



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# ANEJOS

---

Diseño de un edificio comercial situado en la calle G del sector  
Toll L'Alberca del polígono industrial de Torrent (Valencia).

---

*Presentado por*

Ruano García, Ana Belén

---

*Para la obtención del*

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: Julio 2019*

*Tutor: Ignacio Javier Payá Zaforteza*



## **CONTENIDO**

### **I. Memoria**

### **II. Anejos**

**Anejo N.1. Reportaje fotográfico**

**Anejo N.2. Estudio geotécnico**

**Anejo N.3. Estudio de soluciones**

**Anejo N.4. Cálculo estructural**

**Anejo N.5. Valoración económica**

### **III. Planos**

- 1.1 Plano de situación
- 1.2 Plano de emplazamiento
- 1.3 Planta de arquitectura tipo
- 1.4 Planta de arquitectura Planta Baja
- 1.5 Planta de arquitectura Planta 1
- 1.6 Planta de arquitectura Planta cubierta
- 1.7 Planta de cimentación
- 1.8 Detalle de armado de cimentación
- 1.9 Cuadro de pilares Planta Baja (I)
- 1.10 Cuadro de pilares Planta Baja (II)
- 1.11 Cuadro de pilares Planta 1 (I)
- 1.12 Cuadro de pilares Planta 1 (II)
- 1.13 Estructura techo Planta Baja
- 1.14 Estructura techo Planta 1
- 1.15 Pórticos de vigas 1 y 8. Techo P.B (40x40 cm)
- 1.16 Pórticos de vigas 9 y 16. Techo P.B (40x40 cm)
- 1.17 Pórticos de vigas 10 a 15. Techo P.B (40x45 cm)
- 1.18 Pórticos de vigas 2,3, 6 y 7. Techo P.B (40x40 cm)
- 1.19 Pórticos de vigas 4 y 5. Techo P.B (40x40 cm)
- 1.20 Pórticos de vigas 1 y 2. Techo P.1 (35x35 cm)
- 1.21 Pórticos de vigas 3 y 10. Techo P.1 (35x35 cm)
- 1.22 Pórticos de vigas 4 a 9. Techo P. 1 (35x40 cm)
- 1.23 Escalera protegida 1 (Linde Este)
- 1.24 Escalera protegida 2 (Linde Oeste)
- 1.25 Escalera principal
- 1.26 Escalera acceso a cubierta



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

# N.1. REPORTAJE FOTOGRÁFICO

---

Diseño de un edificio comercial situado en la calle G del sector  
Toll L'Alberca del polígono industrial de Torrent (Valencia).

---

*Presentado por*

Ruano García, Ana Belén

---

*Para la obtención del*

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: Julio 2019*

*Tutor: Ignacio Javier Payá Zaforteza*





# ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN .....	23
2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA PARCELA .....	23
3. MATERIAL FOTOGRÁFICO .....	24
3.1 Lindes .....	24
3.2 Estado de la parcela .....	27





## 1. INTRODUCCIÓN

El objeto del presente documento es el de proporcionar material fotográfico para conocer el estado actual de la parcela, además de aportar la información necesarias

y condicionantes a tener en cuenta en el planteamiento de los diferentes trabajos a desarrollar en este Trabajo de Final de Máster.

Este reportaje fotográfico ha sido elaborado por la alumna Ana Belén Ruano García, tras realizar varias visitas a la parcela a estudiar. En él se muestra la situación y emplazamiento, además de diferentes perspectivas de dicha parcela.

## 2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO DE LA PARCELA

Dicho proyecto se sitúa en la Comunidad Valenciana, concretamente en la ciudad de Torrente. El proyecto se encuentra en el oeste de la ciudad, en el polígono industrial sector Toll L'Alberca, en la manzana 11, calle G.

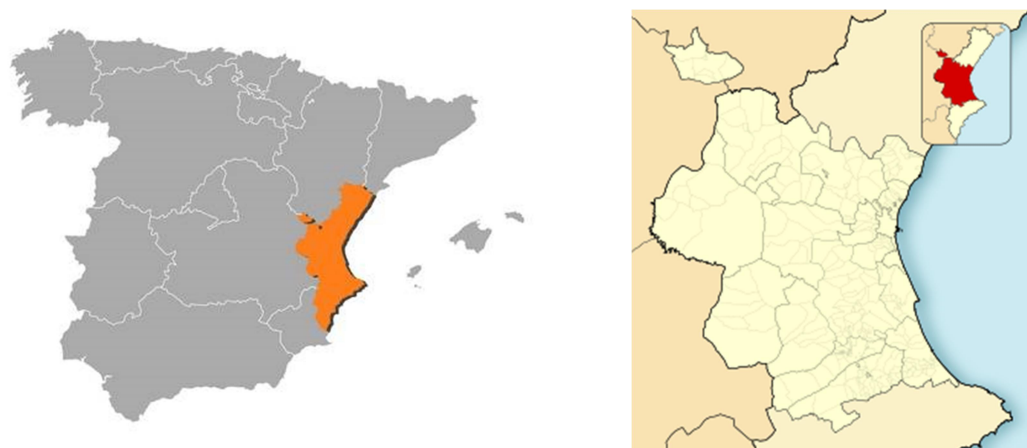


Fig. 1. Mapa de la Comunidad Valenciana y de la provincia de Valencia.



Fig. 2. Emplazamiento proyecto sector Toll L'Alberca, manzana 11.

Diseño de un edificio comercial situado en la calle G del sector Toll L'Alberca del polígono industrial de Torrent (Valencia)





*Fig. 3. Sector Toll L'Alberca, manzana 11, calle G.*

### 3. MATERIAL FOTOGRÁFICO

En este punto se adjunta un reportaje fotográfico de la parcela donde se va a ejecutar nuestro edificio. Estas fotos han sido tomadas desde diferentes perspectivas para que nos hagamos una idea del emplazamiento y de las condiciones en que tenemos que ejecutarlo.

#### 3.1 Lindes

En este apartado se muestran los lindes de la parcela, que como se puede apreciar, no linda con ninguna infraestructura dado que ocupa una manzana entera.

##### ➤ Linde Norte.

Esta foto del linde Norte de la parcela está tomada desde la calle D del polígono industrial Toll L'Alberca. Como se aprecia en la foto, en este lado de la calle no hay ninguna construcción.





*Fig. 4. Linde Norte de la parcela – Calle D.*

➤ Linde Sur.

Esta foto está tomada desde la fachada Sur del futuro edificio, es decir, es la calle I. En ella se puede ver abundante vegetación y un camino de tierra para acceder al polígono.



*Fig. 5. Linde Sur de la parcela - Calle I.*





➤ Linde Este.

La calle que linda con la fachada Este es la calle G. En este caso sí hay una edificación vecina. Para ser más exacto es una nave industrial que actualmente está en alquiler y que de momento está desocupada.



*Fig. 6. Linde Este de la parcela – Calle G.*

➤ Linde Oeste.

La fachada Oeste de nuestro edificio linda con la calle I, en la que en este caso sí hay presencia de edificaciones vecinas, pero que actualmente es una vivienda abandonada.



*Fig. 7. Linde Oeste de la parcela – Calle I.*



### 3.2 Estado de la parcela

A continuación se exponen un par de fotos de la parcela objeto de estudio en donde se valorará el estado de la misma para los futuros trabajos de construcción del edificio



*Fig. 8. Parcela vista desde la calle G.*



*Fig. 9. Restos de residuos/ escombros vistos desde la calle G.*







*Fig. 10. Escombros visto desde la calle D.*



*Fig. 11. Parcela vista desde la calle I.*

Como se ha podido comprobar en las fotos de este reportaje fotográfico, hay que acondicionar la parcela previamente al inicio de las obras dado que hay gran cantidad de residuos y escombros por toda la parcela. Una vez retirado, se procederá a sanear todo el terreno para evitar que el terreno quede contaminado.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## N.2. ANEJO GEOTÉCNICO

---

Diseño de un edificio comercial situado en la calle G del sector  
Toll L'Alberca del polígono industrial de Torrent (Valencia)

---

*Presentado por*

Ruano García, Ana Belén

---

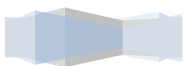
*Para la obtención del*

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: Julio 2019*

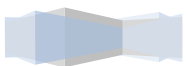
*Tutor: Ignacio Javier Payá Zaforteza*



# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	33
1.1	Antecedentes .....	33
1.2	Objeto y alcance .....	33
2.	DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS GENERALES .....	34
2.1	Localización geográfica y estado actual .....	34
2.2	Situación geológica.....	35
3.	RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS .....	38
3.1	Trabajos de campo .....	38
3.2	Ensayos de laboratorio.....	39
4.	CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES .....	40
4.1	Suelo vegetal .....	40
4.2	Arenas limosas parcialmente cementadas.....	41
5.	AGUA SUBTERRÁNEA .....	41
6.	CONCLUSIONES .....	42





# 1. INTRODUCCIÓN

Este estudio geotécnico ha sido realizado para la construcción de un edificio comercial en la parcela 11, de unos 9.668 m<sup>2</sup>, ubicada en el Sector Toll L'Alberca de Torrente (Valencia). Dicho estudio ha sido realizado por la empresa CyTEM, S.L.

Para tal fin, se han realizado 2 sondeos mecánicos y 2 penetraciones dinámicas en el emplazamiento del futuro edificio, además de un reconocimiento de la parcela y de sus zonas anexas.

A continuación se estudian todos los aspectos y condicionantes geológicos y geotécnicos a tener en cuenta en nuestra parcela.

## 1.1 Antecedentes

La parcela objeto de estudio tiene una superficie aproximada de 9.668 m<sup>2</sup>, y en ella se prevé la construcción de un edificio que ocupará en planta unos 1.764 m<sup>2</sup> (42 x 42 metros) y constará de planta baja y planta primera. La estructura se proyectará de hormigón armado, con luces, cargas y características generales normales para este tipo de construcciones.

Según *el Código Técnico de la Edificación (C.T.E)*, se trata de una edificación tipo C-1, donde el tipo de terreno y su situación implica su pertenencia al grupo T-1 del mencionado documento.

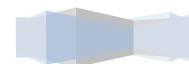
## 1.2 Objeto y alcance

Los objetivos que se deben cumplir son los indicados en el C.T.E.:

- Distribución de unidades geotécnicas.
- Identificación de parámetros geotécnicos de las unidades descritas.
- Aceleración sísmica de cálculo.
- Alternativas de cimentación.
- Conclusiones sobre las recomendaciones constructivas en relación a la cimentación. Recomendaciones cualitativas y cuantitativas.
- Posibilidad de trabajos complementarios.

Se establecerán valores y especificaciones necesarios para el proyecto en lo referente a:

- Cota de cimentación.
- Parámetros geotécnicos para dimensionado de elementos de contención (si fuera necesario).
- Módulos de balasto.
- Asientos totales.
- Procedimientos de excavación adecuados y ripabilidad.
- Situación y variaciones del nivel freático.
- Agresividad de suelos y aguas.



- Cuantificación de problemas que puedan afectar a las excavaciones.
- Otros problemas.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO Y DATOS GENERALES

### 2.1 Localización geográfica y estado actual

La ciudad de Torrent se encuentra situada a unos 10 km al Suroeste de la ciudad de Valencia. El sector en el que se ubica está a 5 km al Suroeste de dicha localidad.

La superficie de la parcela es prácticamente llana, habiéndose encontrado con vegetación herbácea de crecimiento estacional, destinada anteriormente al cultivo.

A continuación se expone un croquis de la parcela junta con la localización exacta de los trabajos de campo.

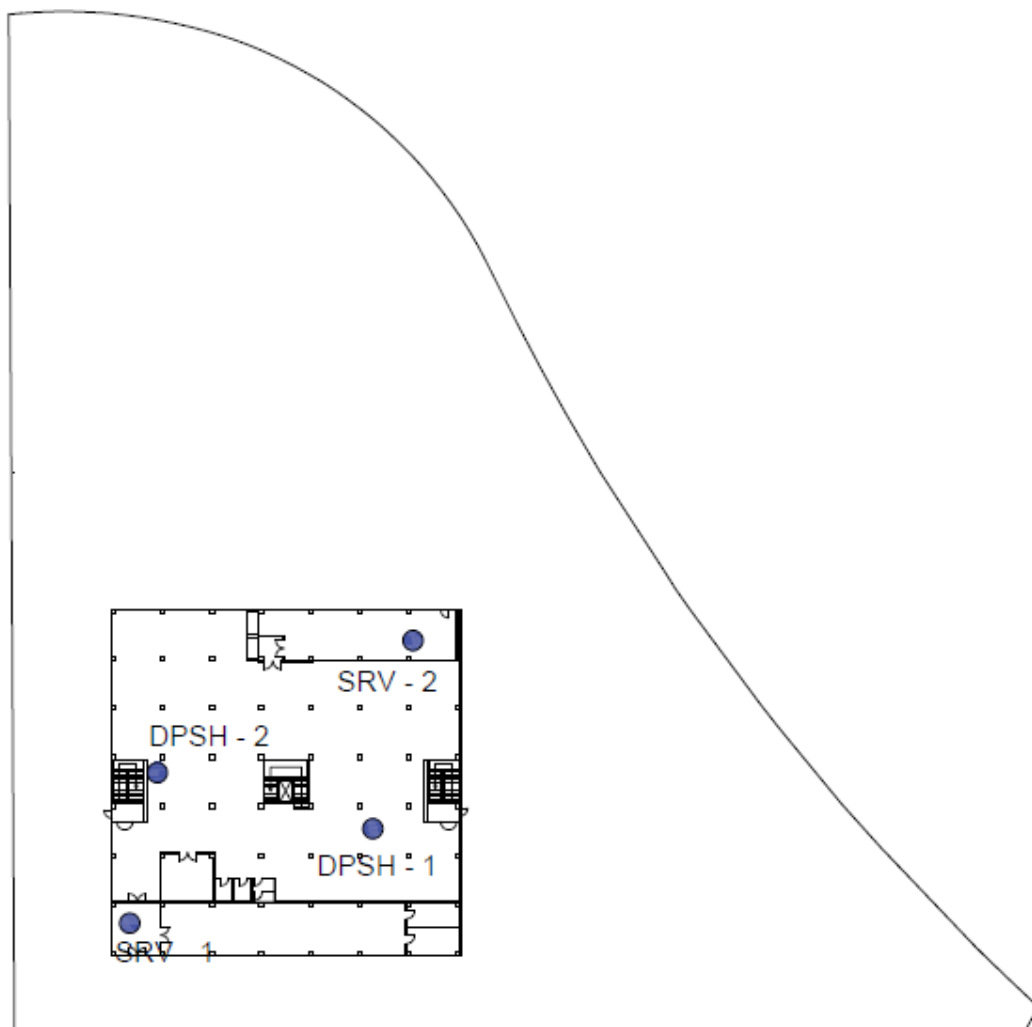
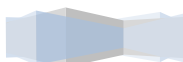


Fig. 1. Emplazamiento del SRV-1, SRV-2, DPSH-1 y DPSH-2.



## 2.2 Situación geológica

La zona sometida a estudio se localiza geológicamente en el segmento Sureste de la Cadena Ibérica, en su terminación morfológica frente al Mediterráneo. Dentro de esta unidad estructural de la Península existe una serie de divisiones tectónicas orientadas en sentido longitudinal y representadas por alineaciones de relieves y depresiones que se corresponden con los rasgos fundamentales tectónicos (anticlinales y sinclinales).

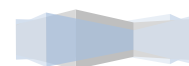
En las depresiones es donde se sitúan los materiales neógenos, que apenas están deformados, y que se corresponden con los sinclinales de la cobertera. Mientras que en los anticlinales se localizan los materiales mesozoicos, formando las sierras de la zona. Los materiales neógenos que rellenan las depresiones en parte se deben a la destrucción de los relieves mesozoicos y en parte son de sedimentación autóctona en un ambiente lagunar dando lugar a calizas y margas de facies continentales.

En estos materiales neógenos se pueden diferenciar dos facies principales: una inferior areno – arcillosa con niveles calcáreos y otra superior uniforme constituida por calizas lacustres. La serie inferior detrítica está constituida principalmente por areniscas limosas, limolitas y arcillas más o menos calcáreas. Localmente pueden aparecer margas cretosas, blancas muy puras. Su color general, a excepción de estos niveles cretosos, es ocre muy claro o rojizo. Se trata en general de sedimentos que oscilan entre areniscas limo – arcillosas y limolitas arenosas. Estas areniscas están por lo general poco consolidadas, casi sueltas, lo que contribuye a que aparezcan frecuentemente cubiertas con formaciones recientes que las enmascaran. Su estratificación suele ser mala, ofreciendo en general un aspecto masivo, en el que se intercalan estos niveles bioclásticos que rompen su homogeneidad, pero que presentan escasa continuidad lateral. La serie superior calcárea está constituida por calizas recrystalizadas, posiblemente micritas y biomicritas recrystalizadas que pasan a esparita, cuya potencia oscila entre 10 y 15 metros.

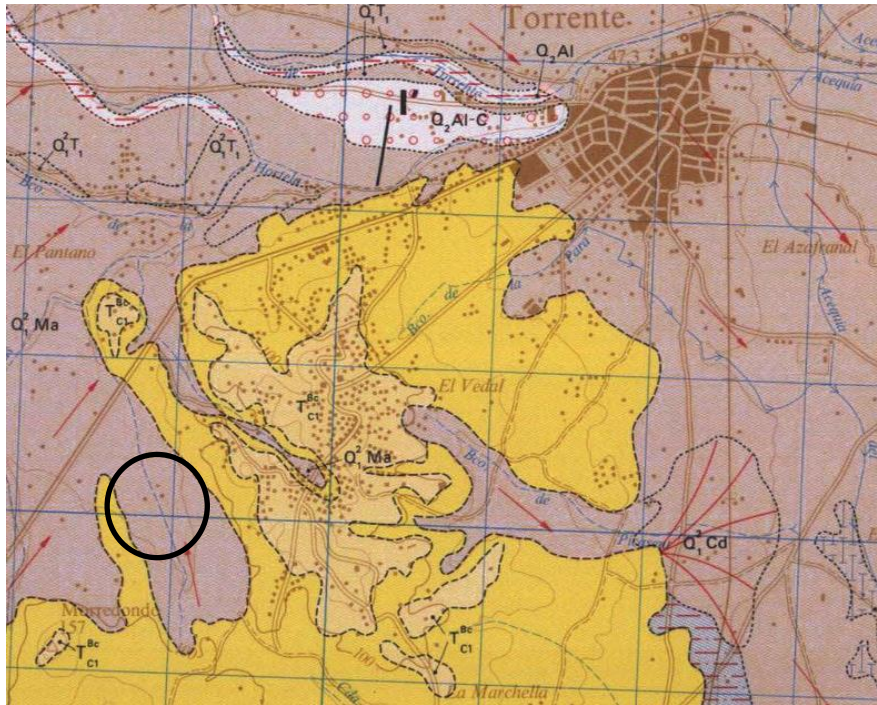
Los materiales cuaternarios se presentan como una dilatada llanura prelitoral, ocupada en su mayor parte por la Albufera. Dentro de estos materiales se distinguen tres tipos: depósitos continentales, mixtos y marinos. Todos estos materiales, tanto los terciarios como cuaternarios, no están afectados por la tectónica.

La localidad de Torrente se encuentra situada en parte sobre materiales neógenos y en parte sobre depósitos continentales de edad cuaternaria; se trata de materiales que forman una orla que rodean los relieves mesozoicos y cenozoicos y que en ocasiones se encuentra en la “bajada” de los glaciares de pie de monte. Están relacionados con mantos de arroyada, cuyo origen parece situarse en una época pluvial, Pleistoceno medio, con mantos de agua leves pero con carga considerable. Litológicamente se trata de arcillas rojas con cantos y nódulos carbonatados.

Con respecto a los sondeos ejecutados, éstos han cortado arenas limosas poco cementadas del Neógeno.







CUATERNARIO					
HOLOCENO					
PLEISTOCENO					
SUPERIOR					
MEDIO					
INFERIOR					
TERCIARIO					
NEOGENO					
MIOCENO					
SUPERIOR					
MEDIO					
CRETACICO					
SUPERIOR					
MAESTRICHT					

CHESTE (721)

Fig. 3. Leyenda mapa geológico de la parcela objeto de estudio, Torrente (Valencia).

### 3. RECONOCIMIENTOS Y ENSAYOS

#### 3.1 Trabajos de campo

Para el reconocimiento del terreno se han realizado 2 sondeos mecánicos con modelo de rotación y recuperación continua de testigo. Para ello se ha empleado un equipo TECOINSA TP-40, montado sobre camión. Se han perforado un total de 16,40 metros lineales que se distribuyen de la siguiente forma:

Sondeo	Rellenos		Arenas limosas poco cementadas		Total
	m.l	%	m.l	%	m.l
1	1.30	16.3	6.70	83.7	8.00
2	0.60	7.2	7.80	92.8	8.40
<b>Total</b>	1.90	11.6	14.50	88.4	16.40

Tabla 1. Distribución de los materiales obtenidos.

Durante los trabajos de perforación, se realizaron 4 ensayos de penetración estándar (S.P.T), según UNE 103800/92, que facilitan la idea de la compacidad del terreno, a la vez que recuperan la muestra con la que identificar el material. La naturaleza de los materiales atravesados no ha permitido obtener muestras inalteradas con *Tomamuestras Normalizado según XP-P94-202*.

Los valores de golpeo de los S.P.T y la profundidad a la que fueron realizados se muestran en la siguiente tabla.

Sondeo	Profundidad (m)	Ensayo	Golpes parciales				Resultado
			N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>15</sub>	N <sub>30</sub>
1	1.2-1.45	SPT	9	50	-	-	Rechazo
	6.00-6.60	SPT	10	11	19	18	30
2	3.00-3.60	SPT	15	19	20	19	39
	7.80-8.40	SPT	12	20	32	38	52

Tabla 2. Distribución de los materiales obtenidos.

Adicionalmente se han realizado 2 Penetraciones Dinámicas Superpesadas (*D.P.S.H – UNE EN ISO 22476-2 2008*) que alcanzaron valores de rechazo a 2,94 m la DPSH – 1 y a 3,02 m la DPSH – 2, estos rechazos prematuros son debido a los tramos más cementados del nivel de arenas limosas parcialmente cementados detectado en los sondeos.

Los valores de golpe N<sub>20</sub> obtenidos en los ensayos de penetración dinámica, ponen de manifiesto la presencia de un nivel de golpes ligeramente más bajos, hasta 0,60 m en la DPSH – 1 y hasta 1,00 m en la DPSH – 2, correspondiéndose con el nivel de suelo vegetal detectado en los sondeos perforados.



Bajo este tramo de golpes bajos, se obtienen valores de golpeo medios-altos hasta obtenerse valores de rechazo a 2,94 m en la DPSH – 1 y a 3,02 en la DPSH – 2. Estos rechazos se producen en los tramos en los que existe un mayor grado de cementación. Este tramo corresponde con las arenas limosas parcialmente cementadas en los sondeos.

### 3.2 Ensayos de laboratorio

Con los testigos y muestras extraídas en los sondeos, se han efectuado en el laboratorio los siguientes ensayos, con el fin de determinar la clasificación y los parámetros y características geotécnicas del terreno:

Unidades	ENSAYOS
2	Análisis granulométrico por tamizado (UNE 103101/95)
2	Determinación de los límites de Atterberg (UNE 103103/94 y 103104/93)
4	Determinación de la humedad natural (UNE 103300/92)
1	Determinación del contenido en sulfatos (Anejo 5 EHE)

Tabla 3. Ensayos de laboratorio.

Las muestras ensayadas, los ensayos realizados y los resultados obtenidos se resumen en la siguiente tabla:

Sondeo	Muestra	Profundidad	G	A	L	CL	L <sub>L</sub>	I <sub>p</sub>	H	SULF
1	SPT	1.2-1.45	-	-	-	-	-	-	7.4	-
	Testigo	1.45-3.00	24	44	32		N.P.		-	-
	SPT	6.00-6.60	-	-	-	-	-	-	7.3	-
2	Testigo	0.60-3.00	22	44	34		20.7	4.3	-	-
	SPT	3.00-3.60	-		-	-	-	-	10.4	490
	SPT	7.80-8.40	-		-	-	-		11.0	-

Tabla 4. Resultados de ensayos de laboratorio, muestras de suelo de los sondeos.

- S.P.T: Ensayo de penetración estándar.
- G: grava (> 2.0 mm)
- A: % Arena (2.00-0.06 mm)
- L: % Limo (0.06-0.002 mm)
- CL: % Arcila (<0.002 mm)
- L<sub>L</sub>: Límite líquido
- I<sub>p</sub>: Índice de plasticidad



- N.P.: No plástico
- H: Humedad natural (%)
- SULF: Contenido en sulfatos (mg/kg)

## 4. CARACTERIZACIÓN GEOTÉCNICA DE LOS MATERIALES

Considerando las características geológicas generales de la zona, expuestas anteriormente, y el análisis de los testigos obtenidos en los sondeos, se han establecido 2 niveles caracterizados geotécnicamente hablando:

Prospección	Nivel		Profundidad (m)	Espesor (m)
<b>Sondeo 1</b>	0	Suelo vegetal	0.00-1.30	1.30
	1	Arenas limosas parcialmente cementadas	1.30-8.00 (fin del sondeo)	6.70
<b>Sondeo 2</b>	0	Suelo vegetal	0.00-0.60	0.6
	1	Arenas limosas parcialmente cementadas	0.60-8.40 (fin del sondeo)	7.8
<b>DPSH 1*</b>	0	Suelo vegetal	0.00-0.60	0.6
	1	Arenas limosas parcialmente cementadas	0.60-2.94 (fin del sondeo)	2.34
<b>DPSH 2*</b>	0	Suelo vegetal	0.00-1.00	1.00
	1	Arenas limosas parcialmente cementadas	1.00-3.03 (fin del sondeo)	2.03

*Nota\*. Estos datos hay que tomarlos con cautela, dado que este ensayo no permite la recuperación de muestra para su identificación.*

*Tabla 5. Distribución de los niveles geológicos establecidos.*

### 4.1 Suelo vegetal

Este nivel se ha detectado en todas las prospecciones realizadas. Está constituido por arenas limosas con raíces de color marrón oscuro. Se trata de los mismos materiales del nivel infrayacente, alterados por la presencia de una cobertera vegetal. Los espesores varían de 0,6 a 1,30 m, ya que la parcela estaba destinada a cultivos.

Estos materiales no son adecuados para el apoyo de la cimentación, por lo que deberán quedar superados por la cimentación seleccionada.





## 4.2 Arenas limosas parcialmente cementadas

Este nivel es de areniscas limosas de la serie inferior del Neógeno, que se encuentran poco cementadas. Se detectan bajo el nivel de suelo vegetal hasta el final de la profundidad reconocida.

Los valores de  $N_{30}$  de los S.P.T realizados en este nivel, varían de 30 a rechazo, indicando una compacidad de “media” a “muy densa”, según Crespo Villalaz, 1990 y el C.T.E., 2006, en función del grado de cementación que presenten. Para los cálculos, se ha empleado la media de los  $N_{30}$  menores de 40 ( $N_{30} = 34$ ), lo cual deja los cálculos del lado de la seguridad.

Los parámetros geotécnicos calculados y estimados para este nivel y que podrán ser empleados en el cálculo de la estructura se muestran en la siguiente tabla:

Parámetro	Resultado	Parámetro	Resultado
Grava (2.0-60.0 mm) [% peso] <sup>(1)</sup>	22-24	Peso específico sumergido [g/cm <sup>3</sup> ]	1.16
Arena (0.06-2.0 mm) [% peso]	44	Porosidad [%]	31.5
Limo (0.002-0.06 mm) [% peso]	32-34	Índice de poros	0.459
Arcilla (<0.002 mm) [% peso]		Humedad [%]	9.0
Límite líquido	No plástico-20.7	Grado de saturación [%]	52.89
Índice de plasticidad	No plástico-4.3	Valor medio $N_{30}$ S.P.T.	34
Clasificación USCS	SM/SC	Compacidad <sup>(2)</sup>	Media-muy densa
Clasificación AASTHO	A-2-4	Ángulo de resistencia interna [°]	30.0-35.0
Peso específico de partículas [g/cm <sup>3</sup> ]	2.700	Cohesión [kg/cm <sup>2</sup> ]	0.0-0.4
Peso específico seco [g/cm <sup>3</sup> ]	1.85	Módulo de deformación <sup>(3)</sup> [kg/cm <sup>2</sup> ]	1.60H-3.20H
Peso específico aparente [g/cm <sup>3</sup> ]	2.02	Coeficiente de balasto <sup>(4)</sup> [kg/cm <sup>3</sup> ]	dic-24
Peso específico saturado [g/cm <sup>3</sup> ]	2.16	Contenido de sulfatos [mg/kg]	<2000

Nota <sup>(1)</sup>: La mayor parte de la fracción grava corresponde realmente a fragmentos cementados.

Nota <sup>(2)</sup>: Según Crespo Villalaz, 1990 y C.T.E., 2006.

Nota <sup>(3)</sup>: Siendo H la profundidad considerada en cm. Valor mínimo de cálculo 160 kg/cm<sup>2</sup>.

Nota <sup>(4)</sup>: Para placas de 1 pie<sup>2</sup>.

Tabla 6. Nivel 1. Parámetros geotécnicos calculados y estimados.

## 5. AGUA SUBTERRÁNEA

Durante la realización de los trabajos de campo, no ha sido detectada la presencia de agua subterránea.

Dada la localización geográfica de la zona de estudio, tampoco es previsible su aparición por causas naturales de forma continuada en el tiempo, por lo que no supone ningún riesgo para la inestabilidad de la obra.



## 6. CONCLUSIONES

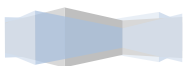
Con los trabajos realizados en la parcela estudiada, se han detectado 2 niveles con significado geotécnico, el *Nivel 0 de Suelo vegetal*, y el *Nivel I de Arenas limosas parcialmente cementadas*.

En los materiales que constituyen el plano de apoyos (Nivel I), serán posibles cimentaciones superficiales aisladas y/o corridas.

Durante la realización de los trabajos de campo no se ha detectado la presencia de agua subterránea, por lo que no cabe esperar afecciones por esta causa.

Las excavaciones necesarias para el empotramiento de la cimentación se podrán realizar con maquinaria habitual (excavadoras y retroexcavadoras potentes), puntualmente, para las capas más cementadas, se precisará el empleo de medios más energéticos (martillo de aire comprimido). Son posibles problemas de inestabilidad en el cajeado de la cimentación, aunque dada su escasa envergadura serán poco significativos.

No resulta preceptivo el empleo de cementos sulforresistentes (SR) en los hormigones que pudieran entrar en contacto con el suelo ya que en los análisis no se detectan cantidades significativas de sulfatos solubles en agua.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## N.3. ESTUDIO DE SOLUCIONES

---

Diseño de un edificio comercial situado en la calle G del sector  
Toll L'Alberca del polígono industrial de Torrent (Valencia).

---

*Presentado por*

Ruano García, Ana Belén

---

*Para la obtención del*

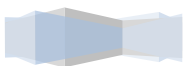
Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: Julio 2019*

*Tutor: Ignacio Javier Payá Zaforteza*

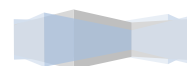




# ÍNDICE

1.	INTRODUCCIÓN .....	47
2.	CONDICIONANTES PREVIOS A CUMPLIR Y DATOS DE PARTIDA .....	47
3.	ESTUDIO DE SOLUCIONES .....	48
3.1	Forjado de losa maciza .....	49
3.1.1	Información previa .....	49
3.1.2	Esfuerzos .....	49
3.1.3	Cuantías .....	51
3.1.4	Presupuesto ejecución material .....	51
3.2	Forjado reticular .....	52
3.2.1	Información previa .....	52
3.2.2	Esfuerzos .....	53
3.2.3	Cuantías .....	56
3.2.4	Presupuesto ejecución material .....	56
3.3	Forjado de placas alveolares .....	57
3.3.1	Información previa .....	57
3.3.2	Esfuerzos .....	58
3.3.3	Cuantías .....	59
3.3.4	Presupuesto ejecución material .....	60
4.	COMPARATIVA DE RESULTADOS .....	60
4.1	Comparativa de costes .....	60
4.2	Comparativa de esfuerzos .....	61
5.	ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA .....	61
6.	CONCLUSIONES .....	62





## 1. INTRODUCCIÓN

El estudio de soluciones se centra en el análisis y valoración de diversos tipos de forjados de edificación, competitivos actualmente en el mercado y con diversas posibilidades de aplicación. Entre ellos analizaremos forjados de losa maciza, forjado reticular y de placas alveolares, destacando sus características más relevantes, comportamiento estructural, aplicaciones óptimas, costes y ventajas.

