



PROYECTO DE RECONSTRUCCIÓN DE  
FORJADOS DAÑADOS EN EL  
APARCAMIENTO DE JACINTO BENAVENTE



**Elaborado por:**

Pablo Morga Bernet  
*Ingenieros de Proyecto*

**Revisado por:**

Daniel Jiménez Nuero  
*Jefe de Proyecto*

**Aprobado por:**

Eduardo Romero Rey  
*Director de Departamento de Edificación*

**Registro de ediciones**

ED.	FECHA	GEN.	REV.	AUT.	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
0	26.08.2024	PMB	DJN	ERR	Emisión inicial

**NOTAS:**

- La copia original firmada de este documento se conserva en SAP.
- Para permitir la mejora continua, se alienta a los integrantes de FHECOR Ingenieros Consultores a notificar al autor de errores, omisiones o cualquier otra oportunidad de mejora.



## Contenido

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	6
1.1	FASE DE INFORME PREVIO.....	6
1.2	FASE DE PROYECTO .....	7
2	DATOS DE PARTIDA .....	8
3	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE .....	9
4	INSPECCIONES VISUALES.....	10
4.1	FASE DE INFORME .....	10
4.1.1	MUROS .....	10
4.1.2	PILARES .....	10
4.1.3	SOLERA.....	10
4.1.4	FORJADOS .....	10
4.2	FASE DE PROYECTO .....	11
4.2.1	MUROS .....	11
4.2.2	FORJADOS .....	11
5	CAMPAÑA DE ENSAYOS.....	14
5.1	FASE DE INFORME .....	14
5.1.1	TRABAJOS REALIZADOS EN FASE DE INFORME.....	14
5.1.2	RESULTADOS DE ENSAYOS EN FASE DE INFORME .....	14
5.2	FASE DE PROYECTO .....	16
5.2.1	TRABAJOS REALIZADOS EN FASE DE PROYECTO.....	16
5.2.2	RESULTADOS DE ENSAYOS EN FASE DE PROYECTO .....	16
6	CONCLUSIONES DE LAS INSPECCIONES .....	18
7	PROPUESTAS DE REPARACIÓN DE FORJADOS Y NUEVAS ACTUACIONES ESTRUCTURALES 19	
7.1	RECONSTRUCCIÓN DE FORJADOS INTERIORES Y RAMPAS .....	20
7.2	RECONSTRUCCIÓN DE FORJADO DE CUBIERTA .....	29
7.3	ACTUACIÓN EN LA RAMPA DE ACCESO ACTUAL AL APARCAMIENTO Y RAMPA CALLE DOCTOR CORTEZO. ....	31
7.4	ACTUACIÓN EN NUEVO ACCESO PEATONAL POR LA CALLE CARRETAS .....	34
7.5	NUEVOS NÚCLEOS DE ESCALERAS Y NUEVOS ASCENSORES .....	37
7.6	RECONSTRUCCIÓN DE ESTAMPIDORES EN PATINILLOS DE VENTILACIÓN .....	39
8	BASES DE DISEÑO DE LAS SOLUCIONES DE REPARACIÓN.....	40
8.1	NORMATIVA UTILIZADA .....	40
8.2	HIPÓTESIS DE CARGA.....	40
8.3	MATERIALES .....	41

8.3.1	Hormigón.....	41
8.3.2	Acero pasivo .....	41
8.3.3	Acero estructural.....	41
8.3.4	Condiciones de durabilidad estructuras de hormigón .....	41
8.3.5	Condiciones de durabilidad estructuras de acero.....	42
8.4	FORMATO DE SEGURIDAD.....	42
8.4.1	Coeficientes de mayoración de acciones y minoración de materiales .....	42
8.4.2	Combinación de acciones.....	42
8.5	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN SERVICIO.....	42
8.5.1	Estado límite de fisuración .....	42
8.6	RESISTENCIA AL FUEGO .....	42
9	PAUTAS PARA INSPECCIONES EN FASE DE OBRA .....	43
ANEJO N° 1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSPECCIONES VISUALES Y DE LA CAMPAÑA DE ENSAYOS EN FASE DE PROYECTO .....		45
1	INSPECCIONES VISUALES.....	46
1.1	PAÑOS DE FORJADOS.....	46
1.2	RAMPAS.....	48
1.3	ESTAMPIDORES EN PATINILLOS DE VENTILACIÓN .....	50
1.4	TUNELES DE INGRESO/SALIDA EN DIAS LLUVIOSOS .....	52
2	CAMPAÑA DE ENSAYOS.....	56
2.1	CATAS EN FORJADOS EN CARA INFERIOR.....	56
2.2	CATAS EN FORJADOS EN CARA SUPERIOR .....	83
2.3	CATA EN MURO ENTRE RAMPAS .....	84
2.4	DESCUBRIMIENTO ABACOS Y NERVIOS .....	86
2.5	TESTIGO DE INVESTIGACIÓN ÁRIDO-ÁLCALI.....	88
ANEJO N° 2. MEMORIA DE CALCULO.....		89
1	BASES DE DISEÑO .....	90
1.1	NORMATIVA UTILIZADA .....	90
1.2	HIPÓTESIS DE CARGA.....	90
1.3	MATERIALES .....	95
1.3.1	Hormigón.....	95
1.3.2	Acero pasivo .....	95
1.3.3	Acero estructural.....	95
1.3.4	Condiciones de durabilidad estructuras de hormigón .....	96
1.3.1	Condiciones de durabilidad estructuras de acero.....	100
1.4	FORMATO DE SEGURIDAD.....	101
1.4.1	Coeficientes de mayoración de acciones y minoración de materiales .....	101

1.4.2	Combinación de acciones.....	103
1.5	CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN SERVICIO.....	104
1.5.1	Estado límite de fisuración.....	104
1.6	RESISTENCIA AL FUEGO.....	105
2	ARMADO A FLEXIÓN.....	106
2.1	CALCULOS CON DEMOLICIÓN DE ÁBACOS.....	107
2.1.1	PLANTA CUBIERTA.....	107
2.1.2	PLANTA SÓTANO -1.....	108
2.1.3	PLANTA SÓTANO -2.....	109
2.1.4	PLANTA SÓTANO -3.....	110
2.2	CALCULOS SIN DEMOLICIÓN DE ÁBACOS.....	111
2.2.1	ZUNCHO ZB-4.....	111
3	ARMADO A CORTANTE.....	112
4	CONTENCIONES.....	113
4.1	PANTALLA DE MICROPILOTES Y MUROS ACTUACIÓN CALLE CARRETAS.....	113
4.2	MUROS CALLE DOCTOR CORTEZ.....	114
5	PUNZONAMIENTO.....	115
5.1	PUNZONAMIENTO EN FORJADOS DE PLANTAS SÓTANO.....	115
5.1.1	Pilar INTERNO.....	116
5.1.2	Pilar de BORDE.....	117
5.1.3	Pilar de ESQUINA.....	118
5.1.4	Caso especial: Pilar en arranque de rampas.....	119
5.2	PUNZONAMIENTO EN FORJADO DE CUBIERTA.....	119
5.2.1	Comprobación capitel metálico.....	120
6	PILARES.....	122
7	APEOS Y ENCOFRADOS.....	125
7.1	APEOS.....	125
7.2	ENCOFRADOS – PAÑOS A DEMOLER EN CUBIERTA.....	125
7.3	ENCOFRADOS – PAÑOS A DEMOLER EN FORJADOS INTERIORES.....	125
	ANEJO N° 3. INFORME PREVIO.....	126

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

La estructura del aparcamiento subterráneo de Jacinto Benavente necesita una rehabilitación estructural, la cual está en fase de proyecto. Hasta la fecha, como se explicará a continuación, Fhecor ha elaborado un informe previo sobre el estado de la estructura del aparcamiento y propuestas de reparación de la estructura, con fecha noviembre 2023.

De entre las actuaciones de rehabilitación recogidas en dicho informe previo, se considera que la actuación más conveniente en las zonas dañadas identificadas como “zonas húmedas” es la demolición del forjado y posterior ejecución de una losa nueva.

Las actuaciones de rehabilitación estructural del aparcamiento presentadas en este proyecto se harán de forma conjunta con las actuaciones de mejora de las instalaciones y de la nueva urbanización de la plaza sobre la cubierta del aparcamiento. La nueva arquitectura de la plaza englobará actuaciones con el nuevo acceso peatonal por la calle Carretas y reestructuración de los accesos de vehículos al aparcamiento mediante el cierre de rampa actual de entrada y el cegado del bypass de la calle Doctor Cortezo.

Se destaca que no se han encontrado los planos de armado de los forjados del aparcamiento ni se han acotado con claridad las cargas consideradas para su diseño, por ello, durante la fase de obra se deberán comprobar que las cuantías dispuestas son siempre inferiores a las proyectadas.

El objeto del presente proyecto es la definición de las soluciones de rehabilitación estructural de los forjados con daños severos del aparcamiento de Jacinto Benavente y conjugarlo con las actuaciones de mejora del aparcamiento. Como se comentaba, el proyecto parte del informe redactado previamente por Fhecor para EMT en noviembre de 2023 que se adjunta como anejo 3 a esta memoria. A continuación, se resumen las conclusiones de la fase de este informe previo, seguido de una visión general del contenido del presente proyecto.

## 1.1 FASE DE INFORME PREVIO

En mayo de 2023, EMT encarga la redacción de un informe sobre el estado de la estructura del aparcamiento de Jacinto Benavente. Fhecor propone realizar el informe en tres fases:

1. Primero se realizan varias visitas al aparcamiento e inspecciones visuales para dar una propuesta sobre la campaña de catas y ensayos a realizar.
2. Tras recibir los resultados se procede a redactar el informe con los resultados de la campaña de ensayos que determine el estado en que se encuentra la estructura del edificio.
3. Con posterioridad se desarrolla una propuesta de reparación de la estructura.

Las inspecciones iniciales y la propuesta de caracterización se realizan durante los meses de mayo y junio comenzándose a realizar las catas a principios de julio. Los resultados completos de la campaña de ensayos ejecutada por Adamas se reciben el 06 septiembre de 2023.

El objeto de este informe fue, una vez analizado el resultado de los ensayos, determinar de forma generalizada el estado en el que se encuentra los diferentes elementos estructurales del edificio, y proponer la reparación necesaria y una valoración aproximada.

Se divide así la superficie de los forjados en tres zonas, catalogadas como SECAS, INTERMEDIAS Y HÚMEDAS. Para las zonas húmedas se prescribe la demolición y reconstrucción del forjado, mientras que para las intermedias se propone una reparación local con reposición de armado. Para las zonas secas no se considera necesaria ninguna actuación de reparación.

El informe se entregó a EMT el 16 noviembre de 2023.

## 1.2 FASE DE PROYECTO

En diciembre de 2023, EMT encarga la redacción de un proyecto parcial de investigación adicional y de definición de las actuaciones de reparación de las áreas identificadas como HÚMEDAS en el informe previo.

Mediante una campaña complementaria de catas se acotará con mayor precisión las zonas denominadas como HUMEDAS y se procederá a definir el proceso de reparación de las mismas, principalmente su demolición y reconstrucción. Las zonas marcadas como SECAS e INTERMEDIAS no están contempladas en el alcance de este proyecto. El proyecto sólo incluye la rehabilitación de elementos estructurales.

Posteriormente, EMT encarga a Fhecor ampliar el alcance para incluir el cierre de la cubierta de la rampa de acceso al aparcamiento que baja de la plaza al sótano -1.

Estas actuaciones se engloban en el marco de la reforma de la plaza de Jacinto Benavente, integrándose la documentación generada en el proyecto de acondicionamiento de la plaza redactado por el Ayuntamiento de Madrid, como consecuencia de que las actuaciones de demolición y posterior reconstrucción de losa de cubierta deben realizarse necesariamente de manera conjunta y coordinada con las obras de renovación de la plaza.

## 2 DATOS DE PARTIDA

Para la redacción de este proyecto se ha dispuesto de la siguiente documentación:

- Planos arquitectónicos de 1969-1970, recibidos el 17/05/2023
- Planos y detalles actualizados de 1997, recibidos el 17/05/2023
- Planos estructurales y memoria de cálculo del proyecto original de 1970, recibido el 07/05/2023 (Nota: en esta memoria, las cargas que actúan sobre la cubierta están divididas en cargas aplicables a las “zonas de tráfico” y cargas aplicables a las “zonas de jardín”. Sin embargo, no se explica cómo se subdivide exactamente la cubierta en tales zonas y no está claro qué cargas se han aplicado a dicha cubierta.)
- Levantamiento topográfico de los pilares de planta Sótano -1 recibido el 12/06/2024
- Planos definitivos de los huecos de ventilación recibidos el 04/07/2024
- Planos de arquitectura de los aparcamientos recibida el 05/08/2024
- Planos nueva arquitectura de la plaza recibida el 29/08/2024

### 3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA EXISTENTE

Se trata de un aparcamiento de 4 plantas y una superficie construida de 12.962 m<sup>2</sup>

La estructura de la obra consta de los siguientes elementos:

- Muro-pantalla perimetral, de hormigón armado, excavado a mano y supuesto de 0,90 m de espesor.
- Serie de pilares con luces generales 7,50 m de lado, de acero laminado, cimentados sobre zapatas de hormigón armado de dimensiones variables en la zona no afectada por el Ferrocarril Metropolitano y sobre pórticos de hormigón armado en la zona afectada. Los citados pórticos salvan la bóveda del túnel del Ferrocarril. Los pilares cuentan con protección ignífuga que no permite comprobar el estado de los mismos.
- Forjado reticular en cubierta, con nervios de hormigón armado, de 0,45 m de espesor, y bovedillas de bloques de hormigón prefabricados, apoyado en los muros y pilares. El intereje de los nervios se presupone en 0.80 m y el ancho total de los ábacos de 1.60 m
- Tres forjados de sótano, reticular del mismo tipo que la cubierta, de 0,30 m de espesor para planta primera, segunda y tercera. El intereje de los nervios se presupone en 0.80 m y el ancho total de los ábacos de 1.60 m
- Los forjados van empotrados en el muro mediante roza y apoyados en los pilares.
- Rampas exteriores de hormigón armado de 0,30 m de espesor, apoyadas en vigas sobre pilares y con empotramiento en el muro perimetral correspondiente.
- Rampas interiores con la misma tipología de los forjados intermedios.
- Tanto en los forjados de las plantas como en los de las rampas existen recubrimiento de mortero y pintura que no permiten ver con claridad el estado de conservación de los mismos salvo en zonas puntuales en las que se manifiestan determinadas patologías.
- Solera de hormigón en masa en Sótano -4.

La información de la estructura existente con la que se cuenta es muy limitada, y no incluye planos de armado, detalles, cargas consideradas, etc. de los forjados a rehabilitar.

Todos los datos en cuanto a dimensiones de los elementos que componen la estructura se han supuesto en base a las investigaciones realizadas y deberán ser comprobados durante la fase de ejecución para validar la solución estructural propuesta en el presente proyecto.

## 4 INSPECCIONES VISUALES

### 4.1 FASE DE INFORME

Las inspecciones visuales iniciales permiten determinar un buen estado general de los muros y pilares y una serie de patologías en los forjados de la estructura, aparentemente ocasionadas por el bajo recubrimiento que posee la armadura, la pérdida de protección que produce el paso del tiempo y por la filtración de agua en el aparcamiento, principalmente.

Como ya se mencionaba en el punto anterior, los forjados reticulares de hormigón cuentan con una capa de mortero inferior y una pintura aparentemente impermeable. Del mismo modo, los pilares se encuentran cubiertos con una capa de protección al fuego y, salvo en zonas localizadas, impedían la correcta inspección.

En consecuencia, en el informe previo, quedan reflejados aquellos daños que se identifican a simple vista o en las catas realizadas, es decir, se desconoce aquellos daños que hayan podido quedar ocultos, no se espera que vayan a ser especialmente críticos.

En los siguientes apartados se definen aquellos daños más relevantes encontrados en cada uno de los elementos estructurales:

#### 4.1.1 MUROS

Se dispone de un plano general de 1970 que ofrece poca información.

Se han realizado dos catas, una en el sótano -3 y otra en el sótano -4. De éstas se pudo observar que las barras de armadura se encuentran en buen estado debido fundamentalmente a que cuentan con un alto recubrimiento. En base a ello y dado que no se han visualizado patologías importantes que se hubieran manifestado en la cara del muro vista, parece lógico pensar que el estado de conservación de estos elementos es bueno.

#### 4.1.2 PILARES

Todos los pilares están recubiertos con una protección intumescente que impide una correcta inspección visual. Sin embargo, sobre un pilar ha caído parte de esta protección permitiendo una inspección visual local. El ancho medido del pilar es 27cm, confirmando lo que dicen los planos de 1970. En este pilar se ha comprobado que la oxidación que se observa es superficial.

Adicionalmente, se ha solicitado una cata (cata de ADAMA S4-P1) en otro pilar en el que se ha podido comprobar que la protección ignífuga ha protegido bien el acero del pilar. No se considera necesario descubrir más pilares para no perder la protección ignífuga.

#### 4.1.3 SOLERA

Se ha realizado una cata en la solera confirmándose que las bases de los pilares se encuentran en buen estado. Se confirma que la solera se trata de un elemento de hormigón en masa, no observándose patologías sobre la misma.

#### 4.1.4 FORJADOS

Durante las inspecciones de los forjados realizadas en la fase de redacción del informe entregado el 16 de noviembre de 2023, se observaron manchas de humedad de forma generalizada y con una mayor concentración cerca de los muros. En estas zonas, es posible encontrar pérdidas de recubrimiento de hormigón que dejan al descubierto las barras de refuerzo. En algunos casos, las manchas de humedad se encuentran activas, con agua que gotea.

Otro de los daños detectados durante la inspección es la fisuración. En la mayoría de los casos, se trata de fisuras localizadas que coincide generalmente con zonas con humedad.

Para facilitar el análisis, y poder extrapolar conclusiones de los paños en los que se ha podido realizar catas a los que no, los forjados se subdividieron en cuadrantes tomando como referencia los pilares. Cada cuadrante fue clasificado en tres categorías: HÚMEDA, donde la mayor parte del paño presenta humedades; INTERMEDIA, con variabilidad en el porcentaje de áreas con humedades, siendo



puntuales en la mayoría de los casos; y SECA, sin humedad según las inspecciones visuales realizadas. En el informe previo se han recopilado las fotos de las inspecciones visuales y los daños registrados.

## 4.2 FASE DE PROYECTO

#### 4.2.1 MUROS

Se ha solicitado una cata para determinar la naturaleza del muro entre la rampa de entrada desde la plaza al sótano -1 y el túnel que entra al aparcamiento desde calle del Doctor Cortezo. En la cata realizada se observa que el muro es de hormigón, no habiéndose encontrado ninguna barra de armado. Las fotografías de la cata se encuentran en el Anejo N.1.

#### 4.2.2 FORJADOS

Las inspecciones de los forjados realizadas para la redacción de este proyecto se han enfocado exclusivamente en las zonas que se han marcado HÚMEDAS en el informe previo con el objetivo de confirmar el estado y alcance de éstas. Con estas inspecciones visuales en fase de proyecto se define una campaña complementaria de catas en las zonas HUMEDAS para acotar las zonas a demoler, que son las principales actuaciones incluidas en el presente proyecto.

En los siguientes planos previos a al presente proyecto se pueden ver sombreadas en rojo las zonas confirmadas como HÚMEDAS.

