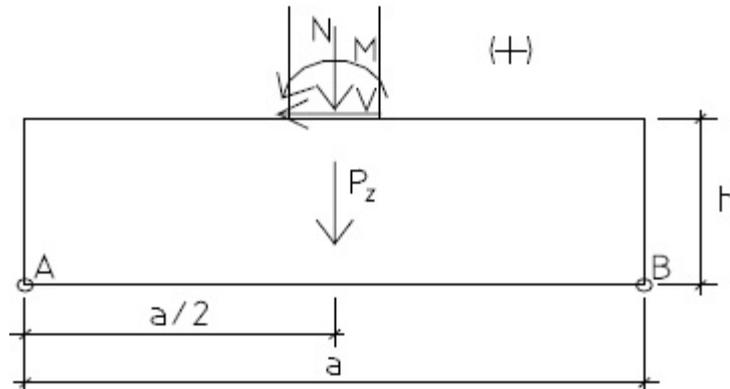


Ilustración 18: esquema de acciones en la zapata.

Se va a comenzar a dimensionar con los siguientes valores de a , b y h :

$$a = 1\text{m}$$

$$b = 1\text{m}$$

$$h = 1,5\text{m}$$

Sustituyendo los valores anteriores y los coeficientes de seguridad parcial, obtenidos a partir de la tabla anterior, $\gamma_{E,stab} = 0,9$ y $\gamma_{E,dst} = 1,8$, se procede a la comprobación del cumplimiento de la condición vuelco:

$$0,9 \cdot \left(\frac{1^2}{2} \cdot 1 \cdot 1,5 \cdot 25 \right) \geq 1,8 \cdot \left[1,154 + 1,5 \cdot 1,205 - 984,965 \cdot \frac{1}{2} \right]$$

$$16,875 > -881,13$$

Finalmente se tiene que con las dimensiones seleccionadas la zapata cumple la condición de ELU vuelco, por lo tanto la zapata de 1×1 m y un canto de 1,5 m será la elegida para la cimentación.

4. Anexo 3: Presupuesto

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

La definición de las partidas del siguiente presupuesto se ha realizado según las definiciones que da la web www.generadordeprecios.info, la cual pertenece a CYPE Ingenieros S.A.

4.1. Capítulo 1: Acondicionamiento de terreno

4.1.1. Partida 1.1: Desbroce y limpieza (m²)

“Desbroce y limpieza del terreno, hasta una profundidad mínima de 0,25 cm, con medios mecánicos, retirada de los materiales excavados y carga a camión, sin incluir transporte a vertedero autorizado.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Equipo y maquinaria				
h	Pala cargadora sobre neumáticos de 120 kW/1,9 m ³ .	0,015	40,13	0,60
Subtotal equipo y maquinaria:				0,60
Mano de obra				
h	Peón ordinario construcción.	0,006	15,92	0,10
Subtotal mano de obra:				0,10
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	0,70	0,01
Costes directos (1+2+3):				0,71

Tabla 40: Cálculo del importe unitario del desbroce y limpieza, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (m ²)	Importe unitario (€/m ²)	Precio (€)
Partida 1.1	604,33	0,71	429,07

Tabla 41: Presupuesto del acondicionamiento del terreno.

4.1.2. Subtotal Capítulo 1

	Precio (€)
Partida 1.1	429,07
SUBTOTOTAL	429,07

Tabla 42: Subtotal Capítulo 1.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

4.2. Capítulo 2: Acero

4.2.1. Partida 2.1: Acero en pilares (kg)

“Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la series HEB 160 con uniones soldadas. Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04
l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
Subtotal materiales:				1,28
Equipo y maquinaria				
h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,09	0,05
Subtotal equipo y maquinaria:				0,05
Mano de obra				
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	18,10	0,36
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	16,94	0,34
Subtotal mano de obra:				0,70
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	2,03	0,04
Costes directos (1+2+3+4):				2,07
Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.				

Tabla 43: Cálculo del importe unitario del acero en pilares, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (kg)	Precio unitario (€/kg)	Precio (€)
Partida 2.1	14040,96	2,07	29064,787

Tabla 44: Presupuesto del acero utilizado en pilares.

4.2.2. Partida 2.2: Acero en vigas (jácenas y zunchos) (kg)

“Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de la serie IPE 330 con uniones soldadas. Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica. Oficial 1ª y Ayudante montador de estructura metálica.”

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe		
Materiales						
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04		
l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24		
Subtotal materiales:				1,28		
Equipo y maquinaria						
h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,09	0,05		
Subtotal equipo y maquinaria:				0,05		
Mano de obra						
h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	18,10	0,36		
h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	16,94	0,34		
Subtotal mano de obra:				0,70		
Costes directos complementarios						
%	Costes directos complementarios	2,000	2,03	0,04		
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 40%;">Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.</td> <td style="width: 60%; text-align: right;">Costes directos (1+2+3+4):</td> </tr> </table>				Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.	Costes directos (1+2+3+4):	2,07
Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.	Costes directos (1+2+3+4):					

Tabla 45: Cálculo del importe unitario del acero utilizado en las vigas, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (kg)	Precio unitario (€/kg)	Precio (€)
Partida 2.2	15957,75	2,07	33032,025

Tabla 46: Presupuesto del acero utilizado en jácenas y zunchos.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

4.2.3. Subtotal Capítulo 2

	Importe (€)
Partida 2.1	29064,787
Partida 2.2	33032,025
SUBTOTAL	62096,812

Tabla 47: Subtotal Capítulo 2.

4.3. Capítulo 3: Solado, cubierta y forjado

4.3.1. Partida 3.1: Solado de terrazo (m²)

“Solado de baldosas de terrazo micrograno (menor o igual a 6 mm), clasificado de uso normal para interiores, 40x40 cm, color Marfil, colocadas a golpe de maceta sobre lecho de mortero de cemento M-5, con arena de miga y rejuntadas con lechada de cemento blanco BL-V 22,5 coloreada con la misma tonalidad de las baldosas.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m ³	Mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N tipo M-5, confeccionado en obra con 250 kg/m ³ de cemento y una proporción en volumen 1/6.	0,032	115,30	3,69
m ²	Baldosa de terrazo para interior, uso normal, micrograno (menor o igual a 6 mm), formato nominal 40x40 cm, color Marfil, con un primer pulido en fábrica, para pulido y abrillantado final en obra, según UNE-EN 13748-1.	1,050	8,39	8,81
kg	Cemento blanco BL-22,5 X, para pavimentación, en sacos, según UNE 80305.	1,000	0,14	0,14
kg	Color o borada para pavimento de baldosas de terrazo.	0,500	0,68	0,34
Subtotal materiales:				12,98
Mano de obra				
h	Oficial 1ª solador.	0,192	15,67	3,01
h	Ayudante solador.	0,192	14,70	2,82

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

		Subtotal mano de obra:	5,83
	Costes directos complementarios		
%	Costes directos complementarios	5,000	19,2
Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.		Costes directos (1+2+3+4):	19,77

Tabla 48: Cálculo del importe unitario del solado, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (kg)	Precio unitario (€/kg)	Precio (€)
Partida 3.1	1001,94	19,77	19808,353

Tabla 49: Presupuesto del solado.