Este estudio de soluciones analizará el forjado de planta baja, es decir, el techo de planta baja, particularizando sobre una porción del forjado, para detallar posteriormente los esfuerzos actuantes, cuantías de acero y volumen de hormigón empleado.

El objetivo final de este estudio de soluciones será de identificar, analizar y evaluar los aspectos más relevantes de cada uno de los forjados a estudiar para poder llegar a una solución de forjado óptima a utilizar, dependiendo de las luces, que en este caso es de 6 metros en las dos direcciones, el uso al que va ser destinado, las cargas que va a soportar, su respuesta estructural o simplemente el presupuesto con el que contamos entre otros factores.

Para ello, se recurre al programa informático *Cype Ingenieros*, con el que se efectuará el modelado de las distintas opciones, comprobaciones y operaciones pertinentes para la extracción de los datos que interesen para la elección de la solución óptima.

## 2. CONDICIONANTES PREVIOS A CUMPLIR Y DATOS DE PARTIDA

El edificio, objeto de estudio, se localizará en el polígono industrial Toll L'Alberca de Torrent, más concretamente en la calle G, al oeste del municipio. El solar no linda con ninguna parcela, y será el único edificio en su manzana.

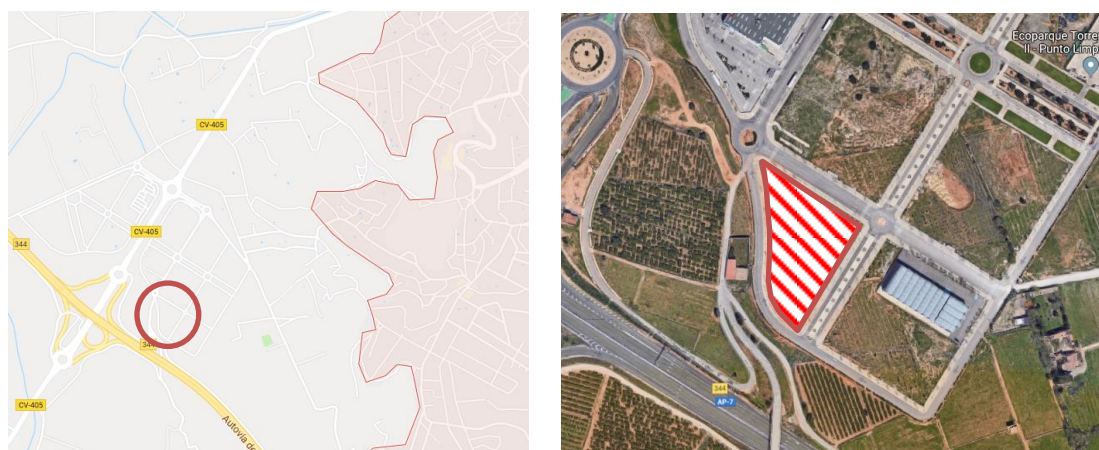
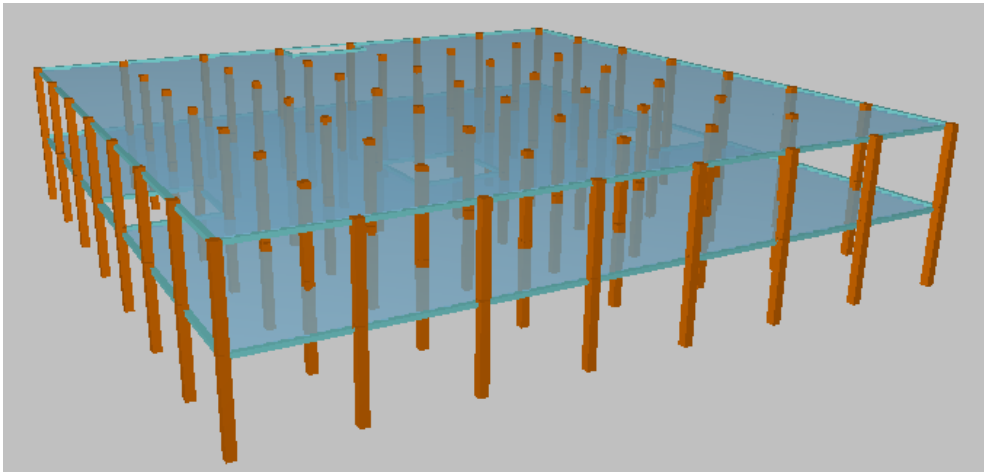


Fig. 1. Emplazamiento y situación de la parcela del edificio.

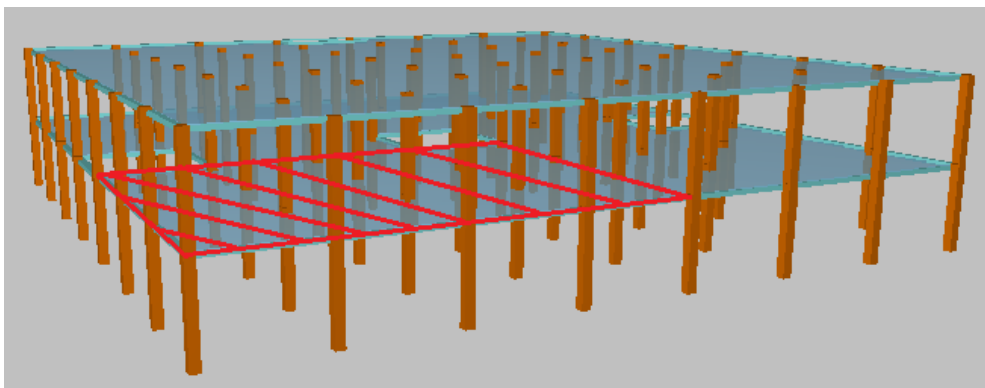
### 3. ESTUDIO DE SOLUCIONES

En este apartado se van a describir las diferentes soluciones de forjados, analizando una porción del mismo. Los forjados a estudiar serán: losa maciza, reticular y placa alveolar.

Estructuralmente hablando, se va a analizar una superficie de 24x18 m<sup>2</sup> de planta primera, y será el tramo que aparece marcado en rojo. Se opta por este tramo dado que la estructura es simétrica en las dos direcciones, y así podremos conocer los esfuerzos tanto en las esquinas como en el centro del edificio.



*Fig. 2. Forjado tipo a analizar (Cype Ingenieros)*



*Fig. 3. Porción de forjado a analizar (Cype Ingenieros)*

Posteriormente se analizarán sus esfuerzos, cuantías y volumen de hormigón, así como los plazos y facilidad en la ejecución y costes de montaje y construcción.

En todas las soluciones se decide ejecutar una solera de hormigón armado independiente con la estructura, tipo caviti.



## 3.1 Forjado de losa maciza

### 3.1.1 Información previa

A continuación se detallan ventajas e inconvenientes del forjado de losa maciza, en relación al edificio que se pretende analizar:

- Gran simplicidad de construcción.
- Poseen un peso propio muy elevado. Consecuentemente, los pilares han de ser de mayores dimensiones, al igual que la cimentación.
- En cuanto al aspecto estructural de la misma, la capacidad mecánica y resistente la asume todo el conjunto y no una parte, adquiriendo la responsabilidad de enfrentarse a los esfuerzos de flexión, torsión y cortante que se desarrollan dentro del esquema estructural.

### 3.1.2 Esfuerzos

Para conocer si verdaderamente este tipo de forjado sería una solución óptima, se ha modelizado el mismo en el programa informático *Cype Ingenieros*.

El tipo de losa maciza que se ha propuesto ha sido de canto 25 cm, ejecutada sobre pilares de 40 x 40 centímetros.

A continuación se muestran las leyes de cortantes y momentos flectores de la porción de forjado tipo analizado para la combinación de acciones persistente o transitoria:

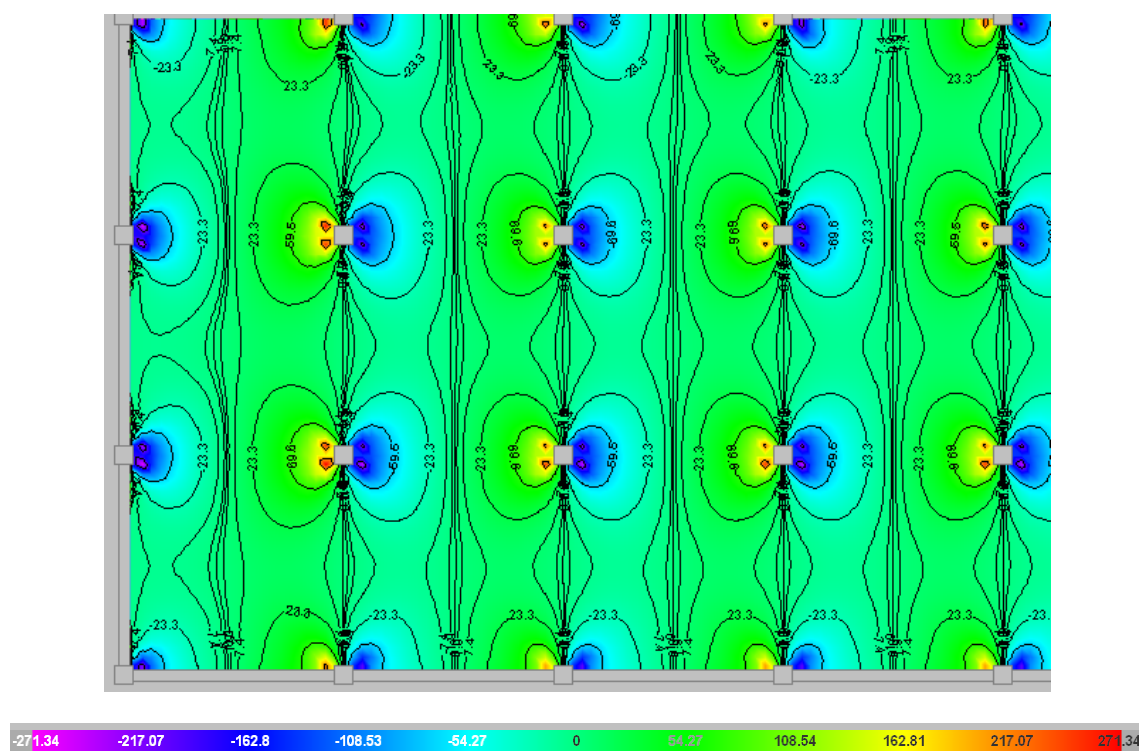


Fig. 4. Ley de cortantes en X, según Cype Ingenieros (Unidades en kN).

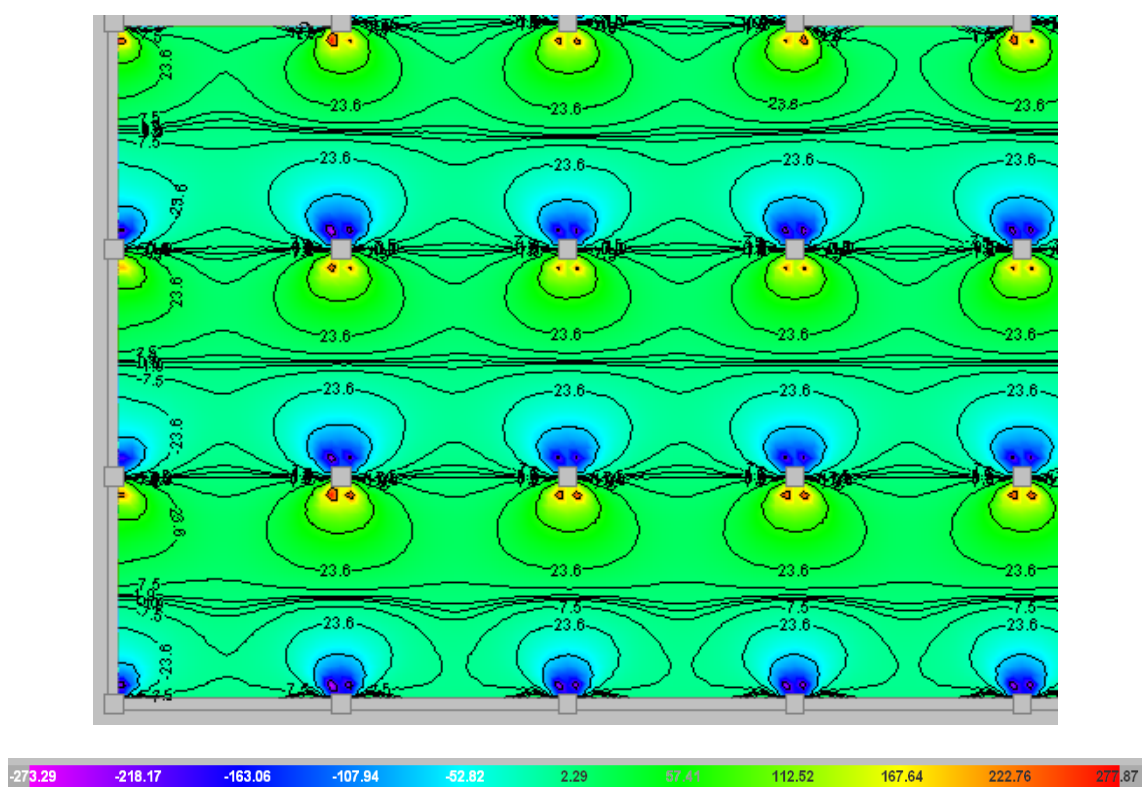


Fig. 5. Ley de cortantes en Y, según Cype Ingenieros (Unidades en kN).

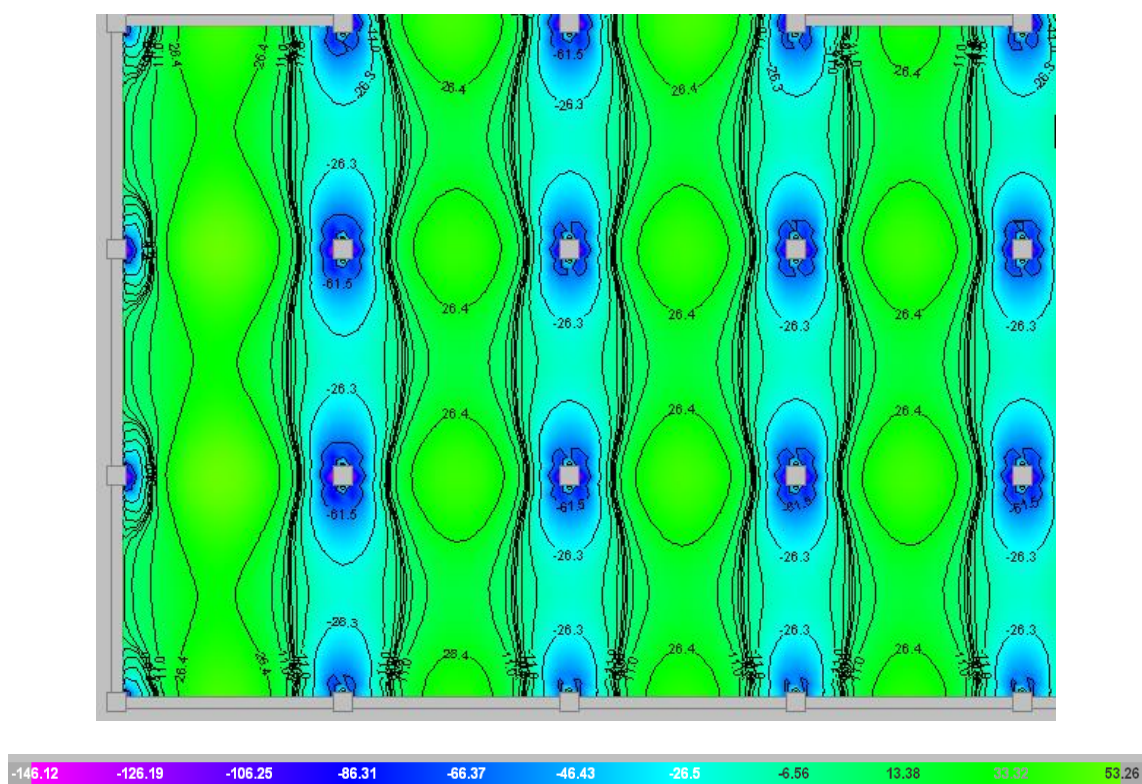


Fig. 6. Ley de momentos flectores en X, según Cype Ingenieros (Unidades en kNm/m).



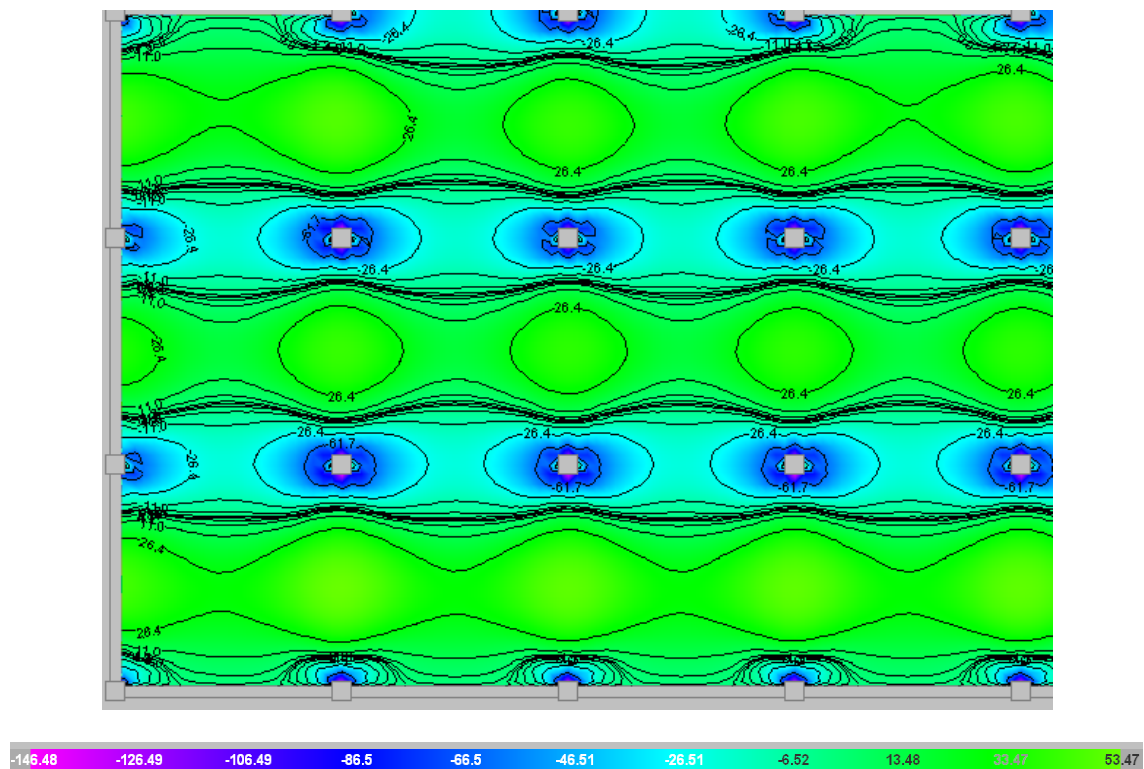


Fig. 7. Ley de momentos flectores en Y, según Cype Ingenieros (Unidades en kNm/m).

### 3.1.3 Cuantías

En esta tabla se aprecia las cuantías de obra referente al forjado de planta primera estudiado:

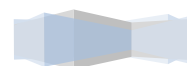
#### Superficie forjado P1: 1697.35 m<sup>2</sup>

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados	1617.00	404.25	31944
Vigas	64.35	18.12	1582
Encofrado lateral	55.00		
Pilares (Sup. Encofrado)	582.40	72.96	5557
Total	2318.75	495.33	39083
Índices (por m <sup>2</sup> )	1.366	0.292	23.03

Tabla 1. Cuantías de obra según forjado de losa maciza, P1.

### 3.1.4 Presupuesto ejecución material

El factor económico es importante a la hora de decantarse por una opción y otra, pero nunca decisivo. De ahí que se haya empleado el programa de *Mediciones y presupuestos de Cype*





*Ingenieros* para conocer un orden de magnitud tanto de las mediciones como del coste del forjado de planta primera estudiado.

Teniendo en cuenta los materiales empleados y la mano de obra necesaria para su ejecución, el importe de ejecución material asciende a 146.128,29 €, lo que equivale a 90,37 €/m<sup>2</sup> de forjado.

	Medición	Precio (€)	Importe (€)
m <sup>2</sup> Formación de losa maciza de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 4 y 5 m, canto 25 cm, realizada con hormigón HA-25/B/20/I fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE-EN 10080 B 500 S, con una cuantía aproximada de 18 kg/m <sup>2</sup> ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado continuo con puntales, sopandas metálicas y superficie encofrante de madera tratada reforzada con varillas y perfiles. Incluso p/p de nervios y zunchos perimetrales de planta y huecos, y curado del hormigón. Sin incluir repercusión de pilares.	1.617,00	90,37	146.128,29
<b>Total forjado de losa maciza en P.1</b>			<b>146.128,29</b>

*Tabla 2. Precio de ejecución material del forjado de losa maciza de P.1 (Mediciones y presupuestos Cype Ingenieros).*

## 3.2 Forjado reticular

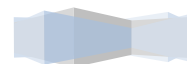
### 3.2.1 Información previa

Este tipo de forjado pertenece a la familia de los forjados bidireccionales, no homogéneos, aligerados y armados en las dos direcciones ortogonales, configurando una placa nervada a base de nervios.

Dicho forjado presenta algunas ventajas respecto el sistema estudiado en el apartado anterior. Constituyen una solución mucho más ligera que la losa maciza, y además son ligeramente más baratos, debido a que se consume menos material y energía.

Este sistema cuenta con las siguientes ventajas:

- Es apto para luces amplias. A priori no va a haber problema dado que en nuestro edificio las luces entre pilares son de 6 metros.
- Tienen un sistema de transmisión de esfuerzos bidireccional, con lo que el reparto de los mismos es más uniforme.
- La relación entre resistencia y ligereza es óptima.
- Geométricamente hablando, es un sistema flexible que permite cierta variabilidad en la ubicación de soportes.
- El coste de este sistema es menor que la losa maciza.



- Buen comportamiento frente al riesgo de incendio. Tanto por su función separadora (al ser un elemento continuo de espesor constante) como por su capacidad portante (son estructuras con un alto grado de hiperestatismo que admiten un considerable nivel de redistribución de esfuerzos).
- Además, este sistema permite suprimir las vigas, macizando únicamente las zonas próximas a pilares (ábacos).

En esta tipología de forjado reticular, se ha optado por prescindir de bloques de aligeramiento en pilares y alrededor, formando una placa maciza y desapareciendo los nervios como tales. Es decir, se han definido ábacos, embebidos en el canto del forjado, con objeto de evitar problemas de punzonamiento.

Dentro de los forjados reticulares, existen a su vez dos tipologías diferenciadas.

- Forjados reticulares de casetones recuperables.
- Forjados reticulares de casetones perdidos.

Para el caso, se han dimensionado de casetones perdidos para evitar colocar un revestimiento para albergar las instalaciones del edificio.

### 3.2.2 Esfuerzos

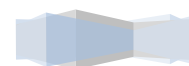
El aspecto más relevante de esta solución constructiva es la transmisión de cargas. Estos forjados flectan y se deforman en dos direcciones, transmitiendo las cargas directamente sobre los pilares mediante ábacos aislados y macizados en la parte superior de dichos pilares.

Esta solución se ha planteado ejecutarla in situ, a excepción de los casetones perdidos de poliestireno. Se ha elegido este material debido a su ligereza en comparación con el hormigón. Dichas piezas tienen unas dimensiones de 20 x 60 x 30 centímetros, lo que proporciona una retícula compuesta por tres casetones.

Sobre los casetones se dispone una capa de compresión de 5 centímetros, dotando al forjado de un canto total de 25 centímetros. Los nervios tienen 12 centímetros de ancho, por ello el intereje del forjado es de 72 centímetros.

La *EHE – 08* recomienda un canto de forjado de 15 cm; pero otros autores como *Florentino Regalado* optan por 20 cm. Por tanto se ha decidido un canto de 20 + 5 cm, estando del lado de la seguridad.

En cuanto a la capa de compresión, según *la EHE – 08 (art. 55.2)*, ésta debe tener más de 5 centímetros de espesor.



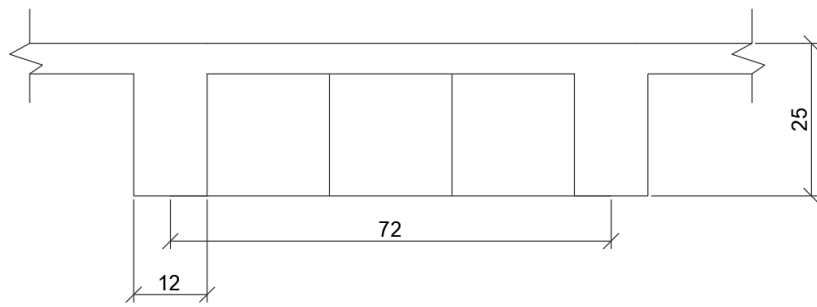


Fig. 8. Sección tipo del forjado reticular dispuesto. Cotas en centímetros.

A continuación se muestran los esfuerzos del forjado estudiado:

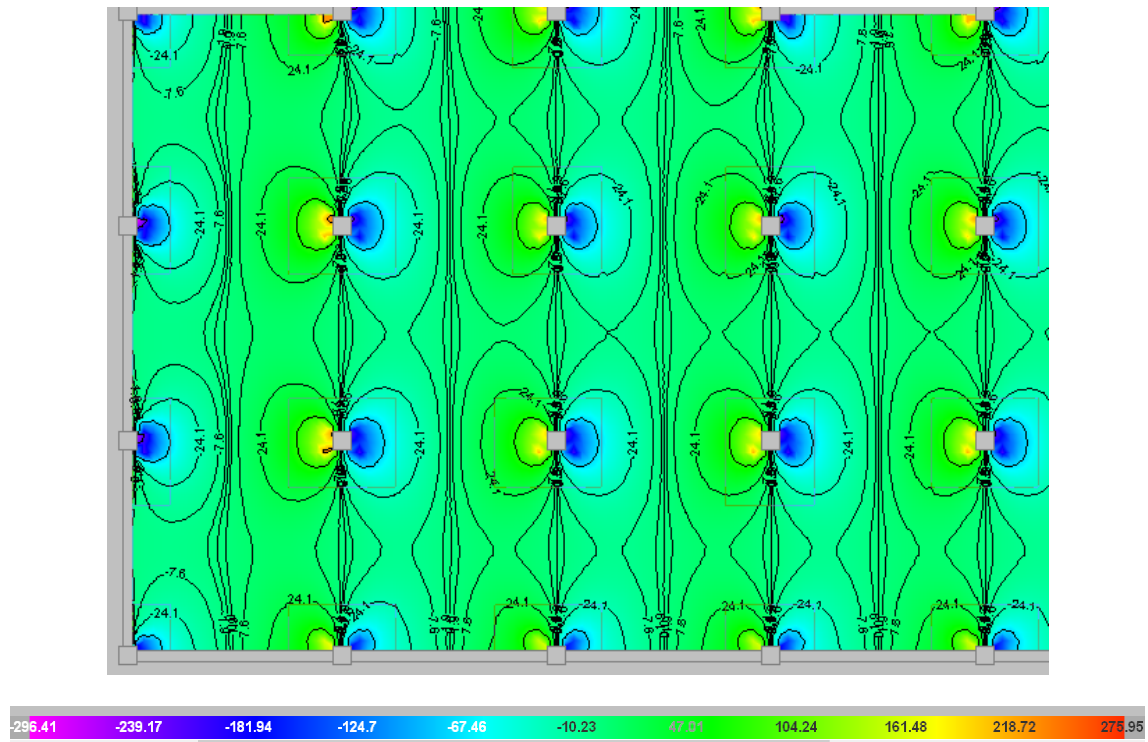


Fig. 9. Ley de cortantes en X, según Cype Ingenieros (Unidades en kN).



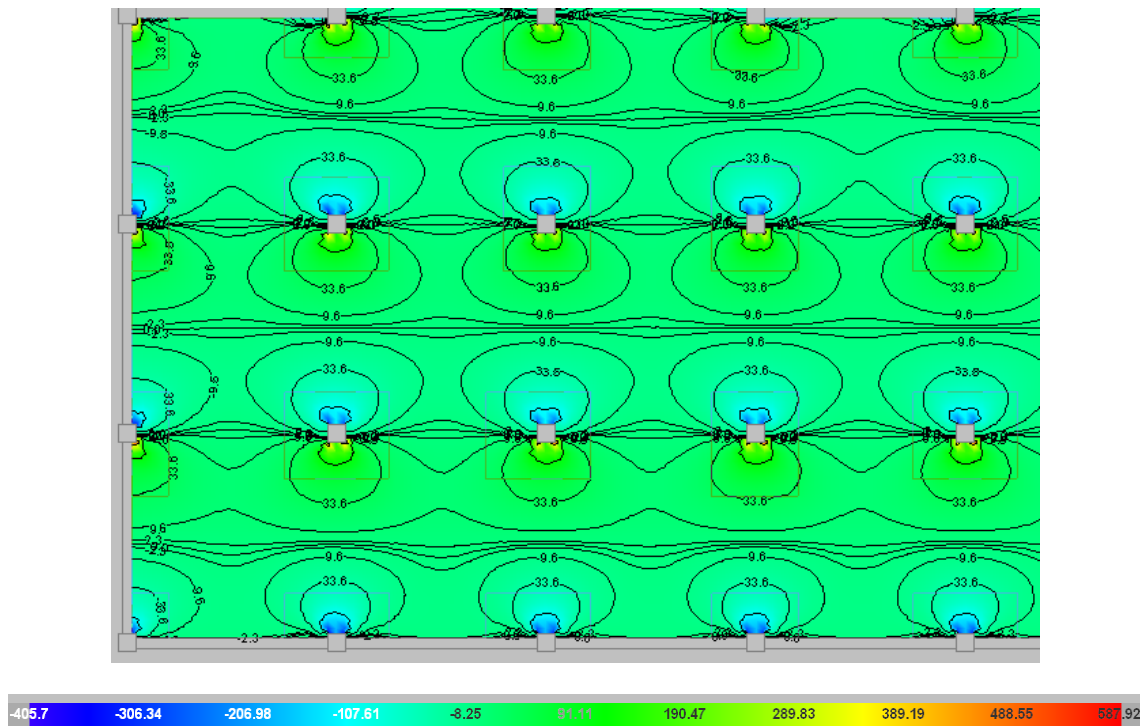


Fig. 10. Ley de cortantes en Y, según Cype Ingenieros (Unidades en kN).