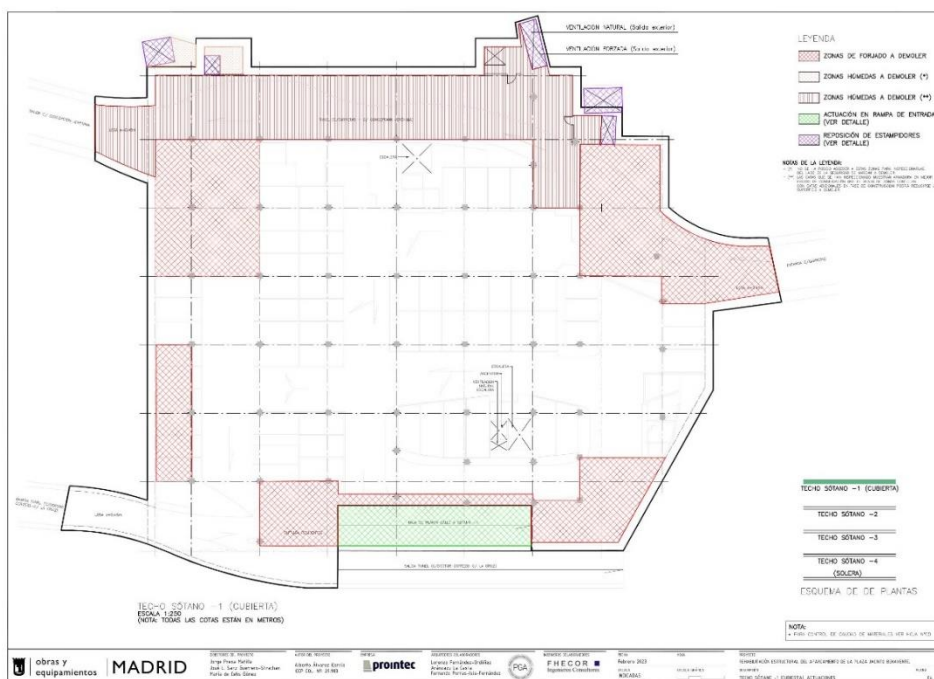


Figura 4-1 Plano Planta Cubierta que muestra las zonas confirmadas como húmedas, sombreadas en rojo

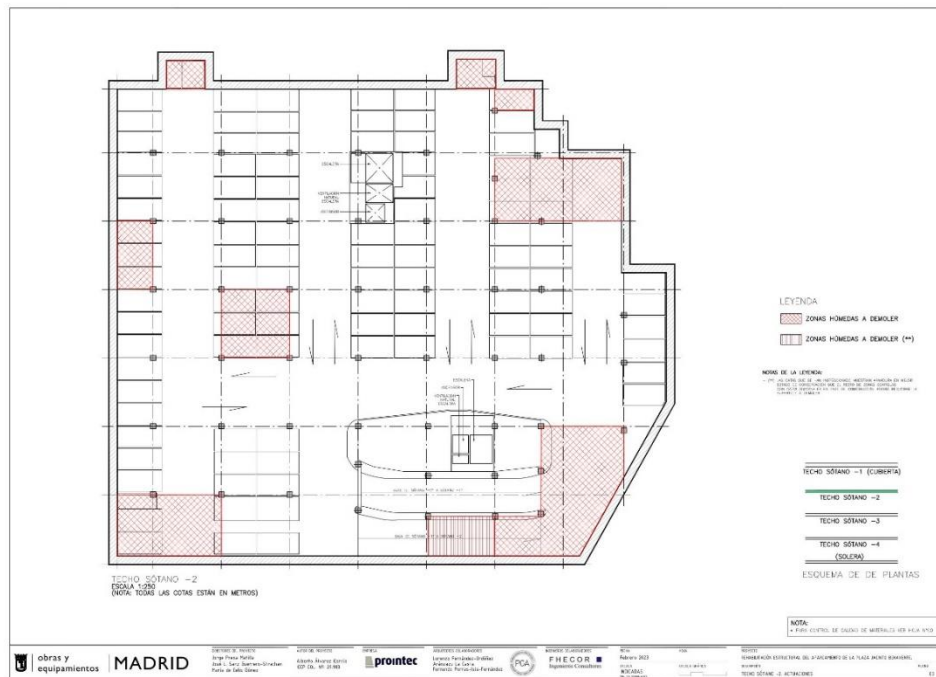


Figura 4-2 Plano Planta Sótano -1 que muestra las zonas confirmadas como húmedas, sombreadas en rojo

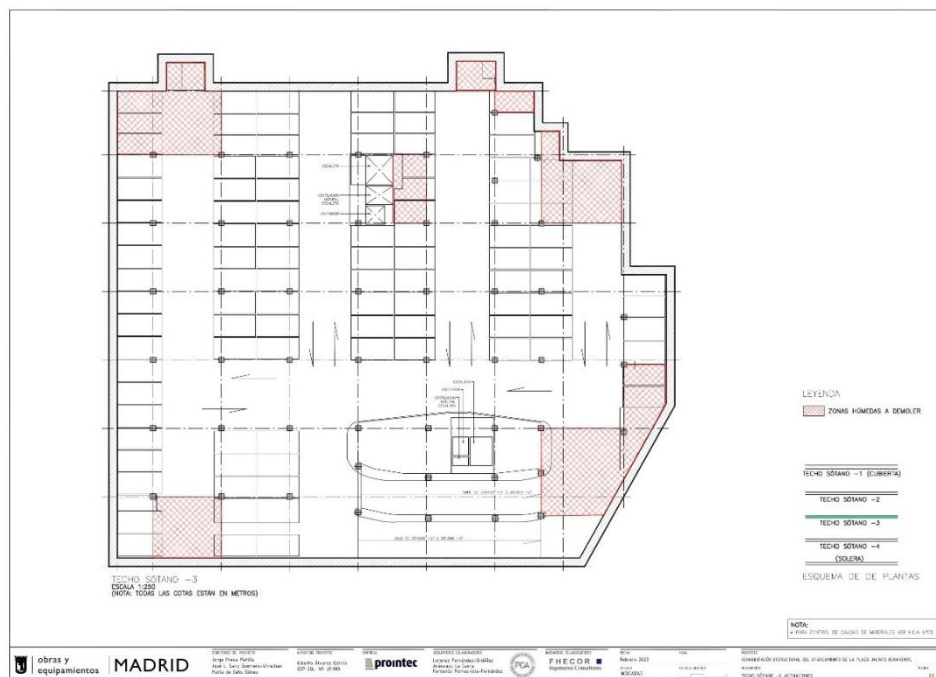


Figura 4-3 Plano Planta Sótano -2 que muestra las zonas confirmadas como húmedas, sombreadas en rojo

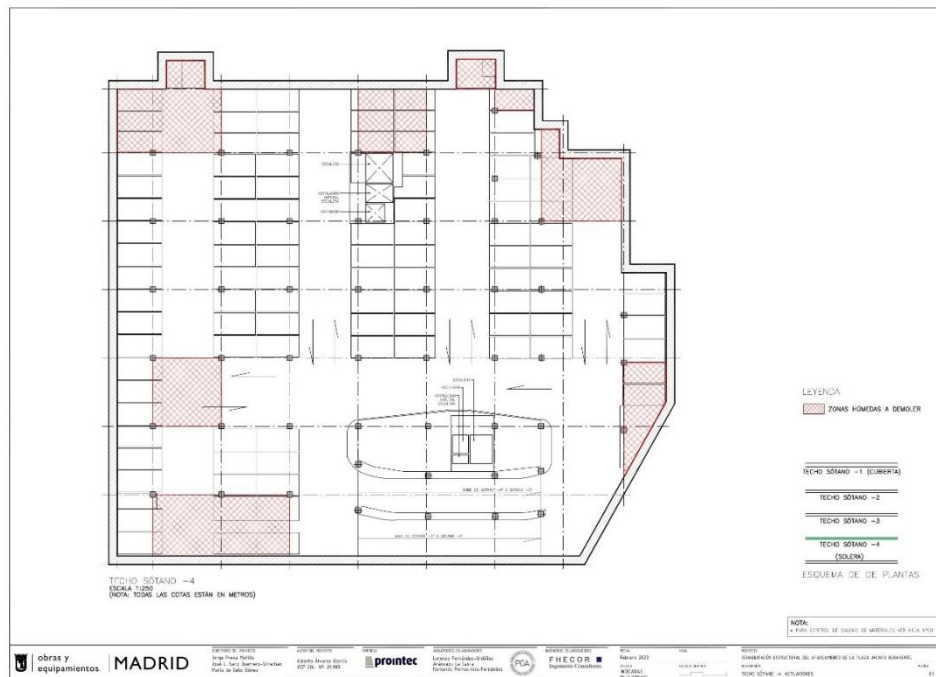


Figura 4-4 Plano Planta Sótano -3 que muestra las zonas confirmadas como húmedas, sombreadas en rojo

## 5 CAMPAÑA DE ENSAYOS

A continuación, se resumen los trabajos realizados en la fase de informe junto con sus resultados, además de presentar los nuevos trabajos llevados a cabo en la fase de proyecto y sus respectivos resultados.

### 5.1 FASE DE INFORME

#### 5.1.1 TRABAJOS REALIZADOS EN FASE DE INFORME

Durante los trabajos realizados entre los días 25/07/2023 y 11/08/2023, ADAMAS ha procedido a la realización de ensayos tanto destructivos (catas, taladros y testigos) como no destructivos (inspección con pachómetro) para obtener información de la estructura existente en el Aparcamiento Jacinto Benavente.

- 25 catas en estructura de hormigón (losas, muros y forjados) para descubrir las armaduras existentes y poder medir dimensiones de estas (diámetros, separaciones, recubrimientos y profundidad de carbonatación).
- 40 taladros en estructura de hormigón (forjados) para medir in situ la profundidad de carbonatación.
- 64 inspecciones con pachómetro para determinar la localización de la armadura y espesor de recubrimiento en elementos de hormigón armado.
- 2 medidas del espesor de un pilar metálico existente mediante ultrasonidos.
- 10 medidas espesores de forjado.
- 3 extracciones de testigos de hormigón para comprobar su resistencia a compresión y medida de profundidad de carbonatación.
- 3 extracción de testigos para cálculo de módulo de elasticidad.

#### 5.1.2 RESULTADOS DE ENSAYOS EN FASE DE INFORME

##### ESPESOR DE RECUBRIMIENTO DE LA ARMADURA EN LOS FORJADOS

El espesor del recubrimiento se registró de dos formas diferentes. Mediante una medición manual en cada cata y mediante el pachómetro. El recubrimiento promedio por cada plan se resume en la siguiente tabla. Las mediciones individuales se pueden consultar en el informe inicial.

Tabla 5-1. Recubrimiento promedio en los forjados, en mm

Planta	Recubrimiento promedio [mm]	
	Pachómetro	Cata
-1	21	18
-2	18	19
-3	22	18
-4	23	17

Como puede observarse el valor del recubrimiento con ambos sistemas de medición es pequeño.

##### PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN LOS FORJADOS

La profundidad de carbonatación se registró de dos formas diferentes: mediante una medición manual en cada cata y mediante los taladros en el hormigón. La profundidad de carbonatación promedio por para ambos métodos se resume en la siguiente tabla. Las mediciones individuales se pueden consultar en el informe inicial.

Tabla 5-2. Carbonatación promedia en los forjados, en mm

Carbonatación promedia [mm]		
Planta	Taladros	Catas
-1	21	55
-2	7	47
-3	14	33
-4	2	42

Dada la disparidad de resultados entre ambos métodos de medición, se solicita a ADAMAS una explicación de tales discrepancias, respondiendo éstos que, al haberse abierto las catas unos días antes de realizar los ensayos, es posible que la profundidad de carbonatación haya avanzado. Para comprobar si es así se solicitan unas mediciones de contraste.

Con fecha 11/10/2023 se realizan dos catas adicionales de contraste y los resultados confirman profundidades de carbonatación más similares a las vistas en los taladros. Esto confirma la hipótesis de ADAMAS de que las catas anteriores pudieron haber estado abiertas demasiado tiempo y la profundidad de carbonatación no es fiable.

Por esta razón se descartan los valores de profundidad de carbonatación de las catas iniciales y se emplea únicamente la carbonatación promedio de cada planta medida con taladros para las estimaciones de vida útil.

## RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD

Se han extraído seis testigos de hormigón para comprobar su resistencia a compresión.

 Tabla 5-3 Resistencia a compresión del hormigón, en N/mm<sup>2</sup>

Testigo	Resistencia a compresión en laboratorio	Resistencia a compresión de proyecto
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
TC1/S1	16	22.5
TC2/S2	22.4	22.5
TC3/S3	15.2	22.5
T1	18.7	22.5
T2	15.8	22.5
T3	18	22.5
Promedio	17.7	22.5

Las resistencias a compresión obtenidas concuerdan con el valor de resistencia a compresión de proyecto y con los valores habituales en la época de construcción del edificio.

En las zonas de testigos T1-T2-T3 de la losa de cubierta se solicitó también obtener el módulo de elasticidad del hormigón, ya que es un buen indicador para confirmar o descartar la presencia de árido-álcali, posible por el tipo de árido silíceo que se utilizaba habitualmente en Madrid en los años de construcción del edificio. Las reacciones árido-álcali son un proceso químico entre agua externa y

áridos con alta cantidad de sílice que produce gel de silicato que se expande y consigue fisurar el hormigón. A consecuencia de esta fisuración, el módulo de elasticidad se ve reducido.

Tabla 5-4 Módulo secante de elasticidad en compresión, en GPa

Testigo	Resistencia a compresión tras módulo [MPa]	Módulo secante de elasticidad estabilizado [GPa]
T1	35.2	24.4
T2	38.1	26.7
T3	33.3	22.6
Promedio	35.5	24.6

El valor promedio de resistencia a compresión (35.5 MPa) obtenido en T1-T2-T3 durante las pruebas para evaluar el módulo de elasticidad es muy superior al valor promedio de los ensayos de resistencia a compresión (17.7 MPa) y el valor de proyecto (22.5 MPa). Al no obtener explicación a esta discrepancia por parte de ADAMAS, se solicitan tres ensayos adicionales de contraste. Los testigos se extraen con fecha 14.11.2023 y presentan resultados similares.

## 5.2 FASE DE PROYECTO

### 5.2.1 TRABAJOS REALIZADOS EN FASE DE PROYECTO

Durante los trabajos realizados entre los días 04/01/2024 y 01/02/2024 se ha procedido a la apertura de catas para realizar inspecciones visuales del estado de la armadura, así como confirmar la geometría de los elementos estructurales.

- 48 catas en estructuras de hormigón (forjados y rampas) para descubrir las armaduras existentes y evaluar el estado del acero.
- En 2 puntos, retirada del revestimiento bajo los forjados para confirmar el ancho de los ábacos y medir la distancia entre ejes de los nervios.
- 2 extracciones de testigos de hormigón para detectar presencia de reacciones de tipo árido-álcali, ya que su presencia no se pudo confirmar o descartar en ensayos anteriores.
- 1 cata para confirmar si el muro de separación entre la rampa de entrada al aparcamiento y la de salida por la calle del doctor Cortezo es un muro estructural de hormigón armado.

Las fotografías de las catas abiertas se incluyen en el Anejo N.1.

### 5.2.2 RESULTADOS DE ENSAYOS EN FASE DE PROYECTO

#### ANCHO ABACOS Y DISTANCIA ENTRE EJES DE LOS NERVIOS

La memoria de cálculo del proyecto original de 1970 no proporciona información clara sobre el ancho de los ábacos y la distancia entre ejes de los nervios. Sin embargo, un croquis adjunto en esa memoria de 1970 acota nervios de 10cm y distancia entre ejes de nervios de 80cm. De manera similar, se ha extrapolado a partir de un plano de 1970 una dimensión de ábaco entre 1.8m y 1.9m.

Se ha solicitado descubrir una parte del revestimiento bajo los forjados de 2m x 1m en zona de pilares, con el objetivo de confirmar las hipótesis mencionadas. Esta operación se ha realizado cerca de dos pilares diferentes, uno en el forjado de techo del sótano -2 y otro en el forjado de techo del sótano -3.

Tabla 5-5. Dimensiones ábacos y nervios medidas en sitio, en m

Planta	Distancia entre cara de pilar y borde ábaco [m]	Ancho bloque de aligeramiento (3 bloques cada casetón) [m]	Distancia entre ejes nervios [m]
-2	0.78	0.25	-
-3	-	0.23	0.88

Como se puede observar a partir de la distancia medida desde la cara del pilar hasta el borde del ábaco, y conociendo el ancho del pilar, es razonable considerar un ábaco con ancho entre 1.80 m y 1.90 m en nuestro informe. La distancia medida entre los ejes de los nervios es ligeramente mayor de lo esperado, pero este tipo de mediciones *in situ* no son muy precisas, por lo que se puede confirmar la estimación inicial de 80 cm.

### ENSAYOS DE REACTIVIDAD ÁRIDO-ÁLCALI

Se ha determinado la reactividad potencial álcali-sílice u álcali-silicato de los áridos con el método acelerado en probetas de mortero. Se resumen los resultados a continuación.

Tabla 5-6. Dimensiones ábacos y nervios medidas en sitio, en m

Probeta	Expansión lineal a los 14 días de tratamiento alcalino (%)
Probeta n.1	0.035
Probeta n.1	0.036
Probeta n.1	0.034
Expansión lineal media	0.04

El árido resulta no reactivo, siendo la expansión  $\leq 0.10\%$ .

## 6 CONCLUSIONES DE LAS INSPECCIONES

### FASE DE INFORME

Las inspecciones visuales iniciales sugirieron que una parte de los forjados presentaban signos de daño causado por la humedad. La siguiente investigación con catas mostró que, en la mayor parte de las zonas de los forjados analizadas, la profundidad de carbonatación es baja y no ha llegado al armado.

Sin embargo, en las inspecciones visuales, sí se apreció corrosión de la armadura en algunas zonas. Esta corrosión no es debida a la pérdida de la protección de la armadura por la carbonatación del hormigón, sino al contacto directo con el agua que se ha filtrado al aparcamiento. Por este motivo, se ha recomendado implementar medidas que eviten la entrada de agua a la estructura, como la impermeabilización de la cubierta o la adecuada canalización del agua en las rampas de acceso.

Analizado el estado de la estructura, se propusieron algunas medidas de prevención/reparación de los forjados para cada una de las tres zonas identificadas. Mas detalles se pueden leer en el informe entregado en noviembre de 2023.

### FASE DE PROYECTO

La fase de proyecto se centra exclusivamente en identificar las áreas que necesitan ser demolidas por completo y reconstruidas. Por esta razón, las inspecciones visuales y la nueva campaña de catas se han enfocado únicamente en confirmar las zonas con alta humedad que requieren demolición y reconstrucción y ampliarlas si es necesario. Aquellas zonas donde tanto las inspecciones visuales como las catas indican claramente signos de alta humedad se han marcado en el proyecto como demolición y reconstrucción.

Sin embargo, las zonas de techo sobre los túneles de entrada y salida al sótano -1 desde la calle presentan información contradictoria. Las catas ejecutadas muestran que la armadura está en buen estado, con señales de corrosión muy bajas o ausentes. En cambio, durante las inspecciones realizadas en días lluviosos, se ha observado claramente que todas estas zonas están visiblemente húmedas, con agua goteando en varios puntos. Por precaución, se considera que estas zonas necesitan ser demolidas, aunque se recomienda una campaña de investigación más detallada en estas áreas en primeras fases de obra, ya que se considera posible evitar su demolición con más ensayos. En apartados posteriores se indican pautas a seguir para las posibles inspecciones en fase de obra.

Cabe destacar que las catas solicitadas para inspeccionar visualmente el estado de la armadura se han ejecutado prácticamente en su totalidad en la cara inferior de los forjados. En la cara superior la dificultad de apertura de catas es mayor debido al pavimento y a los rellenos sobre la cubierta. No obstante, se han pedido algunas catas para comprobar el estado de la armadura, observándose que todas se encuentran en buen estado, probablemente por la protección adicional que supone el pavimento.

En las inspecciones visuales se observa también el mal estado de conservación de los patinillos de ventilación, esperable al ser un punto de entrada de agua. En el proyecto actual se dota de nuevas instalaciones de ventilación natural y forzada por lo que estos estampidores se eliminarán, sin embargo, se ofrece un detalle en proyecto por si fuese necesario reconstruirlos.

De cara a la durabilidad tanto de la estructura que se mantiene como de la que se va a ejecutar nueva, se incide en la importancia de actuar para reducir la entrada de agua al mínimo. Se recomiendan las siguientes actuaciones:

- Impermeabilización de toda la superficie de cubierta
- Saneado e impermeabilización de patinillos de ventilación
- Canalización y recogida del agua que se filtra a través de los muros.
- Canalización y recogida del agua en las rampas de acceso.



## 7 PROPUESTAS DE REPARACIÓN DE FORJADOS Y NUEVAS ACTUACIONES ESTRUCTURALES

En líneas generales, se definen las siguientes actuaciones entre las que se incluyen tanto las de reparación o reconstrucción de las zonas húmedas (en mal estado) como las de nueva ejecución por mejoras de las instalaciones del aparcamiento y plaza de Jacinto Benavente:

- Reconstrucción de forjados interiores y rampas: en los paños clasificados en los planos como ZONAS DE FORJADO A DEMOLER, donde la pérdida de sección de la armadura por corrosión no es aceptable y se observa humedad generalizada en toda la superficie, así como las zonas donde se necesitarán apertura de nuevos huecos, se procederá a la demolición del paño completo de forjado reticular y se reconstruirá con losa maciza del mismo espesor total.
- Reconstrucción de forjado de cubierta: en el forjado de cubierta se aplica la misma solución que para los forjados interiores, contemplando demoler tanto las zonas en mal estado como zonas con necesidades de nuevos huecos, con algunas particularidades en el armado de punzonamiento y detalles de apoyo en muros perimetrales.
- Actuación en la rampa de acceso actual al aparcamiento y rampa calle Doctor Cortezo donde se cegarán los huecos de ambas tal y como se describe en el proyecto.
- Actuación en nuevo acceso peatonal por la calle Carretas.
- Actuaciones para ejecución de dos nuevos núcleos de escaleras y ascensores.
- Estructura metálica de cierre exterior de ascensores
- Conexiones de la estructura de la pérgola a la estructura existente

Cabe destacar que se ha procedido a comprobar que los pilares definidos en planos de proyecto (aun habiendo contradicciones se han comprobado los pilares pésimos) son capaces de resistir las acciones del estado reformado. En el anejo se incluyen las comprobaciones realizadas.

## 7.1 RECONSTRUCCIÓN DE FORJADOS INTERIORES Y RAMPAS

En el apartado 4.2.2 se presentan planos donde únicamente se reflejaban las zonas detectadas como Húmedas en los trabajos de caracterización e inspecciones de la estructura. Se han estudiado las zonas en mal estado, conjuntamente con las zonas que se van a sufrir cambios por las nuevas necesidades de arquitectura e instalaciones, recopilando la información de demolición en un único plano definitivo para las actuaciones del proyecto.