4.3.2. Partida 3.2: Cubierta plana (m²)

“Cubierta plana transitable, no ventilada, con solado fijo, tipo invertida, pendiente del 1% al 5%, para tráfico peatonal privado, compuesta de: arcilla expandida de 350 kg/m³, capa separadora bajo impermeabilización de fibras de poliéster con resistencia a tracción longitudinal y transversal de 4,2 kN/m, lámina impermeabilizante flexible de PVC-P(fv) de 1,2 mm de espesor, otra capa separadora bajo impermeabilización de fibras de poliéster con resistencia a tracción longitudinal y transversal de 4,2 kN/m, aislamiento térmico con panel rígido de poliestireno extruido de 40 mm de espesor, capa de protección de baldosas de gres rústico 4/3/-/E, 20x20 cm colocadas sobre capa de regularización de mortero de cemento industrial M-5.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud	Ladrillo cerámico hueco doble, para revestir, 24x11,5x9 cm, según UNE-EN 771-1.	4,000	0,13	0,52
m ³	Arcilla expandida, de 350 kg/m ³ de densidad y granulometría comprendida entre 8 y 16 mm, suministrada en sacos.	0,100	59,50	5,95
m ³	Lechada de cemento 1/3 CEM II/B-P 32,5 N.	0,010	105,10	1,05
m ²	Panel rígido de poliestireno expandido, según UNE-EN 13163, mecanizado lateral recto, de 20 mm de espesor, resistencia térmica 0,55 m ² K/W, conductividad térmica 0,036 W/(mK), para junta de dilatación.	0,010	1,34	0,01
m ³	Agua.	0,028	1,50	0,04
t	Mortero industrial para albañilería, de cemento, color gris, categoría M-5 (resistencia a compresión 5 N/mm ²), suministrado en sacos, según UNE-EN	0,150	32,25	4,84

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

998-2.				
m ²	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 3,45 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 3,45 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 15 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0,8 kN y una masa superficial de 300 g/m ² , según UNE-EN 13252.	2,100	1,17	2,46
m ²	Lámina impermeabilizante flexible de PVC-P (fv), de 1,2 mm de espesor, con armadura de velo de fibra de vidrio, resistente a la intemperie, según UNE-EN 13956.	1,050	7,53	7,91
m	Perfil colaminado de chapa de acero y PVC-P, plano, para remate de impermeabilización en los extremos de las láminas de PVC-P y en encuentros con elementos verticales.	0,400	2,80	1,12
m ²	Panel rígido de poliestireno extruido, según UNE-EN 13164, de superficie lisa y mecanizado lateral a media madera, de 40 mm de espesor, resistencia a compresión ≥ 300 kPa, resistencia térmica 1,2 m ² K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego, con código de designación XPS-EN 13164-T1-CS(10/4)300-DLT(2)5-DS(TH)-WL(T)0,7-FT2.	1,050	3,69	3,87
m ²	Geotextil no tejido compuesto por fibras de poliéster unidas por agujeteado, con una resistencia a la tracción longitudinal de 1,63 kN/m, una resistencia a la tracción transversal de 2,08 kN/m, una apertura de cono al ensayo de perforación dinámica según UNE-EN ISO 13433 inferior a 27 mm, resistencia CBR a punzonamiento 0,4 kN y una masa superficial de 200 g/m ² , según UNE-EN 13252.	1,050	0,69	0,72
kg	Adhesivo cementoso normal, C1 según UNE-EN 12004, color gris.	4,000	0,35	1,40
m ²	Baldosa cerámica de gres rústico, 20x20 cm, 8,00€/m ² , capacidad de absorción de agua $3\% \leq E < 6\%$, grupo	1,050	8,00	8,40

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

All, según UNE-EN 14411, resistencia al deslizamiento $R_d > 45$ según UNE-ENV 12633, resbaladidad clase 3 según CTE.				
m	Rodapié cerámico de gres rústico, 7 cm, 3,00€/m.	0,400	3,00	1,20
kg	Mortero de juntas cementoso con resistencia elevada a la abrasión y absorción de agua reducida, CG2, para junta abierta entre 3 y 15 mm, según UNE-EN 13888.	0,300	0,99	0,30
Subtotal materiales:			39,79	
Mano de obra				
h	Oficial 1ª construcción.	0,363	17,24	6,26
h	Peón ordinario construcción.	0,803	15,92	12,78
h	Oficial 1ª aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,198	17,24	3,41
h	Ayudante aplicador de láminas impermeabilizantes.	0,198	16,13	3,19
h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,055	17,82	0,98
h	Ayudante montador de aislamientos.	0,055	16,13	0,89
h	Oficial 1ª soldador.	0,440	17,24	7,59
h	Ayudante soldador.	0,220	16,13	3,55
Subtotal mano de obra:			38,65	
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	78,44	1,57
Coste de mantenimiento decenal: 26,40€ en los primeros 10 años.		Costes directos (1+2+3):		80,01

Tabla 50: Cálculo del importe unitario de la cubierta, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Precio (€)
Partida 3.2	489,72	80,01	39182,4972

Tabla 51: Presupuesto de la cubierta.

4.3.3. Partida 3.3: Forjado compuesto por losas alveolares pretensadas de hormigón (m²)

“Losas de placas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado, de canto 20 cm y 61,28 kN·m/m de momento flector último, apoyada directamente. El relleno de juntas entre placas se realiza con hormigón HA-25/B/12/I/a fabricado en central, y vertido con cubilete. Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m ²	Placa alveolar	1,000	32,00	32,00

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

	prefabricada de hormigón pretensado de 20 cm de canto y 120 cm de anchura, con junta lateral abierta superiormente, momento flector último de 61,28 kN·m por m de ancho. Según UNE-EN 1168.			
kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en pieza para apoyo de placa prefabricada de hormigón en hueco de forjado, compuesta por perfiles laminados en caliente de las series L, LD, T y pletina, trabajado en taller, acabado galvanizado en caliente.	1,000	2,64	2,64
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, diámetros varios.	4,000	0,81	3,24
m ³	Hormigón HA-25/B/12/IIa, i.flow SUSTENTA DURA "FYM ITALCEMENTI GROUP", fabricado en central, resistente a ambientes marinos.	0,010	141,4	1,41
	Subtotal materiales:			39,29
	Equipo y maquinaria			
h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,161	66,84	10,76
h	Camión bomba estacionado en obra, para bombeo de hormigón. Incluso p/p de desplazamiento.	0,001	169,73	0,17
	Subtotal equipo y maquinaria:			10,93

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Mano de obra				
h	Oficial 1ª montador de estructura prefabricada de hormigón.	0,163	18,10	2,95
h	Ayudante montador de estructura prefabricada de hormigón.	0,163	16,94	2,76
Subtotal mano de obra:				5,71
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	55,93	1,12
Coste de mantenimiento decenal: 4,56€ en los primeros 10 años.				Costes directos (1+2+3+4): 57,05

Tabla 52: Cálculo del importe unitario del forjado, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Precio (€)
Partida 3.3	1534,68	57,05	87553,494

Tabla 53: Presupuesto del forjado.