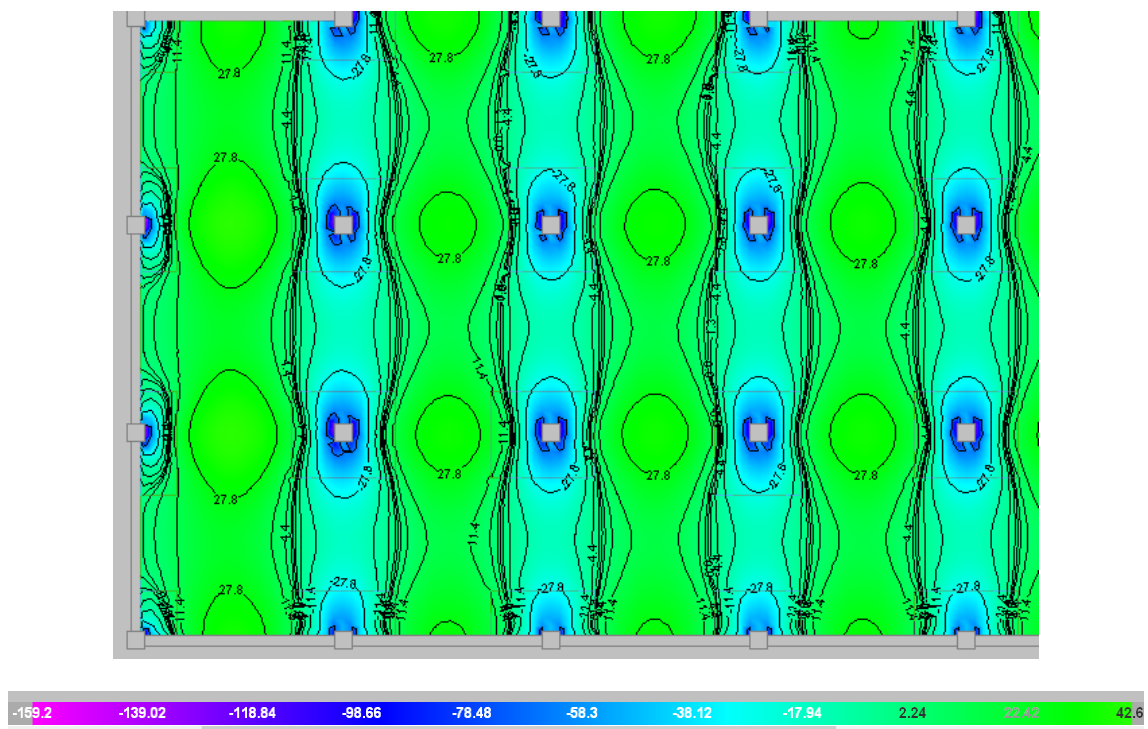


Fig. 11. Ley de momentos flectores en X, según Cype Ingenieros (Unidades en kNm/m).



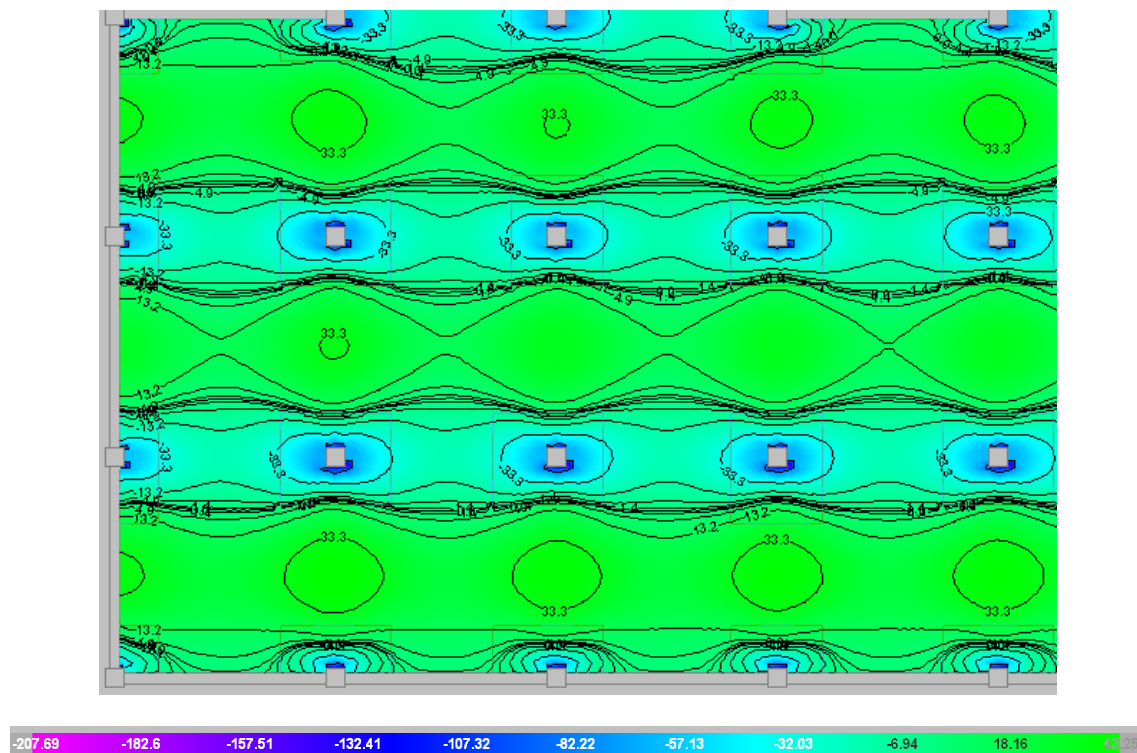


Fig. 12. Ley de momentos flectores en Y, según Cype Ingenieros (Unidades en kNm/m).

### 3.2.3 Cuantías

#### Superficie forjado P1: 1697,35 m<sup>2</sup>

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados	1617.00	256.16	19987
*Arm. base ábacos			2019
Vigas	64.35	18.12	1760
Encofrado lateral	55.00		
Pilares (Sup. Encofrado)	582.40	72.96	5557
Total	2318.75	347.24	29323
Índices (por m <sup>2</sup> )	1.366	0.205	17.28

Nº de bloques de reticular = 7522 Uds.

Tabla 3. Cuantías de obra según forjado reticular, P1.

### 3.2.4 Presupuesto ejecución material

Para conocer el factor económico a la hora de ejecutar esta tipología de forjado, se emplea de nuevo el programa *Mediciones y presupuestos de Cype Ingenieros*.

Teniendo en cuenta los materiales empleados y la mano de obra necesaria, el presupuesto de ejecución material asciende a 118.914,18 €, que equivale 73,54 €/m<sup>2</sup> de forjado.



	Medición	Precio (€)	Importe (€)
m <sup>2</sup> Formación de forjado reticular de hormigón armado, horizontal, con altura libre de planta de entre 4 y 5 m, canto total 25 cm, realizado con hormigón HA-25/B/20/I fabricado en central y vertido con cubilote, volumen 0,163 m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> , y acero UNE-EN 10080 B 500 S, para elaboración de la ferralla (corte, doblado y conformado de elementos) en taller industrial y montaje en zona de ábacos, nervios, vigas y zunchos, cuantía 10,6 kg/m <sup>2</sup> ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado continuo con puntales, sopandas metálicas y superficie encofrante de madera tratada reforzada con varillas y perfiles; nervios de hormigón "in situ" de 12 cm de espesor, intereje 72 cm; casetón de poliestireno expandido DALIFORMA Sistema BASENET: Nervio:12/ canto:25/ Intereje:72, incluso p/p de piezas especiales; capa de compresión de 5 cm de espesor, con armadura de reparto formada por malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080.	1617	73,54	118.914,18
<b>Total forjado reticular en P.1</b>			<b>118.914,18</b>

Tabla 4. Precio de ejecución material de forjado de losa maciza de P.1 (Mediciones y presupuestos Cype Ingenieros).

### 3.3 Forjado de placas alveolares

#### 3.3.1 Información previa

Finalmente se estudia el forjado de losas alveolares, constituido por los siguientes elementos constructivos:

- Losas alveolares prefabricadas de hormigón pretensado.
- Armadura y mallazo colocado en obra.
- Hormigón vertido en obra para relleno de juntas laterales y formación de losa superior, es decir, capa de compresión.

A continuación se enumeran algunas ventajas de esta tipología de forjado:

- Simplicidad de transporte, acopio y ejecución. Esto se traduce en la no necesidad de apilar los forjados y por tanto mayor rapidez de ejecución y seguridad. Para tener algún dato de lo comentado, se estima un rendimiento óptimo de 500 m<sup>2</sup>/día con tres operarios.
- Estructura segura como consecuencia de su carácter autoportante.
- Se puede prescindir de los macizados junto a los apoyos.



- A igualdad de luz entre pilares, esta tipología reduce el canto en comparación con los sistemas estudiados en apartados anteriores.

### 3.3.2 Esfuerzos

Estos sistemas estructurales son desde el punto de vista resistente, unidireccionales, es decir, se caracterizan por resistir a flexión en una sola dirección. Pero para permitir la transmisión de las cargas transversales, es necesario solidarizar todas las placas del forjado, y eso se consigue vertiendo hormigón in situ entre los chaflanes de ambas placas que actúe como junta.

Cuando existen acciones laterales y/o cargas concentradas importantes, será necesario el vertido de una capa de compresión de 4 centímetros como mínimo. En este caso dado que la zona donde se ubicará el futuro edificio es propensa a los fuertes vientos, se decide modelizar mediante el programa de cálculo *Cype Ingenieros* una capa de compresión de 5 centímetros.

En los gráficos siguientes se pueden ver tanto la ley de momentos flectores como cortantes para dos secciones tipo del paño estudiado:

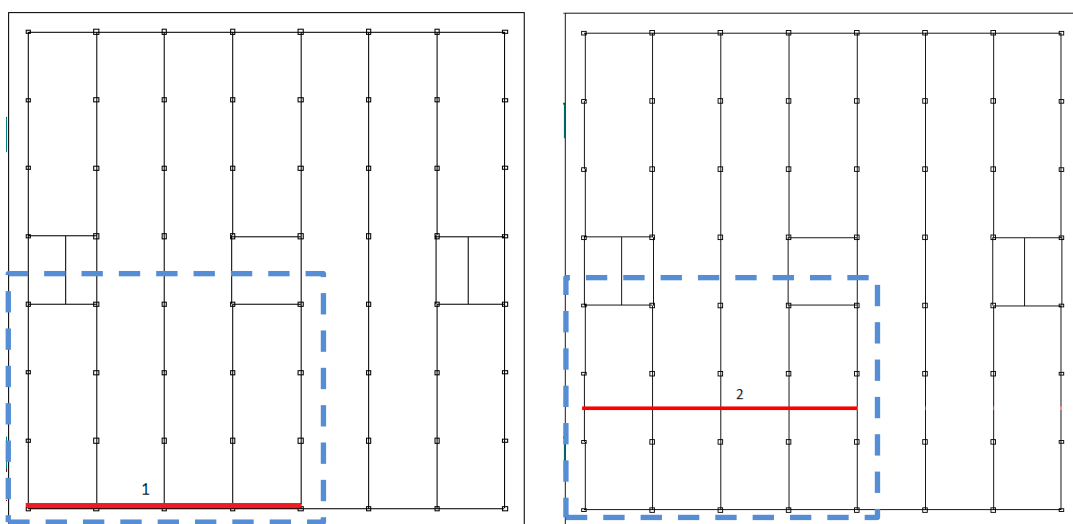


Fig. 13. Secciones del forjado a analizar (Cype Ingenieros).

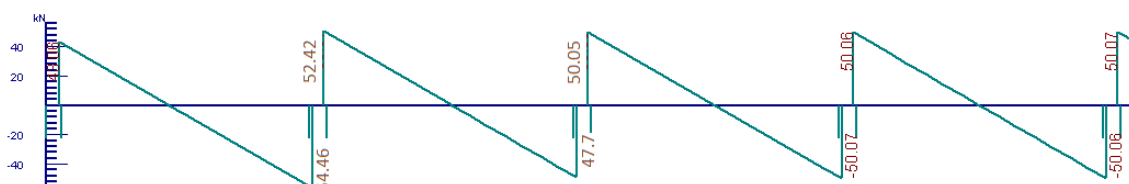


Gráfico. 1. Ley de cortantes, según Cype Ingenieros, sección 1 (Unidades en kN).



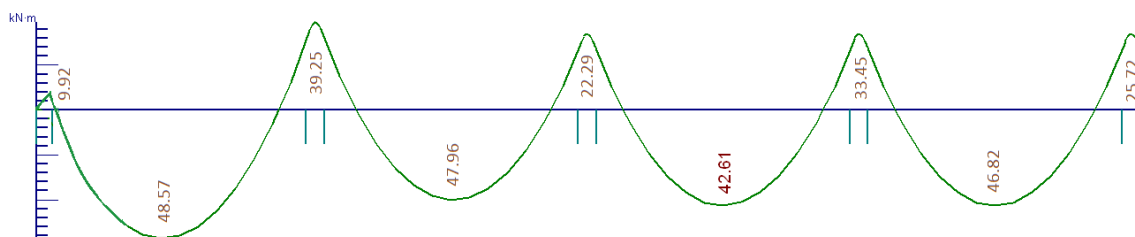


Gráfico. 2. Ley de momentos flectores, según Cype Ingenieros, sección 1 (Unidades en kNm/m).

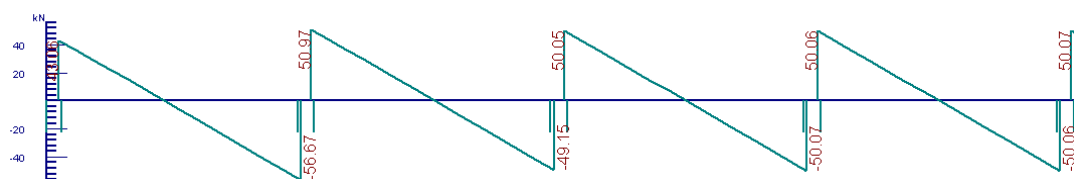


Gráfico. 3 Ley de cortantes, según Cype Ingenieros, sección 2 (Unidades en kN).

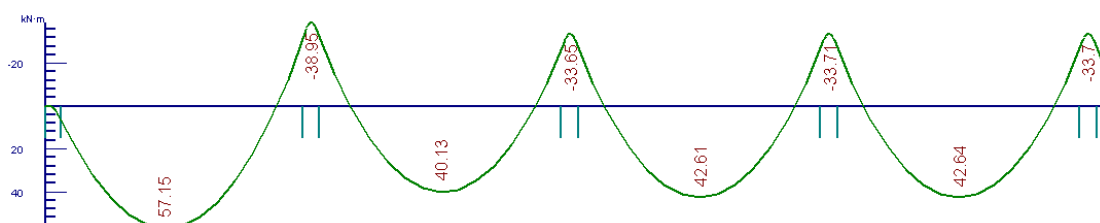


Gráfico. 4. Ley de momentos flectores, según Cype Ingenieros, sección 2 (Unidades en kNm/m).

### 3.3.3 Cuantías

**Superficie total: 1693 m<sup>2</sup>**

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Barras (kg)
Forjados	1526.23	76.31	3485
Vigas	157.62	68.68	9038
Encofrado lateral	340.52		
Pilares (Sup. Encofrado)	409.60	39.68	4796
Total	2433.97	184.67	17319
Índices (por m <sup>2</sup> )	1.437	0.109	10.23

Tabla 5. Cuantías de obra según forjado de placas alveolares, P1.





### 3.3.4 Presupuesto ejecución material

Apoyándonos del programa *Mediciones y presupuestos de Cype Ingenieros*, el forjado alveolar estudiado tendrá un importe de 120.266,92 €, incluyendo los materiales y la mano de obra para su construcción y montaje.

Por tanto el metro cuadrado de forjado alveolar estimado será de 78,8 €/m<sup>2</sup>.

	Medición	Precio (€)	Importe (€)
m <sup>2</sup> Suministro y colocación de placas alveolares 'HORVITEN: 20+ 5/120 AEH-500, referencia P20*120-1' "HORVITEN VALENCIA S.A." de 25 cm de canto y 120 cm de anchura, para formación de losa de canto 20 + 5 cm; malla electrosoldada ME 20x20 Ø 5-5 B 500 S 6x2,20 UNE-EN 10080, en capa de compresión; acero UNE-EN 10080 B 500 S, en zona de negativos, cuantía 1,9 kg/m <sup>2</sup> y hormigón HA-25/B/20/I fabricado en central y vertido con cubilote en relleno de juntas entre placas, zonas de enlace con apoyos y capa de compresión.	1.526,23	78,8	120.266,92
<b>Total forjado alveolar en P.1</b>			<b>120.266,92</b>

Tabla 6. Precio de ejecución material de forjado de placas alveolares de P.1 (Mediciones y presupuestos Cype Ingenieros)

## 4. COMPARATIVA DE RESULTADOS

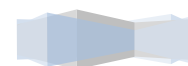
En este apartado se compararán los diferentes factores más significativos a la hora de elegir la tipología de forjado. Entre ellos, analizaremos el coste que conllevaría su construcción, y su respuesta estructural.

### 4.1 Comparativa de costes

A continuación se detalla una tabla con el coste por metro cuadrado (€/m<sup>2</sup>) de cada tipología de forjado. Estos valores han sido obtenidos según el programa de *Mediciones y presupuestos Cype Ingenieros*:

Tipo de forjado	Coste (€/m <sup>2</sup> )
Losa maciza	90,37
Reticular	73,54
Placa alveolar	78,8

Tabla 7. Resumen de costes en €/m<sup>2</sup> de cada tipología de forjado (Mediciones y presupuestos Cype Ingenieros).



Como se aprecia en la tabla anterior, el coste por m<sup>2</sup> de forjado alveolar será inferior respecto a la solución de losa maciza, y esto es debido a la rapidez en su construcción y montaje.

Aun así, la solución más económica es el forjado reticular, esto se debe a que dichos forjados están formados por retículas cuya función es aligerar, es decir, disminuir el peso del forjado y por consiguiente, reducir la cantidad de hormigón a utilizar, reduciendo el coste del mismo.

## 4.2 Comparativa de esfuerzos

En la tabla que se muestra a continuación se pueden comparar los momentos flectores y cortantes máximos y mínimos de cada tramo de forjado estudiado:

Tipología de forjado	Esfuerzos máximos							
	$M_x^+$	$M_x^-$	$M_y^+$	$M_y^-$	$V_x^+$	$V_x^-$	$V_y^+$	$V_y^-$
Losa maciza	53,26	106,25	54,47	86,31	106,49	108,53	107,64	163,1
Reticular	42,6	98,66	43,25	107,32	161,48	124,7	107,61	190,5
Placa alveolar	57,15	39,25	-	-	56,67	52,42	-	-

(\*) Momentos en kNm/m

(\*\*) Cortantes en kN

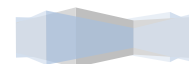
Tabla 6. Relación de esfuerzos para cada tipología de forjado.

En cuanto al comportamiento estructural, los esfuerzos obtenidos en el caso de forjado de placa alveolar, son claramente inferiores a las de las otras 2 tipologías. Este es debido a que dichos forjados alveolares son unidireccionales y flectan en una única dirección. Por el contrario, los esfuerzos obtenidos para losa maciza y reticular se asemejan más entre ellos debido a la bidireccionalidad que los caracteriza flectando por el contrario en las dos direcciones.

## 5. ELECCIÓN DE LA SOLUCIÓN ÓPTIMA

Una vez analizadas todas las posibles soluciones de forjados, se desecha en primer lugar la opción de losa maciza debido al elevado peso de dicha estructura. Esto se traduce en un incremento de hormigón en pilares, vigas y cimentación; y por tanto, el coste del metro cuadrado de forjado se disparará.

En cuanto a la tipología de forjado reticular y de placas alveolares, el aspecto económico no es relevante dado que la diferencia es mínima. Por tanto nos centraremos en otros aspectos, como en el fenómeno del punzonamiento. Para forjados de placa alveolar este problema no existe; en cambio para forjado reticular, para evitar dichos problemas, se han de ejecutar



ábacos en las inmediaciones de los pilares para macizarlos, dando lugar a incrementos en las dimensiones de los pilares y de  $\text{m}^3$  hormigón empleado en los ábacos.

Por otro lado, el forjado de placas alveolares tiene la principal ventaja de facilidad constructiva, rapidez en la ejecución y no es una solución cara, como se ha podido ver en los puntos anteriores.

En cuanto a la respuesta estructural, los esfuerzos más pequeños son los obtenidos del forjado de placas alveolares dado que su peso propio es inferior al reticular. Por tanto, con los esfuerzos con los que se dimensionaría la estructura del futuro edificio será con la solución de forjado alveolar.

Por tanto, según lo expuesto, se opta por la tipología de forjado de placas alveolares.

## 6. CONCLUSIONES

Llegados al final de todo el proceso de análisis para la elección de la solución óptima de forjado, se procede a realizar una valoración global de los resultados a los que se han llegado.

Han sido tres los forjados estudiados; losa maciza, reticular con casetones de poliestireno perdidos y de placas alveolares. Todos ellos han sido valorados con la misma sobrecarga de uso: uso comercial.

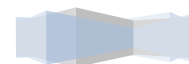
En primer lugar se estudiaron factores que pudieran estar relacionados con la luz entre pilares, así como el canto del forjado, y por consiguiente el peso del mismo, el coste, el tiempo de ejecución y algunas cualidades térmicas y acústicas.

Pero sin lugar a dudas, el factor primordial y de especial importancia es la respuesta estructural de los mismos. De esta manera, dos de los forjados estudiados han sido bidireccionales; mientras que un tercero es unidireccional, transmitiendo las cargas en un único sentido. Los esfuerzos de este último forjado, el alveolar, han sido inferiores en comparación con el resto debido a su unidireccionalidad y al bajo peso propio; y por tanto, ambos forjados del futuro edificio se dimensionarán de acuerdo a estos esfuerzos.

En cuanto al coste de ejecución de cada tipología, ha sido el reticular el más económico dado que los casetones que se han supuesto han sido de poliestireno. Esto supone un aligeramiento del forjado y la reducción de los  $\text{m}^3$  de hormigón que habría que verter. La diferencia respecto la losa maciza es de aproximadamente  $16 \text{ €/m}^2$  menos.

En cuestión de peso, claramente el forjado de losa maciza es el que más pesa, dado que es el que mayor cantidad de hormigón requiere.

Referente a las propiedades térmicas y acústicas, el forjado reticular de EPS es el que goza de mayor virtud.



Por tanto, tras valorar las diferentes características que se han comentado en párrafos anteriores de cada tipo de forjado, se ha decidido por el de placas alveolares. Este tipo de forjado goza de estar formado por elementos prefabricados, lo que se traduce en limpieza, facilidad y rapidez en el montaje, estimando un rendimiento de 500 m<sup>2</sup>/día con tres operarios. Además, los esfuerzos que se han obtenido son muy inferiores respecto los otros dos, debido a la unidireccionalidad del mismo, y a su bajo peso propio.

Otro aspecto, no menos importante es el coste de su construcción. Éste es ligeramente más caro que el reticular, de ahí que este factor no sea relevante a la hora de elegir este tipo de forjado.

Por tanto, por todo lo comentado a lo largo de este estudio de soluciones, se elige como forjado del futuro edificio a diseñar el de placas alveolares.





UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ETS INGENIEROS DE CAMINOS,  
CANALES Y PUERTOS

## N.4. CÁLCULO ESTRUCTURAL

---

Diseño de un edificio comercial situado en la calle G del sector Toll  
L'Alberca del polígono industrial de Torrent (Valencia).

---

*Presentado por*

Ruano García, Ana Belén

---

*Para la obtención del*

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2018/2019*

*Fecha: Julio 2019*

*Tutor: Ignacio Javier Payá Zaforteza*

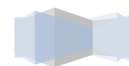


# ÍNDICE

1.	OBJETO .....	69
2.	DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO .....	69
3.	BASES DE CÁLCULO.....	71
3.1	Normativa.....	71
3.2	Ambiente y Recubrimientos .....	71
3.2.1	Tipo de ambiente.....	71
3.2.2	Recubrimientos.....	73
3.3	Materiales a utilizar .....	76
3.3.1	Elementos estructurales de hormigón .....	76
3.3.2	Elementos estructurales de acero .....	77
3.4	Coeficientes de seguridad .....	77
3.4.1	Estado límite último (ELU) .....	77
3.4.2	Estado límite de servicio (ELS) .....	78
3.5	Acciones adoptadas en el cálculo.....	79
3.5.1	Cargas permanentes (G).....	79
3.5.2	Cargas variables (Q).....	80
3.6	Combinación de acciones .....	83
3.6.1	Estado límite último (ELU) .....	83
3.6.2	Estado límite de servicio (ELS) .....	83
3.6.3	Coeficientes de combinación.....	84
4.	PREDIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN .....	84
4.1	Predimensionamiento de las zapatas.....	84
4.1.1	Presión total, intersticial y efectiva a cota de cimentación .....	86
4.1.2	Factores de capacidad de carga y coeficientes correctores .....	86
4.1.3	Carga de hundimiento .....	87
4.1.4	Carga transmitida .....	87
4.1.5	Cumplimiento a hundimiento.....	87
4.1.6	Cálculos de los asiento.....	88
4.1.7	Asiento admisible .....	90
5.	DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA .....	90
5.1	Cimentaciones .....	90
5.2	Pilares .....	90



5.3	Vigas.....	91
5.4	Forjados .....	91
5.5	Resumen de elementos.....	92
6.	ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FORJADOS. ELECCIÓN METODOLOGÍA DE CÁLCULO .....	92
6.1	Canto del forjado .....	93
6.2	Forjado con tramos isostáticos calculado manualmente .....	94
6.3	Forjado con tramos hiperestáticos (continuos) .....	95
6.3.1	Método Simplificado de la EHE – 08.....	95
6.3.2	Cype Ingenieros .....	98
6.3.3	Aidepla.....	98
6.4	Comparativa de esquemas resistentes.....	101
7.	CÁLCULO ESTRUCTURAL. CYPE INGENIEROS.....	102
7.1	Dimensiones y armado de zapatas.....	102
7.2	Dimensiones y armado de las vigas de atado.....	106
7.3	Esfuerzos p <sup>és</sup> imos en pilares.....	107
7.4	Armado de pilares .....	126
7.5	Armado de vigas .....	129
7.6	Esfuerzos en placas alveolares .....	130
8.	DIMENSIONAMIENTO DE LOS FORJADOS .....	135
8.1	Comprobación ELU flexión positiva.....	137
8.1.1	Sección 1 .....	137
8.1.2	Sección 2 .....	137
8.2	Comprobación ELU flexión negativa.....	137
8.2.1	Sección 1 .....	137
8.2.2	Sección 2 .....	137
8.3	Comprobación ELS fisuración .....	137
9.	DETALLES CONSTRUCTIVOS.....	138
9.1	Detalles tipo de los apoyos de los forjados en las vigas de los pórticos .....	139
9.1.1	Detalle Tipo A .....	139
9.1.2	Detalle Tipo B.....	139





## 1. OBJETO

El objeto del presente documento es describir el procedimiento seguido en el diseño de los forjados de un edificio sito en el polígono industrial Toll L'Alberca de Torrent, cuyo uso será de edificio comercial; así como definir y justificar las comprobaciones que se han llevado a cabo para la verificación de los elementos que componen dicha estructura.

Para la comprobación de dichos forjados, se realizarán tanto cálculos manuales como informáticos empleando programas tales como *Cype Ingenieros* y *Aidepla*. Posteriormente se decidirá la tipología de cálculo más restrictiva para proceder al diseño de los forjados alveolares.

## 2. DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

El edificio estudiado consta de 2 plantas, en las cuales se desarrollan diferentes usos que se describen a continuación:

- La planta baja está delimitada por zonas: zona de carga – descarga de camiones, sala de exposiciones (showroom), una cocina, aseos y un pequeño espacio de oficinas.
- La planta primera tiene como uso principal el de sala de exposiciones.

Todo ello está más detallado en el documento *III. Planos*.

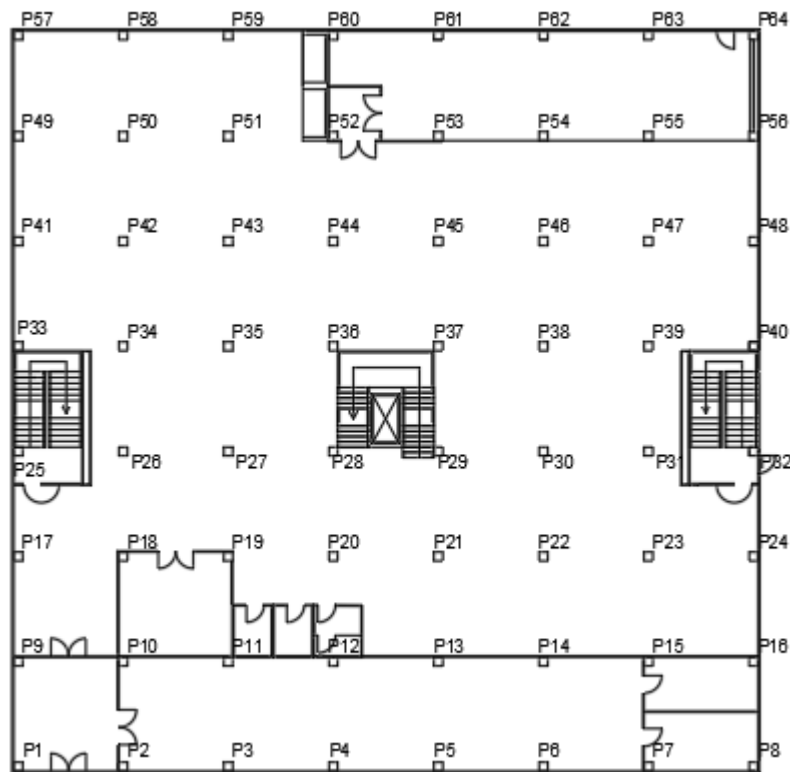
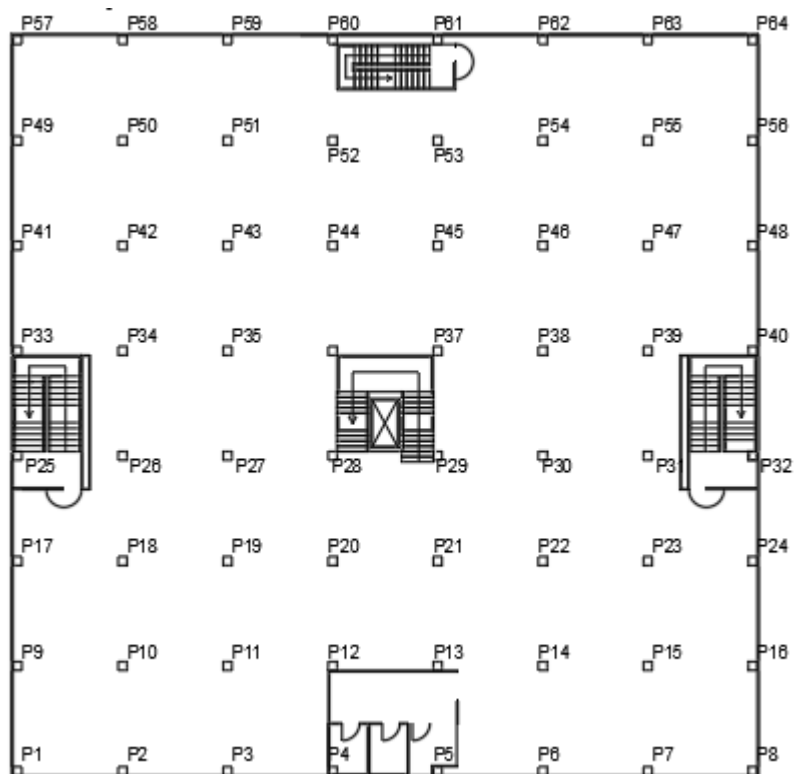
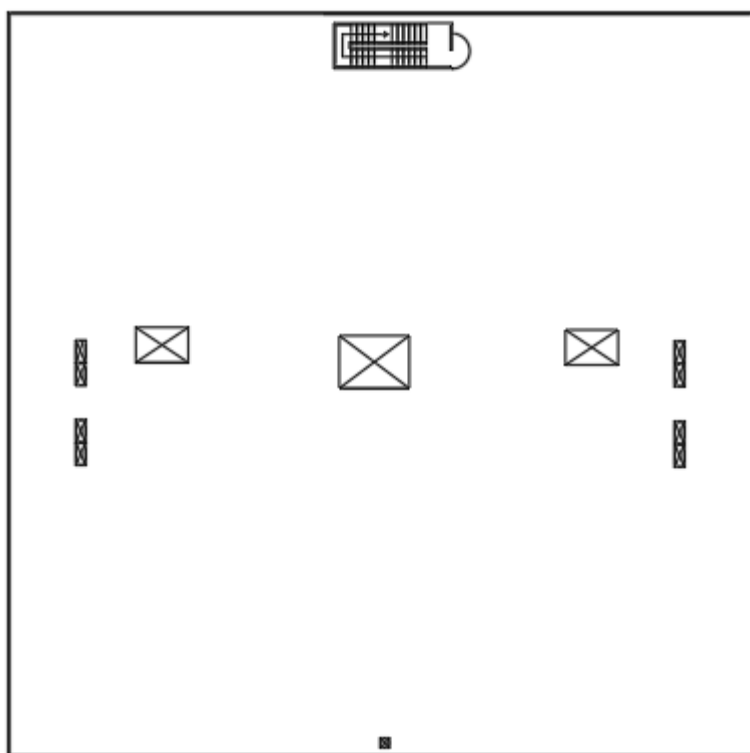


Fig. 1. Planta baja del edificio objeto de estudio





*Fig. 2. Planta primera del edificio objeto de estudio*



*Fig. 3. Planta de cubierta del edificio objeto de estudio*



El edificio tiene unas dimensiones en planta de 42 x 42 metros cuadrados, con una altura total de 9,60 metros. Siendo la altura entre forjados de 4,80 metros.