A continuación, se muestran las zonas a demoler:

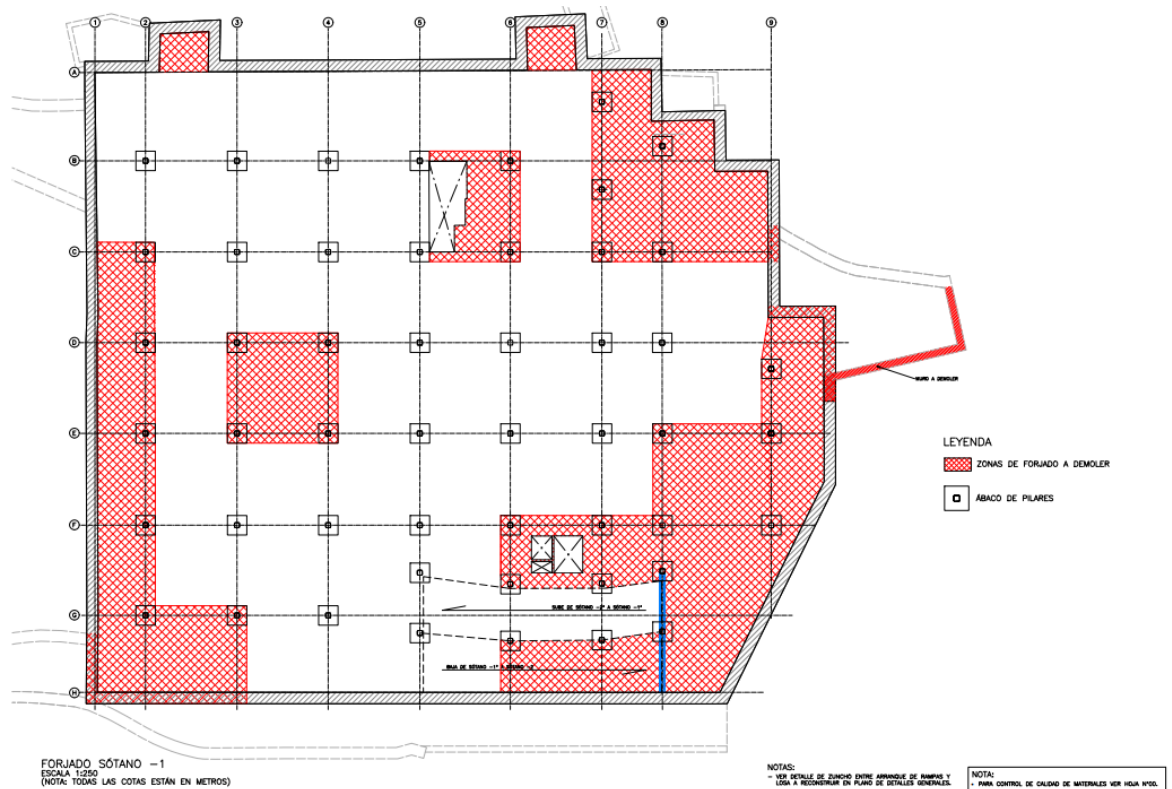


Figura 1 Plano demoliciones Forjado Sótano -1

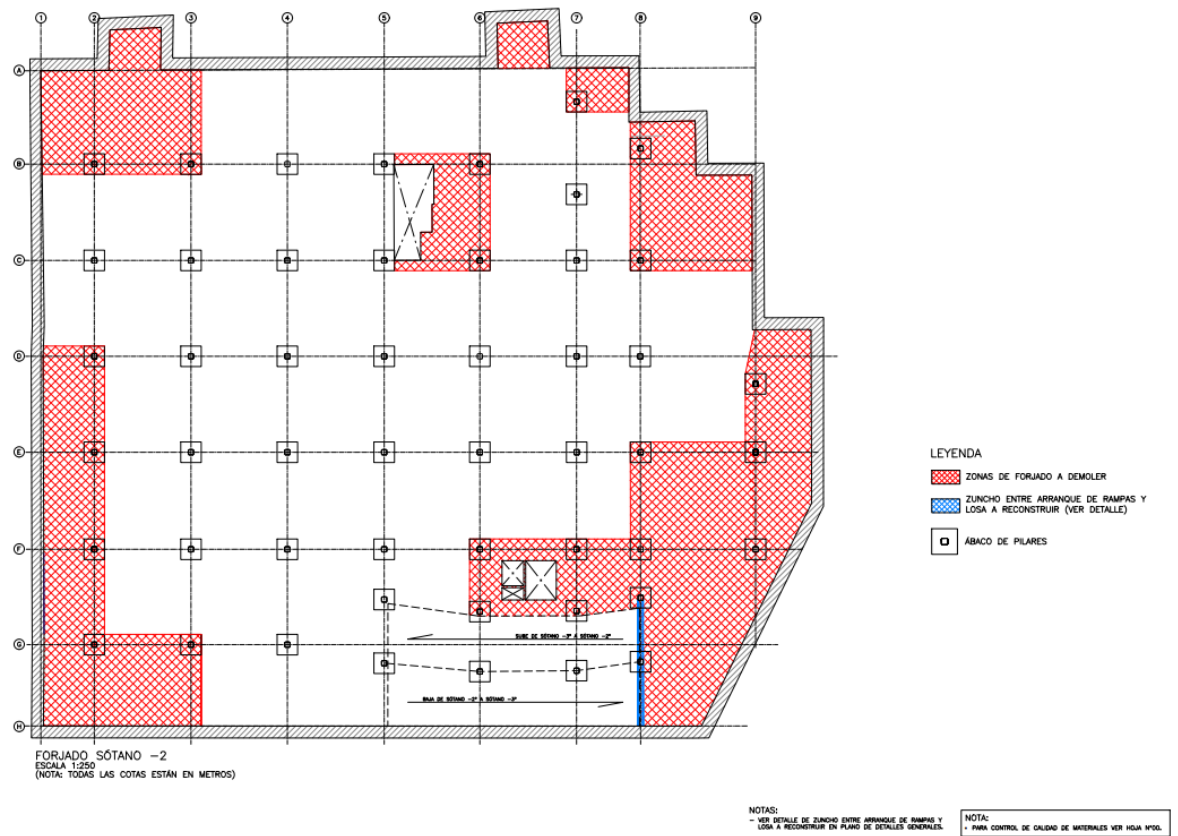


Figura 2 Plano demoliciones Forjado Sótano -2

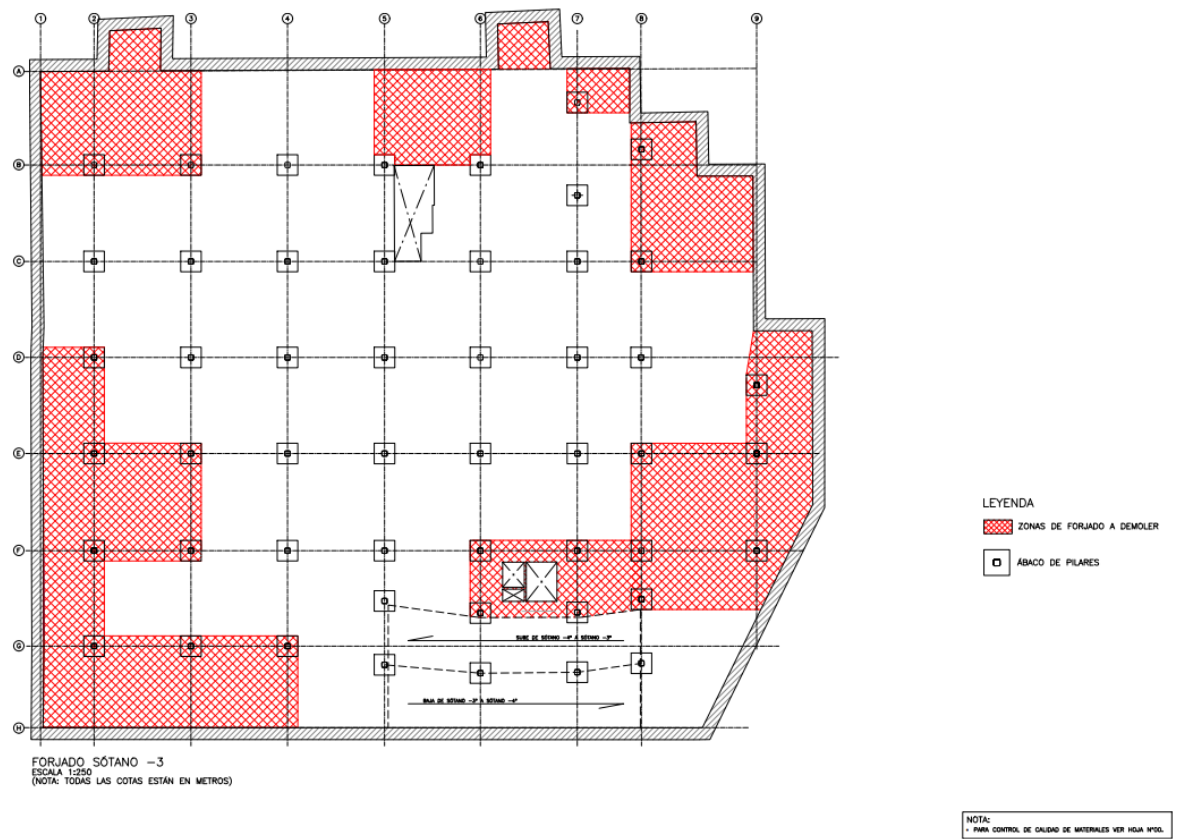


Figura 3 Plano demoliciones Forjado Sótano -3

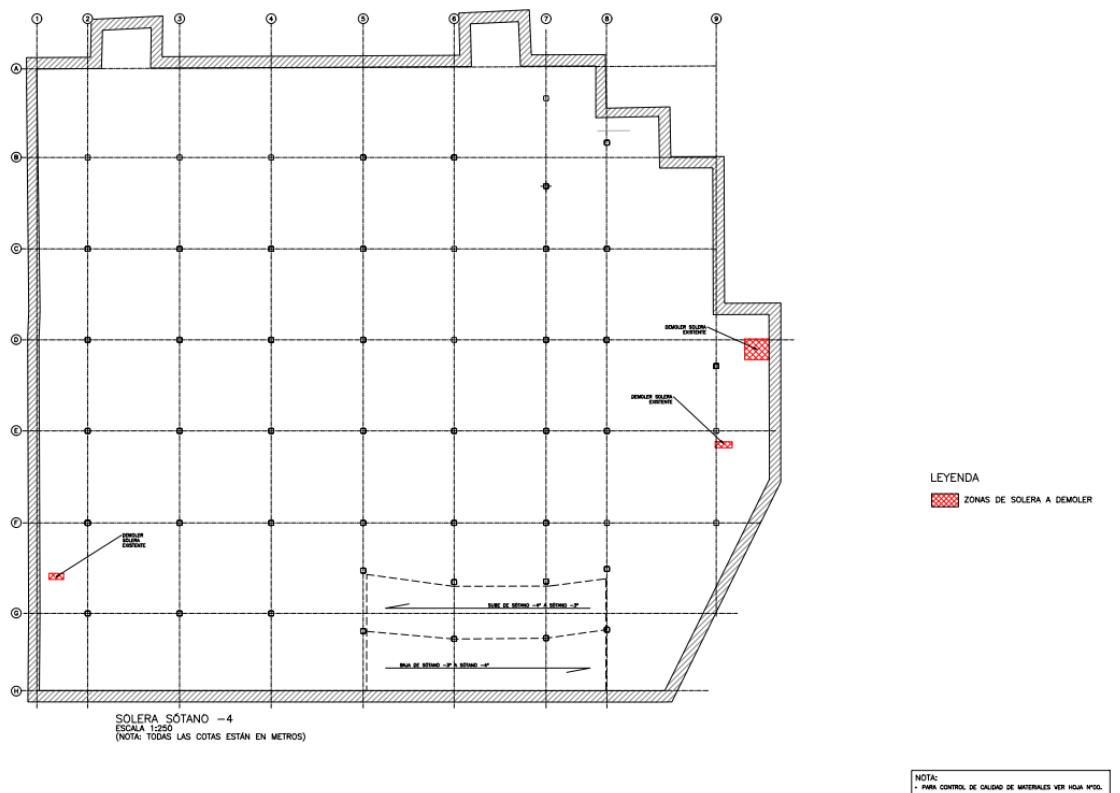


Figura 4 Plano demoliciones Solera Sótano -4

En los paños clasificados en los planos como ZONAS DE FORJADO A DEMOLER se procederá a la demolición de los forjados reticulares y se reconstruirán como losas macizas del mismo canto. Esta elección se basa en la optimización del tiempo de ejecución, ya que la construcción de losas macizas no requiere la disposición de casetones ni ajustes complejos en el encofrado. Esto agiliza considerablemente el proceso constructivo, reduciendo costos y tiempos de mano de obra. Aunque la solución de losas macizas implica un ligero aumento en el peso propio de la estructura, este incremento es poco significativo en comparación con los ahorros obtenidos en tiempo y recursos.

La demolición de los forjados reticulares y su reconstrucción como losas macizas del mismo canto se ejecutará mediante el siguiente procedimiento.

- 1- Apuntalado de todos los vanos contiguos al que se va a demoler, considerando un nivel de apuntalado según se detalla en los planos.
- 2- Estudio y delimitación de las fases de demolición descritas en planos. Las fases de demolición están previstas para que las armaduras de negativos no deban ser cortadas y puedan ejecutarse continuas.
- 3- Corte con disco diamantado delimitando las zonas de forjado que se demuelen por cizalladura y manualmente con compresor. En las zonas a demoler manualmente se deberá garantizar que las barras de armado existentes se mantienen en buen estado y con longitud suficiente para poder solaparse a las de la nueva losa. Sólo en casos excepcionales en los que por el proceso de demolición se haya dañado o cortado alguna barra, se podrá soldar la nueva a la existente en lugar de solaparlas.
- 4- Demolición con cizalladura para las zonas fuera del ancho de solape.
- 5- Demolición manual con compresor de las zonas ya descritas en las que se necesita mantener el armado existente a solapar.
- 6- Apuntalamiento de la fase de demolición correspondiente según planos, a 3 niveles para la planta cubierta y a 2 niveles para las plantas sótano.
- 7- Ejecución de losa maciza de igual canto que el forjado reticular existente, disponiendo el armado según los detalles de proyecto, dando continuidad entre el armado nuevo y el existente preferiblemente por solape y disponiendo de los conectores a cortante proyectados entre el forjado existente y el nuevo o entre los muros perimetrales y los forjados de nueva ejecución.

Se resumen a continuación algunos puntos cruciales a tener en consideración.

#### **Demolición de ábacos**

La demolición y reconstrucción de los forjados reticulares se proyecta con la demolición de la mayoría de los ábacos para poder colocar cuantía a negativos suficiente. Sin embargo, al no conocer el armado existente se deberá comprobar en obra que la cuantía proyectada sea siempre superior a la existente. Si no es así, se dotará de la cuantía descubierta (existente) al refuerzo proyectado.

En la planta cubierta, por necesidades de geometría para reforzar el punzonamiento mediante Studs, será necesario demoler un casetón mas allá del ancho del ábaco que será reconstruido con la nueva losa.

Existe una zona en la que no se proyecta demolición de ábacos. Esta es la ubicada en el núcleo de escaleras que se mantiene (acceso Registro Civil). Debido a que no se actúa sobre la escalera se ha decidido mantener estos dos ábacos para respetar el apoyo de esta en la losa.

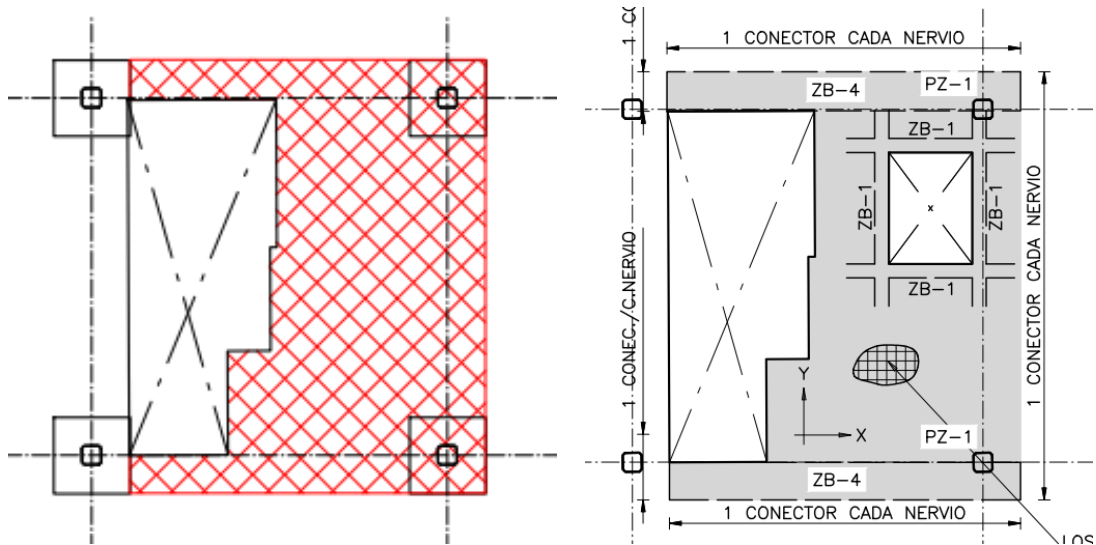


Figura 5 Núcleo de escalera Registro Civil manteniendo ábacos.

Podría darse el caso que estos ábacos se encuentren en mal estado. Durante la ejecución de la obra se deberán comprobar y valorar por si fuera necesaria su reposición con los criterios descritos en el presente proyecto.

Consideraciones de inspección de ábacos:

- *Sin demolición de ábacos:* En casos en que el armado de los nervios que se extienden desde un ábaco se encuentre en buen estado, sin evidencia de corrosión, la demolición se limita a los nervios y casetones, con cuidado de dejar la longitud mínima de solape. La nueva armadura se conecta de manera directa a la existente preferiblemente mediante solapes, y sólo si no es posible por soldaduras o taladros en el ábaco.
- *Con demolición de ábacos:* Cuando el armado de los nervios que nacen desde un ábaco muestra indicios corrosión significativa, como pérdida de sección inaceptable, se deberá proceder a la demolición del ábaco y la reconstrucción completa del elemento como losa maciza. Los criterios de pérdida de sección aceptable se explican en más detalle en el apartado 9.

### Disposición de armado

Como ya se ha indicado, se deberá garantizar la continuidad entre el armado existente y el armado nuevo.

En las plantas sótano no se ha dispuesto el armado superior de las losas nuevas repartido uniformemente, sino respetando la distribución de nervios y casetones existentes, concentrando el armado principal en el ancho de los nervios para poder solaparlo con el existente. Se han dispuesto asimismo cuantías mayores en los nervios que conectan con los ábacos, más solicitados que los centrales. EL armado inferior de estas losas si que se distribuyen uniformemente.

Las cuantías previstas en las losas de sótano son las siguientes:

- Armadura superior (X e Y): se dispone de una armadura base de 3 barras Ø12 cada 80 cm en ambas direcciones. Esto se realizará repartiendo las 3 barras en el ancho del casetón.
- Armadura inferior (X e Y): se coloca una malla base compuesta por Ø12/20 cm en ambas direcciones.

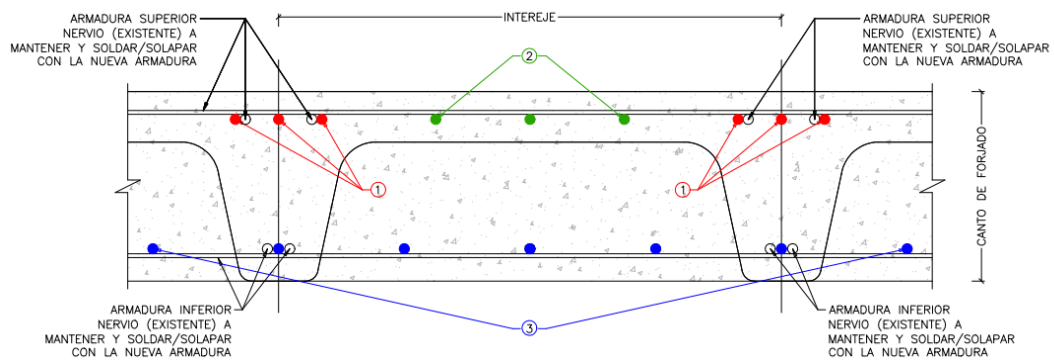


Figura 6 Detalle general de armado de plantas sótano.

Al demoler los ábacos, se plantea la necesidad de reconstrucción del armado de punzonamiento. En los tres forjados interiores de canto 0.30 m, el armado de punzonamiento previsto es mediante horquillas en las plantas sótano y mediante studs en planta cubierta.

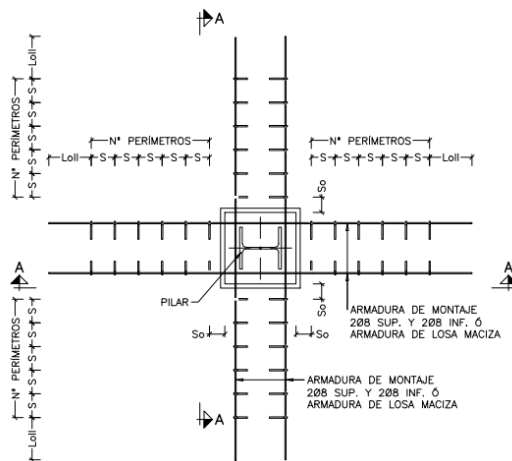


Figura 7 Detalle general armadura de punzonamiento con horquilla (izq.)

### Criterios generales de apuntalado para demolición forjados

Antes de proceder con la demolición de un paño, es imprescindible apuntalar los paños adyacentes hasta un nivel inferior.

Posteriormente, antes del hormigonado del paño demolido para la construcción de la losa maciza, se requiere apuntalar dicho paño. En el caso de paños de cubierta, se apuntalarán 3 niveles de forjado. En el caso de paños de forjados de sótanos, se apuntalarán 2 niveles de forjado. Se indica en rojo en la figura siguiente.

Con la demolición del paño afectado, se interrumpe la continuidad estructural entre vanos. Dado que se van a apuntalar los vanos adyacentes no se producirán deformaciones en los forjados fruto del proceso de reparación.

Los puntales de los paños reconstruidos deberán permanecer hasta la finalización de los trabajos de una planta completa para no comprometer la estabilidad del forjado.

Las fases de demolición se han previsto para dejar las longitudes completas de los refuerzos a negativos de las losas. Entre fase y fase se deberá dotar de una longitud de solape para el armado base sin hormigonar en espera de recibir la fase siguiente para dar continuidad al armado. Si fuera necesario se solapará mediante manguitos las armaduras que no dispongan de longitud suficiente de solape.