4.3.4. Subtotal Capítulo 3

	Total (€)
Partida 3.1	19808,353
Partida 3.2	39182,497
Partida 3.3	87553,494
SUBTOTAL	146544,344

Tabla 54: Subtotal capítulo 3.

4.4. Capítulo 4: Cerramientos, tabiquería, enlucidos, barandillas y antepechos

4.4.1. Partida 4.1: Cerramientos. Paneles de hormigón armado (m²)

“Cerramiento de fachada formado por paneles prefabricados, lisos, de hormigón armado de 12 cm de espesor, 3 m de anchura, acabado liso de color blanco a una cara, dispuestos en posición horizontal”.

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m ²	Panel prefabricado, liso, de hormigón armado de 12 cm de espesor, 3 m de anchura y 14 m de longitud máxima, con bordes machihembrados, acabado liso	1,000	46,56	46,56

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

	de color blanco a una cara, para formación de cerramiento. Según UNE-EN 14992.			
kg	Masilla caucho-asfáltica para sellado en frío de juntas de paneles prefabricados de hormigón.	1,000	1,96	1,96
m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2 cm.	0,020	4,39	0,09
Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,013	13,37	0,17
Subtotal materiales:				48,78
Equipo y maquinaria				
h	Grúa autopropulsada de brazo telescópico con una capacidad de elevación de 30 t y 27 m de altura máxima de trabajo.	0,145	66,84	9,69
Subtotal equipo y maquinaria:				9,69
Mano de obra				
h	Oficial 1ª montador de paneles prefabricados de hormigón.	0,212	17,82	3,78
h	Ayudante montador de paneles prefabricados de hormigón.	0,212	16,13	3,42
Subtotal mano de obra:				7,20
Costes directos complementarios				
	%Costes directos complementarios	2,000	65,67	1,31
Coste de mantenimiento decenal: 4,69€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3+4):	66,98

Tabla 55: Cálculo del importe unitario del cerramiento, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Precio (€)
Partida 4.1	625,16	66,98	41873,2168

Tabla 56: Presupuesto del cerramiento.

4.4.2. Partida 4.2: Tabiquería (m²)

“Partición (separación de diferentes unidades de uso), sistema tabique TC7+MA2+LM40+MA2+TC7 "PANELSYSTEM", de 190 mm de espesor total, compuesta por: una primera hoja de panel aligerado de yeso reforzado con fibra de vidrio, TC-7 "PANELSYSTEM", de 70 mm de espesor; aislamiento formado por: dos membranas acústicas, de 2 mm de espesor cada una, con una capa intermedia de panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor; y una segunda hoja de panel aligerado de yeso reforzado con fibra de vidrio, TC-7 "PANELSYSTEM", de 70 mm de espesor.”

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Banda fonoaislante bicapa autoadhesiva, de 5 mm de espesor, formada por una membrana autoadhesiva de alta densidad termosoldada a una lámina de polietileno reticulado, masa nominal 3,35 kg/m ² .	1,200	0,68	0,82
m ²	Panel aligerado de yeso reforzado con fibra de vidrio, TC-7 "PANELSYSTEM", de 500 mm de anchura, 2900 mm de longitud máxima y 70 mm de espesor, con bordes machihembrados para el pegado entre sí.	2,100	11,61	24,38
kg	Adhesivo para fijación de aislamiento acústico.	0,600	4,17	2,50
m ²	Lámina bituminosa armada con cargas minerales, de 2 mm de espesor, revestida con film de polietileno por ambas caras, masa nominal 3,25 kg/m ² .	2,100	3,25	6,83
m ²	Panel rígido de lana mineral, según UNE-EN 13162, no revestido, de 40 mm de espesor, resistencia térmica 1,15 m ² K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK).	1,050	6,03	6,33
kg	Pasta de yeso para juntas, según UNE-EN 13279-1.	1,000	2,63	2,63
m	Banda elástica de poliestireno expandido elastificado, de 15 mm de espesor, resistencia térmica 0,45 m ² K/W, conductividad térmica 0,033 W/(mK), Euroclase E de reacción al fuego.	2,000	0,49	0,98
m ³	Adhesivo de unión.	0,010	124,50	1,25
m	Cinta autoadhesiva de celulosa para colocar en los encuentros de los paneles con el paramento.	0,400	0,10	0,04
m	Cinta de juntas.	0,400	0,03	0,01
Subtotal materiales:				45,77
Mano de obra				

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

h	Oficial 1ª montador de prefabricados interiores.	0,506	17,82	9,02
h	Ayudante montador de prefabricados interiores.	0,506	16,13	8,16
			Subtotal mano de obra:	17,18
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	62,95	1,26
Coste de mantenimiento decenal: 1,28€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	64,21

Tabla 57: Cálculo del importe unitario de la tabiquería, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Precio (€)
Partida 4.2	641,2	64,21	41171,452

Tabla 58: Presupuesto de la tabiquería.

4.4.3. Partida 4.3: Enlucido de yeso (m²)

“Enlucido a base de yeso de construcción y conglomerantes, colocado sobre una superficie horizontal a una altura de 3 m o superior.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m ³	Pasta de yeso para aplicación en capa fina C6, según UNE-EN 13279-1.	0,003	88,58	0,27
			Subtotal materiales:	0,27
Mano de obra				
h	Oficial 1ª yesero.	0,053	17,24	0,91
h	Ayudante yesero.	0,027	16,13	0,44
			Subtotal mano de obra:	1,35
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	4,000	0,08
Coste de mantenimiento decenal: 0,29€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	1,70

Tabla 59: Cálculo del importe unitario del enlucido de yeso, extraído de www.generadordeprecios.info

	Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Precio (€)
Partida 4.3	1266,36	1,70	2152,812

Tabla 60: Presupuesto del enlucido de yeso.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