Los pilares tanto en la dirección X local como Y local, tienen una luz entre ejes de 6 metros. Dichos pilares tienen unas medidas de 40x40 y 40x30 centímetros, y en total hay 64.

En cuanto a la cimentación, tenemos una cimentación tipo superficial, compuesta por zapatas aisladas cuadradas centradas sobre cada pilar, con lados que oscilan desde 1,50 a 2,10 metros.

Todos estos elementos están descritos y detallados más adelante, en el apartado “*Descripción de los elementos de la estructura*” de este documento, y en el documento *III Planos*.

A continuación, se adjunta una tabla con la relación de plantas, sus alturas y las cotas relativas del edificio:

Nº	Nombre	Altura (m)	Cota (m)
2	Cubierta	---	9,6
1	Planta Primera	4,8	4,8
0	Planta Baja	4,8	0

Tabla 1. Datos de las plantas del edificio.

### 3. BASES DE CÁLCULO

#### 3.1 Normativa

El cálculo de la estructura del presente proyecto se ha realizado conforme las prescripciones recogidas en las siguientes normas:

- Instrucción de Hormigón Estructural (EHE – 08)
- Código Técnico de la Edificación (CTE):
  - Documento Básico de Seguridad Estructural (DB SE)
  - Documento Básico de Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación (DB SE – EA)
  - Documento Básico de Seguridad Estructural, Cimientos (DB SE – C)

#### 3.2 Ambiente y Recubrimientos

##### 3.2.1 Tipo de ambiente

Para definir el tipo de ambiente de nuestra obra, se consulta el punto 8.2 *Bases de Cálculo Adicionales Orientadas a la Durabilidad de la EHE – 08*, mediante el cual se identificará aquél que defina la agresividad a la que va a estar sometido cada elemento estructural.



El tipo de ambiente al que está sometido un elemento estructural viene definido por el conjunto de condiciones físicas y químicas a las que está expuesto, y que puede llegar a provocar su degradación como consecuencia de efectos diferentes a los de las cargas y sollicitaciones en el análisis estructural.

Por lo tanto, tendremos una clase de exposición general y otra específica.

### Clase General de exposición

Dicho apartado lo consultamos en la *tabla 8.2.2* de la *EHE – 08*.

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
No agresiva		I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones.</li> <li>– Elementos de hormigón en masa.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elementos estructurales de edificios, incluido los forjados, que estén protegidos de la intemperie.</li> </ul>
Normal	Humedad alta	Ila	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (&gt; 65%) o a condensaciones.</li> <li>– Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>– Elementos enterrados o sumergidos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elementos estructurales en sótanos no ventilados.</li> <li>– Cimentaciones.</li> <li>– Estribos, pilas y tableros de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>– Tableros de puentes impermeabilizados, en zonas con sales de deshielo y precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>– Elementos de hormigón, que se encuentren a la intemperie o en las cubiertas de edificios en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm.</li> <li>– Forjados en cámara sanitaria, o en interiores en cocinas y baños, o en cubierta no protegida.</li> </ul>
	Humedad media	Ilb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia.</li> <li>– Tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.</li> </ul>
Marina	Aérea	IIla	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar.</li> <li>– Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa.</li> <li>– Puentes en las proximidades de la costa.</li> <li>– Zonas aéreas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.</li> <li>– Instalaciones portuarias.</li> </ul>
	Sumergida	IIlb	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zonas sumergidas de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.</li> <li>– Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.</li> </ul>
	En zona de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	IIlc	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantalanés y otras obras de defensa litoral.</li> <li>– Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea.</li> </ul>
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con agua que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino.</li> <li>– Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Piscinas e interiores de los edificios que las albergan.</li> <li>– Pilas de pasos superiores o pasarelas en zonas de nieve.</li> <li>– Estaciones de tratamiento de agua.</li> </ul>

*Tabla 2. Clases de exposición relativas a la corrosión de las armaduras (Tabla 8.2.2 de la EHE).*

- Estructura. Todos los elementos de hormigón van a estar situados en las zonas interiores del edificio, y por tanto protegidos de la intemperie. Por lo tanto tendremos una clase general de exposición no agresiva tipo I. Además, les aplicaremos a los elementos estructurales interiores de hormigón una capa fina de pintura *Blatem Nordic Antisalpicado* que le confiere resistencia al frote en húmedo y mayor calidad, protegiéndolo de sustancias agresivas procedentes de la atmósfera.
- Cimentación. En este caso, teniendo una cimentación con humedades medias, y además estando enterrada, la clase de exposición será tipo IIa.



### Clase Específica de exposición

En este caso, para conocer la clase de exposición, debemos mirar la *tabla 8.2.3.a Clases específicas de exposición relativas a otros procesos de deterioro distinto a la corrosión de la EHE – 08*.

Los valores de contenido en sulfatos del agua existente o cercana a la obra se comparan con los obtenidos de la tabla anterior. Según el *N.2. Anejo Geotécnico*, el contenido en sulfatos ( $\text{SO}_4$ ) en agua es de 490 mg  $\text{SO}_4/\text{kg}$ . Este valor es tal que la *EHE* establece que existe ataque débil al hormigón (Qa), tanto para la estructura como cimentación.

### 3.2.2 Recubrimientos

Para la obtención del recubrimiento nominal, se consulta el apartado *37.2.4. Recubrimientos* de la *EHE*.

#### 37.2.4

#### Recubrimientos

El recubrimiento de hormigón es la distancia entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana.

A los efectos de esta Instrucción, se define como recubrimiento mínimo de una armadura pasiva aquel que debe cumplirse en cualquier punto de la misma. Para garantizar estos valores mínimos, se prescribirá en el proyecto un valor nominal del recubrimiento  $r_{\text{nom}}$ , definido como:

$$r_{\text{nom}} = r_{\text{min}} + \Delta r$$

donde:

$r_{\text{nom}}$	Recubrimiento nominal
$r_{\text{min}}$	Recubrimiento mínimo
$\Delta r$	Margen de recubrimiento, en función del nivel de control de ejecución, y cuyo valor será:
0 mm	en elementos prefabricados con control intenso de ejecución
5 mm	en el caso de elementos ejecutados <i>in situ</i> con nivel intenso de control de ejecución, y
10 mm	en el resto de los casos

*Fig. 4. Recubrimiento nominal y factores intervinientes (Apartado 37.2.4 de la EHE).*

En primer lugar, para definir el recubrimiento nominal, se definen los siguientes puntos:

- Vida útil de la estructura.
- Resistencia mínima del hormigón.
- Tipo de cemento.
- Recubrimiento mínimo.
- Margen del recubrimiento.



## Vida útil

Para el caso, la vida útil de nuestra estructura será de 50 años.

**Tabla 5**  
Vida útil nominal de los diferentes tipos de estructura<sup>(1)</sup>

Tipo de estructura	Vida útil nominal
Estructuras de carácter temporal <sup>(2)</sup>	Entre 3 y 10 años
Elementos reemplazables que no forman parte de la estructura principal (por ejemplo, barandillas, apoyos de tuberías)	Entre 10 y 25 años
Edificios (o instalaciones) agrícolas o industriales y obras marítimas	Entre 15 y 50 años
Edificios de viviendas u oficinas y estructuras de ingeniería civil (excepto obras marítimas) de repercusión económica baja o media	50 años
Edificios de carácter monumental o de importancia especial	100 años
Puentes y otras estructuras de ingeniería civil de repercusión económica alta	100 años

<sup>(1)</sup> Cuando una estructura esté constituida por diferentes partes, podrá adoptarse para tales partes diferentes valores de vida útil, siempre en función del tipo y características de la construcción de las mismas.

<sup>(2)</sup> En función del propósito de la estructura (exposición temporal, etc.). En ningún caso se considerarán como estructuras de carácter temporal aquellas estructuras de vida útil nominal superior a 10 años.

Tabla 3. Vida útil para las distintas tipologías de estructuras (Tabla 5 de la EHE).

## Resistencia mínima del hormigón

- $F_{ck}$  cimentación = 25 MPa
- Estructura
  - $F_{ck}$  pilares = 30 MPa
  - $F_{ck}$  vigas = 30 MPa
  - $F_{ck}$  losa alveolar = 45 MPa

**Tabla 37.3.2.b**  
Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad (\*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Qa	Qb	Qc	H	F	E
Resistencia mínima (N/mm <sup>2</sup> )	Masa	20	—	—	—	—	—	—	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

(\*) Estos valores reflejan las resistencias que pueden esperarse con carácter general cuando se emplean áridos de buena calidad y se respetan las especificaciones estrictas de durabilidad incluidas en esta Instrucción. Se trata de una tabla meramente orientativa, al objeto de fomentar la deseable coherencia entre las especificaciones de durabilidad y las especificaciones de resistencia. En este sentido, se recuerda que en algunas zonas geográficas en las que los áridos sólo pueden cumplir estrictamente las especificaciones definidos para ellos en esta Instrucción, puede ser complicado obtener estos valores.

Tabla 4. Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad (Tabla 37.3.2.b de la EHE).

## Tipo de cemento

- Cimentación → CEM I
- Estructura → CEM I



### Recubrimiento mínimo

- Cimentación → 15 mm
- Estructura → 15 mm

**Tabla 37.2.4.1.a**  
Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (t <sub>p</sub> ), (años)	
			50	100
I	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
II a	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
II b	CEM I	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$f_{ck} \geq 40$	20	30

Tabla 5. Recubrimientos mínimos (mm) para las clases generales de exposición I y II (Tabla 37.2.4.1.a de la EHE).

### Margen del recubrimiento

$\Delta r$  es el margen de recubrimiento, en función del nivel de control de ejecución, y cuyo valor será:

- 0 mm en elementos prefabricados con control intenso de ejecución.
- 5 mm en el caso de elementos ejecutados in situ con nivel intenso de control de ejecución.
- 10 mm en el resto de los casos.

Por tanto, con todos los valores obtenidos en los apartados anteriores obtenemos el recubrimiento nominal:

$$r_{nom} = r_{min} + \Delta r$$

- Estructura →  $r_{nom} = 15 + 0 = 15$  mm
- Cimentación →  $r_{nom} = 15 + 5 = 20$  mm





### 3.3 Materiales a utilizar

#### 3.3.1 Elementos estructurales de hormigón

Se han de cumplir las exigencias mínimas de la EHE:

Tabla 37.3.2.b  
Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad (\*)

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición												
		I	IIa	IIb	IIIa	IIIb	IIIc	IV	Os	Ob	Oc	H	F	E
Resistencia mínima (N/mm <sup>2</sup> )	Masa	20	—	—	—	—	—	—	30	30	35	30	30	30
	Armado	25	25	30	30	30	35	30	30	30	35	30	30	30
	Pretensado	25	25	30	30	35	35	35	30	35	35	30	30	30

(\*) Estos valores reflejan las resistencias que pueden esperarse con carácter general cuando se emplean áridos de buena calidad y se respetan las especificaciones estrictas de durabilidad incluidas en esta Instrucción. Se trata de una tabla meramente orientativa, al objeto de fomentar la deseable coherencia entre las especificaciones de durabilidad y las especificaciones de resistencia. En este sentido, se recuerda que en algunas zonas geográficas en las que los áridos sólo pueden cumplir estrictamente las especificaciones definidos para ellos en esta Instrucción, puede ser complicado obtener estos valores.

Tabla 6. Resistencias mínimas recomendadas en función de los requisitos de durabilidad (Tabla 37.3.2.b de la EHE).

Por tanto, en función de la tabla anterior, se han tomado las siguientes decisiones:

- Hormigón de cimentación. La resistencia mínima recomendada para hormigón armado en un ambiente IIa, ha de ser de 25 MPa.
- Hormigón de estructura. Debido a la existencia de luces entre pilares de 6 metros, y a los problemas de flechas y fisuración de vigas y placas alveolares, se opta por emplear una resistencia característica de 30 MPa en pilares y vigas; y de 45 MPa en placas alveolares.

**Cimentación.** Hormigón armado HA-25/B/20/IIa

Módulo de elasticidad	27,26 MPa
Coeficiente de Poisson	0,2
Coeficiente de dilatación térmica ( $\alpha$ )	$10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Peso específico	25 kN/m <sup>3</sup>
Resistencia característica	25MPa
Consistencia	Blanda
Tamaño máximo de árido	20 mm

**Estructura in situ.** Hormigón armado HA-30/B/20/I

#### Pilares y vigas

Módulo de elasticidad	28,6 MPa
Coeficiente de Poisson	0,2
Coeficiente de dilatación térmica ( $\alpha$ )	$10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$
Peso específico	30 kN/m <sup>3</sup>
Resistencia característica	30 MPa
Consistencia	Blanda
Tamaño máximo de árido	20 mm



### Placas alveolares

Módulo de elasticidad	31,9 MPa
Coeficiente de Poisson	0,2
Coeficiente de dilatación térmica ( $\alpha$ )	$10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$
Peso específico	45 kN/m <sup>3</sup>
Resistencia característica	45 MPa
Consistencia	Blanda
Tamaño máximo de árido	20 mm

### 3.3.2 Elementos estructurales de acero

#### **Acero para armaduras pasivas** B 500 S

Densidad	7.850 kg/cm <sup>3</sup>
Módulo de rigidez	$E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
Módulo de elasticidad	$G = 81.000 \text{ N/mm}^2$
Coeficiente de Poisson	$\nu = 0,3$
Coeficiente de dilatación térmica	$\alpha = 1,2 \times 10^{-5}^{\circ}\text{C}^{-1}$
Límite elástico	$f_y = 500 \text{ MPa}$
Límite de rotura	$f_u = 550 \text{ MPa}$
Relajación	$\geq 1,05$
Alargamiento de rotura	$\geq 12$
Alargamiento total bajo carga máxima	$\geq 5$

## 3.4 Coeficientes de seguridad

### 3.4.1 Estado límite último (ELU)

#### **Materiales. Coeficientes parciales de seguridad**

- Hormigón.  $\gamma_c = 1,5$
- Acero pasivo.  $\gamma_s = 1,15$
- Acero estructural
  - Plastificación del material  $\gamma_{M0} = 1,05$
  - Fenómenos de inestabilidad  $\gamma_{M1} = 1,05$
  - Resistencia a rotura en tracción  $\gamma_{M2} = 1,25$



### Acciones. Coeficientes parciales de seguridad

**Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones**

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
<b>Resistencia</b>	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
<b>Estabilidad</b>		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
	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

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

Tabla 7. Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones (Tabla 4.1 del DB SE Seguridad Estructural).

### 3.4.2 Estado límite de servicio (ELS)

#### Materiales. Coeficientes parciales de seguridad

- Hormigón.  $\gamma_c = 1,0$
- Acero pasivo.  $\gamma_s = 1,0$

### Acciones. Coeficientes parciales de seguridad

**Tabla 12.2**  
Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, aplicables  
para la evaluación de los Estados Límite de Servicio

Tipo de acción		Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente		$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	Armadura pretesa	$\gamma_P = 0,95$	$\gamma_P = 1,05$
	Armadura postesa	$\gamma_P = 0,90$	$\gamma_P = 1,10$
Permanente de valor no constante		$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable		$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$

Tabla 8. Coeficientes parciales de seguridad para las acciones, en Estados límite de servicio (Tabla 12.2 de la EHE).



### 3.5 Acciones adoptadas en el cálculo

#### 3.5.1 Cargas permanentes (G)

##### **Peso propio (PP)**

Es el peso de la propia estructura. Lo calcula directamente el programa informático. En este caso son los pilares, vigas y forjados alveolares; siendo este último de:

- Forjado alveolar tipo.  $q_{forjado} = 4,1 \text{ kN/m}^2$

##### **Cargas muertas (CM)**

Son aquellas que gravitan sobre la estructura; y no es el peso propio. A continuación se detallan:

- Pavimento.  $q_{pavimento} = 0,8 \text{ kN/m}^2$

Esta carga se refiere al pavimento que se colocará sobre el suelo del edificio, a excepción de cubierta. Se ha decidido por una baldosa hidráulica de 5 centímetros de espesor. Este dato se ha obtenido de la siguiente tabla del CTE:

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

Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>	Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>
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 tarima de 20 mm y rastrel	0,40	Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80

*Tabla 9. Pesos por unidad de superficie de elementos de pavimentación (Tabla C.3 del DB SE Acciones en la edificación).*

- Cerramiento.  $q_{cerramiento} = 0,8 \text{ kN/m}$

El cerramiento será una carga lineal repartida en todo el perímetro del edificio. Se ha optado por un panel sándwich de poliuretano con peso específico 16,2 kN/m<sup>2</sup>.

- Tabiquería.  $q_{tabiquería} = 1,3 \text{ kN/m}^2$

Suponemos la tabiquería uniformemente repartida a lo largo de la superficie, tanto en planta baja como en planta primera. En cuanto al material empleado, se ha optado por ladrillo hueco de 90 milímetros de espesor con guarnecido y enlucido de yeso a dos caras.

- Instalaciones de cubierta.  $q_{instalaciones} = 1,0 \text{ kN/m}^2$

Dado que en cubierta contamos con instalaciones para dotar al edificio de aire acondicionado y calefacción, se consulta el catálogo de la empresa Trox y se estima dicha carga en 1 kN/m<sup>2</sup>.



### 3.5.2 Cargas variables (Q)

#### **Sobrecargas de uso (SU)**

**Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso**

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

Tabla 10. Valores característicos de la sobrecargas de uso (Tabla 3.1 del DB SE AE del CTE).

Consultado el *DB SE Acciones en la Edificación*, las sobrecargas de uso para nuestro edificio serán las siguientes:

- D1: 5 kN/m<sup>2</sup>. Zona comercial – Locales comerciales; en planta baja y primera.
- G1: 1 kN/m<sup>2</sup>. Cubiertas accesibles únicamente para conservación – Cubiertas con inclinación inferior a 20°; en planta de cubierta.

#### **Viento**

Para estimar la carga de viento en el edificio objeto de estudio, se recurre al *DB SE Acciones en la Edificación* del CTE, *Anejo D. Acción del viento*. En él, se extraen los siguientes datos, que posteriormente se introducirán en los modelos para proceder al análisis:

- Velocidad básica del viento. Zona A, 26 m/s.



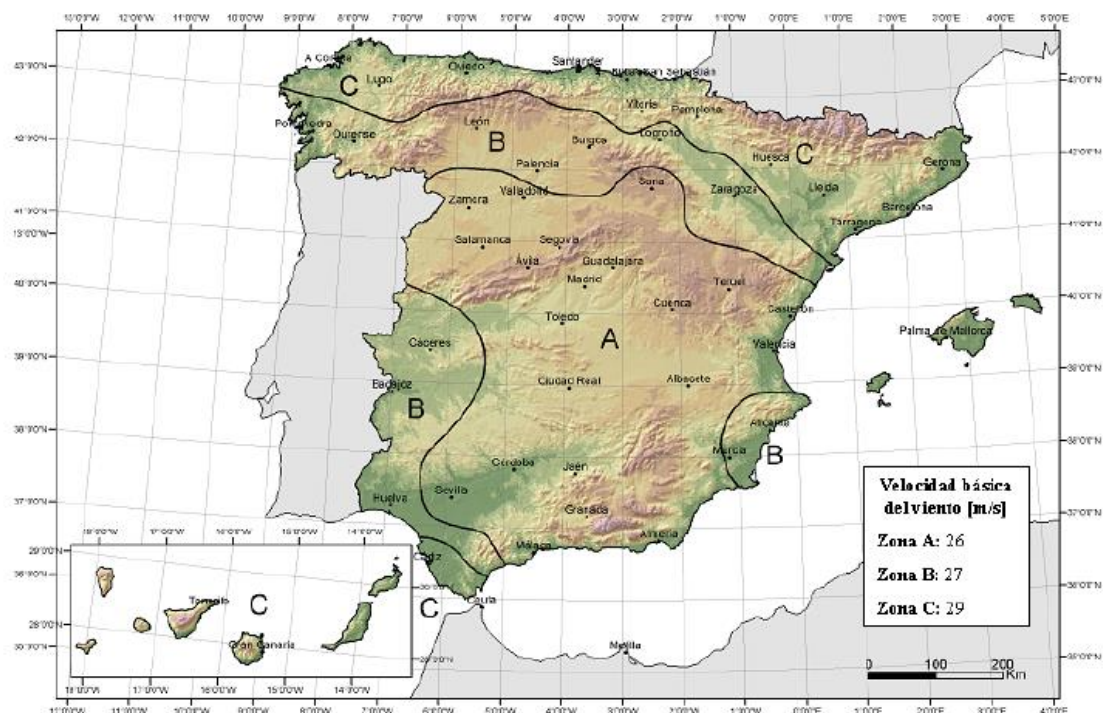


Fig. 5. Valor básico de la velocidad del viento,  $v_b$  (Figura D.1 del DB SE AE del CTE).

- Grado de aspereza del entorno. Grado IV.  $k = 0,22$ ;  $L = 0,3$ ;  $Z = 5,0$

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

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

Tabla 11. Coeficientes para tipo de entorno (Tabla D.2 del DB SE AE del CTE).

### Acciones térmicas

Según el apartado 3.4 *Acciones térmicas del DB SE AE del CTE*, no es necesario tener en cuenta las acciones térmicas para este edificio, dado que dicho edificio se compone de elementos estructurales de hormigón en el que se dispondrán juntas de dilatación, no existiendo elementos continuos de más de 40 metros de longitud.





## Nieve

Según el apartado 3.5 *Nieve del DB SE AE del CTE*, en cubiertas planas de edificios situados en localidades de altitud inferior a 1.000 metros, es suficiente considerar una carga de nieve de  $1,0 \text{ kN/m}^2$ . Aun así, se consulta el *Anejo E* de dicho documento para particularizar más en el valor de dicha sobrecarga de nieve. De ahí, se extraen los siguientes datos:

- Zona climática 5.



Fig. 6. Zonas climáticas de invierno (Figura E.2 del DB SE AE del CTE).

- Altitud de la ciudad de Torrent: 150 metros
- Sobrecarga de nieve en terreno horizontal:  $0,2 \text{ kN/m}^2$ .

Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal ( $\text{kN/m}^2$ )

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

Tabla 12. Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal ( $\text{kN/m}^2$ ) (Tabla E.2 del DB SE AE del CTE).



### 3.6 Combinación de acciones

Para cada una de las situaciones estudiadas se establecen las posibles combinaciones de acciones, es decir, aquellas acciones compatibles que actúan simultáneamente para una comprobación determinada. Cada combinación estará formada por las acciones permanentes, una acción variable determinante y una o varias acciones variables concomitantes.

#### 3.6.1 Estado límite último (ELU)

Para las distintas situaciones de proyecto, la única combinación de acciones posible será la siguiente:

- Situaciones permanentes o transitorias.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

#### 3.6.2 Estado límite de servicio (ELS)

Para los Estados límites se consideran únicamente las situaciones de proyecto persistentes y transitorias. En estos casos, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Combinación poco probable o característica.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{0,i} Q_{k,i}$$

- Combinación frecuente.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \gamma_{Q,1} \Psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

- Combinación cuasipermanente.

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

Dónde:

- $G_{k,j}$  Valor característico de las acciones permanentes.
- $G_{k,j}^*$  Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante.
- $P_k$  Valor característico de la acción del pretensado.
- $Q_{k,1}$  Valor característico de la acción variable determinante.
- $\Psi_{0,i} Q_{k,i}$  Valor representativo de combinación de las acciones variables concomitantes.
- $\Psi_{1,1} Q_{k,1}$  Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.
- $\Psi_{2,i} Q_{k,i}$  Valores representativos cuasipermanentes de las acciones variables con la acción determinante o con la acción accidental.





### 3.6.3 Coeficientes de combinación

A continuación se muestran los coeficientes de simultaneidad, obtenidos de la *Tabla 4.2 del DB SE del CTE*:

**Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )**

	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
<b>Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)</b>			
• 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 F)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría G)	<sup>(1)</sup>		
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría H)	0	0	0
<b>Nieve</b>			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
<b>Viento</b>	0,6	0,5	0
<b>Temperatura</b>	0,6	0,5	0
<b>Acciones variables del terreno</b>	0,7	0,7	0,7

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

*Tabla 13. Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ ) (Tabla 4.2 del DB SE del CTE).*

## 4. PREDIMENSIONAMIENTO DE LA CIMENTACIÓN

Se ha elegido como cimentación zapatas aisladas centradas sobre pilares. Se ha optado por ésta solución debido a que no hay presencia de nivel freático. Además, de que se ahorraría más hormigón que si empleáramos una losa de cimentación.

Los parámetros empleados para el cálculo son los siguientes:

- Peso específico aparente:  $2,02 \text{ g/cm}^3 = 19,8 \text{ kN/m}^3$
- $c'$  (cohesión efectiva):  $20 \text{ kN/m}^2$
- $\phi'$  (ángulo de rozamiento efectivo):  $30$
- $q$  (presión total a cota de cimentación):  $29,7 \text{ kN/m}^2$

### 4.1 Predimensionamiento de las zapatas

En primer lugar, se predimensionan las zapatas mediante cálculos manuales para llevar una idea del orden de magnitud de las mismas. En apartados posteriores, se comprobarán dichos cálculos con programas informáticos.



La cota de cimentación se encuentra a -1,50 metros. Las zapatas se dimensionan con 1,00 m de canto; y con 50 cm de relleno de tierras; siendo éstas de dimensiones 1,8 x 1,8 metros. Estos valores podrán variar en el dimensionamiento de los cálculos finales. Se parte de la hipótesis de zapatas aisladas y centradas bajo pilar.

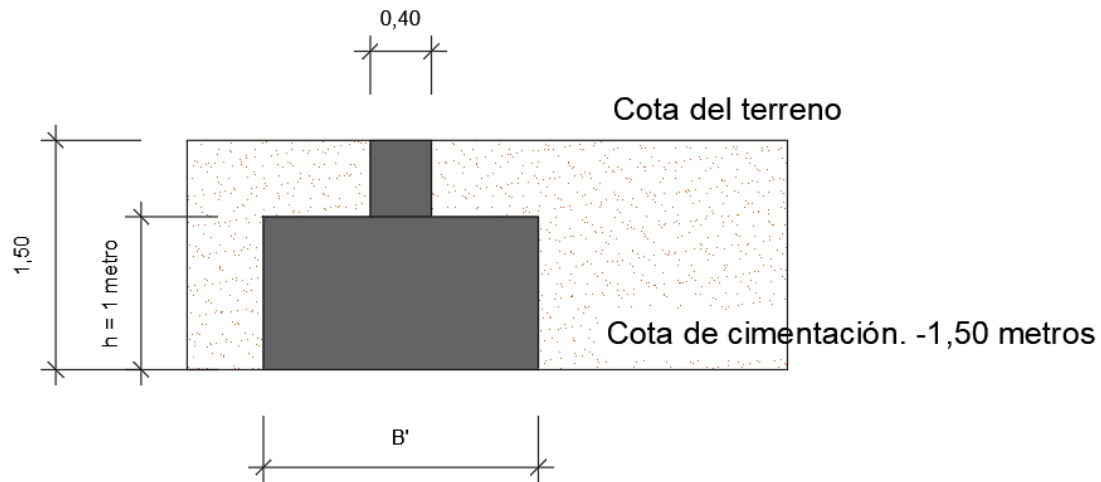


Fig. 7. Dimensiones y cotas de la cimentación superficial (Cotas en metros).

Para realizar todos los cálculos previstos, primero se obtiene de manera manual el esfuerzo en base de pilar más desfavorable, que es aquel de mayor área tributaria, es decir, los centrales:

$$N \text{ (más desfavorable)} = 1.332,72 \text{ kN}$$

Para comprobar que las dimensiones que se han supuesto son correctas, se realiza el análisis frente a hundimiento y se comprueban los asientos.

Se deberá cumplir que la relación entre la carga de hundimiento neta y la carga transmitida neta sea inferior al factor de seguridad frente al hundimiento, 3:

$$F \leq \frac{q_{hn}}{q_{tn}} \leq 3$$

Para obtener la carga de hundimiento, se aplica la formulación de *Brinch – Hansen*. Se efectuará en términos efectivos (es decir, a largo plazo) dado que el terreno sobre el que se ejecutarán son arenas.

$$q'_h = c' \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c + q' \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q + \frac{1}{2} \times N_\gamma \times B' \times \gamma^* \times s_\gamma \times d_\gamma \times i_\gamma$$

Dónde:

- $q'_h$  Carga de hundimiento efectiva.
- $c'$  Cohesión efectiva.
- $N_c, N_q, N_\gamma$  Factores de capacidad de carga.
- $s_c, s_q, s_\gamma$  Coeficientes correctores de influencia para considerar la forma en planta del cimiento.



- $d_c, d_q, d_\gamma$  Coeficientes correctores de influencia para considerar la resistencia al corte del terreno situado por encima y alrededor de la base del cimiento.
- $i_c, i_q, i_\gamma$  Coeficientes correctores de influencia para considerar el efecto de la inclinación de la resultante de acciones con respecto a la vertical.
- $q'$  Presión efectiva.
- $B'$  Lado de la zapata cuadrada.
- $\gamma^*$  Peso específico aparente del terreno.

#### 4.1.1 Presión total, intersticial y efectiva a cota de cimentación

A continuación se obtienen la presión total ( $q$ ), efectiva ( $q'$ ) e intersticial ( $u$ ) a cota de cimentación:

$$q = \gamma \times H = 19,8 \times 1,5 = 29,7 \text{ kN/m}^2$$

$$u = 0$$

$$q' = q - u = 29,7 \text{ kN/m}^2$$

Dado que la profundidad a la que se encuentra el nivel freático respecto la cota de cimentación es mayor que el lado de la zapata, es decir, 1,8 metros, se considera que el peso específico de cálculo es el aparente.

#### 4.1.2 Factores de capacidad de carga y coeficientes correctores

Los factores de capacidad de carga se calculan teniendo en cuenta que  $\phi' = 30^\circ$ :

$$N_q = e^{\pi \cdot \tan \theta} \times \tan \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\phi'}{2} \right) = 18,4$$

$$N_c = (N_q - 1) \times \cot \phi' = 30,14$$

$$N_\gamma = 1,5 \times (N_q - 1) \times \tan \phi' = 15,07$$

Para la obtención de los factores de forma, que son aquellos que consideran la forma en planta del cimiento, se parte de que  $B' = L' = 1,8$  metros:

$$S_q = 1 + \frac{B'}{L'} \times \tan \phi' = 1,6$$

$$S_c = S_q = 1,6$$

$$S_\gamma = 1 - 0,4 \times \frac{B'}{L'} = 0,7$$

Los factores de inclinación y de profundidad se consideran 1, ya que no existe inclinación del axil que llega a la cimentación desde el pilar, y además se desprecia el efecto de empotramiento:

$$i_q = i_c = i_\gamma = d_q = d_c = d_\gamma = 1$$

#### 4.1.3 Carga de hundimiento

La carga de hundimiento será por tanto:

$$\begin{aligned} q'_h &= c' \times N_c \times s_c \times d_c \times i_c + q' \times N_q \times s_q \times d_q \times i_q + \frac{1}{2} \times N_\gamma \times B' \times \gamma^* \times s_\gamma \times d_\gamma \times i_\gamma \\ &= 20 \times 30,14 \times 1,6 \times 1 + 29,7 \times 18,4 \times 1,6 \times 1 + \frac{1}{2} \times 15,07 \times 1,8 \times 19,8 \times 0,7 \\ &\times 1 = 1.068,16 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

$$q_h = q'_h = 1.068,16 \text{ kN/m}^2$$

La carga de hundimiento neta será:

$$q_{hn} = q_h - q = 1.068,16 - 29,7 = 1.038,5 \text{ kN}$$

#### 4.1.4 Carga transmitida

La carga transmitida neta se calcula considerando el axil que llega a la zapata a través del pilar y la carga de la propia zapata, y dividiéndolo por las dimensiones de la zapata:

$$Q = N + P_{Zapata} = 1.332,72 + 25 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \times 1,8 \times 1,8 \times 1 = 1.452,12 \text{ kN}$$

$$q_t = \frac{Q}{A'} = 448,2 \text{ kN}$$

La carga transmitida neta será por tanto:

$$q_{tn} = q_t - q = 448,2 - 29,7 = 418,5 \text{ kN}$$

#### 4.1.5 Cumplimiento a hundimiento

Como se decía en apartados anteriores, para que las dimensiones de las zapatas propuestas se den por buenas, se ha de verificar la comprobación a hundimiento, de manera que la relación entre la carga transmitida neta y la carga de hundimiento neta sea inferior a 3:

$$F \leq \frac{q_{hn}}{q_{tn}} \leq 3$$

$$F \leq \frac{1.038,5}{418,5} = 2,48 \leq 3 \rightarrow \text{CUMPLE}$$



#### 4.1.6 Cálculos de los asientos

Para calcular el asiento producido en la cimentación, se emplea el *Método Schmertmann (1.970)*, válido para terrenos arenosos. Este método emplea el factor de influencia de deformación unitaria ( $I_z$ ) y los resultados obtenidos del ensayo de penetración estática  $q_c$ .