A continuación, se muestra el plan descrito para la planta cubierta. Las plantas sótanos seguirán los mismos criterios con las particularidades de niveles de apuntalamiento mencionadas:

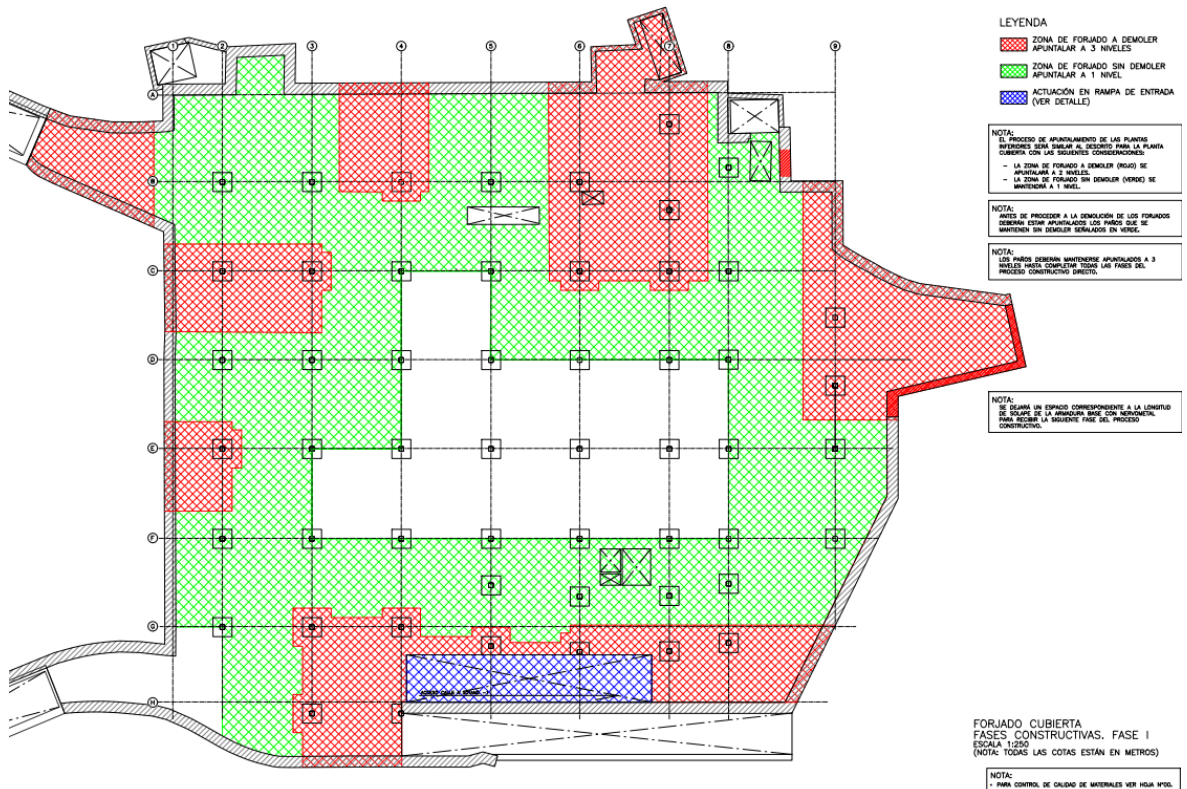


Figura 8 Proceso constructivo de paños en fase 1

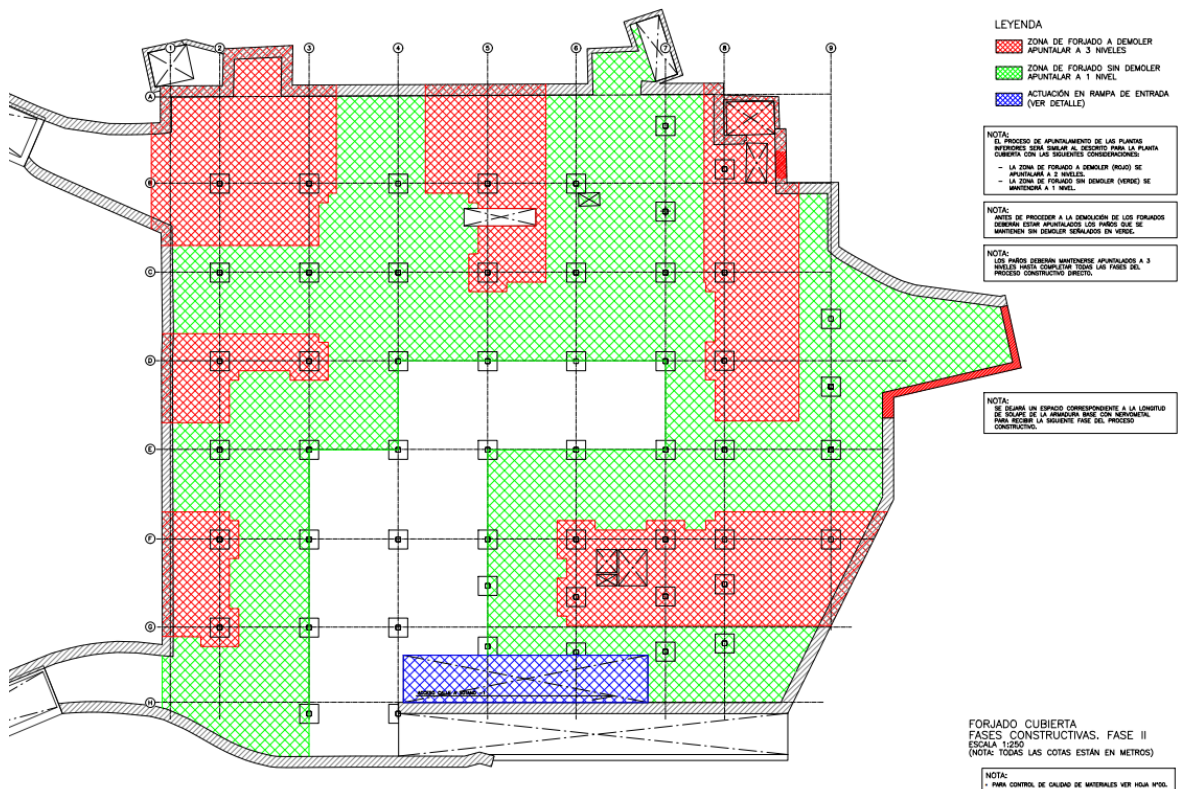


Figura 9 Proceso constructivo de paños en fase 2



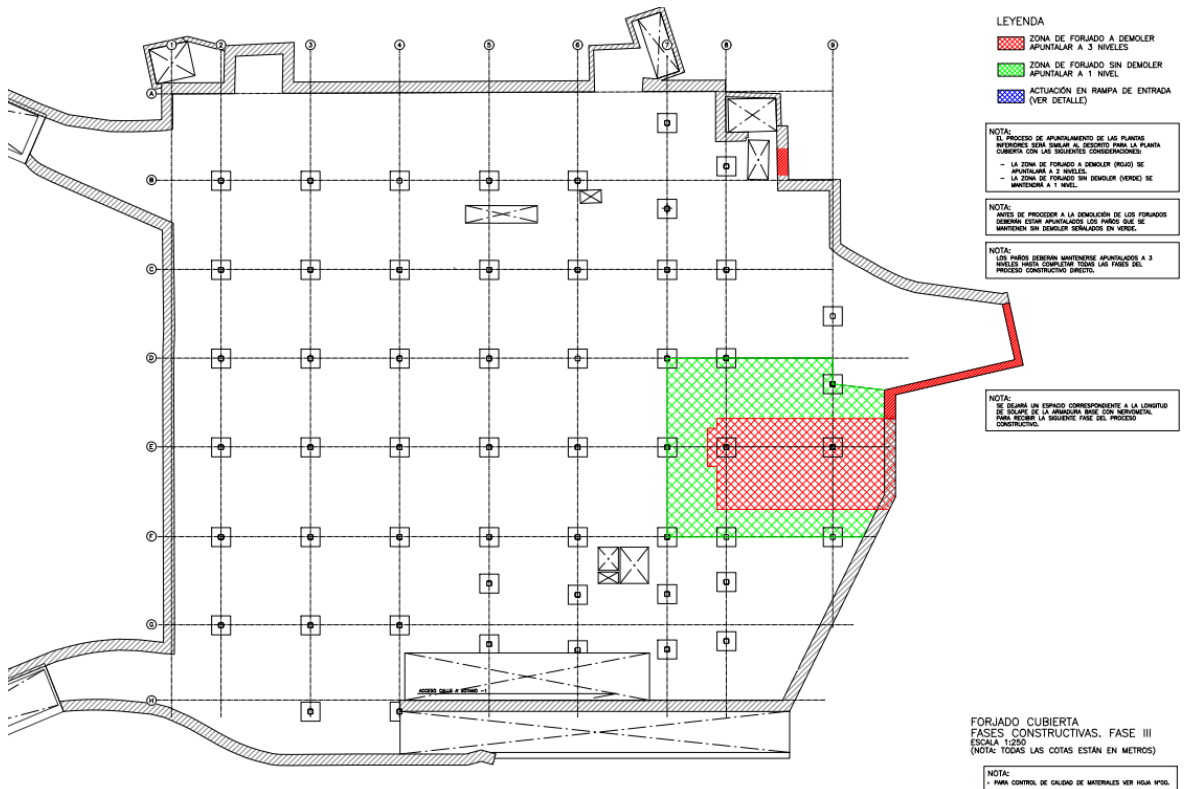


Figura 10 Proceso constructivo de paños en fase 3

### Criterios específicos de apuntalamiento para demolición forjados junto a muros

Además de los criterios generales de apuntalamiento explicados en el subapartado anterior, se incluyen algunas reglas para los casos específicos en los que los paños a demoler son adyacentes a muros.

Deberá prestarse especial cuidado a la demolición de los paños que apoyen en el muro perimetral, de forma que al demolerlos no se comprometa la estabilidad lateral del muro. Para ello, se podrá demoler solamente un paño por vez, esperando a que este primer paño esté reconstruido para demoler el siguiente. Asimismo, no se podrá demoler el mismo paño en varias plantas simultáneamente, sino sólo en una de ellas.

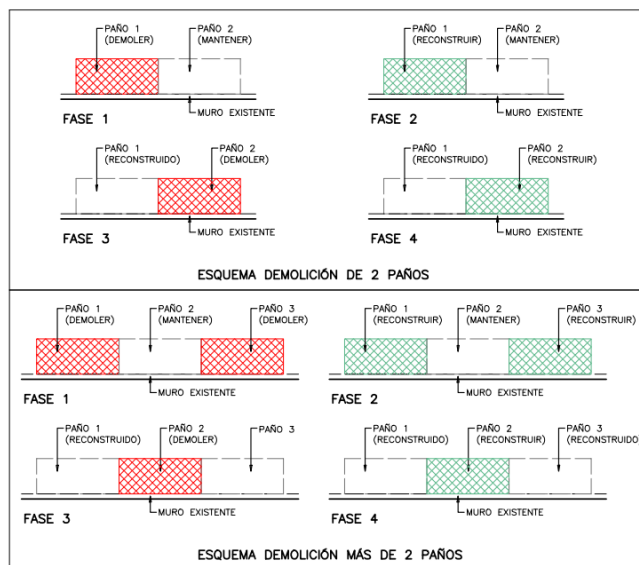


Figura 11 Proceso constructivo de paños que apoyen en el muro perimetral.

Es por ello que se deberán disponer de estampidores en los nuevos huecos de ventilación junto a la calle Carretas. Para esta zona, se detallan estampidores metálicos y de hormigón conectados al forjado y al muro y siguiendo la distribución de las divisiones de rejillas dispuestas en las instalaciones:

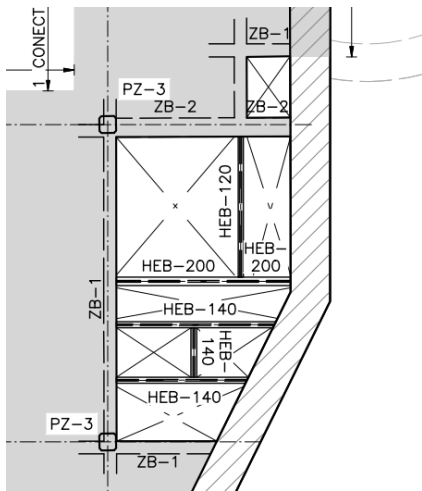


Figura 12 Estampidores metálicos y de hormigón en Sótano -1 en hueco de nuevo ventilación abierto

## Inspecciones adicionales en fase de obra

La superficie definida a demoler de las zonas en mal estado se ha acotado en base a las catas realizadas tanto en fase del informe previo como en fase de proyecto. Si se desea, en fase de construcción, se podría ampliar el número de catas con el objetivo de acotar aún más estas zonas. En el apartado 9 se definen los criterios a seguir en las inspecciones adicionales en fase de obra.

Concretamente en algunos paños de forjado se ha observado mucha humedad y se encuentran cerca de zonas con daños fuertes a la armadura. Sin embargo, las catas solicitadas muestran armado en mejor estado. En estos paños, que se han indicado en los planos, se recomienda abrir catas adicionales para ver si se puede evitar su demolición.

## Apoyo de la losa en los pilares metálicos

En algunas de las imágenes de la documentación existente de las que se dispone, se muestran crucetas metálicas que conectan el forjado a los pilares. Dada la dificultad de mantener estas crucetas en buen estado tras la demolición, y los problemas que suponen a la colocación de armado, se define un detalle de apoyo mediante capiteles metálicos.

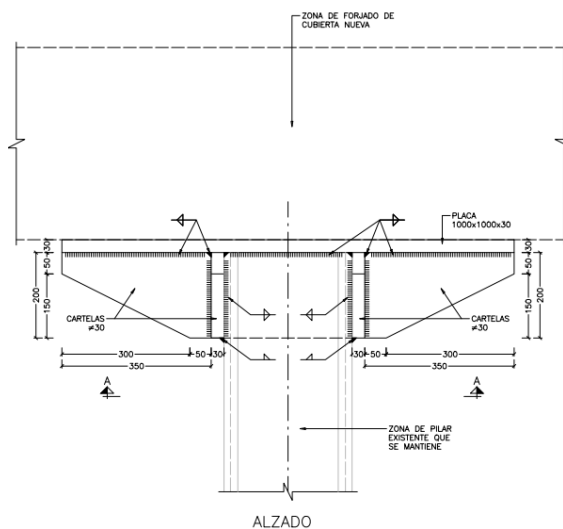


Figura 13 Detalle de capitel metálico en pilares de forjados reconstruidos

### Huecos en nuevos forjados

Los huecos comunicados se han tenido en cuenta en el cálculo de las nuevas losas por lo que todos los definidos en planos se ejecutarán conforme a ellos.

En el caso de que se necesitan huecos no previstos de dimensiones hasta 0.80x0.80m, se podrán disponer dichos huecos entre los armados principales, interrumpiendo únicamente el armado de los casetones.

En caso de huecos de dimensiones hasta 1.60x1.60m, dado que se deben cortar también los armados principales, se definen zunchos de borde según el siguiente detalle.

Para huecos superiores no previstos en planos, deberá realizarse un estudio específico de la zona y detallar la solución.

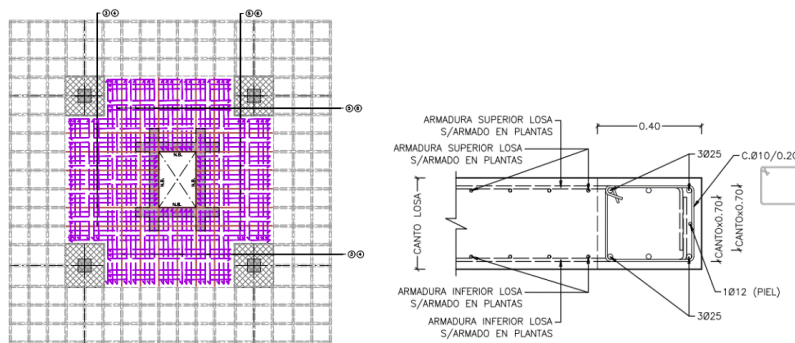


Figura 14 Zunchos de borde en huecos entre 0.80m y 1.60m de ancho.

## 7.2 RECONSTRUCCIÓN DE FORJADO DE CUBIERTA

La solución de reconstrucción de los paños del forjado de cubierta es la misma que la del resto de forjados, sin embargo, al proyectarse cargas muy superiores a los inferiores, se deberán tener puntualizaciones de las soluciones específicas.

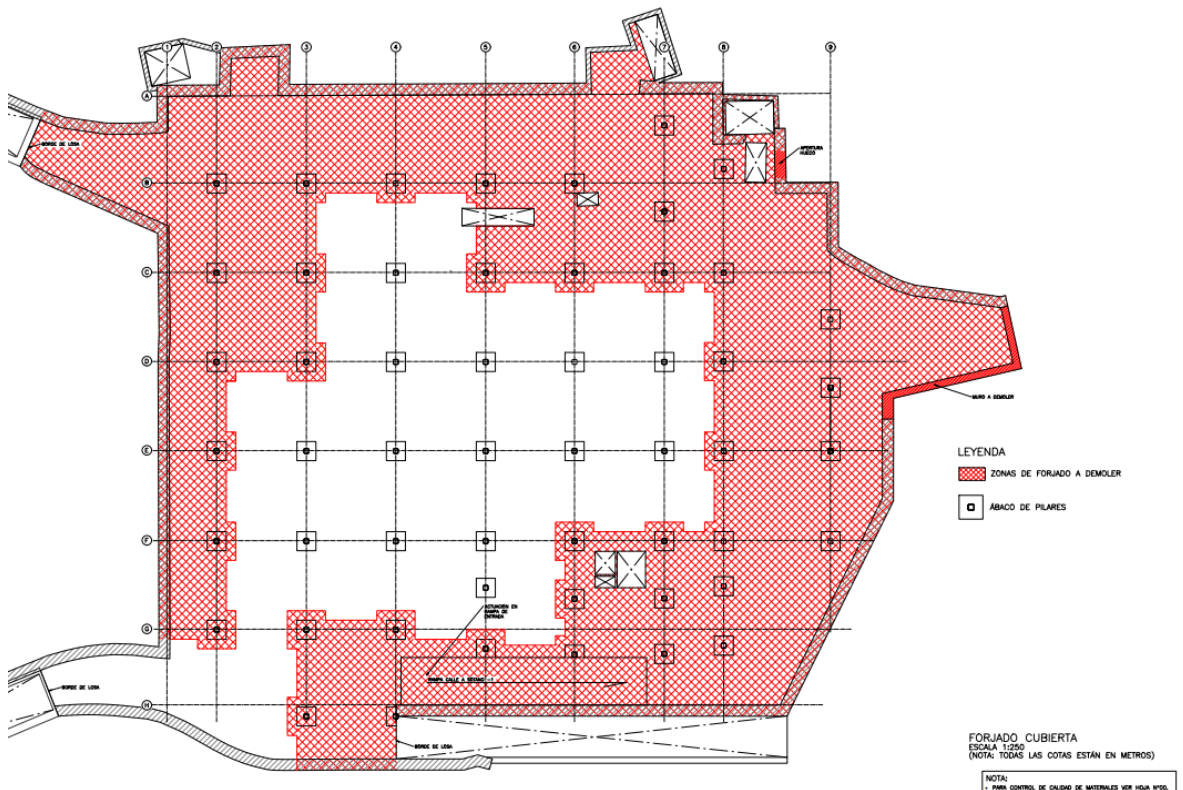


Figura 15 Plano demoliciones Forjado Cubierta -1

### Disposición de armado

Al contrario que para las losas interiores, debido a las cargas altas que se han considerado y que se comentaran a continuación y a las cuantías de armadura muy elevadas que resultan, se ha dispuesto el armado repartido uniformemente en lugar de respetando la distribución de nervios existentes.

- Armadura superior (X e Y): mallazo Ø16 cada 20 cm en ambas direcciones.
- Armadura inferior (X e Y): mallazo Ø16 cada 20 cm en ambas direcciones.

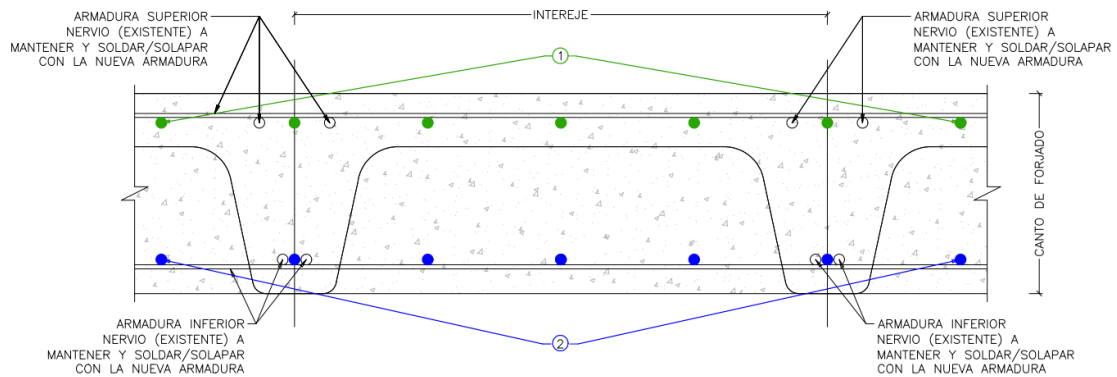


Figura 16 Detalle general de armado de planta cubierta.

### Punzonamiento

Para el armado de punzonamiento en los ábacos que se demuelan y reconstruyen se ha definido una solución con studs comerciales debido a las altas cargas que se han considerado en el dimensionamiento de cubierta.

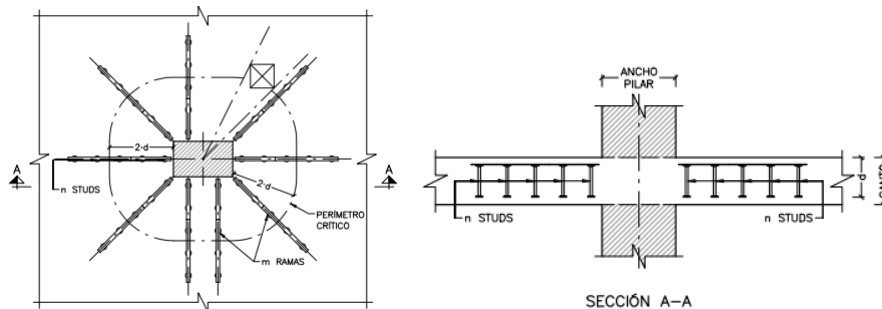


Figura 17 Detalle de capitel nuevo de pilares

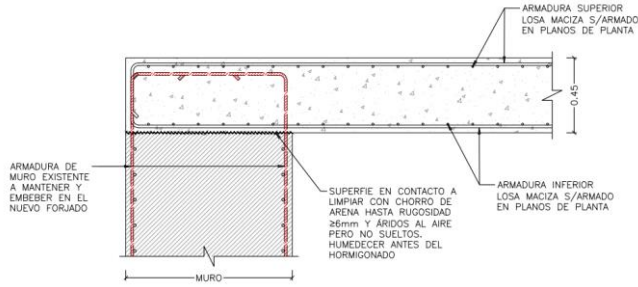
### Inspecciones de ábacos en fase de obra

Como se describe en otros apartados, se desconoce tanto la distribución de las cargas originales que se consideraron en proyecto como las cargas futuras previstas la remodelación de la plaza. Especialmente en el caso de que se demuelan paños de forjado sin demoler los ábacos, es imprescindible hacer catas desde la cara superior de la losa para determinar la capacidad de estos ábacos a punzonamiento y flexión negativa, de forma que se pueda garantizar que éstos aguantan las cargas previstas en proyecto.

### Apoyo de forjado en muro perimetral

Se prevé el apoyo de todo el forjado de nueva ejecución sobre el muro perimetral de los sótanos por lo que la demolición se hará hasta el borde del trasdós del muro. Esta demolición deberá hacerse por

medios manuales de manera que se mantenga la armadura vertical del muro para poder conectarlo con la losa de cubierta.