4.4.4. Partida 4.4: Barandilla para el balcón (m)

“Barandilla de fachada en forma recta, de 100 cm de altura, de aluminio anodizado color natural, formada por: bastidor compuesto de barandal superior e inferior de perfil cuadrado de 40x40 mm y montantes de perfil cuadrado de 40x40 mm con una separación de 100 cm entre ellos; entrepaño para relleno de los huecos del bastidor compuesto de barrotes verticales de aluminio, perfil rectangular de 30x15 mm, y pasamanos de perfil curvo de 70 mm, fijada mediante anclaje mecánico de expansión.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Pilastra cuadrada de 40x40 mm, de aluminio anodizado de 15 micras, color natural, montada en taller, para barandilla.	2,100	5,72	12,01
M	Barandal cuadrado de 40x40 mm, de aluminio anodizado de 15 micras, color natural, montado en taller, para barandilla.	2,100	8,45	17,75
M	Barrote vertical rectangular de 30x15 mm, de aluminio anodizado de 15 micras, color natural, montado en taller, para barandilla.	9,000	4,23	38,07
M	Pasamanos curvo de 70 mm, de aluminio anodizado de 15 micras, color natural, montado en taller, para barandilla.	1,050	8,45	8,87
Ud	Anclaje mecánico con taco de expansión de acero galvanizado, tuerca y arandela.	4,000	1,47	5,88
Subtotal materiales:				82,58
Mano de obra				
H	Oficial 1ª montador.	0,403	17,82	7,18
H	Ayudante montador.	0,202	16,13	3,26
Subtotal mano de obra:				10,44
Costes directos complementarios				
	%Costes directos complementarios	2,000	93,02	1,86
Coste de mantenimiento decenal: 20,87€ en los primeros 10 años.		Costes directos (1+2+3):		94,88

Tabla 61: Cálculo del importe unitario de la barandilla, extraído de www.generadordeprecios.info.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

	Medición (m)	Precio unitario (€/m)	Precio (€)
Partida 4.4	13,8	94,88	1309,344

Tabla 62: Presupuesto de la barandilla.

4.4.5. Partida 4.5: Antepechos para la azotea y terraza 1ª planta (m)

“Antepecho de hormigón armado, de 1,25 m de alto y 0,2 m de ancho, realizado con hormigón HA-25/B/20/IIa fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B500S, cuantía 45 kg/m.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m ²	Paneles metálicos de dimensiones varias, para encofrar elementos de hormigón.	0,017	52,00	0,88
l	Agente desmoldeante, a base de aceites especiales, emulsionable en agua para encofrados metálicos, fenólicos o de madera.	0,075	1,98	0,15
Ud	Separador homologado para muros.	7,000	0,06	0,42
kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, suministrado en obra en barras sin elaborar, diámetros varios.	45,900	0,62	28,46
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,585	1,10	0,64
m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	0,263	76,88	20,22
Subtotal materiales:				50,77
Mano de obra				
h	Oficial 1ª encofrador.	0,625	18,10	11,31
h	Ayudante encofrador.	0,682	16,94	11,55
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,400	18,10	7,24
h	Ayudante ferrallista.	0,509	16,94	8,62
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,063	18,10	1,14

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,252	16,94	4,27
			Subtotal mano de obra:	44,13
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	94,90	1,90
Coste de mantenimiento decenal: 3,87€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	96,80

Tabla 63: Cálculo del importe unitario de los antepechos, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (m)	Precio unitario (€/m)	Precio (€)
Partida 4.5	115,8	96,8	11209,44

Tabla 64: Presupuesto de los antepechos.

4.4.6. Subtotal Capítulo 4

	Total (€)
Partida 4.1	42947,576
Partida 4.2	41171,452
Partida 4.3	2152,812
Partida 4.4	1309,344
Partida 4.5	11209,44
SUBTOTAL	98789,812

Tabla 65: Subtotal Capítulo 4.

4.5. Capítulo 5: Escalera

4.5.1. Partida 5.1: Escalera de hormigón (m²)

“Escalera de hormigón visto, con losa de escalera y peldaño de hormigón armado, e=15 cm, realizada con hormigón HA-25/P/20/IIa fabricado en central, y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, 18 kg/m², quedando visto el hormigón del fondo y de los laterales de la losa; Montaje y desmontaje de sistema de encofrado, con acabado visto con textura lisa en su cara inferior y laterales, en planta de hasta 3 m de altura libre, formado por superficie encofrante de tablonos de madera de pino forrados con tablero aglomerado hidrófugo, de un solo uso, con una de sus caras plastificada, estructura soporte horizontal de tablonos de madera de pino y estructura soporte vertical de puntales metálicos; amortizables los tablonos de la superficie encofrante en 10 usos, los tablonos de la estructura soporte en 10 usos y los puntales en 150 usos.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
m	Tablón de madera de pino, de 20x7,2	0,750	4,39	3,29

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

	cm.			
m ²	Tablero aglomerado hidrófugo, con una de sus caras plastificada, de 10 mm de espesor.	1,150	5,55	6,38
m ²	Sistema de encofrado para formación de peldaño en losas inclinadas de escalera de hormigón armado, con puntales y tableros de madera.	0,200	17,40	3,48
Ud	Puntal metálico telescópico, de hasta 3 m de altura.	0,013	13,37	0,17
m ³	Madera de pino.	0,003	238,16	0,71
kg	Puntas de acero de 20x100 mm.	0,040	7,00	0,28
l	Agente desmoldeante biodegradable en fase acuosa para hormigones con acabado visto.	0,013	8,15	0,11
Ud	Separador homologado para losas de escalera.	3,000	0,08	0,24
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, diámetros varios.	18,000	0,81	14,58
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,270	1,10	0,30
m ³	Hormigón HA-25/P/20/Ila, fabricado en central.	0,373	72,88	27,18
l	Agente filmógeno para curado de hormigones con acabado visto.	0,173	4,12	0,71
			Subtotal materiales:	57,43
Mano de obra				
h	Oficial 1ª encofrador.	1,088	18,10	19,69
h	Ayudante encofrador.	1,031	16,94	17,47
h	Oficial 1ª ferrallista.	0,273	18,10	4,94
h	Ayudante ferrallista.	0,273	16,94	4,62
h	Oficial 1ª estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,057	18,10	1,03
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,229	16,94	3,88
			Subtotal mano de obra:	51,63
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	109,06	2,18
Coste de mantenimiento decenal: 8,90€ en los primeros 10 años.			Costes directos (1+2+3):	111,24

Tabla 66: Cálculo del importe unitario de la escalera, extraído de www.generadordeprecios.info.

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

	Medición (m ²)	Precio unitario (€/m ²)	Precio (€)
Partida 5.1	24	111,24	2669,76

Tabla 67: Presupuesto de la escalera.

4.5.2. Subtotal Capítulo 5

	Precio (€)
Partida 5.1	2669,76
SUBTOTOTAL	2669,76

Tabla 68: Subtotal Capítulo 5.