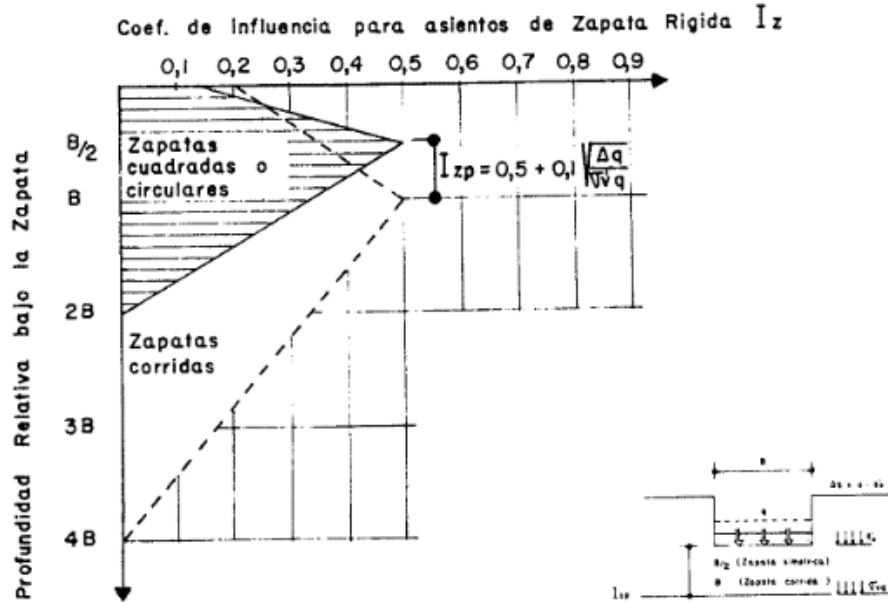


Fig. 8. Coeficiente de influencia para asientos de zapata rígida,  $I_z$

Para nuestro caso, dado que serán zapatas cuadradas, el asiento será:

$$S = C_1 \times q_{tn} \times \sum_0^{2B} \left( \frac{I_z}{E} \times \Delta z \right)$$

Según la figura anterior, el coeficiente de influencia será:

$$I_{zp} = 0,5 + 0,1 \times \sqrt{\frac{q_{tn}}{\sigma'_{vq}}}$$

$$C_1 = 1 - 0,5 \times \left( \frac{\sigma'_0}{q_{tn}} \right) \geq 0,5$$

$E$  es el módulo de elasticidad, y su estimación se puede hacer a través del S.P.T de la siguiente forma:

$$E = 2,5 \times q_c$$

Siendo  $q_c$  la resistencia a penetración estática con cono, que se relaciona con el  $N$  del ensayo estándar mediante:



Tipo de suelo	qc/N (kp/cm2)
Arcilla	2
Limo	3
Arena limosa	3-4
Arena media	4-5
Arena gruesa	5-8
Grava	8-12

Tabla 14. Relación del tipo de suelo con la resistencia a penetración estática y en ensayo estándar.

Para obtener los coeficientes que se han explicado anteriormente, se parte de los siguientes datos:

- $q = 29,7 \text{ kN/m}^2$
- $u = 0$
- $q = 29,7 \text{ kN/m}^2$
- $q_{tn} = q_t - q = 448,2 - 29,7 = 418,5 \text{ kN}$

$$C_1 = 1 - 0,5 \times \left( \frac{\sigma'_0}{q_{tn}} \right) \geq 0,5 = 1 - 0,5 \times \left( \frac{29,7}{418,5} \right) = 0,965 \geq 0,5$$

$$\mathbf{C_1 = 0,965}$$

El coeficiente de influencia  $I_z$  mayor se producirá para  $B/2$ , por tanto:

$$I_{zp} = 0,5 + 0,1 \times \sqrt{\frac{q_{tn}}{\sigma'_{vq}}} = 0,5 + 0,1 \times \sqrt{\frac{418,5}{0,9 \times 34}} = \mathbf{0,87}$$

Por tanto:

- $N = 34 \frac{\text{kg}}{\text{cm}^2} \rightarrow 3.400 \text{ kN/m}^2$
- $\frac{q_c}{N} = 4 \rightarrow \text{Arenas limosas} \rightarrow q_c = 4 \times 3.400 = 13.600 \text{ kN/m}^2$
- $E = 2,5 \times q_c = 2,5 \times 13.600 = 34.000 \text{ kN/m}^2$

$$\sum_0^{2B} \left( \frac{I_z}{E} \times \Delta_z \right) = \sum_0^{0,9} \left( \frac{I_z}{E} \times \Delta_z \right) + \sum_0^{3,6} \left( \frac{I_z}{E} \times \Delta_z \right) = \left( \frac{0,87/2}{340000} \times 0,9 \right) + \left( \frac{\frac{0,87}{2}}{340000} \times 3,6 \right)$$

$$= 5,75 \cdot 10^{-5}$$

$$S = C_1 \times q_{tn} \times \sum_0^{2B} \left( \frac{I_z}{E} \times \Delta_z \right) = 0,965 \times 418,5 \times 5,75 \times 10^{-6} = 0,021 \text{ m} = 2,1 \text{ cm}$$

$$\mathbf{S = 2,1 \text{ cm}}$$



#### 4.1.7 Asiento admisible

Según el C.T.E, el asiento máximo admisible debería ser de 25 milímetros:

- Asiento calculado = 21 mm
- Asiento admisible (según C.T.E) = 25 mm

$$S_t(admissible) > S_{producido} \rightarrow \textbf{CUMPLE}$$

## 5. DESCRIPCIÓN DE LOS ELEMENTOS DE LA ESTRUCTURA

A continuación se detalla una descripción de los principales elementos que constituyen la estructura a estudiar.

### 5.1 Cimentaciones

Los materiales utilizados son los siguientes:

- Hormigón armado HA-25/B/20/IIa.
- Acero B 500 S.

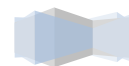
La cimentación está formada por zapatas cuadradas de 2,00 x 2,00 metros en el caso de las centrales; de 1,70 x 1,70 m las medianeras; y finalmente de 1,30 x 1,30 m las de esquina. Además, se han ejecutado vigas de atado de dimensiones 35 x 40 cm en el perímetro del edificio, y de 40 x 45 cm en las zonas centrales.

### 5.2 Pilares

Los materiales empleados son:

- Hormigón armado HA-30/B/20/I.
- Acero B 500 S.

Los pilares centrales y los medianeros de la fachada norte y sur son de 40 x 40 cm. Los de esquina y los medianeros de la fachada este y oeste son de 40x30 cm ya que tienen un área tributaria menor que los anteriores. Los armados serán diferentes debido a sus solicitaciones.



## 5.3 Vigas

Los materiales empleados son:

- Hormigón armado HA-30/B/20/I.
- Acero B 500 S.

Las luces a salvar en cualquiera de las dos direcciones son de 6 metros. Las vigas del forjado de cubierta tendrán menores dimensiones que las del primer forjado debido a que las cargas a resistir serán menores, de ahí que sean de 35x35 y 40x35 cm. Las del primer forjado son de 40x40 y 40x45 cm.

## 5.4 Forjados

La elección del forjado más adecuado se ha realizado en el *Anejo N.3. Estudio de soluciones*. A continuación se muestra una tabla con las características del forjado de placa alveolar escogido, de acuerdo a las características de la autorización de uso de *Lufort o similar*:

PLACA 20+5/120	
Canto (cm)	25
Espesor capa de compresión (cm)	5
Ancho de la placa (mm)	1200
Entrega mínima (cm)	8
Entre máxima (cm)	20
Entrega lateral (cm)	5
Hormigón de la placa	HP - 45
Hormigón de la capa y juntas	HA - 25
Acero de negativos	B 500 S
Peso propio (kN/m <sup>2</sup> )	4,1
Volumen de hormigón (m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> )	0,05

*Tabla 15. Características del forjado alveolar escogido.*





## 5.5 Resumen de elementos

	MATERIAL	DESCRIPCIÓN
<b>CIMENTACIONES: ZAPATAS</b>	HA - 25/B/20/IIa B 500 S	Zapatas aisladas cuadradas de 2x2; 1,7x1,7 y 1,3x1,3 m.
<b>CIMENTACIONES: VIGAS DE ATADO</b>	HA - 25/B/20/IIa B 500 S	Vigas de atado de dimensiones 35x40 y 40x45 cm.
<b>PILARES</b>	HA - 30/B/20/I B 500 S	Los pilares tienen dimensiones de 40x40 y de 40x30 cm.
<b>VIGAS</b>	HA - 30/B/20/I B 500 S	Las vigas tienen dimensiones de 40x40, 40x45, 35x35 y 35x40 cm.
<b>FORJADOS</b>	HP - 45/B/20/I B 500 S	Forjado de placa alveolar pretensada de 20 cm de canto y 5 cm de capa de compresión.

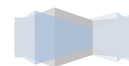
Tabla 16. Resumen de características de los elementos que componen la estructura.

## 6. ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE FORJADOS. ELECCIÓN METODOLOGÍA DE CÁLCULO

Una vez definidos los elementos que componen el edificio, se procede a hacer un cálculo estructural con diferentes metodologías que nos facilitarán los esfuerzos y armados de las placas, todo ello considerando un tramo tipo del forjado.

Los cálculos se realizarán mediante un método manual que considera los tramos de los pórticos como isostáticos; y mediante otros métodos que consideran que los tramos son hiperestáticos, siendo éstos el método simplificado de la *EHE-08*, el programa informático *Cype Ingenieros* y *Aidepla* (*Asociación para la investigación y desarrollo de las placas alveolares*).

Para cada uno de los cálculos, se obtendrán los esfuerzos y se dimensionarán los distintos elementos que componen el forjado: placas alveolares, capa de compresión, armaduras de positivos y negativos. También se detallarán cada uno de los diferentes tipos de apoyos de unión viga – forjado.



## 6.1 Canto del forjado

En el presente apartado se definirá el canto de nuestro forjado, así como la disposición y cuantías de armado para la distribución propuesta.

Primero se estimará un canto válido de forjado que permita asegurar la resistencia, así como el cumplimiento del Estado límite de deformación vertical, fijado por la *EHE 08*. A continuación, se procederá a estimar mediante el *método simplificado de la EHE 08*, el cálculo de los esfuerzos que solicitan a la losa alveolar.

Según el *Artículo 50.2 de la EHE 08*, para forjados de losas alveolares con  $L \leq 7$  metros y sobrecargas  $\leq 4$  kN/m<sup>2</sup> no es preciso comprobar la limitación de flecha si su canto total  $h$  es mayor que el mínimo  $h_{\min}$  dado por:

$$h_{\min} = \delta_1 \times \delta_2 \times \frac{L}{C}$$

A continuación se definen las cargas, tanto permanentes como variables para la planta tipo que compone nuestro edificio. Se ponderarán de acuerdo con sus correspondientes combinaciones de carga, en ELS y ELU, así como para las distintas fases del proceso constructivo, para la cual no consideraremos el empleo de apeos intermedios, al tener capacidad autoportante.

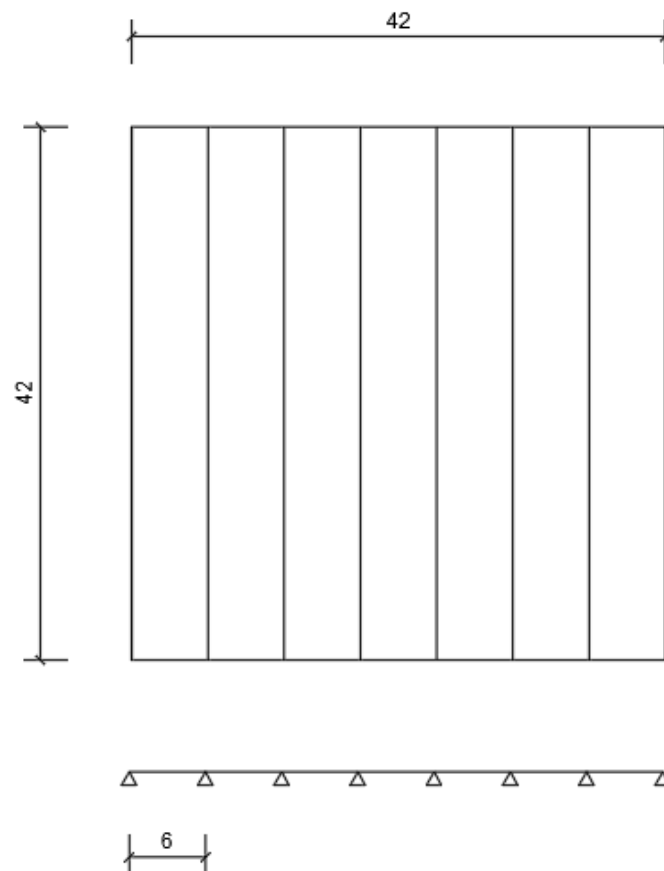


Fig. 9. Disposición del forjado de placas alveolares estudiadas (Cotas en metros).



$$\triangleright \delta_1 = \sqrt{\frac{q}{7}} = 1,26$$

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

$$\triangleright q = PP + CM + SU = 4,10 + 2,1 + 5 = 11,2 \text{ kN/m}^2$$

El peso propio es el correspondiente a una losa de 20 centímetros de canto y una capa de compresión de 5 centímetros, según la *Ficha de Características Técnicas Nº 3.2.2 de Lufort o similar*.

L = luz de cálculo del forjado en metros; L = 6 metros.

- $\triangleright$  C = coeficiente según la tabla 50.2.2.1.b de la EHE 08. Por tratarse de una losa alveolar pretensada en forjado de planta primera, y sobre el que apoya tabiquería, C = 36.

Por tanto, el canto mínimo  $h_{\min}$  para esta disposición será:

$$h_{\min} = \delta_1 \times \delta_2 \times \frac{L}{C} = 0,21 \text{ metros}$$

Con el canto obtenido, se estima que el canto del forjado de placas alveolares será de 20 + 5. Las placas pretensadas a emplear serán las suministradas por la empresa *Lufort o similar*.

## 6.2 Forjado con tramos isostáticos calculado manualmente

A continuación se analizará el forjado mediante tramos isostáticos, en el cual actúan simultáneamente el peso propio, la carga muerta y la sobrecarga de uso.

La carga distribuida a la que está sometido el forjado en ELU resulta:

$$P_d = 1,35 \times (PP + CM) + 1,5 \times SC = 1,35 \times (4,1 + 2,1) + 1,5 \times 1 = 15,87 \text{ kN/m}^2$$

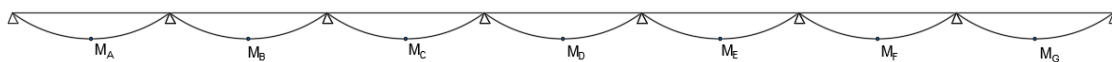


Fig. 10. Nomenclatura de los momentos flectores calculados según tramos isostáticos.

Para luces de 6 metros, el momento isostático resulta:

$$M_A = \frac{P_d \times L^2}{8} = \frac{15,87 \times 6^2}{8} = 71,42 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

Se tiene en cuenta únicamente las cargas distribuidas dado que la carga de cerramiento en uno de los extremos de los tramos inicial y final no produce momento.



Por tanto:

$$M_A = M_B = M_C = M_D = M_E = M_F = M_G = 71,42 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

### 6.3 Forjado con tramos hiperestáticos (continuos)

En este apartado se estudiará el forjado tipo de planta primera teniendo en cuenta los tramos de forjados hiperestáticos, es decir, como forjados continuos.

Para el cálculo de esfuerzos, se empleará el *Método simplificado de la EHE – 08*, el programa de cálculo *Cype Ingenieros* y finalmente el programa *Aidepla*.

#### 6.3.1 Método Simplificado de la EHE – 08

El *método simplificado de la EHE 08* se trata de un método simplificado en el cual se igualan los momentos en centro luz y apoyos de los tramos isostáticos. Según la *EHE - 08*, este procedimiento no requiere el planteamiento de alternancia de sobrecargas.

Para este apartado se tendrán en cuenta las fases del proceso constructivo:

- Fase 1. En esta fase sólo actúa el peso propio del forjado. Los tramos se consideran como elementos biapoyados.
- Fase 2. En esta fase ya actúan las cargas muertas y las sobrecargas de uso. Además, dado que la capa de compresión ya ha endurecido y colabora en la resistencia, el conjunto de placas se comporta como una viga continua.

#### **Fase 1**

Tal y como se ha indicado anteriormente, en esta fase solo actúa el peso propio del forjado escogido, de 20 + 5 centímetros y una sobrecarga de construcción de 1 kN/m<sup>2</sup>:

$$q_{pp} = 1,35 \times 4,1 + 1,5 \times 1 = 7,04 \text{ kN/m}^2$$

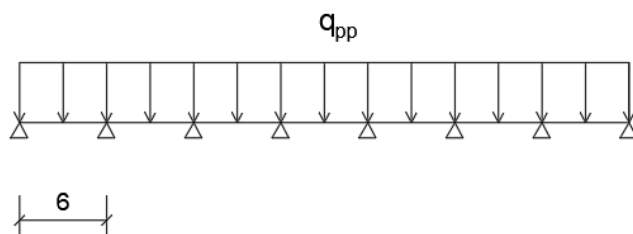


Fig. 11. Distribución de peso propio en placa alveolar de 20+5 centímetros.



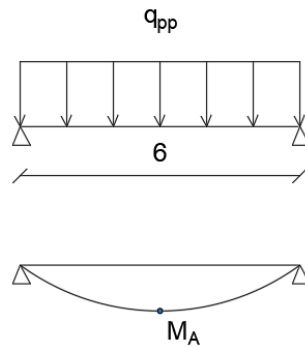


Fig. 12. Cargas y momentos flectores en cada uno de los 7 vanos.

El momento en centro de luz de cada uno de los 7 vanos resulta:

$$M_A = \frac{q_{pp} \times L^2}{8} = \frac{7,04 \times 6^2}{8} = 31,66 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

$$M_A = M_B = M_C = M_D = M_E = M_F = M_G = M_H = 31,66 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$

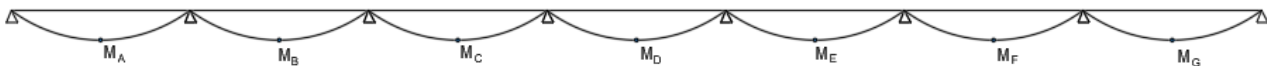


Fig. 13. Diagrama de momentos flectores actuando el peso propio.

## Fase 2

En esta fase ya empiezan a actuar las cargas muertas y sobrecarga de uso, con el forjado comportándose como viga continua.

$$q_{cm+su} = 1,35 \times CM + 1,5 \times SC = 1,35 \times 2,1 + 1,5 \times 1 = 10,34 \text{ kN/m}^2$$

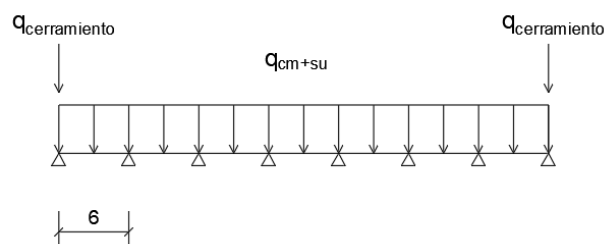


Fig. 14. Distribución de cargas en fase 2.

Según el apartado 4 del *Método simplificado para la redistribución de esfuerzos en forjados de la EHE – 08*, se tomará en los tramos extremos un momento igual al de su apoyo internos ( $M_1$ ); en los tramos intermedios se tomará un momento igual al de ambos apoyos ( $M_2$ ); y en el apoyo exterior se tomará cero cuándo no existe voladizo.

Los valores de los momentos para cargas uniformemente repartidas son los siguientes:

$$M_1 = (1,5 - \sqrt{2}) \times q_{pp+cm} \times l^2 = (1,5 - \sqrt{2}) \times 10,34 \times 6^2 = 31,93 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$



$$M_2 = \frac{q_{cm+su} \times l^2}{16} = \frac{10,34 \times 6^2}{16} = 23,27 \text{ kN} \cdot \frac{\text{m}}{\text{m}}$$

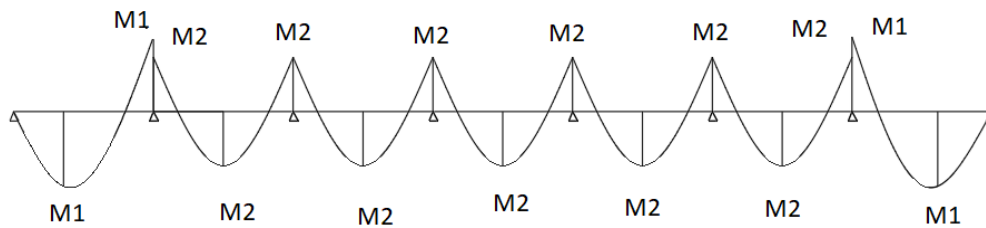


Fig. 15. Nomenclatura de los momentos flectores calculados previamente (cm + su).

A continuación se adjunta una tabla en Excel donde se pueden ver las distintas leyes de momentos flectores, considerando el peso propio, carga muerta y la sobrecarga de uso:

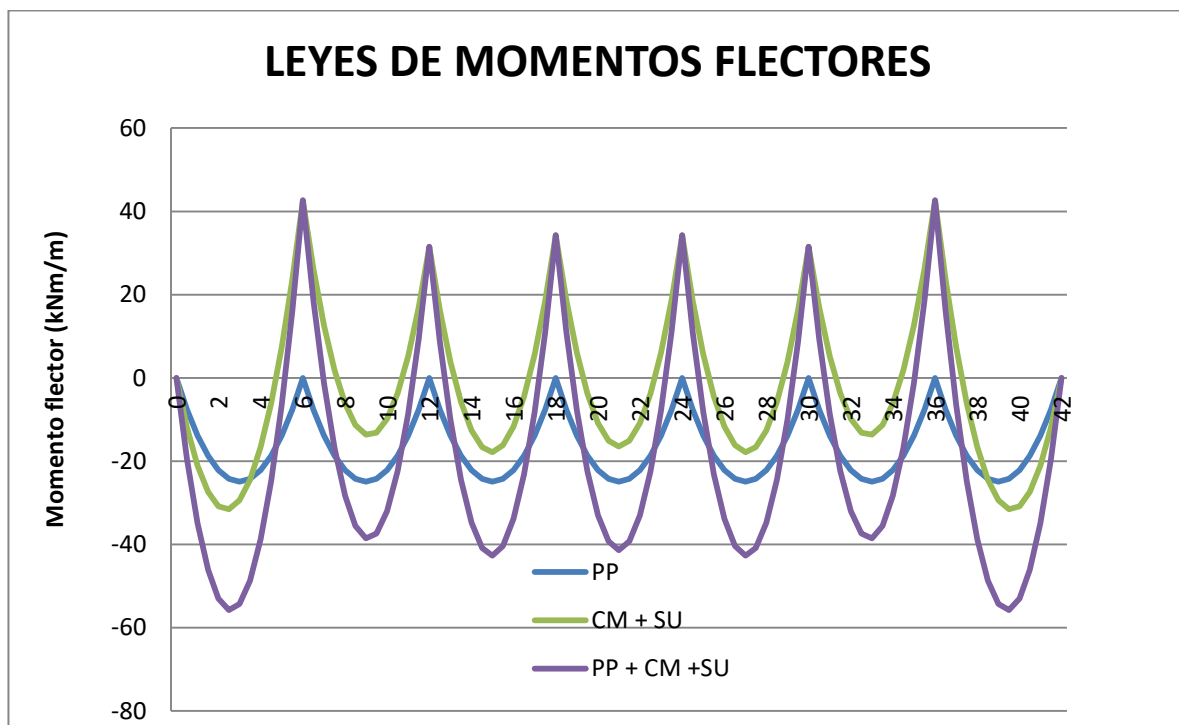


Fig. 16. Leyes de momentos flectores (kNm/m)

Por tanto, y según el *Método simplificado de la EHE – 08*, se obtienen los momentos flectores negativos de cada apoyo a partir de la gráfica básica anterior: en los apoyos exteriores, se toma igual a un cuarto del momento positivo del tramo adyacente calculado en la hipótesis de articulación en el extremo. En los apoyos interiores se toma el mayor de los momentos positivos de los tramos adyacentes.

$$M_{\text{apoyo extremo}} = 0,25 \times M_1 = 0,25 \times 55,76 = 13,94 \text{ kN} \cdot \text{m/m}$$



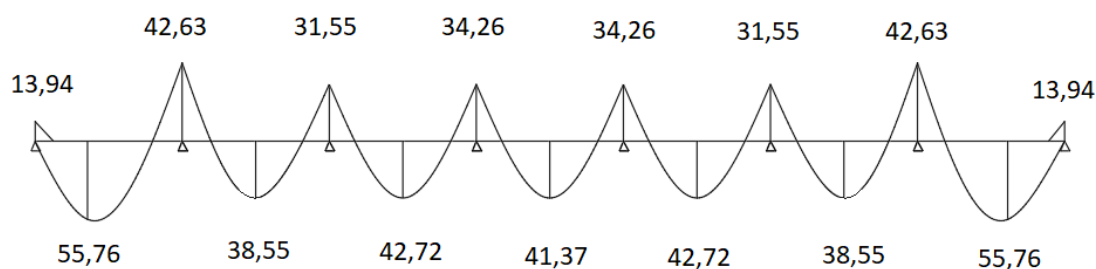


Fig. 17. Leyes de momentos flectores – Unidades en  $\text{kNm/m}$  (pp + cm + su - Método simplificado EHE - 08)

### 6.3.2 Cype Ingenieros

Mediante el programa de cálculo *Cype Ingenieros*, se procederá a obtener el listado de momentos flectores debidos al peso propio, carga muerta y sobrecarga de uso.

Introducidas las cargas en el programa de cálculo, se procede a elegir la tipología de forjado alveolar, que como se ha hecho en el caso anterior, se opta por una placa de 20 + 5 centímetros, con acero B 500 S.

Obtenemos un listado de esfuerzos del forjado tipo analizado, siendo el momento flector positivo máximo de 57,13  $\text{kNm/m}$ ; y el negativo de 38,8  $\text{kNm/m}$ .

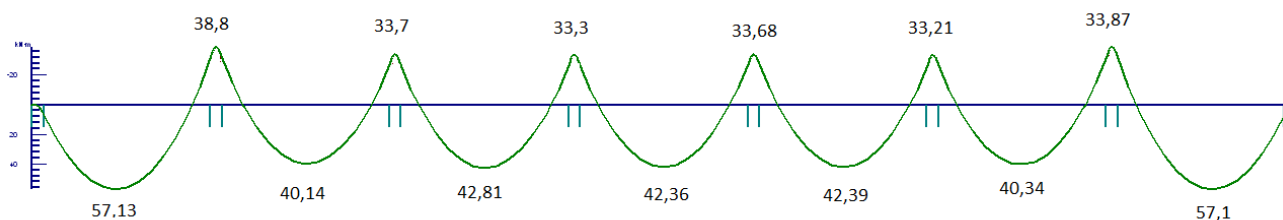


Fig. 18. Ley de momentos flectores en forjado tipo de placas alveolares. Unidades en  $\text{kNm/m}$  (Cype Ingenieros)

### 6.3.3 Aidepla

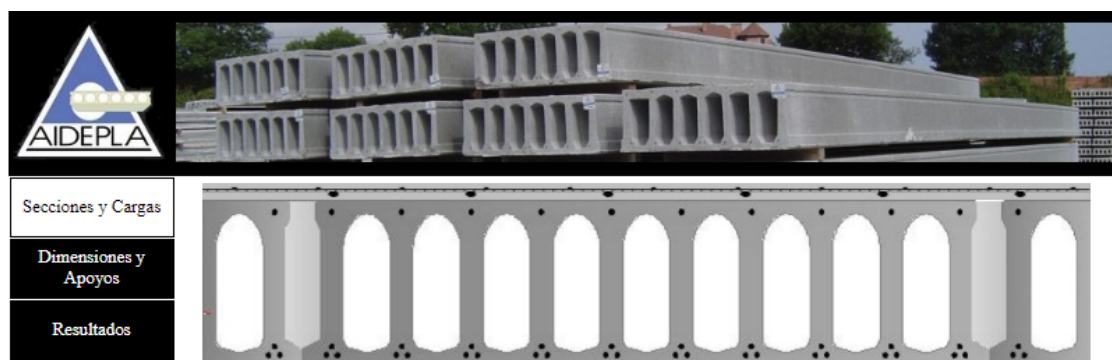
En este apartado se procede a calcular la misma disposición, pero con un análisis lineal con redistribución limitada al 15 %. Para ello, se ha empleado el programa de cálculo de placas alveolares de la *Asociación Española AIDEPLA*.

Se introducen los elementos de la sección del forjado, las cargas, las luces de cálculo de la alineación propuesta, en este caso 6 metros, las condiciones de apoyo y la existencia o no de cargas puntuales, que para el caso tenemos el cerramiento en ambos extremos. Para finalizar, el programa nos mostrará un informe con los resultados obtenidos.



Introducimos el canto del forjado alveolar, de 20 + 5 centímetros; siendo los 5 cm el espesor de la capa de compresión. Automáticamente el programa calcula el peso de dicho forjado. Además, se introducen las cargas permanentes y cargas muertas.

Las cargas variables, para el forjado tipo del edificio objeto de estudio, son de 5 kN/m<sup>2</sup>. Se introducen en el apartado de *Categoría y uso de la carga*. Existe además una carga lineal de 0,8 kN/m correspondiente al cerramiento. Éstas se transformarán en cargas puntuales multiplicando por el ancho de la placa (de 1,2 metros), es decir, las cargas en extremos serán de 0,96 kN. Todo lo explicado se puede ver en la siguiente imagen.



Secciones y Cargas

Dimensiones y Apoyos

Resultados

☐ Vrs. Pública ☐ OBRA Edificio comercial en Torrente con forjados de placas a

☐ SOLADO/CUBIERTA ☒ CAPA DE COMPRESIÓN ☒ ALVEOPLACA ☐ REV ☐ INF

Cargas Permanentes (G)				Cargas Variables - Sobrecargas (Q)			
Catálogo de elementos constructivos CTE	ID	Peso (kN/m <sup>2</sup> )	canto (cm)	Categoría y Uso de la carga	ID	Unif. q <sub>k</sub> (kN/m <sup>2</sup> )	Conc. Q <sub>k</sub> (kN)
Placa Alveolar	G1	3,1	20	Superficial	Q1	5,00	
Capa compresión	G2	1,2	5	Puntual 1 <input checked="" type="checkbox"/>	P1	0,8	
Cubierta				Puntual 2 <input checked="" type="checkbox"/>	P2	0,8	
Solado							
Rev. Inferior	G3						
Otras cargas Perm. (Incluso Tab y Falso techo)		2,1					
TOTAL		6,4	25				

Fig. 19. Introducción de secciones y cargas en el forjado alveolar (AIDEPLA).

En segundo lugar, se marca el número de vanos, es decir, 7, sin voladizos. Seguidamente se introducen las luces de 6 metros de cada vano y las cargas.

Hay que subrayar que el factor de distribución que aparece se extrae de la EHE (Anejo 12) y significa que las cargas aplicadas no están resistidas por una sola losa, sino que puede distribuirse entre varias. El valor recomendable es de 0,3, es decir, que el 30 % de la carga puntual se la lleva una placa única, pero como es un cerramiento asumimos que toda la carga se la lleva el ancho de la placa, es decir, se opta por 1.