### Zonas de huecos de cubierta junto a muro

En cabeza del muro perimetral se dotará de un zuncho ZB-3 a todos los huecos junto al muro, para conseguir puentear la carga en cabeza de muro en todo el ancho del hueco:

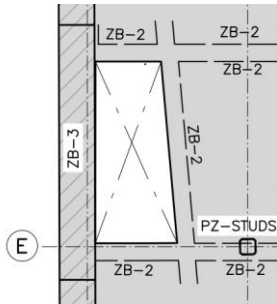


Figura 18 Planta cubierta, zuncho ZB-3 en huecos junto a muro (izq.) Y sección de zuncho ZB-3 (dcha.)

### Apoyo de la losa en los pilares metálicos

Se dispondrán de capiteles metálicos de la misma manera que en las plantas sótano, siguiendo los detalles de proyecto.

## 7.3 ACTUACIÓN EN LA RAMPA DE ACCESO ACTUAL AL APARCAMIENTO Y RAMPA CALLE DOCTOR CORTEZO.

Se contempla ampliar el forjado de cubierta para cerrar el hueco que genera la rampa de bajada desde la plaza a la planta sótano -1 del aparcamiento. Así mismo, se prevé el relleno de la actual rampa del bypass de la calle Doctor Cortezo.



Figura 7-19 Planta arquitectura plaza Jacinto Benavente en zona de acceso y rampa calle Doctor Cortezo.

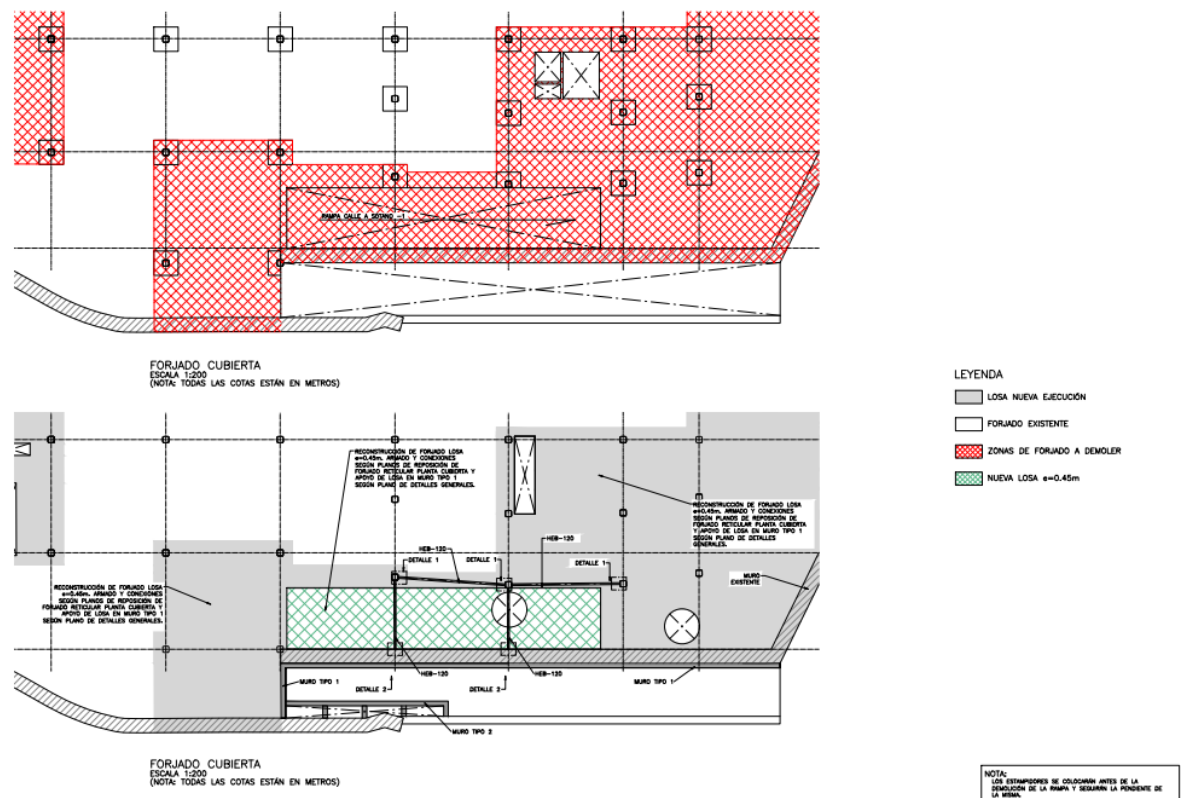


Figura 20 Planta estructura de actuación en zona de acceso y rampa calle Doctor Cortezo.

La idea general de la actuación es la demolición de la actual rampa de acceso al garaje para proceder a su cubrición a nivel de la cubierta del aparcamiento. Paralelamente se desea rellenar la actual rampa de la calle Doctor Cortezo para generar una zona de jardinería en superficie.

El proceso constructivo para esta actuación debe ser tal que los muros tipo 1 y tipo 2 deberán estar ejecutados antes de comenzar con los trabajos de reconstrucción de la losa de cubierta ya que finalmente apoyaremos la losa nueva sobre el muro tipo 1. No se deberá apoyar sobre el muro existente por lo que habrá que prever una holgura de 10 cm con la losa de nueva ejecución ya que no se ha identificado armado de este muro tras las catas realizadas.

También es importante señalar que estos muros están calculados con apoyo en cabeza por lo que hasta que no queden conectados con las losas no podrá rellenarse su trasdós.



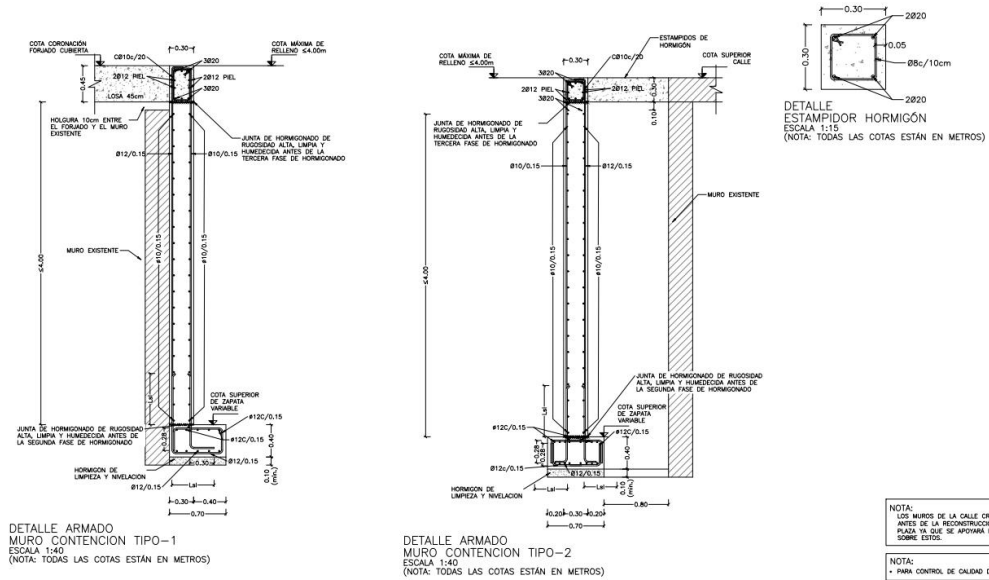


Figura 21 Detalles de muros tipo 1 y tipo 2

La separación del muro tipo 2 respecto al muro existente y los estampidores en cabeza se proyectan para dejar espacio y colocar las rejillas de ventilación del centro de transformación existente.

En cuanto a la rampa de acceso, al demolerla, deberá tenerse en cuenta que se pierde el arriostramiento tanto de los pilares metálicos como del muro sobre el que ésta se apoya. En cuanto a los pilares, se ha definido por tanto una solución de vigas metálicas que arriostren los pilares en ambas direcciones, a colocar antes de demoler la rampa y siguiendo su pendiente, para no variar las condiciones de apoyo actuales del muro y los pilares del aparcamiento.

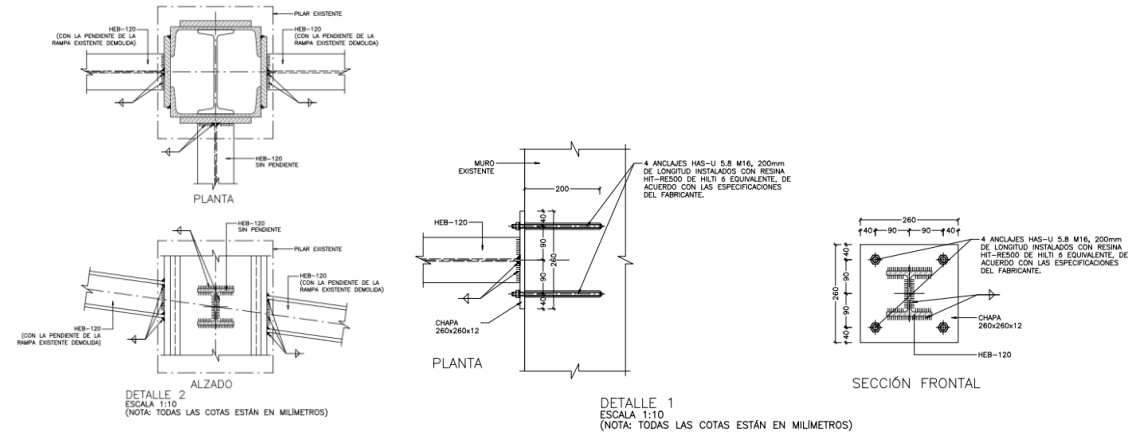


Figura 22 Actuaciones a realizarse en la rampa de acceso al sótano -1.

## 7.4 ACTUACIÓN EN NUEVO ACCESO PEATONAL POR LA CALLE CARRETAS

Se trata de una actuación en la que se dotará de un nuevo acceso peatonal por la calle Carretas. El acceso se realiza desde el nivel actual de la calle hasta la cota del Sótano -1.

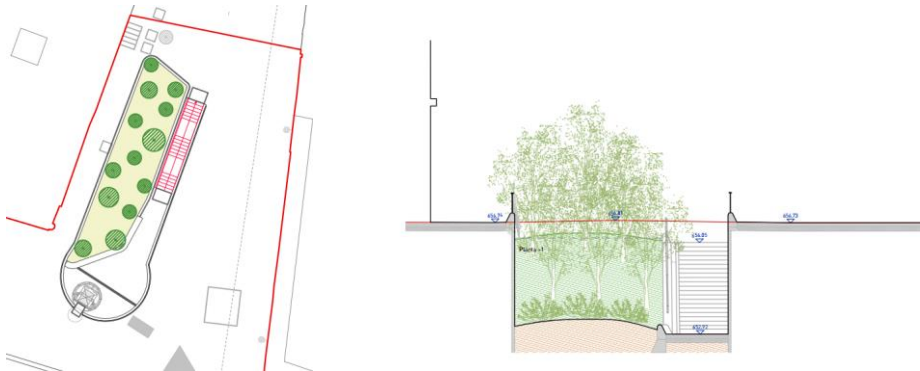


Figura 23 Planta y Sección transversal de arquitectura del nuevo acceso Calle Carretas.

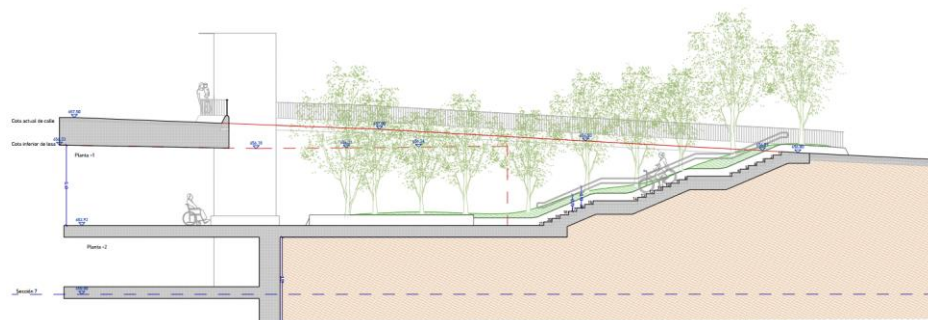


Figura 24 Sección longitudinal tipo de arquitectura del nuevo acceso

Para conseguir este nuevo acceso deberán realizarse una serie de trabajos de contención antes de las demoliciones y excavaciones de la zona.

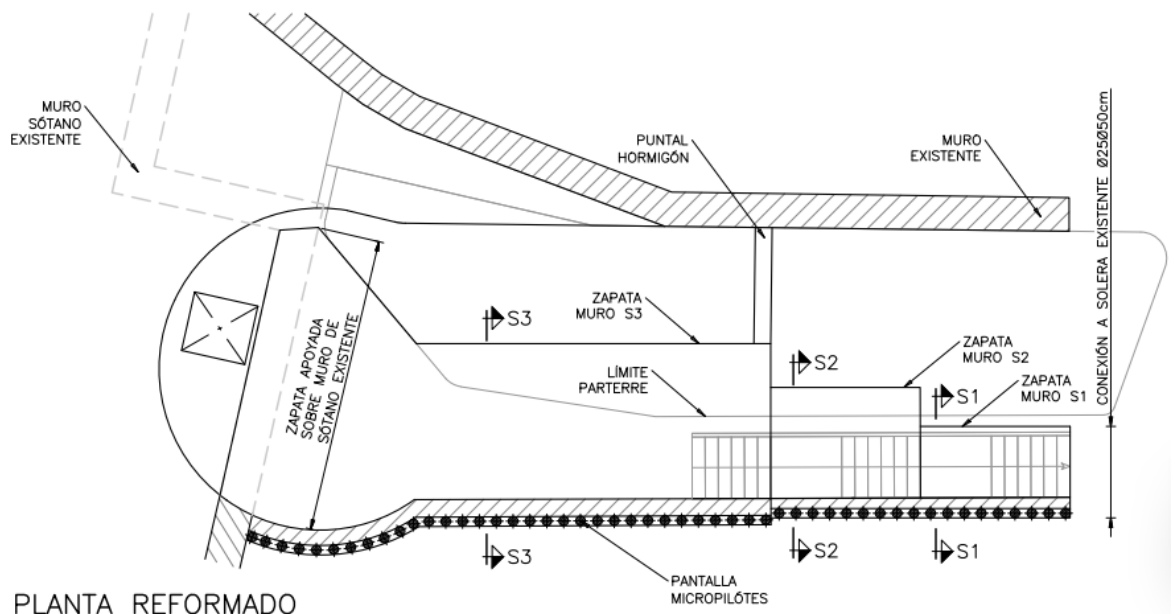


Figura 25 Planta descriptiva de estructuras para la actuación en Calle Carretas en su estado reformado



Se proyecta una pantalla de micropilotes de 12 m de profundidad, con 250 mm de diámetro total, con armadura tubular Ø193.7x12 mm y espaciados 450 mm. Esta pantalla deberá estar arriostrada en cabeza mediante puntales metálicos hasta la fase final.

La excavación tras la ejecución de la pantalla se prevé de la siguiente manera:

- El primer nivel de excavación se realiza hasta un máximo de -1.00 metro por debajo de la cota superior de la viga de coronación.
- A -0.40 m de la cota superior de la viga de coronación se instalará un puntal metálico para la carga máxima reflejada en planos que arriostrará la pantalla hasta fase final.
- Posteriormente se podrá proceder a la demolición de los muros existentes necesarios y a la excavación del resto de la altura según las secciones descritas. Las excavaciones se prevén en 3 plataformas distintas, coincidentes con los dos rellanos de las escaleras y la cota de fondo del acceso.

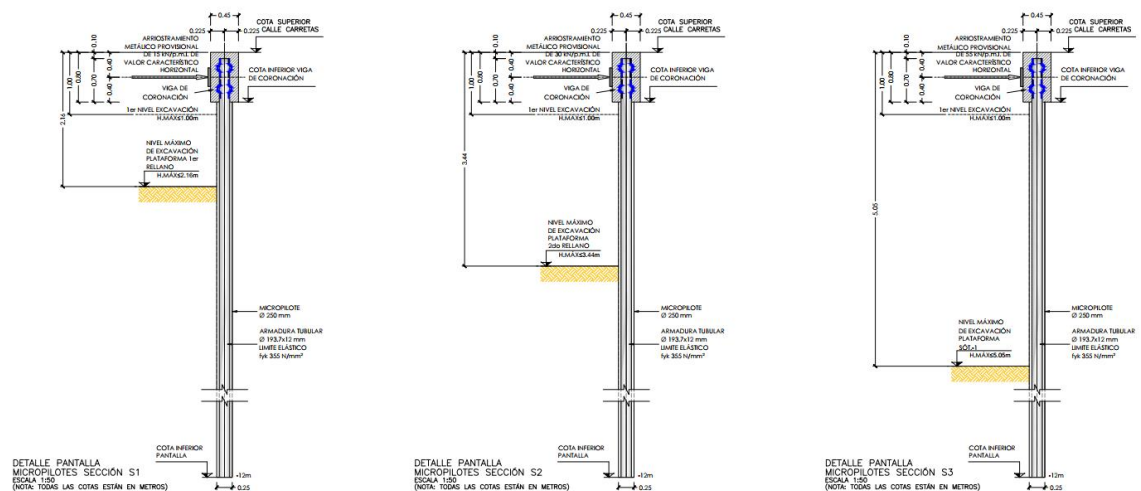


Figura 26 - Sección S1, S2 y S3 de pantallas de micropilotes donde se identificar las alturas máximas de excavación.

Tras las excavaciones se podrá proceder se ejecutarán muros en ménsula encofrados a una cara conectados a la pantalla de micropilotes para dotar de la rigidez suficiente al sistema estructural que permita el funcionamiento de este sin necesidad del puntal metálico en cabeza.

Se proyectan 3 secciones de muro para las 3 plataformas descritas. Los espesores de los muros en las secciones S1 y S2 serán de 30 cm mientras que en la sección S3 será de 45 cm. Por ello la pantalla de micropilotes debe alinearse para quedar enrasada por el trasdós de estos muros.

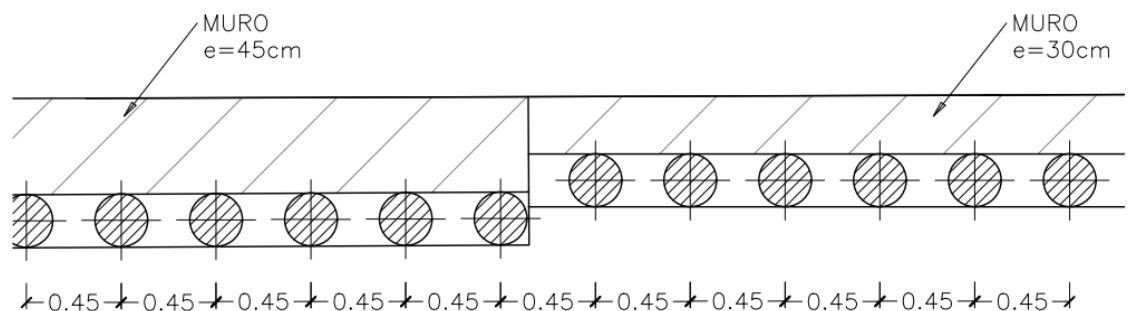


Figura 27 – Planta tipo y trazado de la pantalla

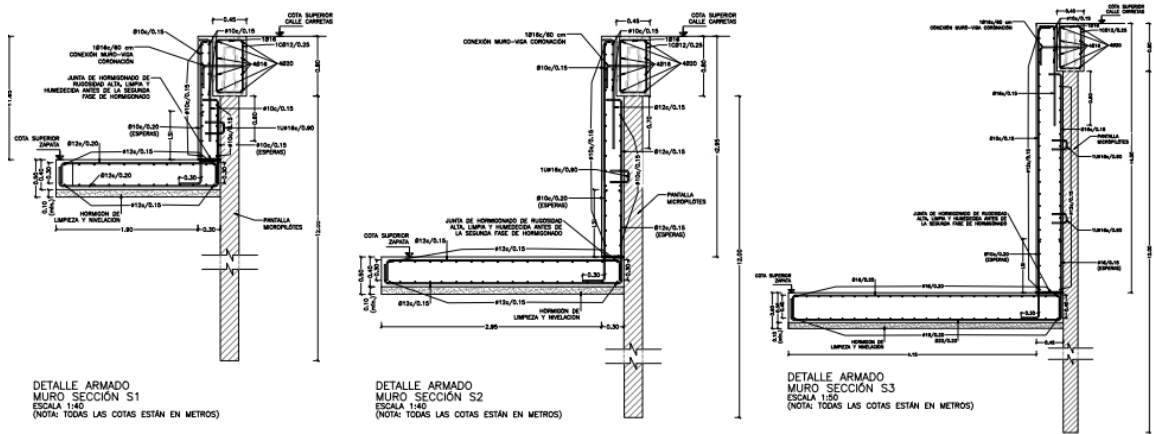


Figura 28 - Sección S1, S2 y S3 de pantallas de los muros en ménsula proyectados

Para garantizar la continuidad de la pantalla se banquearán las zapatas de los muros con el siguiente detalle:

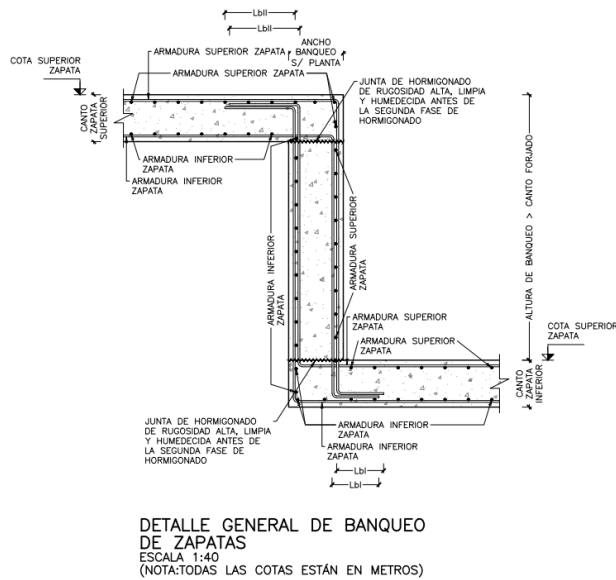


Figura 29 - Detalle de banqueo de zapatas de muros

Además, para garantizar la seguridad al deslizamiento la zapata del muro:

- En el tramo S3 deberá quedar apoyada encima del muro de sótano existente en toda su longitud, para ello se deberá demoler manualmente el muro para dejar la armadura vertical del muro a modo de conector a rasante.
- Entre el tramo S3 y S2, a cota baja, se dispondrá un puntal de hormigón hasta el muro contrario existente.
- En el inicio del tramo S1, deberá quedar conectado a la solera existente de la Calle Carretas.