4.6. Capítulo 6: Cimentación

4.6.1. Partida 6.1: Zapatas de hormigón (u)

“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, cuantía 50 kg/m³, sin incluir encofrado.”

Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
Materiales				
Ud	Separador homologado para cimentaciones.	8,000	0,13	1,04
kg	Ferralla elaborada en taller industrial con acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, diámetros varios.	50,000	0,81	40,50
kg	Alambre galvanizado para atar, de 1,30 mm de diámetro.	0,200	1,10	0,22
m ³	Hormigón HA-25/B/20/IIa, fabricado en central.	1,100	76,88	84,57
Subtotal materiales:				126,33
Mano de obra				
h	Oficial 1 ^º ferrallista.	0,081	18,10	1,47
h	Ayudante ferrallista.	0,121	16,94	2,05
h	Oficial 1 ^º estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,051	18,10	0,92
h	Ayudante estructurista, en trabajos de puesta en obra del hormigón.	0,303	16,94	5,13
Subtotal mano de obra:				9,57
Costes directos complementarios				
%	Costes directos complementarios	2,000	135,90	2,72

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

Coste de mantenimiento decenal: 4,16€ en los primeros 10 años.	Costes directos (1+2+3):	138,62
--	---------------------------------	--------

Tabla 69: Cálculo del importe unitario de las zapatas de hormigón armado, extraído de www.generadordeprecios.info.

	Medición (u)	Precio unitario (€/u)	Precio (€)
Partida 6.1	37	138,62	5128,9

Tabla 70: Presupuesto de las zapatas.

4.6.1. Subtotal Capítulo 6

	Precio (€)
Partida 6.1	5128,9
SUBTOTOTAL	5128,9

Tabla 71: Subtotal Capítulo 6.

4.7. Subtotal de ejecución material

	Total (€)
Capítulo 1	429,07
Capítulo 2	62096,82
Capítulo 3	146544,34
Capítulo 4	98789,812
Capítulo 5	2669,76
Capítulo 6	5128,69
SUBTOTOTAL	315658,49

Tabla 72: Subtotal de ejecución material.

4.8. Total de ejecución por contrata

	Total (€)
Subtotal de ejecución material	315658,49
13% de beneficio industrial	41035,604
5% de gastos generales	15782,95
21% de IVA	78220,179
TOTAL	450697,22

Tabla 73: Total de ejecución por contrata.

Finalmente, el **presupuesto total de ejecución por contrata** tiene un valor de:

450697,22€

CUATROCIENTOS CINCUENTA MIL SEISCIENTOS NOVENTA Y SIETE EUROS CON VEINTIDÓS CÉNTIMOS.

5. Anexo 4: Pliego de condiciones

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

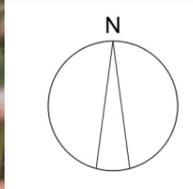
Según el punto 9 de la norma UNE 157001:2014, *“El Pliego de Condiciones es uno de los documentos que constituyen el Proyecto y tiene como misión establecer las condiciones técnicas, económicas, administrativas, facultativas y legales para que el objeto del Proyecto pueda materializarse en las condiciones especificadas, evitando posibles interpretaciones diferentes de las deseadas.”*

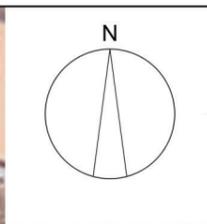
Sin embargo, en este TFG, por tratarse de un trabajo académico y para limitar su extensión, no se adjuntará Pliego de Condiciones.

6. Anexo 5: Planos

Diseño y cálculo de la estructura metálica de un edificio plurifamiliar entre medianeras en Puçol (Valencia)

- Plano 01: Localización.
- Plano 02: Emplazamiento.
- Plano 03: Alzado.
- Plano 04: Distribución planta baja.
- Plano 05: Distribución primera planta.
- Plano 06: Distribución de la azotea.
- Plano 07: Forjado planta baja.
- Plano 08: Forjado primera planta.
- Plano 09: Forjado azotea.
- Plano 10: Detalles constructivos.





TRABAJO FINAL DE GRADO EN INGENIERÍA EN TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES



ESCUELA
TÉCNICA
SUPERIOR
INGENIEROS
INDUSTRIALES
VALENCIA

Proyecto: **DISEÑO Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA METÁLICA DE UN EDIFICIO PLURIFAMILIAR ENTRE MEDIANERAS EN PUÇOL (VALENCIA)**