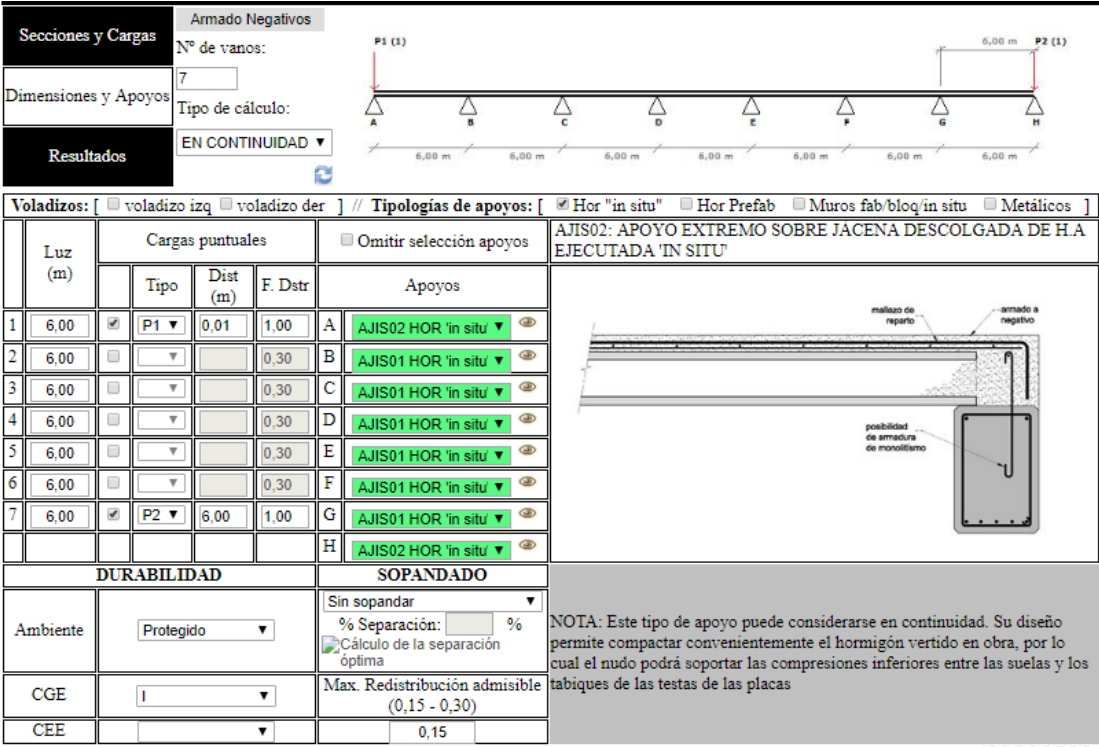
Se realizarán los apoyos de hormigón in situ, opción que se selecciona en *Tipología de apoyos*, y se realizará un análisis en continuidad.

Por último, se introducen los datos relativos a *Durabilidad y Sopandado*. Nos encontramos en un ambiente protegido, de ahí que automáticamente nos ponga ambiente I. En cuanto al sopandado, se





trabaja sin sopandas dado que es una de las principales ventajas de trabajar con placas alveolares, es decir, su capacidad autoportante. Además, la máxima redistribución admisible será del 15 %.



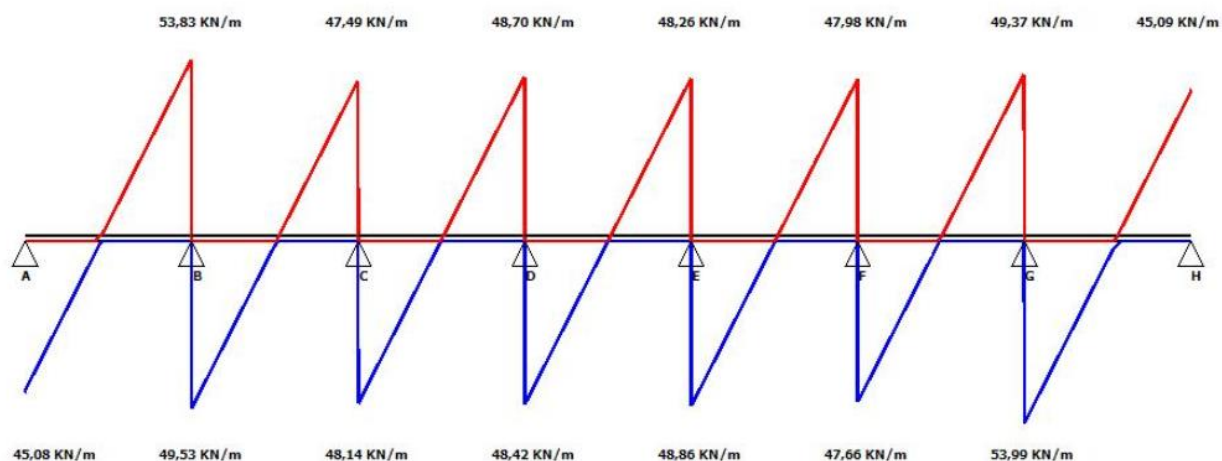


Fig. 22. Ley de cortantes en forjado tipo de placas alveolares. Unidades en kN/m (AIDEPLA).

## 6.4 Comparativa de esquemas resistentes

A continuación se muestra una tabla con los diferentes momentos positivos y negativos máximos (kNm) en el forjado objeto de estudio, diferenciando cada tipología de cálculo.

	M <sub>+</sub>	M <sub>-</sub>
Manual (tramos isostáticos)	71,42	-
EHE - 08	55,76	42,63
Cype Ingenieros	57,13	38,8
Redistribución 15 % (AIDEPLA)	60,65	33,41

Tabla 17. Resumen de momentos flectores máximos y mínimos obtenidos según la metodología de cálculo empleada (Unidades en kNm/m).

En cuanto a los cuatro métodos de cálculo de esfuerzos empleados en el forjado, cabe destacar una serie de consideraciones finales. El primer método, tal y como se esperaba, ofrece unas estimaciones muy burdas de los esfuerzos en el forjado, infravalorando los momentos flectores positivos y sobreestimando los momentos negativos; es decir, se requerirá de mayores cuantías de armadura pretensada y una mínima cantidad de armado de negativos.



Por otro lado, el resto de los métodos ofrecen unos resultados muy próximos entre sí, siendo reales al comportamiento de la estructura.

Si particularizamos más, una de las diferencias entre estos métodos se debe a la redistribución de esfuerzos del 15 % (calculado con el software *AIDEPLA*), que produce una reducción de los momentos flectores negativos en apoyos, y un incremento de los positivos, buscando un equilibrio entre esfuerzos.

Por tanto, se decide ejecutar el análisis de la estructura mediante el programa de cálculo *Cype Ingenieros*, ya que de los tres métodos que se asemejan más a la realidad, éste proporciona valores medios tanto de momentos flectores negativos como positivos. Además, con ayuda de este programa se pueden obtener los distintos armados de cada pórtico de vigas que será útil en el apartado *III Planos*.

## 7. CÁLCULO ESTRUCTURAL. CYPE INGENIEROS

A continuación se extraen los esfuerzos obtenidos mediante el programa de cálculo *Cype Ingenieros*, para obtener el armado de los distintos elementos estructurales que componen la estructura.

### 7.1 Dimensiones y armado de zapatas

En este apartado se extrae una tabla con las dimensiones y armados de las diferentes zapatas que componen el armado del edificio.

Referencias	Geometría	Armado
P1, P8, P57, P64	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 65.0 cm Ancho inicial Y: 65.0 cm Ancho final X: 65.0 cm Ancho final Y: 65.0 cm Ancho zapata X: 130.0 cm Ancho zapata Y: 130.0 cm Canto: 70.0 cm	X: 5Ø20c/24 Y: 5Ø20c/24
P2, P7, P58, P63	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 85.0 cm Ancho inicial Y: 85.0 cm Ancho final X: 85.0 cm Ancho final Y: 85.0 cm Ancho zapata X: 170.0 cm Ancho zapata Y: 170.0 cm Canto: 70.0 cm	X: 7Ø20c/24 Y: 7Ø20c/24
P3, P4, P5, P6, P59, P62	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 85.0 cm	X: 7Ø20c/24 Y: 7Ø20c/24



	Ancho inicial Y: 85.0 cm Ancho final X: 85.0 cm Ancho final Y: 85.0 cm Ancho zapata X: 170.0 cm Ancho zapata Y: 170.0 cm Canto: 70.0 cm	
P9, P16, P17, P24, P41, P48, P49, P56	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 75.0 cm Ancho inicial Y: 75.0 cm Ancho final X: 75.0 cm Ancho final Y: 75.0 cm Ancho zapata X: 150.0 cm Ancho zapata Y: 150.0 cm Canto: 70.0 cm	X: 6Ø20c/24 Y: 6Ø20c/24
P10, P11, P12, P13, P14, P15, P18, P23, P27, P30, P35, P38, P42, P47, P50, P51, P54, P55	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105.0 cm Ancho inicial Y: 105.0 cm Ancho final X: 105.0 cm Ancho final Y: 105.0 cm Ancho zapata X: 210.0 cm Ancho zapata Y: 210.0 cm Canto: 70.0 cm	X: 9Ø20c/24 Y: 9Ø20c/24
P19, P20, P21, P22, P43, P44, P45, P46, P52, P53	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 100.0 cm Ancho inicial Y: 100.0 cm Ancho final X: 100.0 cm Ancho final Y: 100.0 cm Ancho zapata X: 200.0 cm Ancho zapata Y: 200.0 cm Canto: 70.0 cm	X: 8Ø20c/24 Y: 8Ø20c/24
P25, P32, P33, P40	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 70.0 cm Ancho inicial Y: 70.0 cm Ancho final X: 70.0 cm Ancho final Y: 70.0 cm Ancho zapata X: 140.0 cm Ancho zapata Y: 140.0 cm Canto: 70.0 cm	X: 6Ø20c/24 Y: 6Ø20c/24
P26, P28, P29, P31, P34, P36, P37, P39	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 95.0 cm Ancho inicial Y: 95.0 cm Ancho final X: 95.0 cm Ancho final Y: 95.0 cm	X: 8Ø20c/24 Y: 8Ø20c/24



	Ancho zapata X: 190.0 cm Ancho zapata Y: 190.0 cm Canto: 70.0 cm	
P60, P61	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 80.0 cm Ancho inicial Y: 80.0 cm Ancho final X: 80.0 cm Ancho final Y: 80.0 cm Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 160.0 cm Canto: 70.0 cm	X: 7Ø20c/24 Y: 7Ø20c/24
P29	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105.0 cm Ancho inicial Y: 105.0 cm Ancho final X: 105.0 cm Ancho final Y: 105.0 cm Ancho zapata X: 210.0 cm Ancho zapata Y: 210.0 cm Canto: 50.0 cm	X: 16Ø12c/12.5 Y: 16Ø12c/12.5
P32	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 80.0 cm Ancho inicial Y: 80.0 cm Ancho final X: 80.0 cm Ancho final Y: 80.0 cm Ancho zapata X: 160.0 cm Ancho zapata Y: 160.0 cm Canto: 50.0 cm	X: 12Ø12c/12.5 Y: 12Ø12c/12.5
P33, P40	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 65.0 cm Ancho inicial Y: 65.0 cm Ancho final X: 65.0 cm Ancho final Y: 65.0 cm Ancho zapata X: 130.0 cm Ancho zapata Y: 130.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 5Ø16c/27 Y: 5Ø16c/27
P34, P39	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 95.0 cm Ancho inicial Y: 95.0 cm Ancho final X: 95.0 cm Ancho final Y: 95.0 cm Ancho zapata X: 190.0 cm Ancho zapata Y: 190.0 cm	X: 8Ø16c/24 Y: 8Ø16c/24



	Canto: 45.0 cm	
P36, P37	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 90.0 cm Ancho inicial Y: 90.0 cm Ancho final X: 90.0 cm Ancho final Y: 90.0 cm Ancho zapata X: 180.0 cm Ancho zapata Y: 180.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 7Ø16c/27 Y: 12Ø12c/15
P53	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 105.0 cm Ancho inicial Y: 105.0 cm Ancho final X: 105.0 cm Ancho final Y: 105.0 cm Ancho zapata X: 210.0 cm Ancho zapata Y: 210.0 cm Canto: 50.0 cm	X: 16Ø12c/12.5 Y: 16Ø12c/12.5
P60	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 75.0 cm Ancho inicial Y: 75.0 cm Ancho final X: 75.0 cm Ancho final Y: 75.0 cm Ancho zapata X: 150.0 cm Ancho zapata Y: 150.0 cm Canto: 40.0 cm	X: 6Ø16c/27 Y: 6Ø16c/27
P61	Zapata rectangular excéntrica Ancho inicial X: 95.0 cm Ancho inicial Y: 95.0 cm Ancho final X: 95.0 cm Ancho final Y: 95.0 cm Ancho zapata X: 190.0 cm Ancho zapata Y: 190.0 cm Canto: 45.0 cm	X: 8Ø16c/24 Y: 8Ø16c/24



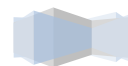
## 7.2 Dimensiones y armado de las vigas de atado

Referencias	Tipo	Geometría	Armado
[P1 - P2], [P1 - P9], [P9 - P17], [P2 - P10], [P10 - P18], [P2 - P3], [P3 - P4], [P3 - P11], [P11 - P19], [P4 - P5], [P4 - P12], [P12 - P20], [P5 - P13], [P13 - P21], [P5 - P6], [P6 - P7], [P6 - P14], [P14 - P22], [P7 - P15], [P15 - P23], [P7 - P8], [P8 - P16], [P16 - P24], [P24 - P32], [P23 - P31], [P22 - P30], [P21 - P29], [P20 - P28], [P19 - P27], [P18 - P26], [P17 - P25], [P25 - P33], [P26 - P34], [P27 - P35], [P28 - P36], [P29 - P37], [P30 - P38], [P31 - P39],	C.1	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30



[P32 - P40], [P40 - P48], [P39 - P47], [P38 - P46], [P37 - P45], [P36 - P44], [P35 - P43], [P34 - P42], [P33 - P41], [P42 - P50], [P43 - P51], [P44 - P52], [P45 - P53], [P46 - P54], [P47 - P55], [P48 - P56], [P56 - P64], [P55 - P63], [P54 - P62], [P53 - P61], [P52 - P60], [P51 - P59], [P50 - P58], [P57 - P58], [P58 - P59], [P59 - P60], [P60 - P61], [P61 - P62], [P62 - P63], [P63 - P64]			
[P41 - P49], [P49 - P57]	C.1	Ancho: 40.0 cm Canto: 40.0 cm	Superior: 2Ø12 Inferior: 2Ø12 Estribos: 1xØ8c/30

### 7.3 Esfuerzos pésimos en pilares





Pilar	Planta	Dimensión (cm)	Tramo (m)	Pésimos			Referencia		
				N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)	N (kN)	Mx (kN·m)	My (kN·m)
P1	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	108.2	17.5	38.0	108.2	12.6	32.4
				96.8	20.1	49.5	96.8	15.6	44.5
				95.9	16.4	35.3	95.9	12.0	30.4
				64.8	14.6	37.7	64.8	11.6	34.3
				89.9	13.6	26.3	89.9	9.6	21.7
				77.4	12.1	22.7	77.4	8.6	18.7
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	280.8	19.0	42.2	280.8	8.6	28.9
				262.5	25.4	61.9	262.5	14.7	48.8
				196.8	19.9	49.9	196.8	11.8	40.0
			Piso superior	108.2	17.5	38.0	108.2	12.6	32.4
				96.8	20.1	49.5	96.8	15.6	44.5
				95.9	16.4	35.3	95.9	12.0	30.4
				64.8	14.6	37.7	64.8	11.6	34.3
P2	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	213.8	6.7	90.4	213.8	1.4	81.6
				189.1	5.9	121.7	189.1	1.3	113.8
				126.7	4.0	93.8	126.7	0.9	88.4
				189.6	6.4	64.0	189.6	1.6	56.4
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	578.2	12.4	96.6	578.2	0.0	74.6
				554.0	11.9	147.7	554.0	0.0	125.7
				420.5	9.1	121.2	420.5	0.0	104.4
			Piso superior	213.8	6.7	90.4	213.8	1.4	81.6
				189.1	5.9	121.7	189.1	1.3	113.8
				126.7	4.0	93.8	126.7	0.9	88.4
P3	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	206.3	5.3	85.0	206.3	0.6	76.7
				182.7	3.9	113.5	182.7	0.0	106.0
				122.5	2.6	87.2	122.5	0.0	82.2
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	541.3	11.4	88.3	541.3	0.0	68.2
				429.7	9.6	48.2	429.7	0.4	33.2
				517.2	10.9	135.1	517.2	0.0	114.9
				405.6	9.5	71.0	405.6	0.7	55.8
				390.7	8.2	110.8	390.7	0.0	95.5
			Piso	206.3	5.3	85.0	206.3	0.6	76.7



			superior	182.7 122.5	3.9 2.6	113.5 87.2	182.7 122.5	0.0 0.0	106.0 82.2
P4	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	205.4	6.3	85.5	205.4	1.3	77.2
				181.2	5.5	114.2	181.2	1.2	106.8
				121.5	2.6	87.8	121.5	0.0	82.9
				157.2	5.0	55.8	157.2	1.2	49.5
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	539.6	11.4	89.0	539.6	0.0	69.0
				428.9	9.6	48.6	428.9	0.4	33.5
				515.5	10.9	136.2	515.5	0.0	116.1
				404.8	9.5	71.6	404.8	0.7	56.5
				389.4	8.2	111.7	389.4	0.0	96.5
				278.7	6.5	47.2	278.7	0.4	36.8
			Piso superior	205.4	6.3	85.5	205.4	1.3	77.2
				181.2	5.5	114.2	181.2	1.2	106.8
				121.5	2.6	87.8	121.5	0.0	82.9
P5	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	203.9	5.3	85.5	203.9	0.7	77.3
				179.4	3.8	114.2	179.4	0.0	106.9
				120.3	2.5	87.8	120.3	0.0	82.9
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	537.7	11.3	88.9	537.7	0.0	68.9
				427.4	9.9	48.5	427.4	0.6	33.5
				513.6	10.8	136.1	513.6	0.0	116.1
				403.3	10.0	71.5	403.3	1.0	56.4
				388.2	8.2	111.7	388.2	0.0	96.5
				277.8	6.9	47.1	277.8	0.7	36.8
			Piso superior	203.9	5.3	85.5	203.9	0.7	77.3
				179.4	3.8	114.2	179.4	0.0	106.9
				120.3	2.5	87.8	120.3	0.0	82.9
P6	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	203.2	5.2	84.9	203.2	0.6	76.8
				179.1	3.8	113.4	179.1	0.0	106.0
				120.1	2.5	87.1	120.1	0.0	82.2
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	535.7	11.3	88.0	535.7	0.0	68.2
				425.7	9.9	48.0	425.7	0.6	33.1
				511.5	10.8	134.7	511.5	0.0	114.7
				401.5	9.9	70.7	401.5	1.0	55.7
				386.6	8.2	110.5	386.6	0.0	95.4
			Piso superior	203.2	5.2	84.9	203.2	0.6	76.8



				179.1 120.1	3.8 2.5	113.4 87.1	179.1 120.1	0.0 0.0	106.0 82.2
P7	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	210.5	6.1	90.3	210.5	1.1	81.7
				185.1	5.4	121.5	185.1	1.0	113.7
				124.1	3.6	93.6	124.1	0.6	88.4
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	569.8	12.3	96.1	569.8	0.0	74.5
				545.7	11.7	147.1	545.7	0.0	125.3
				414.2	8.9	120.7	414.2	0.0	104.1
				394.6	9.1	79.1	394.6	0.4	63.8
		Piso superior		210.5	6.1	90.3	210.5	1.1	81.7
				185.1	5.4	121.5	185.1	1.0	113.7
				124.1	3.6	93.6	124.1	0.6	88.4
P8	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	107.2	16.5	37.9	107.2	11.7	32.4
				95.5	19.0	49.4	95.5	14.6	44.5
				94.6	15.4	35.3	94.6	11.2	30.4
				64.0	13.9	37.7	64.0	10.9	34.3
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	277.6	19.2	42.0	277.6	8.8	28.8
				259.3	25.7	61.7	259.3	15.1	48.7
				194.7	17.0	35.9	194.7	9.3	26.4
				194.4	20.0	49.7	194.4	12.0	39.9
		Piso superior		107.2	16.5	37.9	107.2	11.7	32.4
				95.5	19.0	49.4	95.5	14.6	44.5
				94.6	15.4	35.3	94.6	11.2	30.4
				64.0	13.9	37.7	64.0	10.9	34.3
P9	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	225.0	15.7	16.3	225.0	7.8	7.1
				192.9	14.0	14.6	192.9	7.2	6.6
				192.1	17.5	17.6	192.1	10.3	9.2
				127.8	12.8	12.7	127.8	7.9	7.0
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	550.0	22.3	31.9	550.0	6.2	5.3
				531.6	27.6	28.7	531.6	10.6	9.1
				401.9	22.1	22.6	401.9	9.0	7.6
		Piso superior		225.0	15.7	16.3	225.0	7.8	7.1
				192.9	14.0	14.6	192.9	7.2	6.6
				192.1	17.5	17.6	192.1	10.3	9.2
				127.8	12.8	12.7	127.8	7.9	7.0
P10	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	444.7	10.2	27.5	444.7	0.5	13.8



				374.4 248.7	9.0 6.0	29.3 21.1	374.4 248.7	0.7 0.5	17.0 12.8		
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1133. 4	24.1	54.9	1133. 4	0.0	8.7		
				1109. 3	25.1	53.7	1109. 3	1.0	14.7		
				847.4	19.2	41.0	847.4	0.7	12.7		
			Piso superior	444.7	10.2	27.5	444.7	0.5	13.8		
				377.0	8.7	24.3	377.0	0.4	12.6		
				374.4 248.7	9.0 6.0	29.3 21.1	374.4 248.7	0.7 0.5	17.0 12.8		
		P11	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	430.2	9.2	26.1	430.2	0.0	13.0
						362.4	7.7	27.5	362.4	0.0	15.7
	240.7					5.1	19.8	240.7	0.0	11.8	
Forjado 1	40x40		0.00/4.10	1071. 5	22.8	51.9	1071. 5	0.0	7.4		
				1047. 4	22.3	50.7	1047. 4	0.0	12.6		
				798.4	17.0	38.7	798.4	0.0	11.0		
	Piso superior	430.2	9.2	26.1	430.2	0.0	13.0				
		362.4	7.7	27.5	362.4	0.0	15.7				
		240.7	5.1	19.8	240.7	0.0	11.8				
P12	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	431.6	9.2	26.4	431.6	0.0	13.2		
				363.8	7.8	28.0	363.8	0.0	16.2		
				241.7	5.1	20.2	241.7	0.0	12.2		
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1078. 7	23.0	52.2	1078. 7	0.0	8.0		
				1054. 6	22.5	51.1	1054. 6	0.0	13.6		
				804.2	17.1	38.9	804.2	0.0	11.8		
		Piso superior	431.6	9.2	26.4	431.6	0.0	13.2			
			363.8	7.8	28.0	363.8	0.0	16.2			
			241.7	5.1	20.2	241.7	0.0	12.2			
P13	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	431.6	9.2	26.4	431.6	0.0	13.3		
				363.8	7.8	28.0	363.8	0.0	16.2		
				241.8	5.2	20.2	241.8	0.0	12.2		
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1078. 8	23.0	52.2	1078. 8	0.0	8.0		
				1054. 6	22.5	51.1	1054. 6	0.0	13.6		
				804.3	17.1	38.9	804.3	0.0	11.8		



			Piso superior	431.6	9.2	26.4	431.6	0.0	13.3
				363.8	7.8	28.0	363.8	0.0	16.2
				241.8	5.2	20.2	241.8	0.0	12.2
P14	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	430.3	9.2	26.1	430.3	0.0	13.0
				362.4	7.7	27.5	362.4	0.0	15.7
				240.8	5.1	19.8	240.8	0.0	11.8
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1071.5	22.8	51.9	1071.5	0.0	7.3
				1047.4	22.3	50.7	1047.4	0.0	12.5
				798.5	17.0	38.7	798.5	0.0	10.9
			Piso superior	430.3	9.2	26.1	430.3	0.0	13.0
				362.4	7.7	27.5	362.4	0.0	15.7
				240.8	5.1	19.8	240.8	0.0	11.8
P15	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	444.9	10.2	27.5	444.9	0.5	13.8
				374.5	9.0	29.2	374.5	0.7	17.0
				248.8	6.0	21.1	248.8	0.4	12.8
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1133.4	24.1	54.9	1133.4	0.0	8.6
				1109.3	25.1	53.7	1109.3	1.0	14.6
				847.4	19.2	41.0	847.4	0.7	12.6
			Piso superior	444.9	10.2	27.5	444.9	0.5	13.8
				377.1	8.6	24.3	377.1	0.4	12.6
				374.5	9.0	29.2	374.5	0.7	17.0
				248.8	6.0	21.1	248.8	0.4	12.8
P16	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	225.1	15.7	16.3	225.1	7.9	7.1
				192.9	14.1	14.6	192.9	7.2	6.6
				192.2	17.5	17.6	192.2	10.3	9.2
				127.9	12.8	12.7	127.9	7.9	7.0
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	550.0	22.3	31.9	550.0	6.2	5.3
				531.6	27.6	30.8	531.6	10.6	9.0
				401.9	22.1	22.6	401.9	9.0	7.5
			Piso superior	225.1	15.7	16.3	225.1	7.9	7.1
				192.9	14.1	14.6	192.9	7.2	6.6
				192.2	17.5	17.6	192.2	10.3	9.2
				127.9	12.8	12.7	127.9	7.9	7.0
P17	Forjado 2	40x30	4.80/9.00	200.5	14.5	11.4	200.5	7.3	3.7

		40x30	0.00/4.15	171.9	13.0	10.4	171.9	6.7	3.6
				171.7	16.3	13.2	171.7	9.6	5.9
				114.4	11.9	9.7	114.4	7.4	4.7
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	527.6	21.3	30.6	527.6	5.9	5.4
				509.2	26.4	29.5	509.2	10.1	9.0
				386.6	21.1	21.9	386.6	8.6	7.4
			Piso superior	200.5	14.4	11.2	200.5	7.3	3.7
				171.9	12.8	10.2	171.9	6.7	3.6
				171.7	16.1	13.0	171.7	9.6	5.9
				114.4	11.8	9.6	114.4	7.4	4.7
P18	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	401.9	9.5	19.7	401.9	0.5	4.4
				340.9	8.4	16.7	340.9	0.7	6.6
				227.2	5.6	12.0	227.2	0.4	5.2
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1085.7	23.1	52.6	1085.7	0.0	5.9
				1061.5	23.9	51.4	1061.5	0.9	9.8
			Piso superior	401.9	9.2	19.5	401.9	0.5	4.4
				341.2	7.9	16.5	341.2	0.4	4.2
				340.9	8.2	16.5	340.9	0.7	6.6
				227.2	5.5	11.8	227.2	0.4	5.2
P19	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	390.0	8.5	19.2	390.0	0.0	1.7
				365.6	8.0	18.0	365.6	0.0	2.5
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1011.3	21.5	49.0	1011.3	0.0	0.0
				Piso superior	390.0	8.3	18.9	390.0	0.0
P20	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	389.8	8.5	19.1	389.8	0.0	4.2
				331.0	7.2	16.3	331.0	0.0	6.2
				220.6	4.8	11.4	220.6	0.0	4.9
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1032.1	22.0	50.0	1032.1	0.0	5.4
				1007.9	21.5	48.8	1007.9	0.0	9.1
			Piso superior	389.8	8.3	18.9	389.8	0.0	4.2
331.0	7.1	16.0		331.0	0.0	6.2			
220.6	4.7	11.3		220.6	0.0	4.9			
P21	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	389.8	8.5	19.1	389.8	0.0	4.2
				331.0	7.2	16.3	331.0	0.0	6.2

				220.6	4.8	11.4	220.6	0.0	4.9
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1032.1	22.0	50.0	1032.1	0.0	5.5
				1007.9	21.5	48.8	1007.9	0.0	9.1
			Piso superior	389.8	8.3	18.9	389.8	0.0	4.2
				331.0	7.1	16.0	331.0	0.0	6.2
				220.6	4.7	11.3	220.6	0.0	4.9
P22	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	390.0	8.5	19.2	390.0	0.0	1.7
				365.6	8.0	18.0	365.6	0.0	2.6
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1011.3	21.5	49.0	1011.3	0.0	0.0
			Piso superior	390.0	8.3	18.9	390.0	0.0	1.7
P23	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	401.9	9.4	19.7	401.9	0.4	4.5
				340.8	8.4	16.7	340.8	0.6	6.7
				227.1	5.6	12.0	227.1	0.4	5.2
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1085.7	23.1	52.6	1085.7	0.0	5.9
				1061.6	24.0	51.4	1061.6	0.9	9.8
			Piso superior	401.9	9.2	19.5	401.9	0.4	4.5
				341.1	7.8	16.5	341.1	0.4	4.2
				340.8	8.2	16.5	340.8	0.6	6.7
				227.1	5.5	11.9	227.1	0.4	5.2
P24	Forjado 2	40x30	4.80/9.00	200.5	14.6	11.4	200.5	7.3	3.7
				171.9	13.0	10.4	171.9	6.7	3.6
				171.7	16.3	13.2	171.7	9.6	5.9
				114.4	11.9	9.7	114.4	7.4	4.7
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	527.6	21.3	30.6	527.6	6.0	5.4
				509.3	26.3	29.5	509.3	10.1	9.1
				386.7	21.1	22.0	386.7	8.6	7.4
			Piso superior	200.5	14.4	11.3	200.5	7.3	3.7
				171.9	12.9	10.2	171.9	6.7	3.6
				171.7	16.1	13.1	171.7	9.6	5.9
				114.4	11.8	9.6	114.4	7.4	4.7
P25	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	208.6	17.3	24.7	208.6	9.7	15.1
				179.7	19.5	35.9	179.7	12.5	27.0
				119.9	14.3	28.0	119.9	9.5	21.9



	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	386.9	21.3	42.6	386.9	8.7	25.0
				368.6	28.2	60.2	368.6	14.9	42.3
				270.5	22.0	47.7	270.5	12.1	34.4
			Piso superior	208.6	17.3	24.7	208.6	9.7	15.1
				179.7	19.5	35.9	179.7	12.5	27.0
				119.9	14.3	28.0	119.9	9.5	21.9
P26	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	411.2	11.9	37.8	411.2	1.9	23.5
				349.7	11.3	56.1	349.7	2.5	42.7
				233.5	7.5	44.0	233.5	1.7	34.9
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	887.1	22.9	69.6	887.1	2.7	40.6
				863.0	24.9	99.2	863.0	4.4	68.6
				701.9	19.7	60.6	701.9	3.2	37.1
				649.6	18.7	79.5	649.6	3.3	56.2
			Piso superior	411.2	11.6	37.4	411.2	1.9	23.5
				349.7	11.1	55.7	349.7	2.5	42.7
				233.5	7.4	43.8	233.5	1.7	34.9
P27	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	397.2	8.7	19.5	397.2	0.0	4.1
				337.0	7.4	18.0	337.0	0.0	8.0
				224.6	4.9	13.5	224.6	0.0	6.6
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1066.5	22.7	51.6	1066.5	0.0	8.1
				1042.3	22.2	50.5	1042.3	0.0	13.5
			Piso superior	397.2	8.5	19.2	397.2	0.0	4.1
				337.0	7.2	17.8	337.0	0.0	8.0
				224.6	4.8	13.4	224.6	0.0	6.6
P28	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	399.4	11.0	34.5	399.4	1.5	20.8
				339.9	10.0	50.7	339.9	1.8	37.8
				226.9	6.7	39.7	226.9	1.2	30.9
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	857.8	21.3	63.7	857.8	2.0	36.0
				833.7	22.9	90.1	833.7	3.4	60.9
				679.7	18.8	55.4	679.7	2.9	33.0
				627.1	17.2	72.1	627.1	2.6	49.8
			Piso superior	399.4	10.7	34.1	399.4	1.5	20.8
				339.9	9.8	50.4	339.9	1.8	37.8
				226.9	6.6	39.5	226.9	1.2	30.9
P29	Forjado	40x40	4.80/8.95	399.4	11.0	34.5	399.4	1.5	20.8