## 7.5 NUEVOS NÚCLEOS DE ESCALERAS Y NUEVOS ASCENSORES

Se prevé realizar dos nuevos núcleos de escaleras y dos nuevos ascensores con la reforma y mejora de las instalaciones del aparcamiento.

### ESCALERAS:

Los nuevos núcleos de escaleras se ubican uno junto al acceso de calle Carretas que irá desde la planta sótano -4 hasta su desembarco en la planta sótano -1.

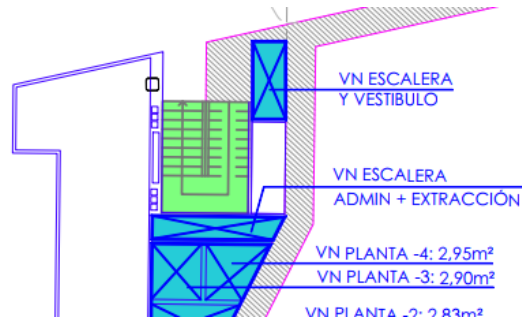


Figura 30 - Detalle de arquitectura del núcleo de escaleras junto a la calle Carretas

El segundo núcleo de escaleras se ubica bajo la calle Atocha y comienza en el sótano -4 hasta su desembarco en Cubierta. Esta escalera, denominada escalera de emergencia tiene la particularidad que la losa únicamente llegará hasta el rellano inmediatamente superior a la planta sótano -1 ya que su último tramo será metálico y con un mecanismo especial de emergencia queda fuera del proyecto actual.

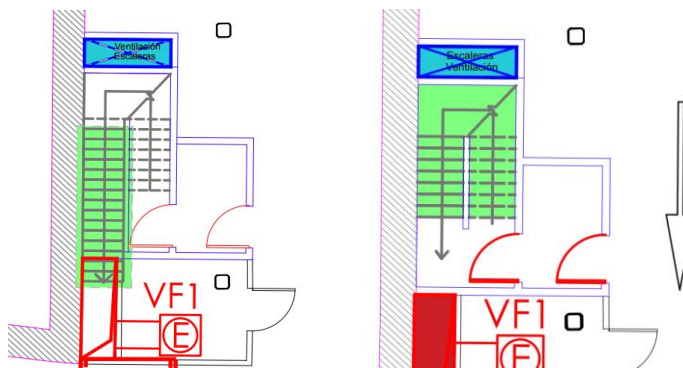


Figura 31 - Detalle de arquitectura del núcleo de escaleras de emergencia. A la izquierda su último tramo en sótano -1, a la derecha, los tramos de las plantas inferiores.

La solución estructural pasa por una losa maciza de 20 cm hormigón armado con los tramos intermedios apoyados en muro de fábrica de ½ pie y rellanos principales conectado a las losas macizas de nueva ejecución de los forjados de planta.

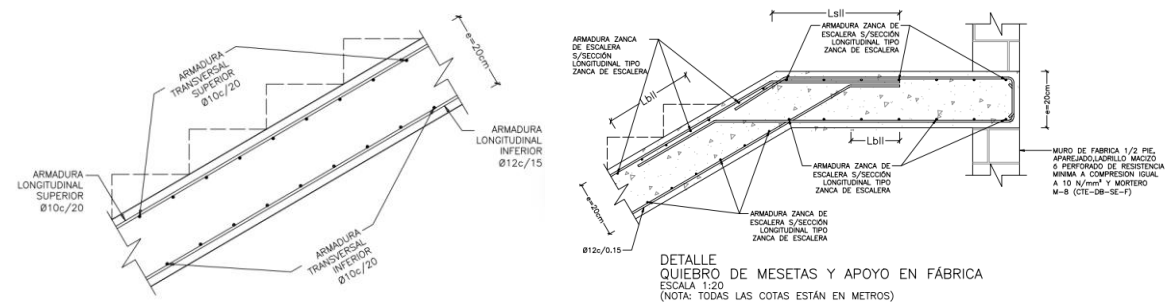


Figura 32 - Detalle de armado de la estructura de las escaleras.

En la solera de la planta sótano -4 se ejecutarán los arranques de las escaleras, demoliendo la zona y ejecutando un zuncho de apoyo según el siguiente detalle:

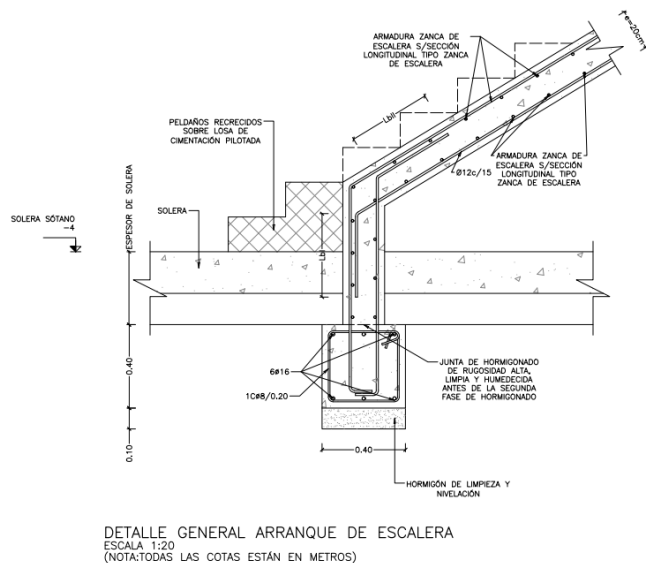


Figura 33 – Detalle de arranque de escaleras

ASCENSORES:

Se proyectan dos nuevos núcleos de ascensores, uno ubicado junto al acceso de la calle Carretas que irá desde la planta sótano -4 hasta la planta sótano -1 y otro núcleo ubicado junto al Registro Civil que comunicará la planta cubierta con la planta sótano -1.

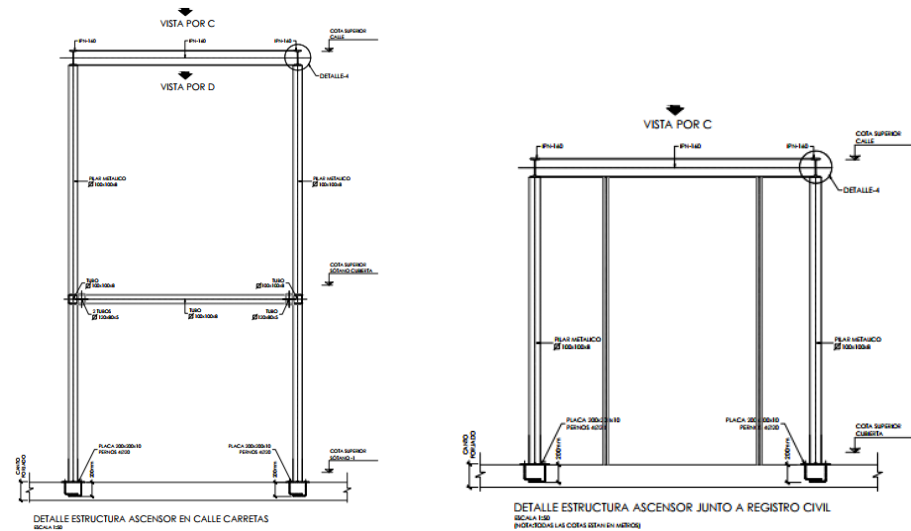


Figura 34 - Estructura metálica para ascensor junto acceso a calle Carretas

Se da solución al cierre de las zonas exteriores del ascensor telescópico con estructura metálica anclada al forjado mediante placas 200x200x10 y 4 pernos Ø16.

También será necesario realizar un foso de ascensor en la solera de planta sótano -4 y otro en la planta sótano -1. Este último foso se realizará colgado del forjado con el detalle de banqueo de la losa siguiente:

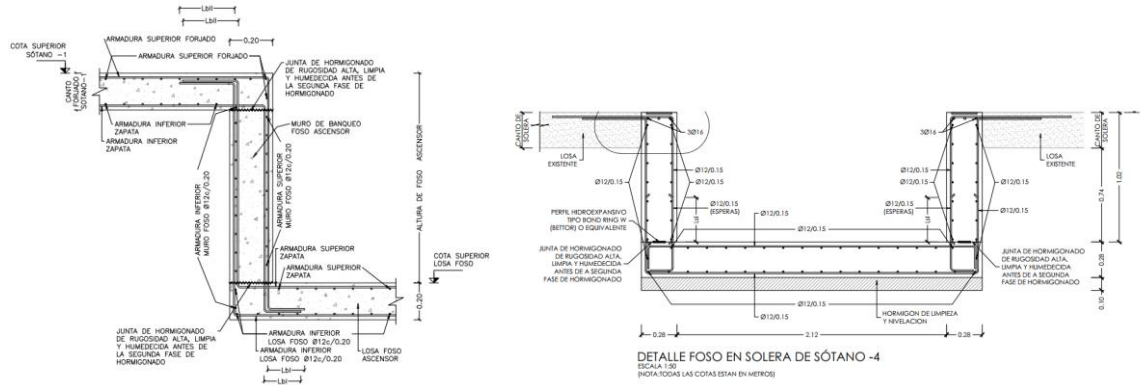


Figura 35 - Detalle de foso de ascensor colgado en núcleo junto a Registro civil (izq.) y Sótano -4 (dcha.)

## 7.6 RECONSTRUCCIÓN DE ESTAMPIDORES EN PATINILLOS DE VENTILACIÓN

En las inspecciones se ha observado que en los patinillos de ventilación se ejecutaron varios niveles de emparillados de vigas de hormigón, que funcionan como estampidores de los muros de contención.

En caso de ser necesaria su reconstrucción se ha definido para ello un detalle de esta actuación consistente en la reconstrucción de este emparillado con la misma geometría que el existente, para no quitar arriostramientos ni reducir la superficie de ventilación.

De cara al proceso de ejecución, no se podrá demoler más de un nivel de estampidores por patinillo a la vez.

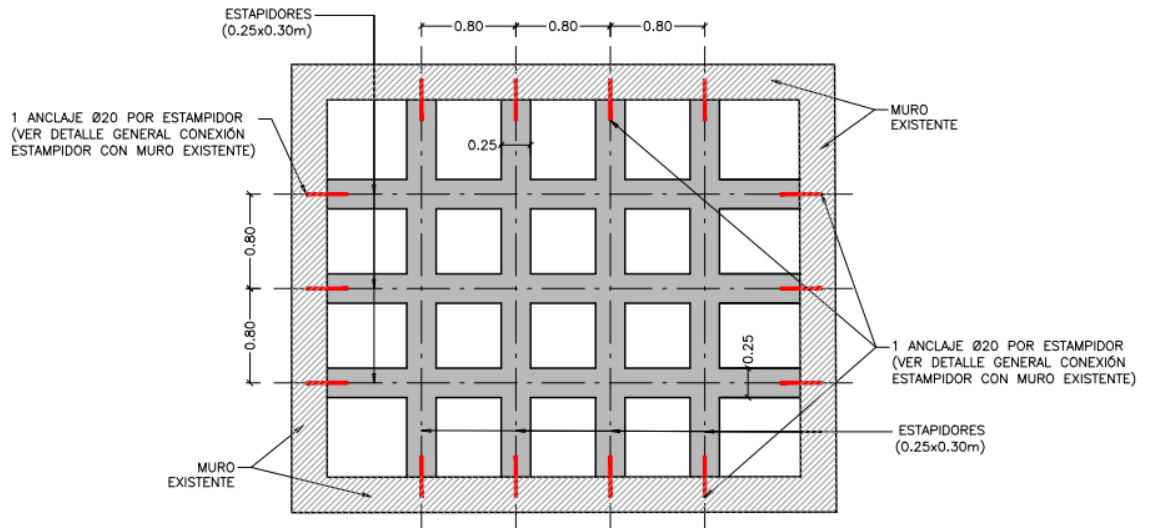


Figura 7-36 Detalle tipo reposición de estampidores en patinillos.

## 8 BASES DE DISEÑO DE LAS SOLUCIONES DE REPARACIÓN

Se resumen a continuación los parámetros principales que se han considerado en el diseño de las soluciones de reparación. Para más detalle se puede consultar el Anejo N.2 de esta memoria.

### 8.1 NORMATIVA UTILIZADA

Las normativas de obligado cumplimiento para esta estructura se detallan en el Anejo N.2.

### 8.2 HIPÓTESIS DE CARGA

Como ya se mencionado en apartados anteriores, la memoria de proyecto original de 1970 no tiene información detallada y precisa sobre las cargas consideradas. No ha sido posible determinar con fiabilidad ni la magnitud de estas cargas ni en qué zonas se han aplicado.

En las Tabla 8-1 y Tabla 8-2 se recogen las cargas que se ha decidido considerar en el presente proyecto, que se dividen en zonas transitables y no transitables por vehículos. Se decide de forma conservadora aplicar en todos los paños a demoler y reconstruir las cargas correspondientes a zonas de forjado de cubierta no transitable por vehículos, siendo la combinación más desfavorable entre las dos. En el caso de la carga muerta, debido a las varias incertidumbres, se ha sumado a los 25kN/m<sup>2</sup> de relleno los 4 kN/m<sup>2</sup> de carga muerta del pavimento. La sobrecarga considerada son 5kN/m<sup>2</sup>, correspondiente a zonas de acceso público según el CTE.

Las zonas del forjado cubierta que se mantienen deberán ser estudiadas en la fase de ejecución como se mencionaba en el apartado antecedentes. En la información recibida no se encuentran los planos de armado de este forjado ni se acotan con claridad las cargas consideradas para su diseño. A la vista de esto, y de cara a la remodelación de la plaza, se recomienda comprobar que las cargas previstas no superen las actuales, o si es necesario superarlas, se defina una estructura con capacidad de transmitirla directamente a los pilares.

Se recogen a continuación las cargas que se han considerado:

Peso propio de los elementos estructurales:

- Hormigón armado: 25.0 kN/m<sup>3</sup>
- Acero estructural: 78.5 kN/m<sup>3</sup>

Cargas muertas:

Tabla 8-1. Cargas muertas

Zona	Tipo	Carga muerta [kN/m <sup>2</sup> ]
Forjados interiores y rampas	Pavimento	0.50
Forjado de cubierta no transitable por vehículos	1,25 m relleno tierras	25.00
Forjado de cubierta transitable por vehículos	Pavimento	4.00

Sobrecargas de uso:

Tabla 8-2. Sobrecargas

Zona	Tipo	Sobrecarga de uso [kN/m <sup>2</sup> ]
------	------	----------------------------------------

Forjados interiores y rampas	Zonas de tráfico	4.00
Forjado de cubierta no transitable por vehículos	Zonas de acceso público	5.00
Forjado de cubierta transitable por vehículos	Camión de bomberos (accidental)	20.00

## 8.3 MATERIALES

### 8.3.1 Hormigón

De conformidad a la normativa utilizada, se proponen los siguientes tipos de hormigones:

Tabla 8-3. Tipos de hormigones

Materiales	Calidad	Observaciones
Hormigón en forjados	HA-30/L/20/XC4	Exposición a condiciones de humedad cíclicas por entradas de agua
Hormigón en muros	HA-30/L/20/XC2	Húmedo raramente seco
Hormigón en cimentaciones	HA-30/B/20/XC2	Húmedo raramente seco

### 8.3.2 Acero pasivo

Para el proyecto se empleará acero B-500-SD.

### 8.3.3 Acero estructural

La calidad del acero en perfiles laminados en caliente o armados y chapas será como mínimo S275JR (según normativa UNE\_EN10025-2) con límite elástico de 275 N/mm<sup>2</sup> y tensión de rotura de 430 N/mm<sup>2</sup>.

La calidad del acero en perfiles tubulares será como mínimo S275JRH (según normativa UNE\_EN10025-2) con límite elástico de 275 N/mm<sup>2</sup> y tensión de rotura de 430 N/mm<sup>2</sup>.

Las conexiones se realizarán mediante soldadura o uniones atornilladas de acuerdo con los detalles especificados en planos.

### 8.3.4 Condiciones de durabilidad estructuras de hormigón

Las prescripciones del CTE y el Código Estructural se orientan en orden a asegurar que:

- La vida útil nominal de la estructura que se reconstruye es de 50 años, de acuerdo con la Tabla 2.1 del Anejo 18 del Código Estructural.

De acuerdo con el tipo de cemento que se especifica en los planos, el recubrimiento mínimo y nominal de las armaduras cumple lo establecido en el artículo 44.2.1. Los recubrimientos nominales en la estructura que ocupa este documento en función del ambiente que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 8-4. Recubrimientos nominales de proyecto para los distintos ambientes

Tipo de ambiente	Tipo de cemento	Recubrimiento nominal [mm]
XC4	Cualquiera	35

XC2	Cualquiera	30
XC2 (contra el terreno)	Cualquiera	70

Mas detalles en el Anejo N.2 de esta memoria.

### 8.3.5 Condiciones de durabilidad estructuras de acero

La agresividad a la que está sometido cada elemento de acero se identificará por el tipo de ambiente, que se define en el apartado 80.1 del Código Estructural. A dichos efectos, se definen como clases de exposición relativas a la corrosividad del acero estructural las recogidas en las tablas 80.1.a y 80. 1.b del Código Estructural.

La estructura metálica existente puede considerarse expuesta a un ambiente tipo C3, con condiciones de humedad alta y ligera exposición a los gases de combustión de los vehículos.

## 8.4 FORMATO DE SEGURIDAD

### 8.4.1 Coeficientes de mayoración de acciones y minoración de materiales

El Código Estructural indica en el apartado 6.4.4 del Anejo 18 que “los valores de los coeficientes y para las acciones deben obtenerse de la reglamentación específica vigente y del Apéndice A”, y dicho apéndice hace referencia expresa al uso de los valores establecidos por el CTE. Así pues, se toman los valores indicados en el Anejo N.2 de esta memoria.

### 8.4.2 Combinación de acciones

#### Estados Límites de Servicio (E.L.S.) y Estados Límites Últimos (E.L.U.)

Según se recoge en el artículo 4 del “Código Técnico de la Edificación”, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los criterios descritos en el Anejo N.2 de esta memoria.

## 8.5 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN SERVICIO

### 8.5.1 Estado límite de fisuración

En estructuras de hormigón suele ser inevitable la aparición de fisuras, que no suponen inconveniente para su normal utilización, siempre que se limite su abertura máxima a valores compatibles con las exigencias de durabilidad, funcionalidad, estanqueidad y apariencia. Las aberturas características de fisura máximas consideradas, a partir de la clase de exposición definida anteriormente son 0.3mm para hormigón armado (no pretensado).

## 8.6 RESISTENCIA AL FUEGO

Según se establece en la Sección 6 del CTE-DB-SI, la resistencia al fuego de la estructura será:

- Aparcamiento (edificio de uso exclusivo): R 90

Si en alguna zona puntual, debido a la existencia de equipos, etc., es necesaria una resistencia mayor, esto se logrará con revestimientos adecuados.

Se dotará a los elementos metálicos nuevos de un sistema certificado para alcanzar la resistencia requerida a fuego. Se repondrá la protección al fuego de los elementos existentes allí donde esté o quede dañada tras los trabajos de reconstrucción de forjados.



## 9 PAUTAS PARA INSPECCIONES EN FASE DE OBRA

La definición de la superficie de forjado a demoler para las zonas con humedad se ha hecho en base a las inspecciones visuales del estado de la armadura en las catas que se han solicitado. Se plantean a continuación los criterios que se han seguido para definir las zonas a demoler, de forma que sea posible, si se desea en fase de construcción, ampliar el número de catas con el objetivo de acotar mejor estas zonas. En este sentido, se presenta una propuesta para una campaña de catas complementarias con dicho propósito.

### Criterios de evaluación paños de forjado

Primeramente, se considera que es necesaria una inspección en todas las zonas de forjado en las que se observen machas de humedad, óxido, fisuras en el revestimiento o cualquier otro indicio de la presencia de agua. En los puntos mencionados deberá abrirse una cata para poder inspeccionar visualmente el estado de la armadura.

En función de la pérdida de sección que se detecte, será necesario actuar o no. La pérdida de sección puede determinarse de dos formas:

- Midiendo el diámetro de la barra en zona corroída y zona sin corrosión y comparando ambos. Se considera aceptable una pérdida de sección inferior al 10%. Bajo este umbral no es necesaria ninguna actuación de reposición de armado, pero es necesario eliminar el avance del deterioro.
- Si visualmente se observa que la barra mantiene la corruga, como aproximación se puede considerar que la pérdida de sección se encuentra por debajo del 10% ya mencionado. Si se ha perdido la corruga se hace necesario reponer la sección.

El siguiente paso sería determinar si estos daños constatados son localizados o generalizados en todo el paño de forjado. Si se trata del segundo caso, se hace necesaria su demolición y reconstrucción según los criterios definidos en este proyecto.

Si el daño es muy local se podrá reparar únicamente en ese punto sin necesidad de demoler y reconstruir todo el paño de forjado. En el informe se proponía ya una solución de reposición de armado consistente en el suelde de una barra adicional del mismo diámetro a ambos lados de la barra corroída, según la siguiente figura.

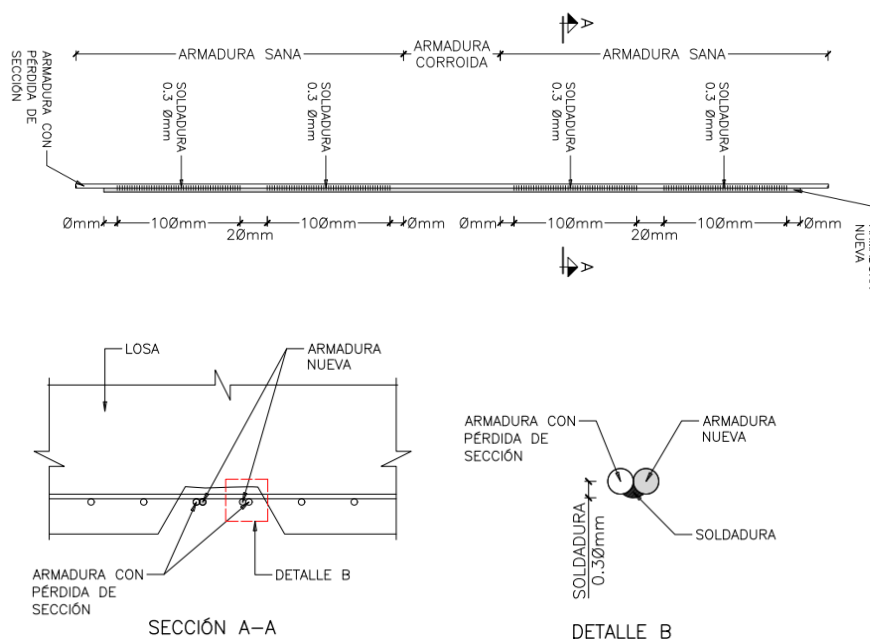


Figura 9-1 Detalle de reposición de armado según el informe previo.