Plano: **Plano emplazamiento del edificio**

Autor: **Juan Ángel Martínez Martínez**

Fecha: **Septiembre 2016**

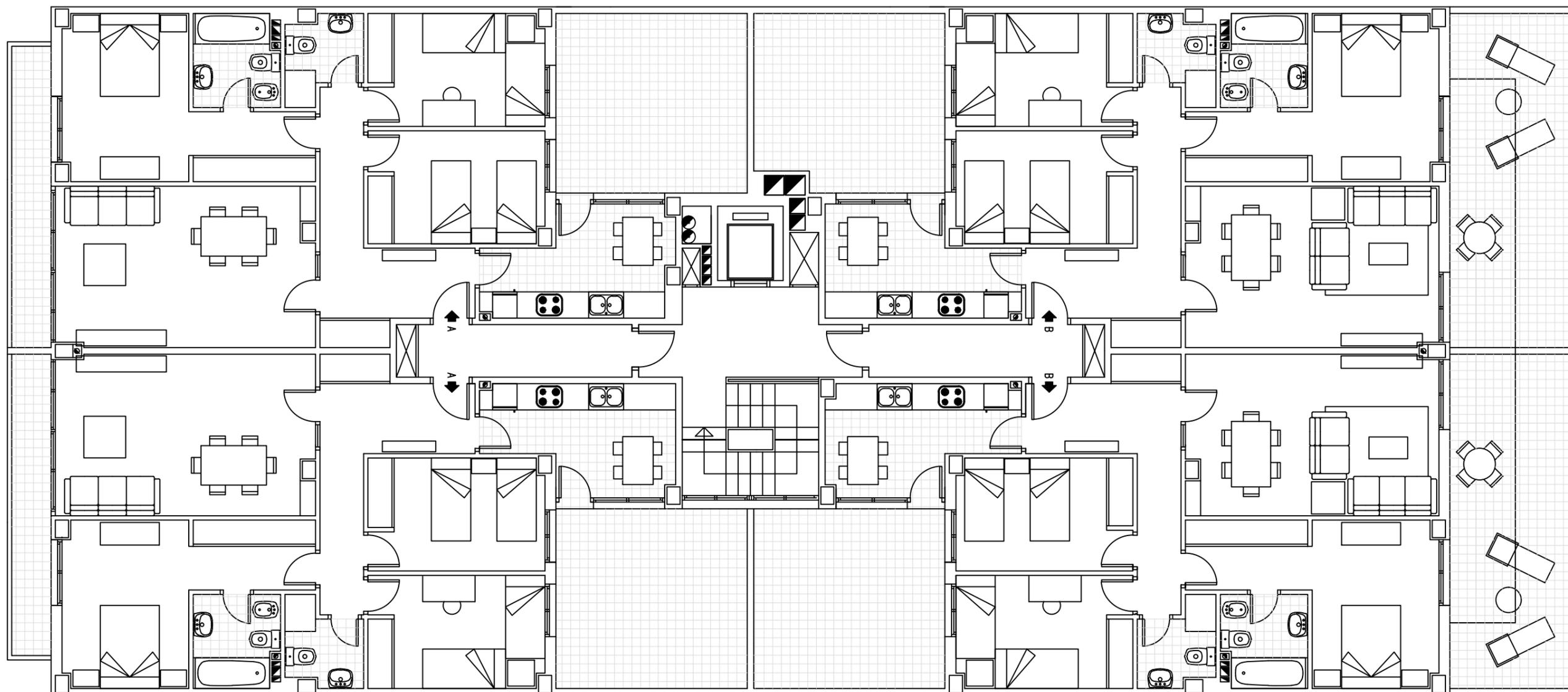
Escala: **1:500**

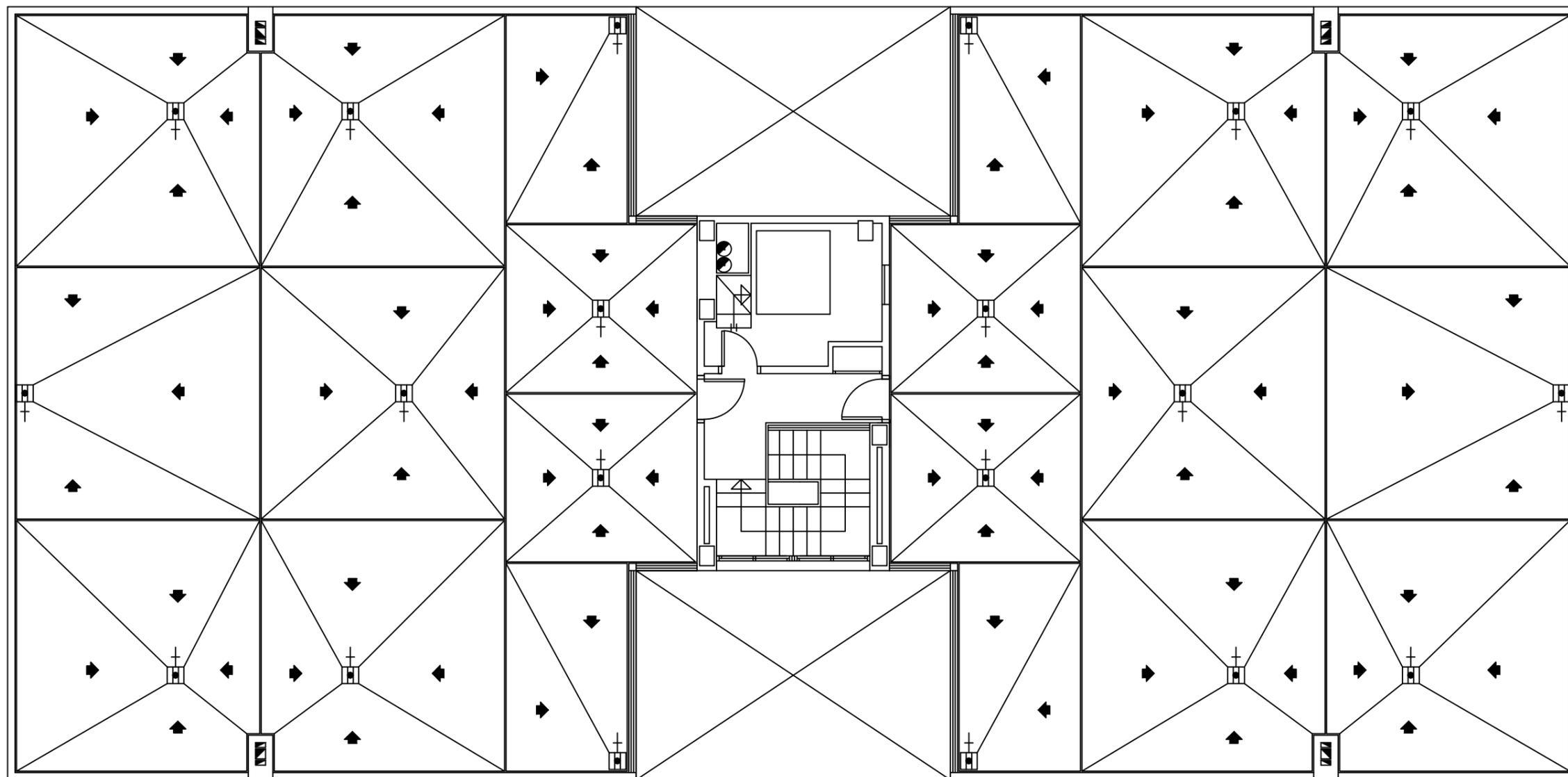
Nº Plano:

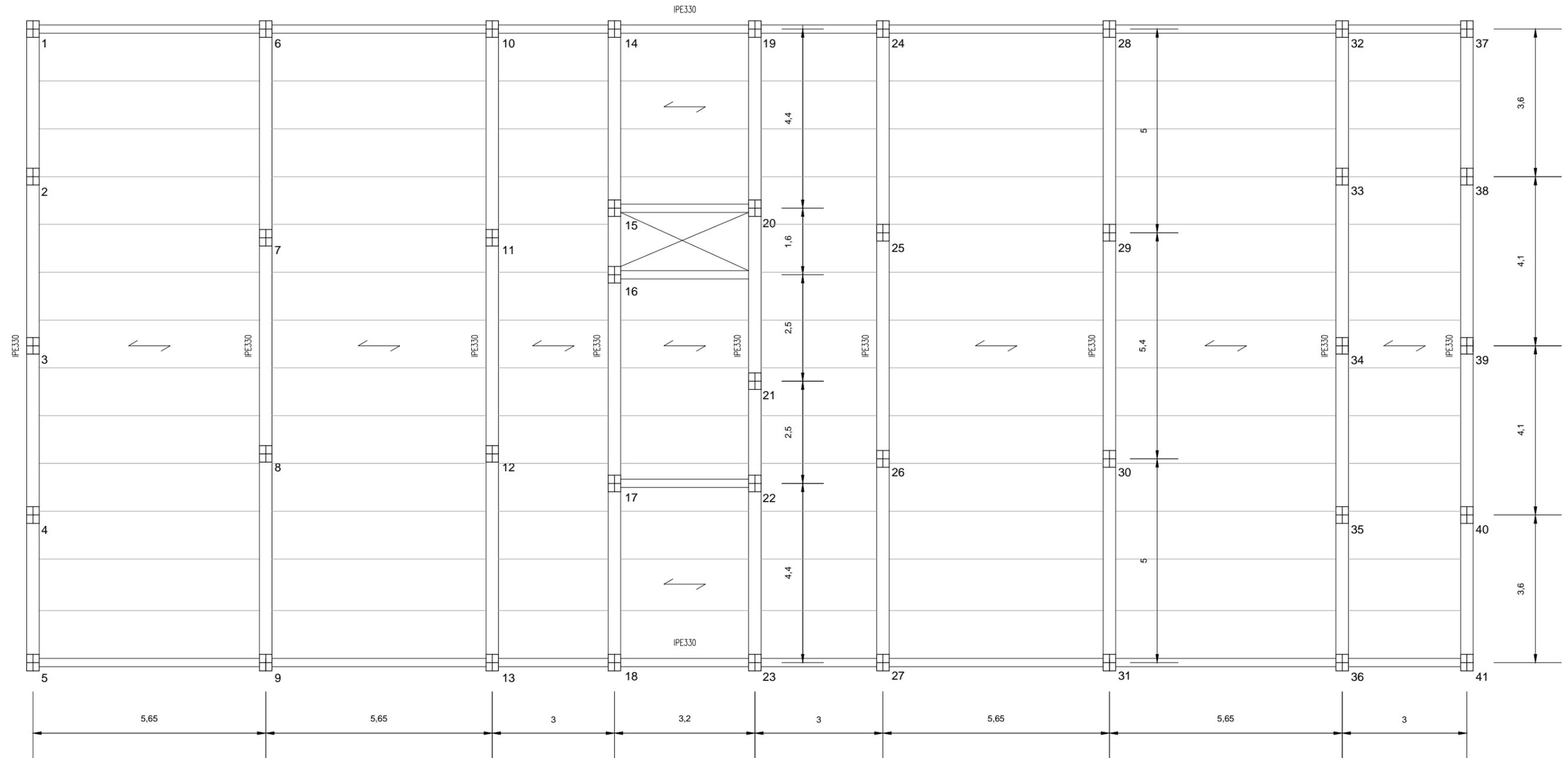
02

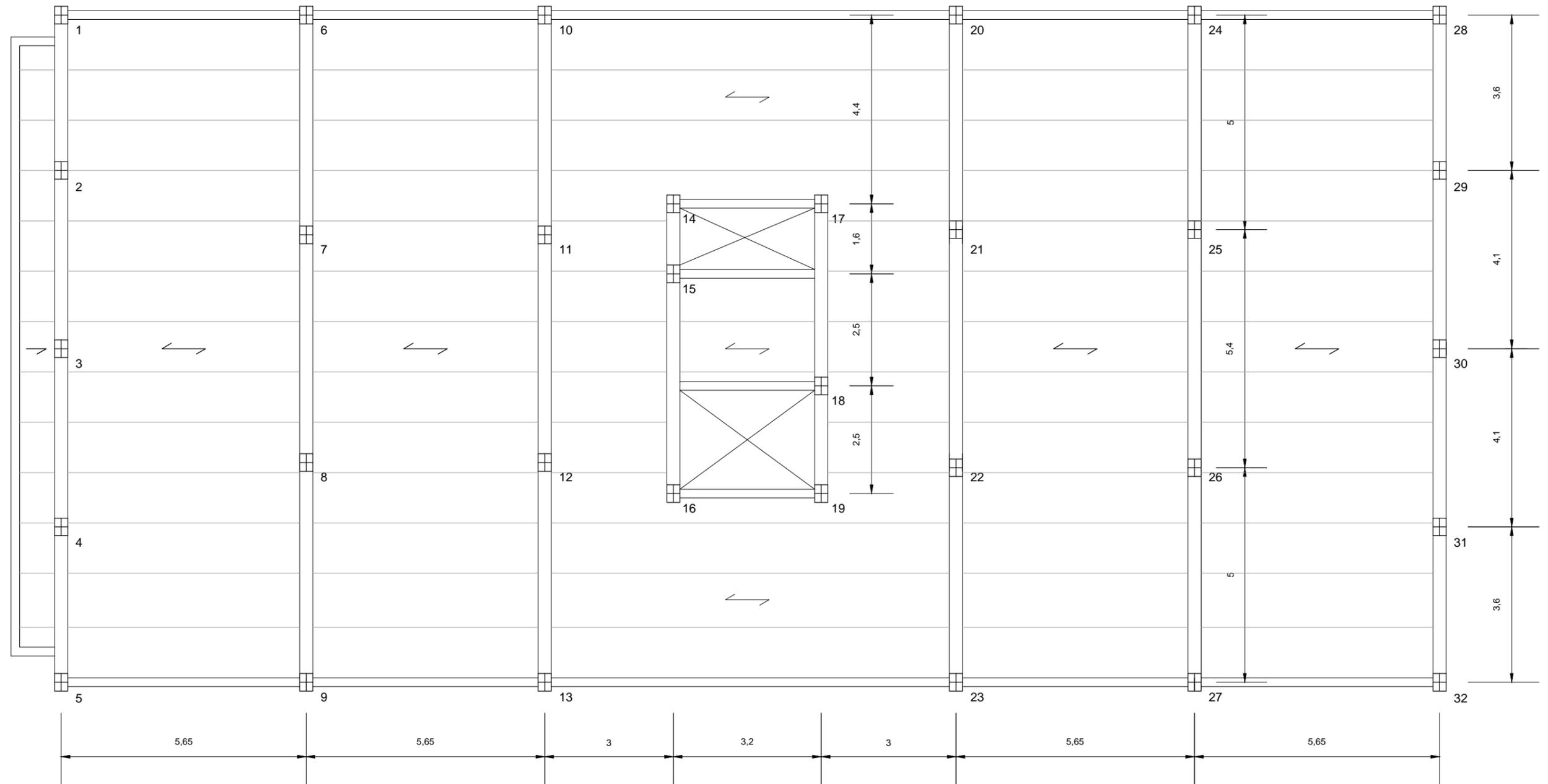


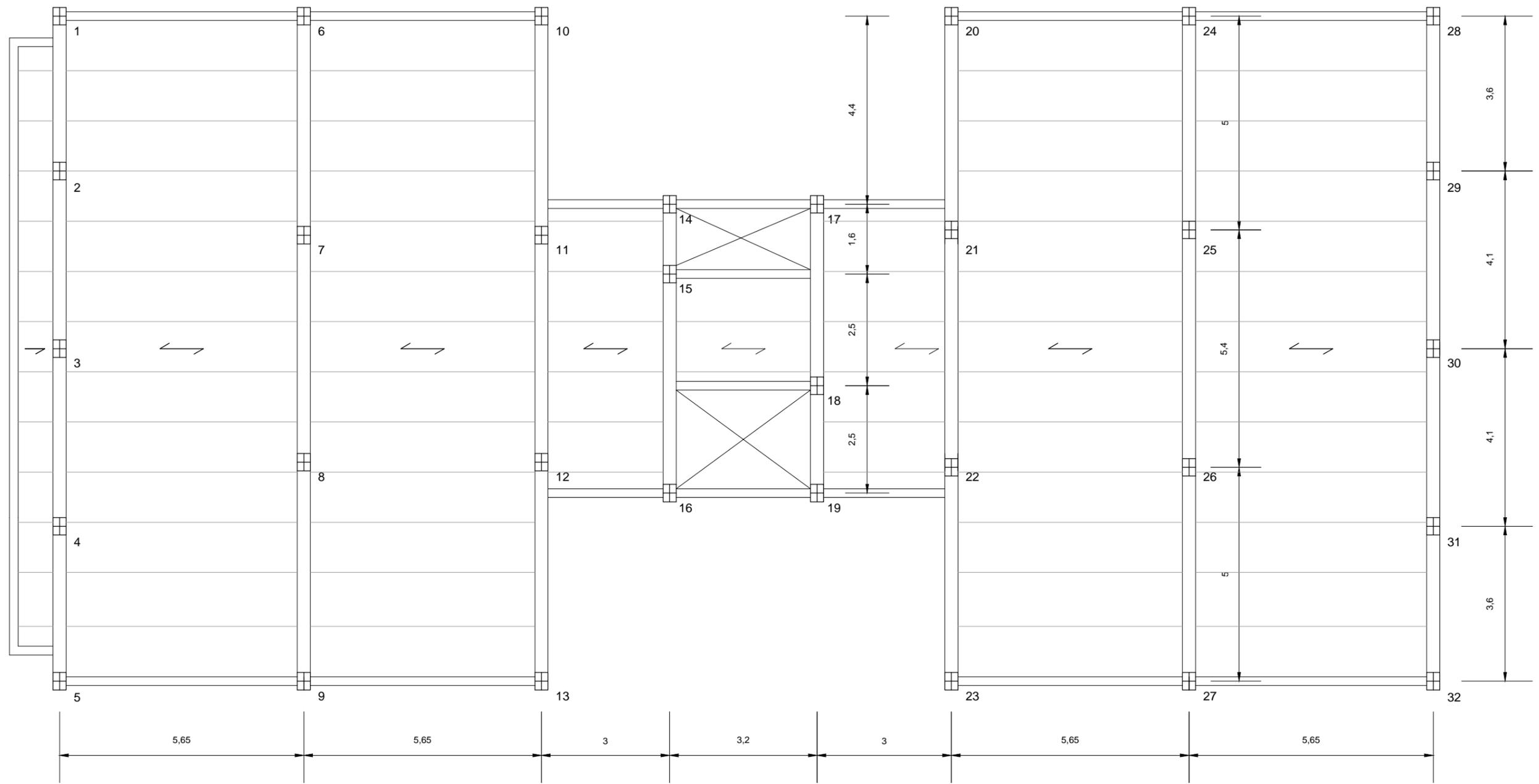
ALZADO PRINCIPAL

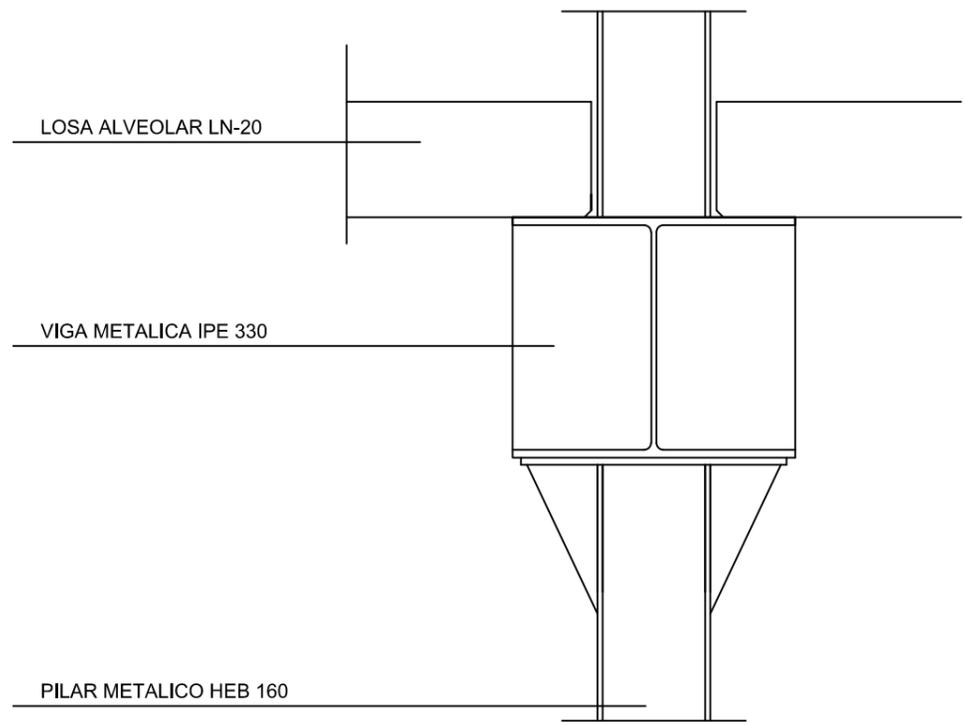




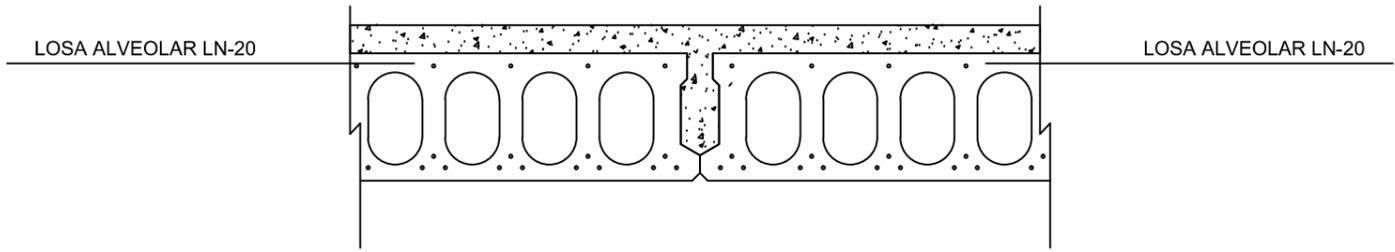








Detalle del encuentro de la viga con la losa alveolar



Sección del encuentro de las losas alveolares