	2			339.9 226.9	10.1 6.7	50.7 39.7	339.9 226.9	1.8 1.2	37.8 30.9	
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	857.9	21.4	63.7	857.9	2.1	36.0	
				833.7	22.9	90.1	833.7	3.5	60.8	
				679.7	18.8	55.4	679.7	2.9	33.0	
				627.1	17.2	72.1	627.1	2.6	49.8	
		Piso superior	399.4	10.8	34.2	399.4	1.5	20.8		
			339.9 226.9	9.9 6.6	50.4 39.5	339.9 226.9	1.8 1.2	37.8 30.9		
	P30	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	397.2	8.7	19.5	397.2	0.0	4.1
					337.0	7.4	18.0	337.0	0.0	8.0
					224.6	4.9	13.5	224.6	0.0	6.6
Forjado 1		40x40	0.00/4.10	1066. 4	22.7	51.6	1066. 4	0.0	8.1	
				1042. 3	22.2	50.5	1042. 3	0.0	13.6	
				Piso superior	397.2	8.5	19.2	397.2	0.0	4.1
337.0	7.2	17.8	337.0		0.0	8.0				
224.6	4.8	13.4	224.6		0.0	6.6				
P31	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	411.2	12.7	37.9	411.2	2.5	23.6	
				349.7	12.0	56.2	349.7	3.0	42.8	
				349.2	11.3	35.9	349.2	2.5	23.5	
				233.5	8.0	44.1	233.5	2.0	34.9	
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	887.2	23.7	69.7	887.2	3.2	40.7	
				863.1	26.4	99.3	863.1	5.5	68.7	
				703.0	21.4	60.7	703.0	4.4	37.2	
				649.3	19.8	79.6	649.3	4.1	56.3	
			641.1	20.2	59.0	641.1	4.5	37.3		
			Piso superior	411.2	12.5	37.5	411.2	2.5	23.6	
349.7				11.8	55.9	349.7	3.0	42.8		
349.2				11.1	35.6	349.2	2.5	23.5		
233.5	7.9	43.8		233.5	2.0	34.9				
P32	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	208.6	17.7	24.8	208.6	10.0	15.1	
				179.7	19.6	36.0	179.7	12.6	27.0	
				179.3	16.1	23.5	179.3	9.4	15.1	
				119.9	14.3	28.0	119.9	9.5	22.0	
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	386.4	21.5	42.6	386.4	8.9	25.0	



				368.1 269.8	28.3 21.9	60.3 47.8	368.1 269.8	15.1 12.0	42.4 34.5
			Piso superior	208.6 179.7 179.3 119.9	17.7 19.6 16.1 14.3	24.8 36.0 23.5 28.0	208.6 179.7 179.3 119.9	10.0 12.6 9.4 9.5	15.1 27.0 15.1 22.0
P33	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	208.6 179.7 119.9	17.4 19.5 14.2	24.7 35.9 28.0	208.6 179.7 119.9	9.7 12.5 9.5	15.1 27.0 22.0
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	385.3 366.9 269.2	21.1 27.9 21.8	42.8 60.5 47.9	385.3 366.9 269.2	8.6 14.7 11.9	25.2 42.6 34.7
P34	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	411.2 349.8 233.5	11.8 11.1 7.4	37.7 55.9 43.9	411.2 349.8 233.5	1.9 2.4 1.6	23.5 42.6 34.8
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	884.0 859.9 700.4 647.0	22.6 24.4 19.6 18.4	69.9 99.5 60.8 79.7	884.0 859.9 700.4 647.0	2.5 4.1 3.2 3.1	41.0 68.9 37.4 56.4
P35	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	397.1 336.9 224.5	8.7 7.4 4.9	19.5 18.4 13.8	397.1 336.9 224.5	0.0 0.0 0.0	4.3 8.2 6.8
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1066. 8 1042. 7	22.7 22.2	51.6 50.5	1066. 8 1042. 7	0.0 0.0	7.8 13.3
P36	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	397.8 338.6	12.4 11.1	33.9 50.0	397.8 338.6	2.5 2.6	20.3 37.2



				338.1 226.0	11.1 7.4	32.1 39.2	338.1 226.0	2.5 1.7	20.3 30.4
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	853.3 829.1 678.3 622.7 618.6	22.5 24.9 21.4 18.7 20.1	63.8 90.0 55.6 72.0 53.9	853.3 829.1 678.3 622.7 618.6	2.9 5.0 4.8 3.7 4.8	36.2 60.9 33.2 49.9 33.2
			Piso superior	397.8 338.6 338.1 226.0	12.1 10.9 10.8 7.3	33.6 49.7 31.9 39.0	397.8 338.6 338.1 226.0	2.5 2.6 2.5 1.7	20.3 37.2 20.3 30.4
P37	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	397.8 338.6 338.1 226.1	12.2 10.8 10.9 6.9	33.9 50.0 32.1 39.2	397.8 338.6 338.1 226.1	2.4 2.3 2.4 1.4	20.3 37.2 20.3 30.4
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	853.3 829.1 678.3 622.7 618.6	22.2 24.2 21.1 18.2 19.8	63.8 90.1 55.6 72.0 53.9	853.3 829.1 678.3 622.7 618.6	2.7 4.5 4.5 3.4 4.5	36.2 61.0 33.2 49.9 33.2
			Piso superior	397.8 338.6 338.1 226.1	12.0 10.6 10.7 6.8	33.6 49.7 31.9 39.0	397.8 338.6 338.1 226.1	2.4 2.3 2.4 1.4	20.3 37.2 20.3 30.4
P38	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	397.1 336.9 224.5	8.7 7.4 4.9	19.5 18.4 13.8	397.1 336.9 224.5	0.0 0.0 0.0	4.3 8.2 6.8
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1067.6 1043.5	22.7 22.2	51.7 50.5	1067.6 1043.5	0.0 0.0	7.8 13.3
			Piso superior	397.1 336.9 224.5	8.5 7.2 4.8	19.2 18.1 13.6	397.1 336.9 224.5	0.0 0.0 0.0	4.3 8.2 6.8
P39	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	411.2 349.8 233.5	12.1 11.3 7.5	37.5 55.7 43.7	411.2 349.8 233.5	2.1 2.5 1.7	23.3 42.3 34.6
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	882.9	22.6	69.7	882.9	2.6	40.8



				858.7	24.8	99.1	858.7	4.4	68.6	
				700.2	20.1	60.6	700.2	3.5	37.2	
				645.9	18.6	79.4	645.9	3.3	56.2	
				638.3	18.9	58.9	638.3	3.6	37.2	
				Piso superior	411.2	11.9	37.2	411.2	2.1	23.3
				349.8	11.1	55.4	349.8	2.5	42.3	
				233.5	7.4	43.5	233.5	1.7	34.6	
P40	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	208.7	17.5	24.5	208.7	9.8	14.9	
				179.7	19.3	35.7	179.7	12.3	26.7	
				120.0	14.0	27.8	120.0	9.3	21.8	
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	383.5	20.9	42.5	383.5	8.5	25.0	
				365.2	27.5	60.0	365.2	14.4	42.2	
				267.6	21.3	47.5	267.6	11.6	34.4	
			Piso superior	208.7	17.5	24.5	208.7	9.8	14.9	
			179.7	19.3	35.7	179.7	12.3	26.7		
			120.0	14.0	27.8	120.0	9.3	21.8		
	P41	Forjado 2	40x30	4.80/9.00	201.2	15.3	11.6	201.2	8.0	3.8
172.5					13.7	10.5	172.5	7.3	3.7	
172.3					17.0	13.4	172.3	10.3	6.0	
114.8					12.4	9.8	114.8	7.8	4.8	
182.6					14.1	7.3	182.6	7.4	1.3	
Forjado 1		40x30	0.00/4.15	528.1	20.9	30.6	528.1	5.6	5.3	
				509.8	25.8	29.5	509.8	9.7	9.0	
				387.0	20.7	21.9	387.0	8.3	7.3	
			Piso superior	201.2	15.2	11.4	201.2	8.0	3.8	
			172.5	13.5	10.4	172.5	7.3	3.7		
172.3	16.9	13.2	172.3	10.3	6.0					
114.8	12.3	9.7	114.8	7.8	4.8					
P42	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	401.6	9.5	19.7	401.6	0.5	4.6	
				340.9	8.1	16.7	340.9	0.4	4.4	
				340.5	8.5	16.8	340.5	0.7	6.8	
				226.9	5.7	12.2	226.9	0.5	5.4	
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1085. 5	23.1	52.5	1085. 5	0.0	5.6	
				1061. 4	23.9	51.4	1061. 4	0.9	9.5	
			Piso superior	401.6	9.3	19.4	401.6	0.5	4.6	
			340.9	7.9	16.5	340.9	0.4	4.4		



				340.5 226.9	8.3 5.5	16.5 12.0	340.5 226.9	0.7 0.5	6.8 5.4
P43	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	390.1	8.5	19.2	390.1	0.0	1.8
				365.6	8.0	18.0	365.6	0.0	2.6
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1011. 3	21.5	49.0	1011. 3	0.0	0.0
				Piso superior 390.1 222.0	8.3 4.7	18.9 10.7	390.1 222.0	0.0 0.0	1.8 1.3
P44	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	396.0	8.6	19.4	396.0	0.0	3.0
				336.1	7.3	16.5	336.1	0.0	5.3
				224.0	4.9	11.0	224.0	0.0	4.3
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1036. 4	22.1	50.2	1036. 4	0.0	5.6
				1012. 2	21.6	49.0	1012. 2	0.0	9.6
				Piso superior 396.0 336.1 224.0	8.4 7.2 4.8	19.2 16.3 10.8	396.0 336.1 224.0	0.0 0.0 0.0	3.0 5.3 4.3
P45	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	396.0	8.6	19.4	396.0	0.0	3.0
				336.1	7.3	16.5	336.1	0.0	5.3
				224.0	4.9	11.0	224.0	0.0	4.3
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1036. 4	22.1	50.2	1036. 4	0.0	5.6
				1012. 2	21.6	49.0	1012. 2	0.0	9.6
				Piso superior 396.0 336.1 224.0	8.4 7.2 4.8	19.2 16.3 10.8	396.0 336.1 224.0	0.0 0.0 0.0	3.0 5.3 4.3
P46	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	390.1	8.5	19.2	390.1	0.0	1.8
				365.6	8.0	18.0	365.6	0.0	2.6
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1011. 3	21.5	49.0	1011. 3	0.0	0.0
				Piso superior 390.1	8.3	18.9	390.1	0.0	1.8
P47	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	401.6	9.5	19.7	401.6	0.5	4.6
				340.9	8.1	16.7	340.9	0.4	4.3
				340.5	8.5	16.7	340.5	0.7	6.8
				226.9	5.7	12.1	226.9	0.5	5.4
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1085. 4	23.1	52.5	1085. 4	0.0	5.5



				1061.3	23.9	51.4	1061.3	0.9	9.4					
				Piso superior	401.6	9.3	19.4	401.6	0.5	4.6				
					340.9	7.9	16.5	340.9	0.4	4.3				
					340.5	8.3	16.5	340.5	0.7	6.8				
					226.9	5.5	12.0	226.9	0.5	5.4				
P48	Forjado 2	40x30	4.80/9.00	201.2	15.3	11.5	201.2	8.0	3.8					
				172.5	13.7	10.5	172.5	7.3	3.7					
				172.3	17.0	13.3	172.3	10.3	6.0					
				114.8	12.4	9.8	114.8	7.8	4.7					
				182.6	14.1	7.3	182.6	7.4	1.3					
		Forjado 1	40x30	0.00/4.15	528.0	21.0	30.6	528.0	5.7	5.2				
					509.7	25.8	29.5	509.7	9.7	8.9				
					386.9	20.7	21.7	386.9	8.2	7.2				
				Piso superior	201.2	15.2	11.4	201.2	8.0	3.8				
					172.5	13.5	10.3	172.5	7.3	3.7				
					172.3	16.9	13.2	172.3	10.3	6.0				
					114.8	12.3	9.7	114.8	7.8	4.7				
					P49	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	225.7	18.0	16.4	225.7	9.8	7.1
									193.5	16.2	14.7	193.5	9.1	6.6
192.8	20.8	17.6	192.8	13.3					9.2					
128.3	15.4	12.7	128.3	10.3					7.0					
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	552.5					25.3	32.0	552.5	8.4	5.5	
				534.2		32.3	29.2	534.2	14.4	9.4				
				403.9		25.9	23.0	403.9	12.2	7.8				
			Piso superior	225.7		18.0	16.4	225.7	9.8	7.1				
				193.5		16.2	14.7	193.5	9.1	6.6				
				192.8		20.8	17.6	192.8	13.3	9.2				
				128.3		15.4	12.7	128.3	10.3	7.0				
				P50		Forjado 2	40x40	4.80/8.90	444.6	10.5	27.1	444.6	0.7	13.6
									374.2	9.5	28.8	374.2	1.0	16.6
248.6	6.3	20.7	248.6						0.7	12.5				
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10		1132.0				25.5	54.8	1132.0	0.9	8.7	
					1107.9				24.9	53.6	1107.9	0.9	14.6	
					846.2	19.0	41.0	846.2	0.7	12.6				
					Piso superior	444.6	10.5	27.1	444.6	0.7	13.6			



				376.9	8.9	24.0	376.9	0.6	12.3
				374.2	9.5	28.8	374.2	1.0	16.6
				248.6	6.3	20.7	248.6	0.7	12.5
P51	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	432.3	9.2	26.3	432.3	0.0	13.1
				364.0	7.8	27.6	364.0	0.0	15.8
				241.8	5.2	19.8	241.8	0.0	11.8
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1073.4	22.9	52.0	1073.4	0.0	7.7
				1049.3	22.4	50.8	1049.3	0.0	12.9
				799.8	17.0	38.7	799.8	0.0	11.2
		Piso superior		432.3	9.2	26.3	432.3	0.0	13.1
				364.0	7.8	27.6	364.0	0.0	15.8
				241.8	5.2	19.8	241.8	0.0	11.8
P52	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	395.4	10.9	19.4	395.4	1.5	5.2
				334.3	9.2	19.9	334.3	1.3	9.6
				222.1	6.1	14.9	222.1	0.8	7.8
				371.0	18.2	9.6	371.0	2.5	1.0
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1050.5	22.4	50.9	1050.5	0.0	10.0
				1026.3	23.1	49.7	1026.3	0.8	16.7
				785.6	17.7	38.0	785.6	0.6	13.9
				780.9	18.2	37.8	780.9	1.0	8.0
		Piso superior		395.4	10.6	19.1	395.4	1.5	5.2
				334.3	9.0	19.6	334.3	1.3	9.6
				222.1	6.0	14.7	222.1	0.8	7.8
P53	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	395.4	10.9	19.4	395.4	1.5	5.2
				334.3	9.2	19.9	334.3	1.3	9.6
				222.1	6.1	14.9	222.1	0.8	7.8
				371.0	18.2	9.6	371.0	2.5	1.0
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1050.5	22.4	50.9	1050.5	0.0	10.0
				1026.3	23.1	49.7	1026.3	0.8	16.7
				785.6	17.7	38.0	785.6	0.6	13.9
				780.9	18.2	37.8	780.9	1.0	8.0
		Piso superior		395.4	10.6	19.1	395.4	1.5	5.2
				334.3	9.0	19.6	334.3	1.3	9.6
				222.1	6.0	14.7	222.1	0.8	7.8
P54	Forjado	40x40	4.80/8.90	432.3	9.2	26.3	432.3	0.0	13.1



	2			364.0 241.8	7.8 5.2	27.6 19.8	364.0 241.8	0.0 0.0	15.8 11.8	
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	1073. <sub>4</sub>	22.9	52.0	1073. <sub>4</sub>	0.0	7.7	
				1049. <sub>3</sub>	22.4	50.8	1049. <sub>3</sub>	0.0	12.9	
				799.8	17.0	38.7	799.8	0.0	11.2	
		Piso superior	432.3	9.2	26.3	432.3	0.0	13.1		
			364.0 241.8	7.8 5.2	27.6 19.8	364.0 241.8	0.0 0.0	15.8 11.8		
			P55	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	444.6	10.5	27.1	444.6
	374.2	9.5					28.8	374.2	1.0	16.6
	248.6	6.3					20.7	248.6	0.7	12.5
	Forjado 1	40x40		0.00/4.10	1132. <sub>0</sub>	24.1	54.8	1132. <sub>0</sub>	0.0	8.8
862.3					19.4	41.7	862.3	0.7	7.6	
1107. <sub>9</sub>					24.9	53.6	1107. <sub>9</sub>	0.8	14.6	
Piso superior		846.2	19.0	41.0	846.2	0.6	12.7			
		444.6	10.5	27.1	444.6	0.7	13.5			
		376.9 374.2 248.6	8.9 9.5 6.3	23.9 28.8 20.7	376.9 374.2 248.6	0.6 1.0 0.7	12.3 16.6 12.5			
P56	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	225.7	18.0	16.4	225.7	9.8	7.1	
				193.5	16.2	14.6	193.5	9.1	6.6	
				192.8	20.8	17.6	192.8	13.3	9.2	
				128.3	15.4	12.7	128.3	10.3	7.0	
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	552.5	25.4	32.0	552.5	8.5	5.6	
				534.2	32.3	29.2	534.2	14.4	9.4	
				403.9	26.0	23.0	403.9	12.2	7.8	
		Piso superior	225.7	18.0	16.4	225.7	9.8	7.1		
			193.5	16.2	14.6	193.5	9.1	6.6		
			192.8 128.3	20.8 15.4	17.6 12.7	192.8 128.3	13.3 10.3	9.2 7.0		
P57	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	109.2	17.5	38.2	109.2	12.6	32.6	
				97.5	20.0	49.7	97.5	15.4	44.7	
				96.6	16.4	35.5	96.6	12.0	30.5	
				65.3	14.5	37.9	65.3	11.4	34.5	
				90.9	13.2	26.5	90.9	9.2	21.8	





				78.3	11.7	22.8	78.3	8.2	18.8
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	282.5	19.2	42.2	282.5	8.8	28.8
				264.2	25.9	62.0	264.2	15.1	48.8
				198.6	17.1	36.1	198.6	9.3	26.5
				198.0	20.1	49.9	198.0	12.0	40.0
			Piso superior	109.2	17.5	38.2	109.2	12.6	32.6
				97.5	20.0	49.7	97.5	15.4	44.7
				96.6	16.4	35.5	96.6	12.0	30.5
				65.3	14.5	37.9	65.3	11.4	34.5
P58	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	215.6	6.7	90.7	215.6	1.4	81.9
				190.3	5.9	122.0	190.3	1.2	114.1
				127.6	4.0	94.0	127.6	0.8	88.6
				191.5	6.4	64.3	191.5	1.6	56.6
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	581.3	12.5	96.3	581.3	0.0	74.3
				557.2	12.0	147.5	557.2	0.0	125.3
				422.5	9.1	121.0	422.5	0.0	104.1
			Piso superior	215.6	6.7	90.7	215.6	1.4	81.9
				190.3	5.9	122.0	190.3	1.2	114.1
				127.6	4.0	94.0	127.6	0.8	88.6
P59	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	212.8	4.5	86.7	212.8	0.0	78.1
				187.7	4.0	115.3	187.7	0.0	107.6
				125.8	2.7	88.5	125.8	0.0	83.4
				188.6	4.9	63.1	188.6	0.6	55.7
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	555.4	11.7	88.9	555.4	0.0	68.4
				531.3	11.2	136.0	531.3	0.0	115.4
				401.8	8.5	111.6	401.8	0.0	95.9
				286.7	6.4	47.0	286.7	0.2	36.3
			Piso superior	212.8	4.5	86.7	212.8	0.0	78.1
				187.7	4.0	115.3	187.7	0.0	107.6
				125.8	2.7	88.5	125.8	0.0	83.4
P60	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	141.2	5.8	75.1	141.2	2.0	69.2
				127.4	5.2	105.2	127.4	1.8	99.8
				85.5	3.5	81.6	85.5	1.2	78.0
				116.8	6.8	47.2	116.8	3.2	42.4
				69.2	4.1	29.4	69.2	1.9	26.5
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	498.2	10.5	90.7	498.2	0.0	72.0
				370.3	8.8	49.9	370.3	0.6	36.6



				474.0	10.0	140.1	474.0	0.0	121.5
				364.0	7.7	114.7	364.0	0.0	100.4
				346.2	9.0	75.0	346.2	1.1	61.7
			Piso superior	141.2	5.7	74.9	141.2	2.0	69.2
				127.4	5.1	105.0	127.4	1.8	99.8
				85.5	3.5	81.6	85.5	1.2	78.0
P61	Forjado 2	40x40	4.80/8.95	141.2	5.8	75.1	141.2	1.9	69.2
				127.4	5.2	105.2	127.4	1.7	99.8
				85.5	3.5	81.6	85.5	1.2	78.0
				116.8	6.7	47.2	116.8	3.2	42.4
				69.2	4.0	29.4	69.2	1.9	26.5
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	498.2	11.5	90.7	498.2	0.7	72.0
				370.3	8.9	49.9	370.3	0.7	36.6
				474.0	10.0	140.1	474.0	0.0	121.5
				364.0	7.7	114.7	364.0	0.0	100.3
				346.2	9.0	75.0	346.2	1.2	61.7
				236.1	6.2	49.6	236.1	0.8	40.6
			Piso superior	141.2	5.7	74.9	141.2	1.9	69.2
127.4				5.1	105.0	127.4	1.7	99.8	
85.5				3.4	81.6	85.5	1.2	78.0	
P62	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	212.8	4.5	86.7	212.8	0.0	78.1
				187.7	4.0	115.3	187.7	0.0	107.6
				125.8	2.7	88.5	125.8	0.0	83.4
				188.6	5.0	63.1	188.6	0.7	55.7
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	555.4	11.7	88.9	555.4	0.0	68.3
				531.3	11.2	136.0	531.3	0.0	115.3
				401.8	8.5	111.6	401.8	0.0	95.9
			Piso superior	212.8	4.5	86.7	212.8	0.0	78.1
				187.7	4.0	115.3	187.7	0.0	107.6
				125.8	2.7	88.5	125.8	0.0	83.4
P63	Forjado 2	40x40	4.80/8.90	215.6	6.7	90.7	215.6	1.4	81.9
				190.2	5.9	122.0	190.2	1.2	114.1
				127.5	3.9	94.0	127.5	0.8	88.6
				191.5	6.4	64.3	191.5	1.6	56.6
	Forjado 1	40x40	0.00/4.10	581.3	12.5	96.3	581.3	0.0	74.2
				557.2	12.0	147.4	557.2	0.0	125.3
				422.5	9.1	121.0	422.5	0.0	104.0
			Piso	215.6	6.7	90.7	215.6	1.4	81.9



			superior	190.2 127.5	5.9 3.9	122.0 94.0	190.2 127.5	1.2 0.8	114.1 88.6
P64	Forjado 2	40x30	4.80/8.95	109.2	17.5	38.2	109.2	12.6	32.6
				97.5	20.0	49.7	97.5	15.5	44.6
				96.6	16.4	35.5	96.6	12.0	30.5
				65.3	14.5	37.9	65.3	11.5	34.5
				90.9	13.2	26.5	90.9	9.2	21.9
				78.3	11.7	22.8	78.3	8.2	18.8
	Forjado 1	40x30	0.00/4.15	282.6	19.4	42.2	282.6	8.9	28.7
				264.2	25.9	61.9	264.2	15.1	48.8
				198.6	17.2	36.1	198.6	9.3	26.4
				198.0	20.2	49.9	198.0	12.0	39.9
			Piso superior	109.2	17.5	38.2	109.2	12.6	32.6
				97.5	20.0	49.7	97.5	15.5	44.6
96.6				16.4	35.5	96.6	12.0	30.5	
65.3				14.5	37.9	65.3	11.5	34.5	

#### 7.4 Armado de pilares

Pilar	Dimensión (cm)	Armaduras	Estribos	H (m)	Hpx (m)	Hpy (m)
P1	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P2	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P3	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P4	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P5	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P6	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P7	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10

	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P8	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P9	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P10	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P11	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P12	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P13	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P14	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P15	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P16	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P17	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.20	4.20	4.20
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P18	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P19	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P20	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P21	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P22	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P23	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P24	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.20	4.20	4.20
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P25	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P26	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P27	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10



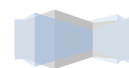
P28	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P29	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P30	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P31	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P32	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P33	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P34	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P35	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P36	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P37	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P38	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P39	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P40	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P41	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.20	4.20	4.20
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P42	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P43	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P44	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P45	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P46	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P47	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P48	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.20	4.20	4.20



	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P49	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P50	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P51	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P52	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P53	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P54	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P55	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P56	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P57	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
P58	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P59	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P60	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P61	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P62	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø16 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P63	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
	40x40	4Ø12 +4Ø12 +4Ø12	Ø6c/15 cm	4.10	4.10	4.10
P64	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15
	40x30	4Ø12 +2Ø12 +2Ø12	Ø6c/15 cm	4.15	4.15	4.15

## 7.5 Armado de vigas

En el documento *III Planos* se puede ver en mayor detalle el armado y dimensiones de las distintas tipologías de vigas.



## 7.6 Esfuerzos en placas alveolares

A continuación se muestran las distintas leyes de flectores obtenidas del programa de cálculo *Cype Ingenieros*, de las secciones más características.

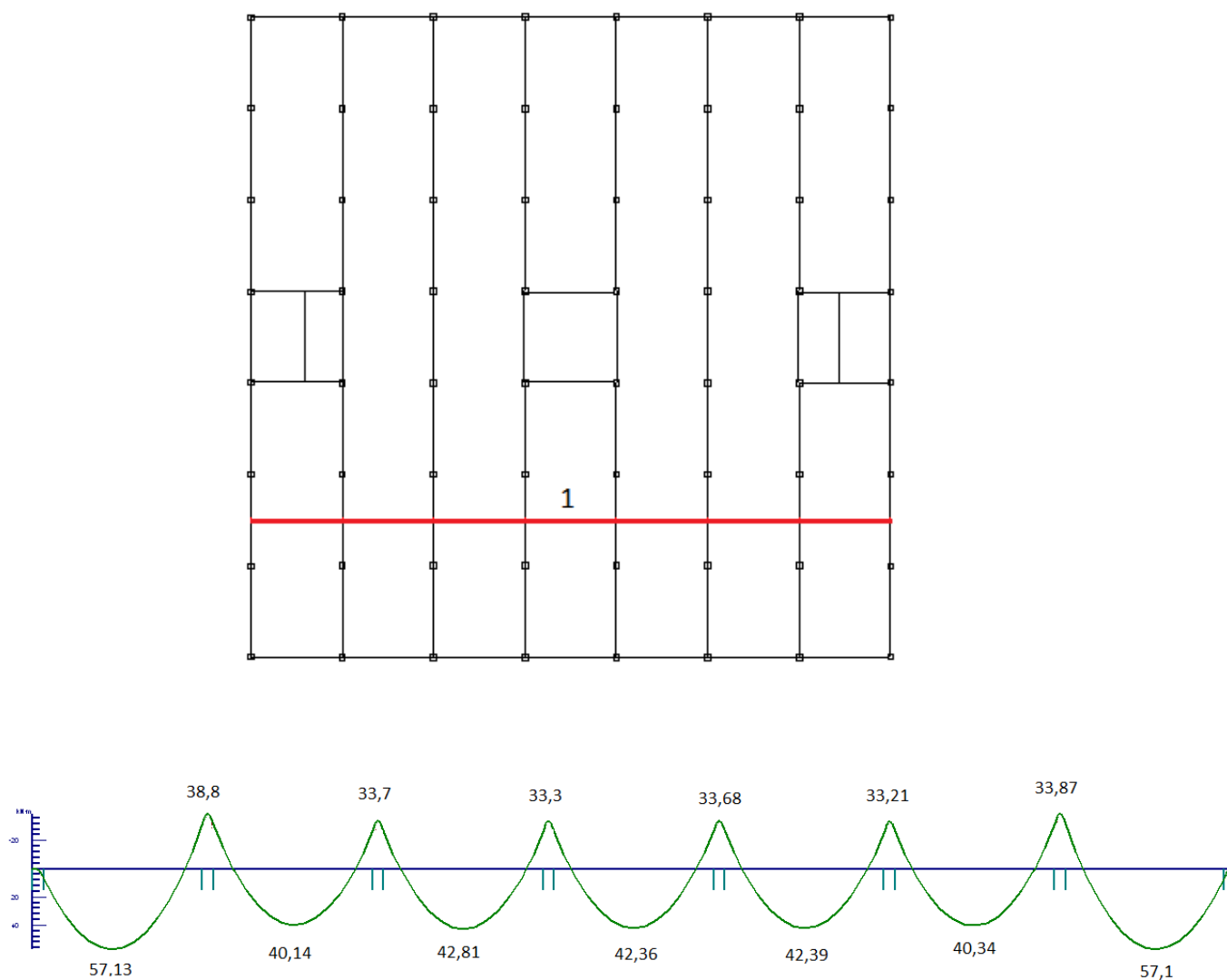


Fig. 23. Diagrama de momentos flectores en sección 1. Unidades en kNm/m (*Cype Ingenieros*).



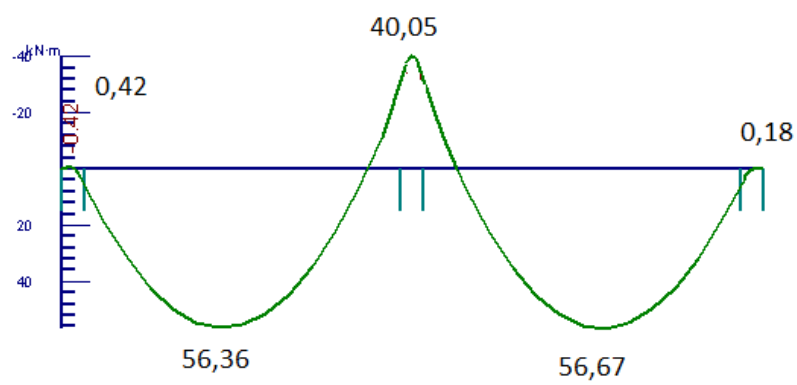
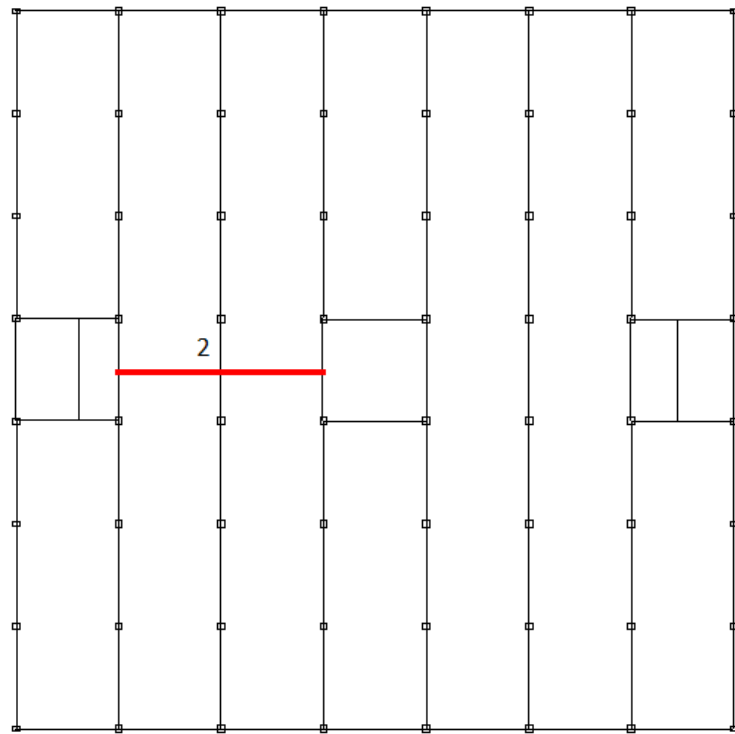


Fig. 24. Diagrama de momentos flectores en sección 2. Unidades en kNm/m (Cype Ingenieros).