### **Criterios de evaluación ábacos**

Los criterios para determinar si es necesario incluir los ábacos en la demolición de un paño dañado siguen las mismas pautas explicadas anteriormente para el propio paño de forjado:

- El primer paso consiste en cortar el paño con disco diamantado, delimitando así las zonas que se pueden demoler con cizalla y las que deben demolerse manualmente con compresor para evitar daños al armado existente a solapar con el nuevo.
- Una vez demolida toda la superficie y estando las barras existentes expuestas, es necesario verificarlas con los criterios mencionados anteriormente, observando la pérdida de sección o el estado de la corruga. Si la pérdida de sección es aceptable, no es necesario demoler los ábacos y se puede realizar el solape con las nuevas barras aquí. Por otro lado, si estas barras no cumplen con los requisitos, es necesario ampliar la demolición de los ábacos por medios manuales también, de forma que se mantengan las barras existentes que deben solaparse con las nuevas.

### **Propuesta campaña de catas complementarias en forjados interiores**

Se ha incluido en el presupuesto una previsión de 45 catas para inspeccionar el estado del armado en los 3 forjados interiores (techos niveles -2, -3, -4).

Se ha estimado que:

- En 15 de estas 45, es necesario demoler el paño.
- En 15 de estas 45, no es necesario demoler el paño y el armado se encuentra en buen estado. Se plantea la reparación de las catas con reposición de la sección mediante mortero tixotrópico.
- En 15 de estas 45, no es necesario demoler el paño, pero el armado necesita reposiciones puntuales. Se plantea la reparación de las catas con reposición de la sección mediante mortero tixotrópico y la reposición puntual de armado.

### **Propuesta campaña de catas complementarias en forjado de cubierta**

Como se describe en otros apartados, se desconoce tanto la distribución de las cargas originales que se consideraron en proyecto. Por lo tanto, se recomienda llevar a cabo una campaña de catas complementarias más exhaustiva en el forjado de la cubierta que permitan conocer en fase de ejecución las cargas finales que puede soportar la estructura,

Se propone realizar un mínimo de 2 catas en cada paño, una en la cara superior y otra en la cara inferior. De este modo, se ha incluido en el presupuesto la realización de 120 catas en total para evaluar el estado de la cubierta.

Se ha estimado que:

- En 40 de estas 120, es necesario demoler el paño.
- En 40 de estas 120, no es necesario demoler el paño y el armado se encuentra en buen estado. Se plantea la reparación de las catas con reposición de la sección mediante mortero tixotrópico.
- En 40 de estas 120, no es necesario demoler el paño, pero el armado necesita reposiciones puntuales. Se plantea la reparación de las catas con reposición de la sección mediante mortero tixotrópico y la reposición puntual de armado.

### **Nota sobre el armado existente**

Durante la fase de demolición de los paños dañados, se tendrá la oportunidad de estudiar con mayor precisión el armado existente y adquirir un conocimiento más detallado sobre los refuerzos utilizados en los forjados. Este proceso permitirá obtener información valiosa que contribuirá a mejorar la comprensión de la estructura y facilitará la toma de decisiones durante la fase de reconstrucción.

## ANEJO N° 1. DESCRIPCIÓN DE LAS INSPECCIONES VISUALES Y DE LA CAMPAÑA DE ENSAYOS EN FASE DE PROYECTO

## 1 INSPECCIONES VISUALES

Se realizaron varias inspecciones visuales en enero de 2024 para aclarar el estado de la estructura y establecer un plan de pruebas que incluye catas y extracción de testigos de hormigón. Estas inspecciones se realizaron tanto en días soleados como en días lluviosos, con el objetivo de comparar la apariencia visual de la estructura y cómo las precipitaciones afectan el nivel de humedad percibido dentro del aparcamiento.

### 1.1 PAÑOS DE FORJADOS

A continuación, se adjunta una imagen representativa para cada nivel de un paño de forjado en el que los signos de humedad son evidentes.



Figura 1-1 Ejemplo paño de forjado de sótano -1 con alto nivel de humedad percibida.



Figura 1-2 Ejemplo paño de forjado de sótano -2 con alto nivel de humedad percibida.





Figura 1-3 Ejemplo paño de forjado de sótano -3 con alto nivel de humedad percibida.



Figura 1-4 Ejemplo paño de forjado de sótano -4 con alto nivel de humedad percibida.

## 1.2 RAMPAS

Las rampas del aparcamiento también evidencian signos de humedad, siendo más prominentes en los sótanos -1 y -2. A continuación, se presentan algunas fotografías.



Figura 1-5 Daños en la rampa de bajada desde la plaza al sótano -1.

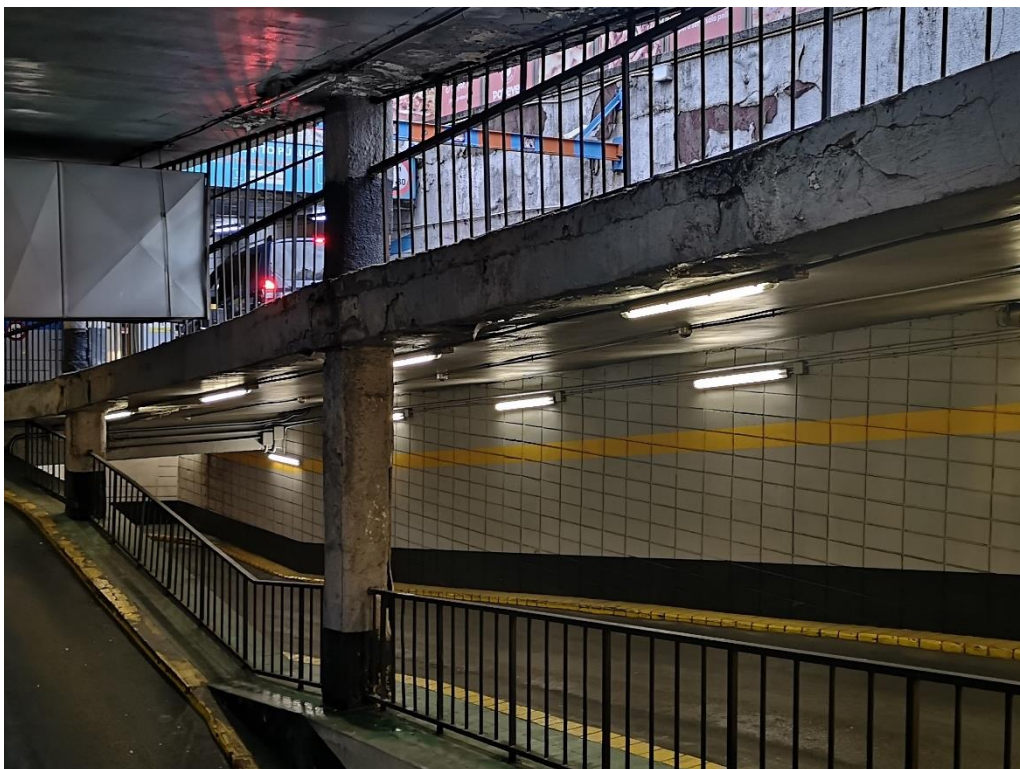


Figura 1-6 Daños en la rampa de bajada desde la plaza al sótano -1.





Figura 1-7 Daños en la rampa de bajada desde el sótano -1 al sótano -2.



Figura 1-8 Daños en la rampa de subida desde el sótano -2 al sótano -1.

### 1.3 ESTAMPIDORES EN PATINILLOS DE VENTILACIÓN

En los patinillos de ventilación se instalaron múltiples niveles de emparrillados de vigas de hormigón con función de estampidores para los muros de contención. El estado de deterioro significativo se puede apreciar en las siguientes fotos.



Figura 1-9 Detalle estampadores dañados.



Figura 1-10 Detalle estampadores dañados.





*Figura 1-11 Patinillos de ventilación*



*Figura 1-12 Estado de techo en los pasillos de acceso a los patinillos.*

#### 1.4 TUNELES DE INGRESO/SALIDA EN DIAS LLUVIOSOS

Una inspección visual preliminar realizada en un día soleado en la cubierta del sótano -1 reveló que las tres zonas marcadas en rojo en la figura de abajo no mostraban signos significativos de humedad, excepto por algunos puntos locales aislados.

Sin embargo, durante una inspección visual siguiente realizada en un día lluvioso, quedó claro que todas estas áreas estaban cubiertas de gotas de agua en toda la superficie de la cubierta, incluso en lugares donde el agua goteaba activamente hacia el suelo.

Cabe destacar que la mayoría de las gotas parecían acumularse en la zona donde se supone que deben estar los nervios estructurales del forjado de cubierta, creando un distintivo "efecto reticular" de agrupación de agua, fácilmente observable a simple vista.

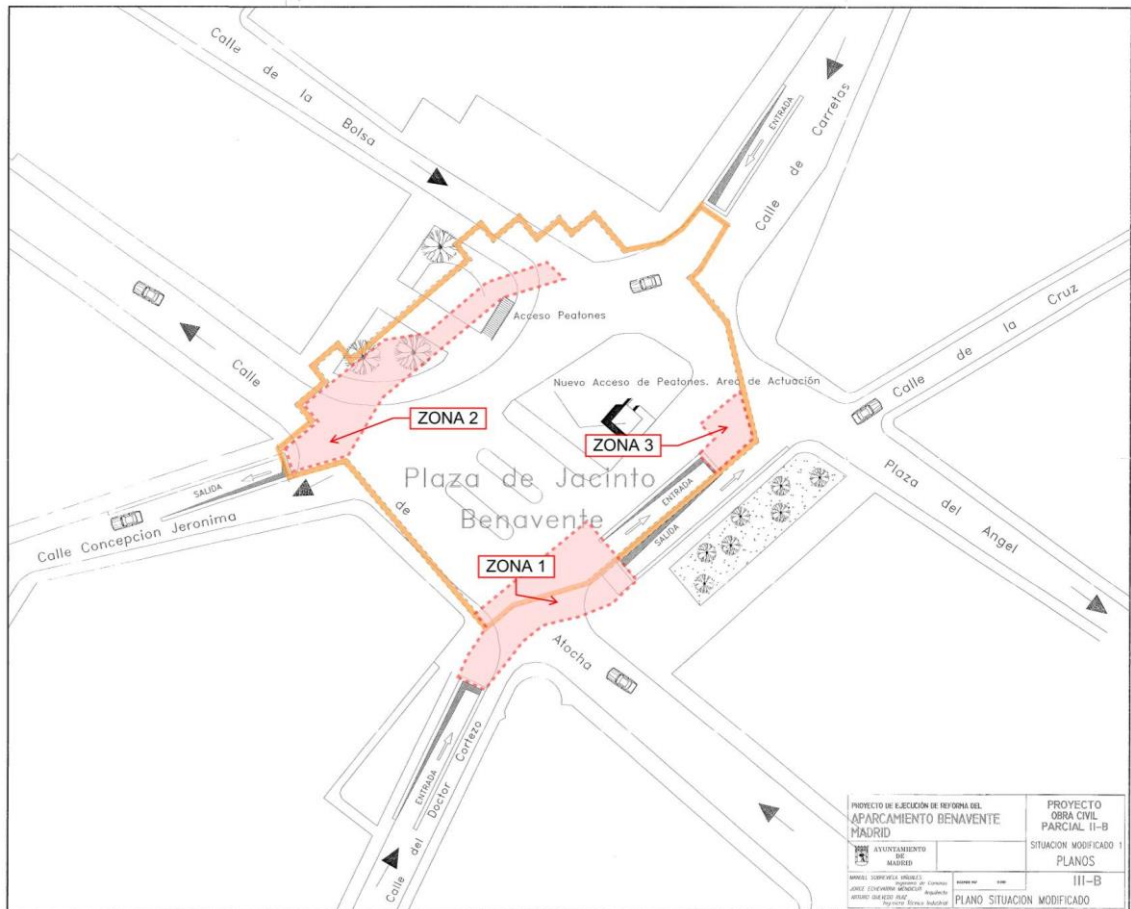
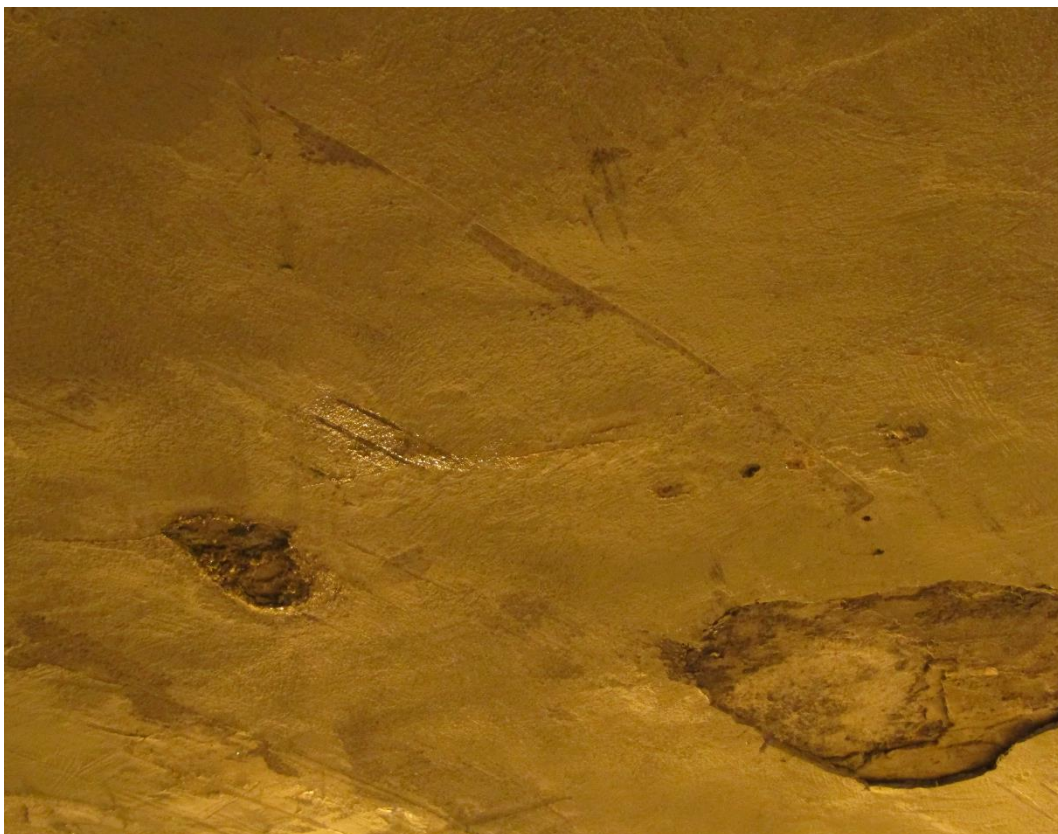


Figura 1-13 Plano que muestra las diferentes zonas por colores (sótano -1)

A continuación, se incluyen fotos de cada zona, tomadas en día lluvioso.



ZONA 1 - TUNEL DE ENTRADA - CALLE DEL DOCTOR CORTEZO



*Figura 1-14 Recubrimiento destacado por la humedad e infiltración de agua fácilmente observable.*



*Figura 1-15 Manchas de agua que gotea por la cubierta.*



ZONA 2 - TUNEL DE SALIDA - CALLE CONCEPCION JERONIMA



Figura 1-16 Acumulación de agua en toda la superficie del paño.



Figura 1-17 Agrupación de agua en un distintivo "efecto reticular", fácilmente observable a simple vista.



ZONA 3 - TECHO RAMPA DE ENTRADA DESDE LA PLAZA



Figura 1-18 Agrupación de agua en un distintivo "efecto reticular".



Figura 1-19 Agrupación de agua en un distintivo "efecto reticular", observable a simple vista.

## 2 CAMPAÑA DE ENSAYOS

Durante los trabajos realizados entre los días 04/01/2024 y 01/02/2024 se ha procedido a la apertura de catas para realizar inspecciones visuales del estado de la armadura, así como confirmar la geometría de los elementos estructurales.

- 48 catas en estructuras de hormigón (forjados y rampas) para descubrir las armaduras existentes y evaluar el estado del acero.
- En 2 puntos, retirada del revestimiento bajo los forjados para confirmar el ancho de los ábacos y medir la distancia entre ejes de los nervios.
- 2 extracciones de testigos de hormigón para detectar presencia de reacciones de tipo árido-álcali, ya que su presencia no se pudo confirmar o descartar en ensayos anteriores.
- 1 cata para confirmar si el muro de separación entre la rampa de entrada al aparcamiento y la de salida por la calle del doctor Cortezo es un muro estructural de hormigón armado.

### 2.1 CATAS EN FORJADOS EN CARA INFERIOR

#### TECHO DE SÓTANO -1

A continuación, se incluye el plano de las catas realizadas en el techo del sótano -1 y una foto por cada cata.

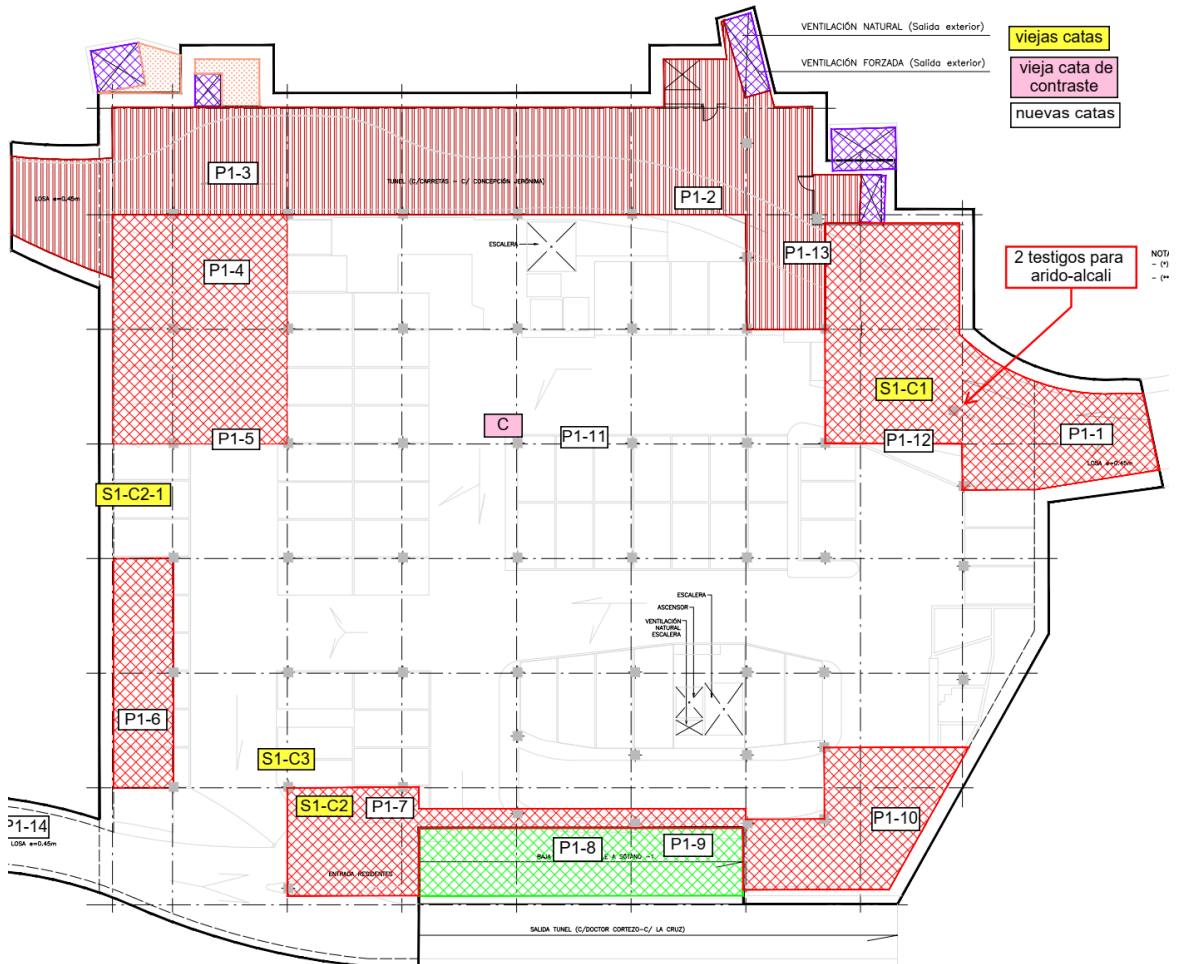


Figura 2-1 Plano de catas en el techo de sótano -1.





*Figura 2-2 Cata P1-1. Acero con pérdida de corruga.*



*Figura 2-3 Cata P1-2. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.*





Figura 2-4 Cata P1-3. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-5 Cata P1-4. Acero con pérdida de corruga.





Figura 2-6 Cata P1-5. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-7 Cata P1-6. Acero con pérdida de corruga.





Figura 2-8 Cata P1-7. Acero con pérdida de corruga y pérdida de sección.



Figura 2-9 Cata P1-8. Acero con pérdida de corruga y pérdida de sección.





Figura 2-10 Cata P1-9. Acero con pérdida de corruga y pérdida de sección.



Figura 2-11 Cata P1-10. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





Figura 2-12 Cata P1-11. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-13 Cata P1-12. Acero con pérdida de corruga y pérdida de sección.



*Figura 2-14 Cata P1-13. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.*

Nota: La cata P1-14 estaba planificada también, pero no fue posible realizarla debido al tráfico elevado en el aparcamiento.

TECHO DE SÓTANO -2

A continuación, se incluye el plano de las catas realizadas en el techo del sótano -2 y una foto per cada cata.