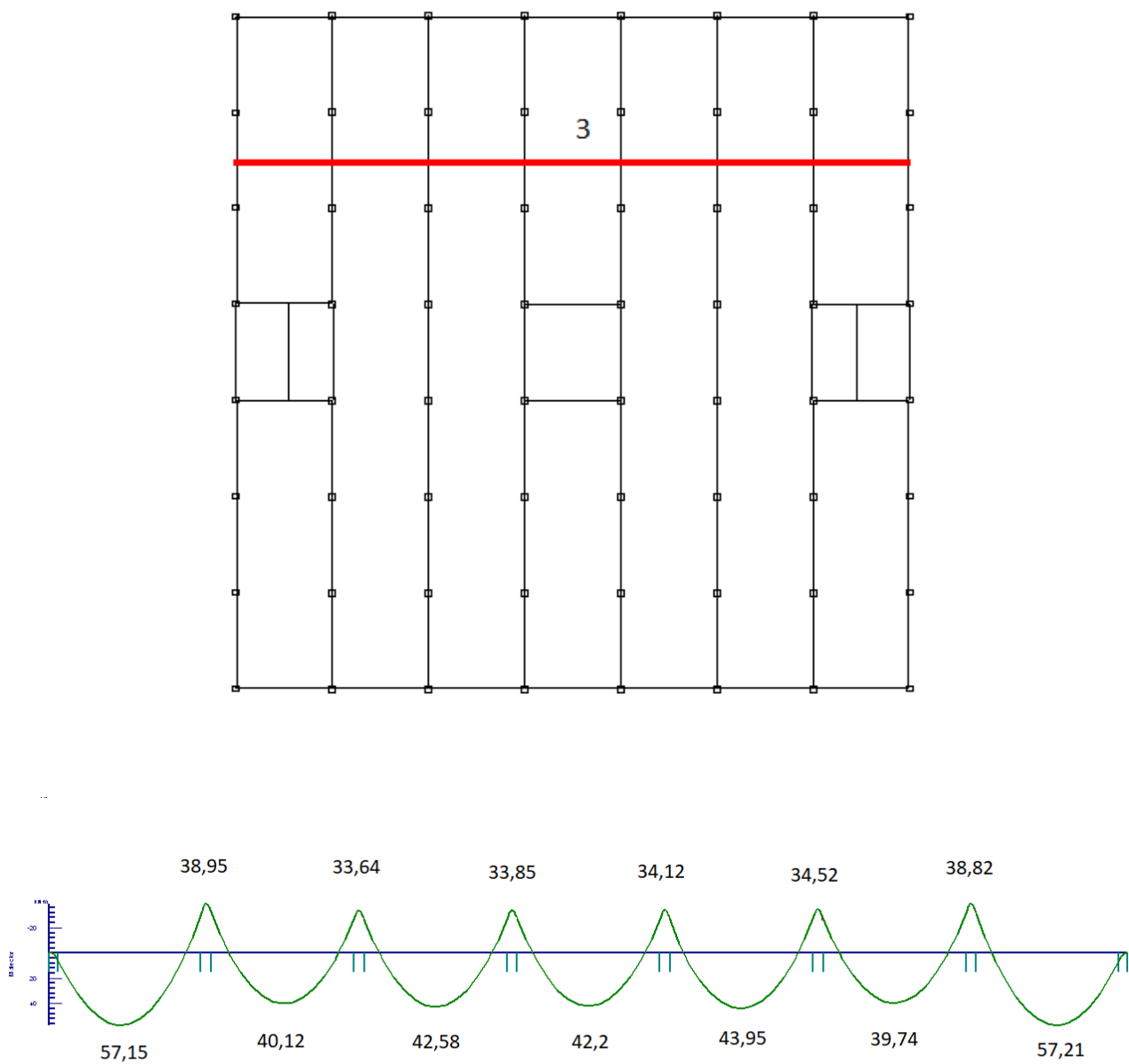


Fig. 25. Diagrama de momentos flectores en sección 3. Unidades en kNm/m (Cype Ingenieros).



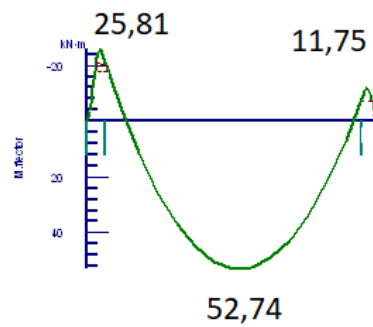
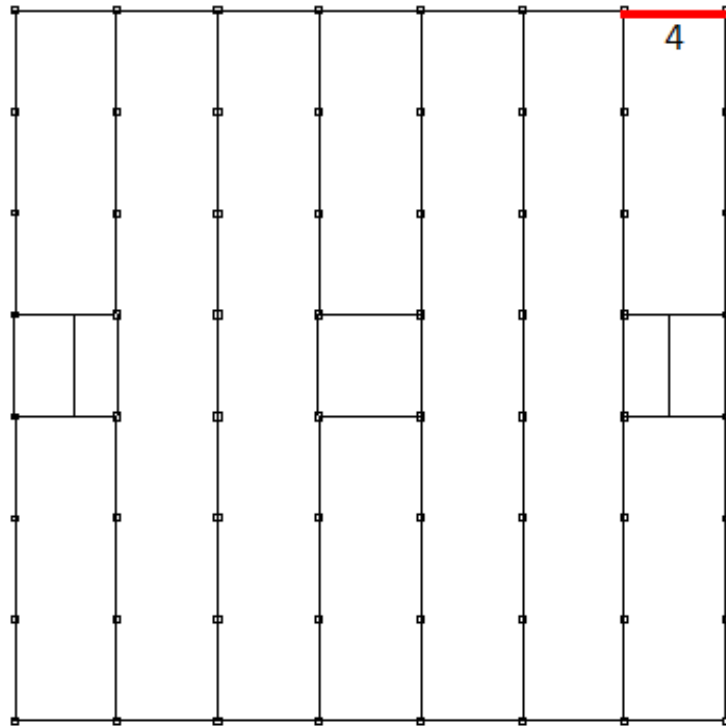


Fig. 26. Diagrama de momentos flectores en sección 4. Unidades en kNm/m (Cype Ingenieros).



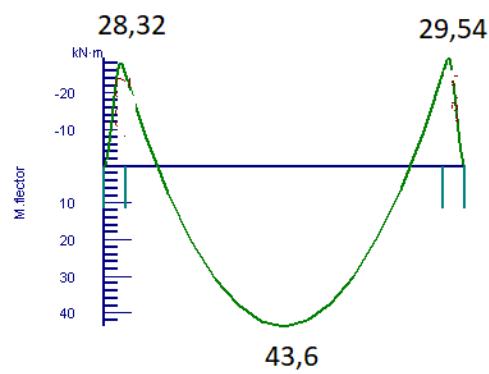
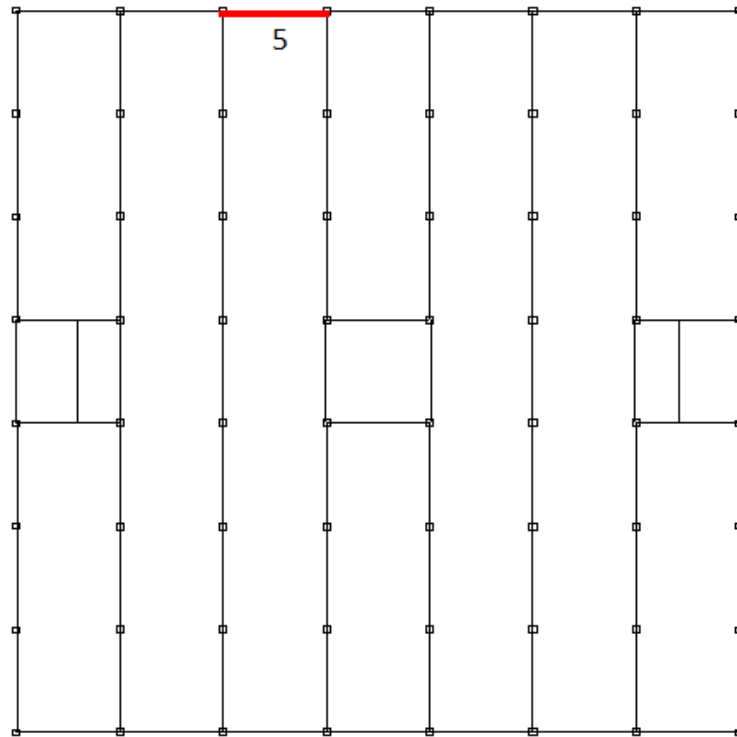


Fig. 27. Diagrama de momentos flectores en sección 5. Unidades en kNm/m (Cype Ingenieros).



## 8. DIMENSIONAMIENTO DE LOS FORJADOS

En este apartado se comprueba cual es el armado necesario a flexión positiva y negativa para el canto de losa propuesto para la planta tipo de forjado.

Como ya se ha visto antes, los resultados obtenidos con el programa *Cype Ingenieros* proporcionan valores más restrictivos, por lo que armaremos el forjado de acuerdo a dichos esfuerzos. Estos esfuerzos se recogen en la siguiente tabla:

EJECUCIÓN		ELU		FISURACIÓN	
Momento <sup>+</sup> (kNm/m)	Momento <sup>-</sup> (kNm/m)	Momento <sup>+</sup> (kNm/m)	Momento <sup>-</sup> (kNm/m)	Momento <sup>+</sup> (kNm/m)	Momento <sup>-</sup> (kNm/m)
31,16	6,22	57,13	38,8	28,19	38,56

Tabla 18. Esfuerzos de diseño del forjado elegido.

El diseño se va a llevar a cabo de acuerdo a la *Ficha de características técnicas – según EHE – del forjado de losas alveolares pretensadas Lufort LN – 20 o similar*.

En primer lugar se elegirá el tipo de losa a emplear. Este depende de los momentos últimos de cálculo obtenidos para ELU, que para el caso, se correspondería con una losa tipo T1 para flexión positiva, con armadura para negativos B 500 S mínima de 6 $\phi$ 10.

TIPO DE FORJADO	TIPO DE LOSA	FLEXIÓN POSITIVA (1)																
		Módulo resistente W <sub>inf</sub> (cm³/ m)	M <sub>0</sub> (m·kN/ m)	β°)	Rigidez (m⁴kN/m)		M Límite servicio (3) (m·kN/m)				V <sub>u2</sub> (kN/m) (2)						ξ (%)	Pasante (kN/m)
					Bruta E·I <sub>b</sub>	Fisura da E·I <sub>f</sub>	M <sub>0</sub>	M <sub>0</sub> '	M <sub>T</sub>	M <sub>0,2</sub>	M <sub>d</sub> -M <sub>is,d</sub>		M <sub>d</sub> -M <sub>is,d</sub>					
											M <sub>is,d</sub> (m·kN /m)	V <sub>u2</sub>	Long. entrega (mm)					
													X1=50 mm		X2=100 mm			
													Va*	V <sub>u2</sub> *	Va*	V <sub>u2</sub> *		
(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 19. Tipo de losa (20+5)x120 20-1 del fabricante Lufort LN 20 para flexión positiva.



TIPO DE FORJADO	TIPO DE LOSA	FLEXIÓN NEGATIVA (1)							
		Armadura Pasiva (B-500 S)	$M_u$ (m·kN/m)	Rigidez Fisurada (m <sup>2</sup> MN/m)	$\frac{I'}{I''}$ sup. forj / $\frac{I'}{I''}$ sup. losa	$M_f'$ (m·kN/m) (2)	M límite servicio clase exposición III $M_o''$ (3) (m·kN/m)		
								$V_u$ (kN/m) (4)	Rasante (kN/m)
(20+5) x 120	TODOS (Considerando una armadura activa de 4 Ø 5 mínima común en todos los tipos de losa)	4 Ø 10	-38,97	3,12	1,55	-31,46	-7,10	69,62	156
		6 Ø 10	-50,94	4,25	1,55	-31,70	-7,08	69,62	156
		4 Ø 12	-49,50	4,12	1,55	-31,68	-7,08	69,62	156
		6 Ø 12	-66,67	5,48	1,55	-32,02	-7,08	69,62	156
		4 Ø 16	-76,12	6,12	1,55	-32,22	-7,08	69,62	156
		6 Ø 16	-106,15	7,67	1,55	-32,83	-7,08	73,55	156
		4 Ø 20	-109,89	7,82	1,55	-32,90	-7,08	74,40	156
		6 Ø 20	-156,42	11,97	1,55	-33,85	-7,08	80,05	156

Tabla 20. Tipo de losa (20+5)x120 del fabricante Lufort LN 20 para flexión negativa

Elegida el tipo de losa, a continuación se muestra la placa tipo con la que se diseñará el edificio:

TIPO DE LOSA		T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6
SITUACIÓN DE LAS ARMADURAS	P4	4 Ø 5	6 Ø 5	8 Ø 5	10 Ø 5	10 Ø 5	10 Ø 5
	P3						2 Ø 5
	P2						2 Ø 1/2"
	P1	2 Ø 1/2" + 8 Ø 5	4 Ø 1/2" + 6 Ø 5	6 Ø 1/2" + 4 Ø 5	6 Ø 1/2" + 8 Ø 5	8 Ø 1/2" + 2 Ø 5	6 Ø 1/2" + 8 Ø 5

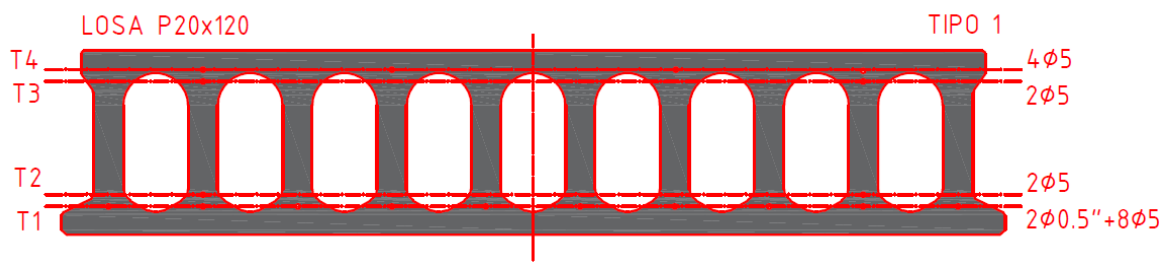


Fig. 28. Armado del elemento prefabricado (20+5) x 1.2 metros, tipo T1.

En el documento III Planos, se puede ver en mayor detalle el armado de los forjados de ambas plantas, junto con los detalles de las secciones, así como la capa de compresión, mallazo, etc.



## 8.1 Comprobación ELU flexión positiva

A continuación se realizan una serie de comprobaciones tensionales y de fisuración para las secciones más significativas, la 1 y la 2, para comprobar si cumple con el armado propuesto.

### 8.1.1 Sección 1

Como se ha visto en la tabla anterior, la máxima flexión positiva que ha de soportar el forjado alveolar es de 57,13 kNm/m.

Recurriendo a la Autorización de uso, para el tipo de losa elegido, ésta soporta a flexión positiva 85,06 kNm/m. Por tanto el forjado cumple a flexión positiva.

### 8.1.2 Sección 2

En esta sección, el forjado ha de soportar 56,36 kNm/m. Mientras que según la Autorización de uso, éste soporta 85,06 kNm/m. Por tanto cumple.

## 8.2 Comprobación ELU flexión negativa

### 8.2.1 Sección 1

La máxima flexión negativa que ha de soportar el forjado objeto de estudio será de 38,8 kNm/m; mientras que según la Autorización de uso de la placa elegida, ésta soporta 50,94 kNm/m. Por tanto la placa cumple a flexión negativa.

### 8.2.2 Sección 2

En esta sección, el momento resistido máximo será de 40,05 kNm/m. Por tanto la sección cumple a flexión negativa.

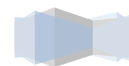
## 8.3 Comprobación ELS fisuración

Para la comprobación de fisuración, únicamente se comprobará la sección 1 dado que es la más restrictiva.

Para dicha comprobación, se emplea la combinación cuasipermanente:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_P P_k + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \Psi_{2,i} Q_{k,i}$$

De acuerdo con el CTE, para las zonas tipo D1 y G1, el valor de  $\Psi_2$  es igual a 0,6. Por lo tanto, el momento flector positivo máximo será de 30,08 kNm/m.



De acuerdo al tipo de ambiente, I, la abertura máxima de fisura es de 0,2 mm, y el momento en servicio que resistirá la losa será de 53,70 kNm/m. Por tanto la sección cumple a ELS de fisuración.

## 9. DETALLES CONSTRUCTIVOS

A continuación se muestran algunos detalles constructivos que intervienen en nuestro edificio.

Cabe destacar que tanto los pilares como vigas sobre las que apoyan las losas alveolares van a ejecutarse in-situ. Además, se ha optado por apoyos directos, es decir, aquellos en los que las placas alveolares descansan sobre una base situada justo debajo de las mismas.

A continuación se muestran los detalles tipo que se emplearán para definir las uniones apoyadas entre viga y forjado, siguiendo la misma notación que se describe a continuación:

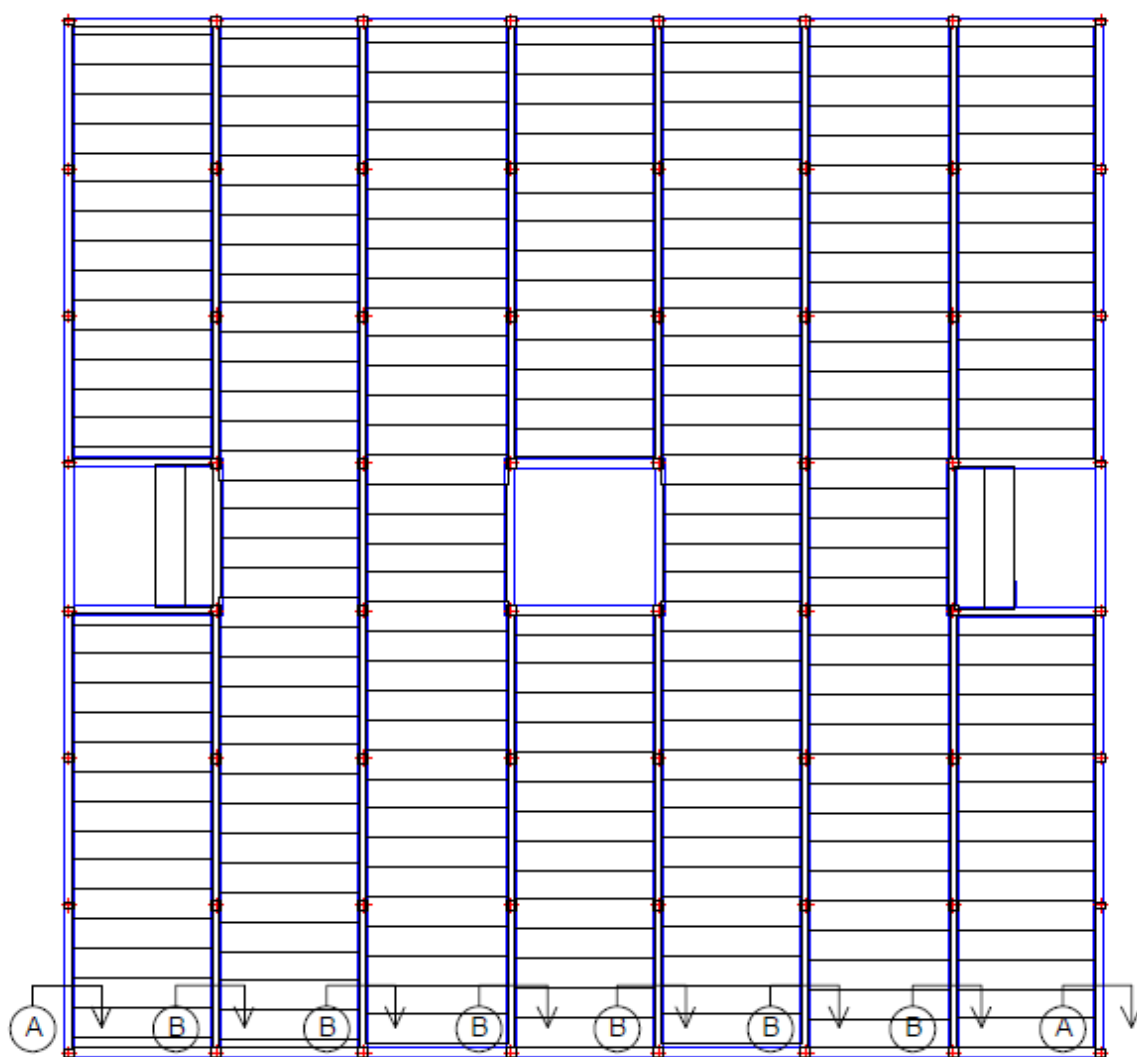


Fig. 29. Disposición del forjado alveolar tipo.



## 9.1 Detalles tipo de los apoyos de los forjados en las vigas de los pórticos

### 9.1.1 Detalle Tipo A

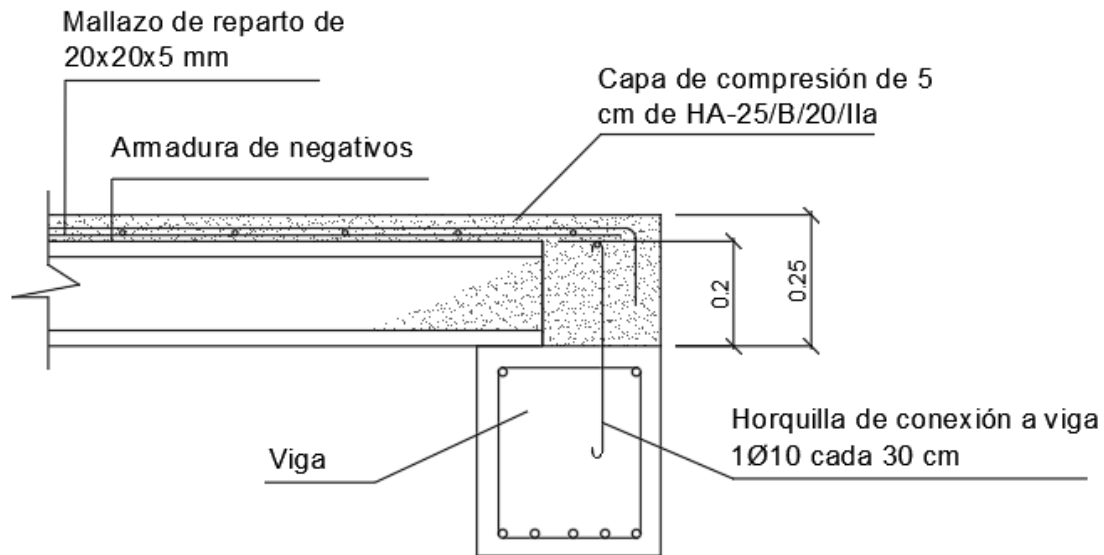


Fig. 30. Detalle tipo A (Cotas en metros).

### 9.1.2 Detalle Tipo B

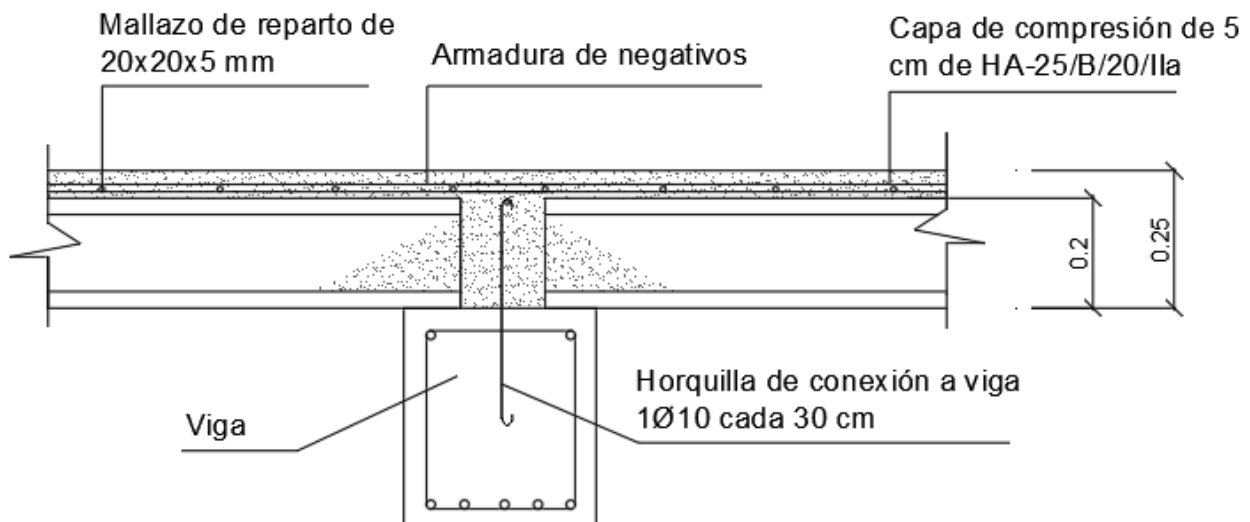


Fig. 31. Detalle tipo B (Cotas en metros).





## N.5. VALORACIÓN ECONÓMICA

---

Diseño de un edificio comercial situado en la calle G del sector  
Toll L'Alberca del polígono industrial de Torrent (Valencia).

---

*Presentado por*

Ruano García, Ana Belén

---

*Para la obtención del*

Master en Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos

*Curso: 2018/2019*

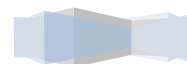
*Fecha: Julio 2019*

*Tutor: Ignacio Javier Payá Zaforteza*



## ÍNDICE

1.	RESUMEN DE MEDICIONES POR PLANTAS.....	145
2.	VALORACIÓN APROXIMADA DE LAS UNIDADES DE OBRA.....	146
2.1	Cimentaciones.....	146
2.2	Estructura.....	147
3.	RESUMEN DEL PRESUPUESTO .....	148
4.	COSTE DE LA OBRA POR METRO CUADRADO .....	148





## 1. RESUMEN DE MEDICIONES POR PLANTAS

A continuación se muestra una serie de tablas con las cuantías de cada elemento por planta. Hay que destacar que no se miden ni los elementos de cimentación y la solera de planta baja.

**Planta Primera - Superficie total: 1693,17 m<sup>2</sup>**

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Acero (kg)
Forjados	1524,73	86,91	2447
Vigas	158,84	71,03	9437
Encofrado lateral	351,68		
Pilares (Sup. Encofrado)	407,2	39,44	4987
Escaleras	97,45	27,46	4315
<b>Total</b>	<b>2626,3</b>	<b>224,84</b>	<b>21186</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	<b>1,55</b>	<b>0,133</b>	<b>12,51</b>

*Tabla 1. Cuantías de obra en planta primera (Cype Ingenieros).*

**Planta Cubierta - Superficie total: 1773,21 m<sup>2</sup>**

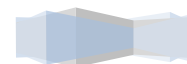
Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Acero (kg)
Forjados	1616,61	92,15	1760
Vigas	146,15	60,11	5800
Encofrado lateral	300,19		
Pilares (Sup. Encofrado)	410,4	39,68	3993
Escaleras	28,95	7,54	679
<b>Total</b>	<b>2502,3</b>	<b>199,48</b>	<b>12232</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	<b>1,412</b>	<b>0,113</b>	<b>6,9</b>

*Tabla 2. Cuantías de obra en planta de cubierta (Cype Ingenieros).*

**TOTAL OBRA - Superficie total: 3467,28 m<sup>2</sup>**

Elemento	Superficie (m <sup>2</sup> )	Volumen (m <sup>3</sup> )	Acero (kg)
Forjados	3141,34	179,06	4207
Vigas	304,99	131,14	15237
Encofrado lateral	651,87		
Pilares (Sup. Encofrado)	817,6	79,12	8980
Escaleras	126,4	35	4994
<b>Total</b>	<b>5042,5</b>	<b>424,32</b>	<b>33418</b>
<b>Índices (por m<sup>2</sup>)</b>	<b>1,455</b>	<b>0,122</b>	<b>9,64</b>

*Tabla 3. Cuantías de obra en toda la superficie de la obra (Cype Ingenieros).*



## 2. VALORACIÓN APROXIMADA DE LAS UNIDADES DE OBRA

### 2.1 Cimentaciones

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
1.1	<b>m<sup>3</sup> HL - 150/B/20</b> Hormigón de limpieza HL - 150/B/20, fabricado en central y vertido desde camión, de 10 cm de espesor.	326,43	7,39	2.412,32
1.2	<b>m<sup>3</sup> HA - 25/B/20/Ila Zapatas</b> Hormigón para armar HA-25 /B/20/Ila en zapatas de cimentación, fabricado en central y vertido con cubilote, y acero según UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 37,6 kg/m <sup>3</sup> .	91,46	131,6	12.036,14
1.3	<b>m<sup>3</sup> HA - 25/B/20/Ila Vigas de atado</b> Hormigón para armar HA -25/B/20/Ila en vigas de atado, fabricado en central y vertido con cubilotes, y acero según UNE-EN 10080 B 500 S, cuantía 50,5 kg/m <sup>3</sup> .	47,37	141,21	6.689,12
<b>TOTAL CAPÍTULO 01 CIMENTACIONES</b>				<b>21.137,57</b>



## 2.2 Estructura

Código	Descripción	Cantidad	Precio (€)	Importe (€)
2.1	<b>m<sup>3</sup> Pilar de sección rectangular o cuadrada de hormigón armado.</b> Pilar de sección rectangular o cuadrada de hormigón armado, realizado con hormigón HA - 30/B/20/I fabricado en central y vertido con cubilotes, y acero UNE - EN 10080 B 500 S, cuantía 106,2 kg/m <sup>3</sup> ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado de chapas metálicas reutilizables, entre 4 y 5 m de altura libre.	78,97	204,2	16.125,67
2.2	<b>m<sup>3</sup> Viga de hormigón armado</b> Viga de hormigón armado, realizada con hormigón HA - 30/B/20/I fabricado en central y vertido con cubilote, y acero UNE - EN 10080 B 500 S, cuantía 112,6 kg/m <sup>3</sup> ; montaje y desmontaje del sistema de encofrado de madera, en pilares de entre 4 y 5 m de altura libre.	132,7	319,98	42.461,35
2.3	<b>m<sup>2</sup> Losa de placas alveolares 20 + 5 cm de canto.</b> Losa de placas alveolares 20 + 5/120, referencia P20*120-1, de hormigón pretensado, malla electrosoldada ME 20X20 $\phi$ 5-5 B500 T 6X2, 20 UNE - EN 10080, en capa de compresión; acero UNE - EN 10080 B 500 S, cuantía 1,9 kg/m <sup>2</sup> ; hormigón HA-25/B/12/IIa fabricado en central y vertido con cubilote. Sin incluir repercusión de apoyos no pilares.	3.141,34	78,8	247.537,59
<b>TOTAL CAPÍTULO 02 ESTRUCTURA</b>				<b>306.124,61</b>



### 3. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

	IMPORTE (€)
<b>CAP 01 CIMENTACIONES</b>	
m <sup>3</sup> HL - 150/B/20	2.412,32
m <sup>3</sup> HA - 25/B/20/Ila Zapatas	12.036,14
m <sup>3</sup> HA - 25/B/20/Ila Vigas de atado	6.689,12
<b>Total Capítulo 01 Cimentaciones</b>	<b>21.137,57</b>
<b>CAP 02 ESTRUCTURA</b>	
m <sup>3</sup> Pilar de sección rectangular o cuadrada de hormigón armado.	16.125,67
m <sup>3</sup> Viga de hormigón armado	42.461,35
m <sup>2</sup> Losa de placas alveolares 20 + 5 cm de canto.	247.537,59
<b>Total Capítulo 02 Estructura</b>	<b>306.124,61</b>
<b>Presupuesto de ejecución material (PEM)</b>	<b>327.262,18</b>
13% Gastos generales	42.544,08
6% Beneficio industrial	19.635,73
<b>Presupuesto de ejecución por contrata (PEC)</b>	<b>389.442,00</b>
21% I.V.A	81.782,82
<b>Presupuesto de ejecución por contrata con I.V.A (PEC + I.V.A)</b>	<b>471.224,82</b>

### 4. COSTE DE LA OBRA POR METRO CUADRADO

Obtenido el presupuesto aproximado de los trabajos realizados de cimentaciones y estructura, se calcula el coste de la obra por metros cuadrado para tener un orden de magnitud del coste total:

- Presupuesto de ejecución: 471.224,82 €
- Superficie total de la obra: 1.693,17 m<sup>2</sup>

Por tanto el coste por m<sup>2</sup> será de 278,31 €/m<sup>2</sup>.