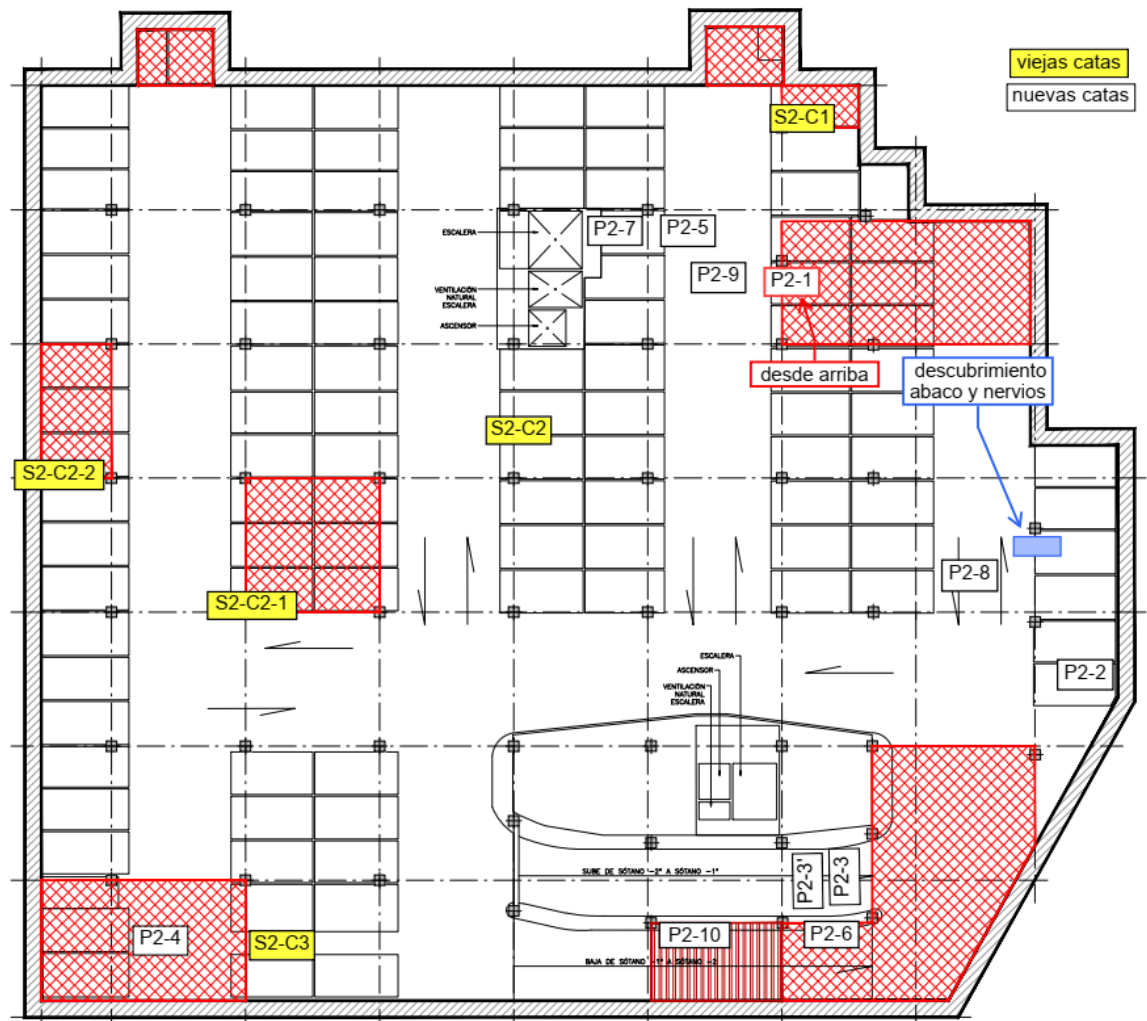


Figura 2-15 Plano de catas en el techo de sótano -2.





Figura 2-16 Cata P2-2. Acero con pérdida de corruga puntual.



Figura 2-17 Cata P2-3. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





Figura 2-18 Cata P2-3'. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-19 Cata P2-4. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





Figura 2-20 Cata P2-5. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-21 Cata P2-6. Acero con pérdida de corruga y pérdida de sección.





Figura 2-22 Cata P2-7. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-23 Cata P2-8. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





Figura 2-24 Cata P2-9. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-25 Cata P2-10. Acero con pérdida de corruga.

### TECHO DE SÓTANO -3

A continuación, se incluye el plano de las catas realizadas en el techo del sótano -3 y una foto per cada cata.

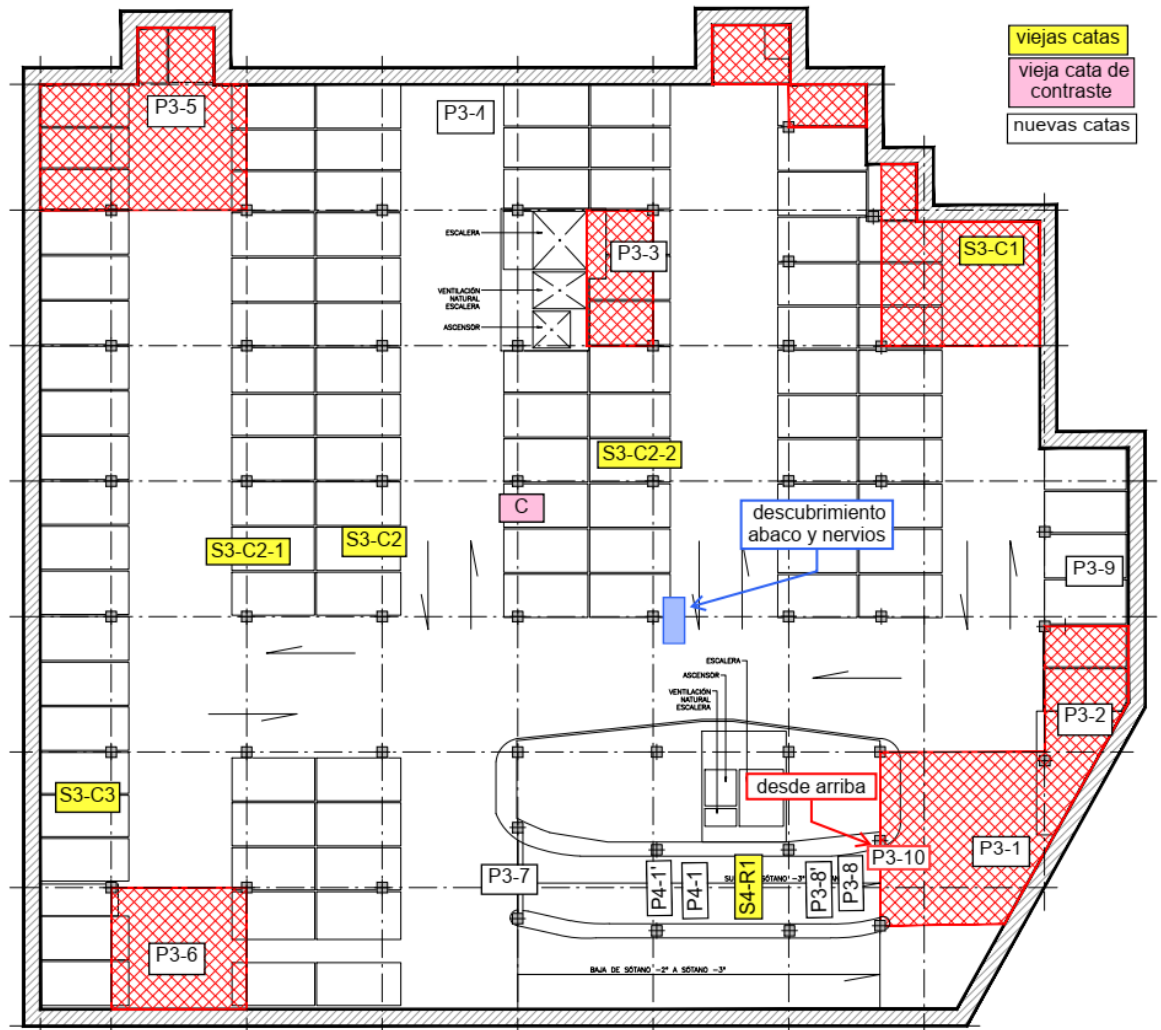


Figura 2-26 Plano de catas en el techo de sótano -3.





*Figura 2-27 Cata P3-1. Acero con pérdida de corruga.*



*Figura 2-28 Cata P3-2. Acero con pérdida de corruga y pérdida de sección.*





Figura 2-29 Cata P3-3. Acero con pérdida de corruga.



Figura 2-30 Cata P3-4. Acero con pérdida de corruga puntual.





Figura 2-31 Cata P3-5. Acero con pérdida de corruga.



Figura 2-32 Cata P3-6. Acero con pérdida de corruga y pérdida de sección.





Figura 2-33 Cata P3-7. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-34 Cata P3-8. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





Figura 2-35 Cata P3-8'. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-36 Cata P3-9. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.

## TECHO DE SÓTANO -4

A continuación, se incluye el plano de las catas realizadas en el techo del sótano -1 y una foto per cada cata.

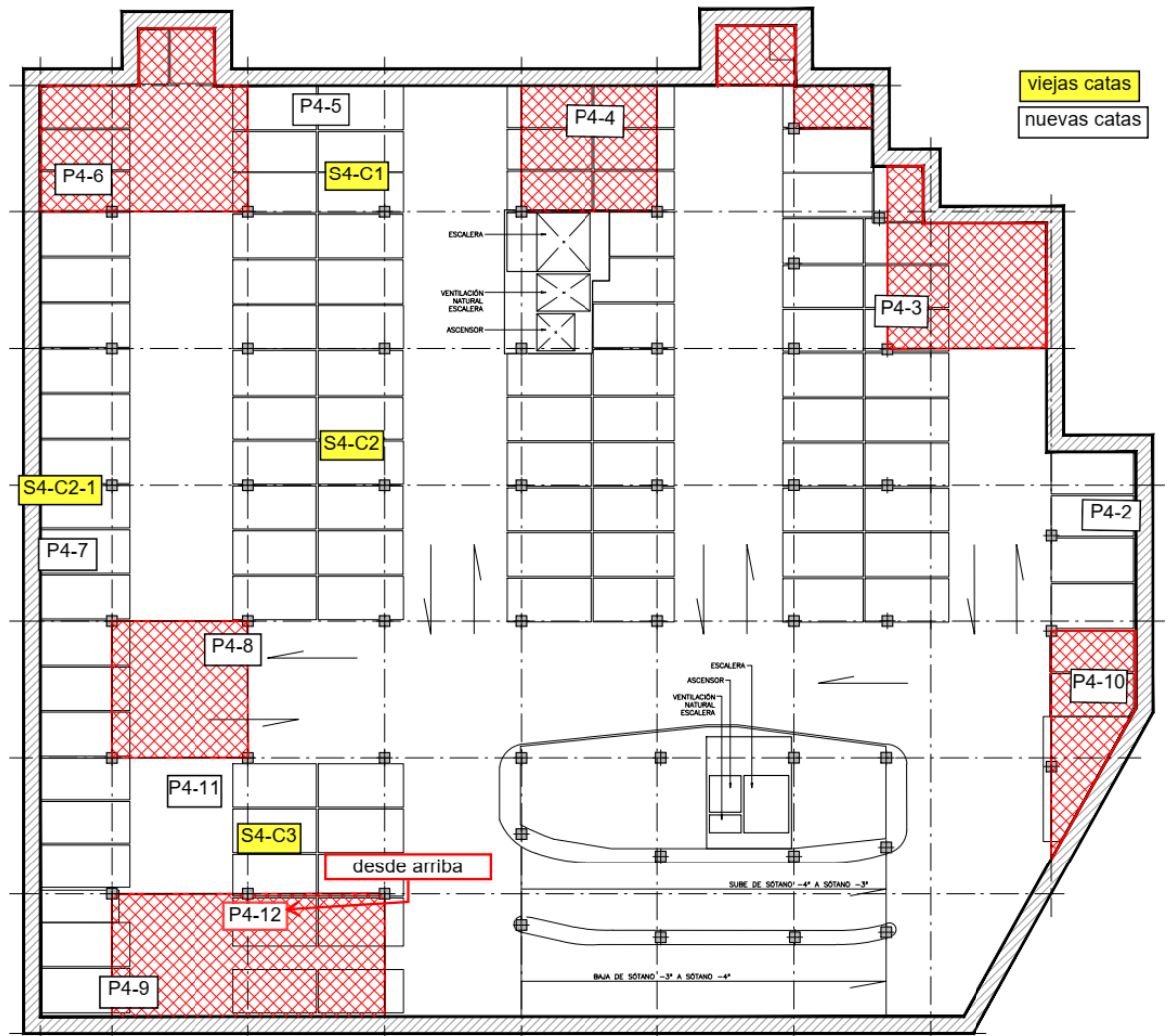


Figura 2-37 Plano de catas en el techo de sótano -4.





Figura 2-38 Cata P4-1. Acero con pérdida de corruga puntual.



Figura 2-39 Cata P4-1'. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





Figura 2-40 Cata P4-2. Acero con pérdida de corruga.



Figura 2-41 Cata P4-3. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





Figura 2-42 Cata P4-4. Acero con pérdida de corruga.



Figura 2-43 Cata P4-5. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.





*Figura 2-44 Cata P4-6. Acero con pérdida de corruga puntual.*



*Figura 2-45 Cata P4-7. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.*





Figura 2-46 Cata P4-8. Acero con pérdida de corruga.



Figura 2-47 Cata P4-9. Acero con pérdida de corruga puntual.





Figura 2-48 Cata P4-10. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



Figura 2-49 Cata P4-11. Acero sin pérdida de corruga. Signos de humedad en el hormigón alrededor de la cata.



## 2.2 CATAS EN FORJADOS EN CARA SUPERIOR

En la cara superior la dificultad de apertura de catas es mayor debido al pavimento y a los rellenos sobre la cubierta. No obstante, se han pedido algunas catas para comprobar el estado de la armadura.



Figura 2-50 Cata P2-1, ejecutada en la cara superior del techo del sótano -2. No signos de corrosión evidente.



Figura 2-51 Cata P3-10, ejecutada en la cara superior del techo del sótano -3. No signos de corrosión evidente.





Figura 2-52 Cata P4-12, ejecutada en la cara superior del techo del sótano -4. No signos de corrosión evidente.

### 2.3 CATA EN MURO ENTRE RAMPAS

Se ha realizado un cata para confirmar si el muro de separación entre la rampa de entrada al aparcamiento y la de salida por la calle del doctor Cortezo es un muro estructural de hormigón armado



Figura 2-53 Ubicación cata en muro entre rampas.



Figura 2-54 Cata en muro entre rampas.



Figura 2-55 Cata en muro entre rampas.



## 2.4 DESCUBRIMIENTO ABACOS Y NERVIOS

Se ha solicitado descubrir una parte del revestimiento bajo los forjados de 2m x 1m en zona de pilares, con el objetivo de confirmar las hipótesis mencionadas. Esta operación se ha realizado cerca de dos pilares diferentes, uno en el forjado de techo del sótano -2 y otro en el forjado de techo del sótano -3.



Figura 2-56 Medición ancho casetones, techo del sótano -2.



Figura 2-57 Medición ancho ábaco desde la cara del pilar, techo del sótano -2.





Figura 2-58 Descubrimiento del revestimiento 2m x 1m, techo del sótano -3.

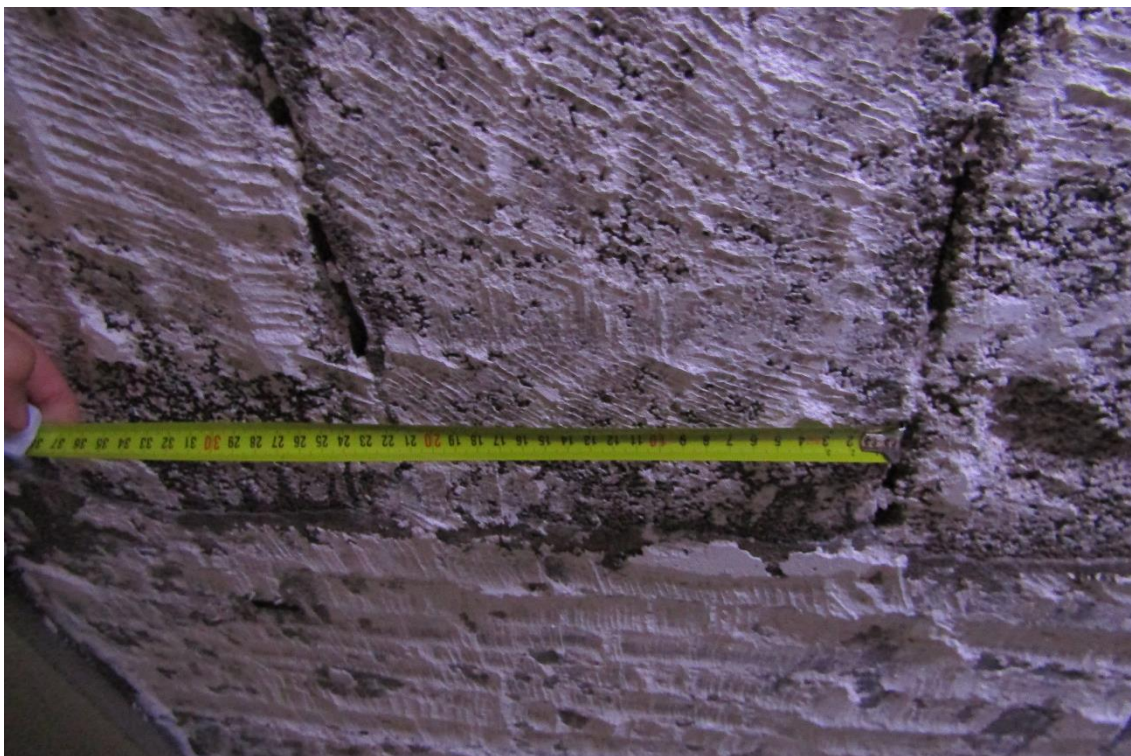


Figura 2-59 Medición ancho casetones, techo del sótano -3.



## 2.5 TESTIGO DE INVESTIGACIÓN ÁRIDO-ÁLCALI

Se han realizado 2 extracciones de testigos de hormigón para detectar presencia de reacciones de tipo árido-álcali, ya que su presencia no se pudo confirmar o descartar en ensayos anteriores.



Figura 2-60 Testigo de investigación árido-álcali.



Figura 2-61 Sección testigo de investigación árido-álcali.

## ANEJO N° 2. MEMORIA DE CALCULO



# 1 BASES DE DISEÑO

## 1.1 NORMATIVA UTILIZADA

Se relacionan a continuación las normas, instrucciones y reglamentos de obligado cumplimiento para esta estructura.

Tabla 1-1. Normativa utilizada

Título del documento	Organismo	Fecha
CTE. Código Técnico de la Edificación	Ministerio de Vivienda	2006
NCSE-02. Norma de Construcción Sismorresistente: Parte general y edificación	Ministerio de Fomento	2002
Código Estructural	MITMA y MINCOTUR	2021
Eurocódigo 1. Acciones en estructuras (UNE-EN 1991)		
UNE-EN1991-1-1 – Acciones Generales		2019
UNE-EN1991-1-2 - Fuego		2019
UNE-EN1991-1-3 – Nieve	CEN-AENOR	2018
UNE-EN1991-1-4 – Viento		2018
UNE-EN1991-1-5 – Acciones Térmicas		2018
UNE-EN1991-1-6 – Acciones durante la ejecución		2018
UNE-EN1991-1-7 – Acciones accidentales		2018
Eurocódigo 2. Proyecto de estructuras de hormigón (UNE-EN 1992)		
	CEN-AENOR	2015
Eurocódigo 3. Proyecto de Estructuras de acero (UNE-EN 1993)		
	CEN-AENOR	2013
Eurocódigo 4. Proyecto de estructuras mixtas de hormigón y acero (UNE-EN 1994)		
	CEN-AENOR	2013
Eurocódigo 5. Proyecto de estructuras de madera (UNE-ENV 1995-1-1 Reglas generales y reglas para edificación)		
	CEN-AENOR	2016

## 1.2 HIPÓTESIS DE CARGA

Como ya se mencionado en apartados anteriores, la memoria de proyecto original de 1970 no tiene información detallada y precisa sobre las cargas consideradas en proyecto. No ha sido posible determinar con fiabilidad ni la magnitud de estas cargas ni en qué zonas se han aplicado.

En las Tabla 8-1 y Tabla 8-2 se recogen las cargas que se ha decidido considerar en el presente proyecto, que se dividen en zonas transitables y no transitables por vehículos. Se decide de forma conservadora aplicar en todos los paños a demoler y reconstruir las cargas correspondientes a zonas de forjado de cubierta no transitable por vehículos, siendo la combinación más desfavorable entre las dos. En el caso de la carga muerta, debido a las varias incertidumbres, se ha sumado a los 25kN/m<sup>2</sup> de relleno los 4 kN/m<sup>2</sup> de carga muerta del pavimento. La sobrecarga considerada son 5kN/m<sup>2</sup>, correspondiente a zonas de acceso público según el CTE.

Las zonas del forjado cubierta que se mantienen deberán ser estudiadas en fases sucesivas como se mencionaba en el apartado antecedentes. En la información recibida no se encuentran los planos de

armado de este forjado ni se acotan con claridad las cargas consideradas para su diseño. A la vista de esto, y de cara a la remodelación de la plaza, se recomienda comprobar que las cargas previstas no superen las actuales, o si es necesario superarlas, se defina una estructura con capacidad de transmitirla directamente a los pilares.

Se recogen a continuación las cargas que se han considerado:

Peso propio de los elementos estructurales:

- Hormigón armado: 25.0 kN/m<sup>3</sup>
- Acero estructural: 78.5 kN/m<sup>3</sup>

#### Cargas muertas:

Tabla 1-2. Cargas muertas

Zona	Tipo	Carga muerta [kN/m <sup>2</sup> ]
Forjados interiores y rampas	Pavimento	0.50
Forjado de cubierta no transitable por vehículos	1,25 m relleno tierras	25.00
Forjado de cubierta transitable por vehículos	Pavimento	4.00

#### Sobrecargas de uso:

Tabla 1-3. Sobrecargas

Zona	Tipo	Sobrecarga de uso [kN/m <sup>2</sup> ]
Forjados interiores y rampas	Zonas de tráfico	4.00
Forjado de cubierta no transitable por vehículos	Zonas de acceso público	5.00
Forjado de cubierta transitable por vehículos	Camión de bomberos (accidental)	20.00

#### Empuje del terreno

No se dispone de estudio geotécnico para las zonas de actuación. Las características del terreno se han estimado en desde la información extraída de la base de datos de la Red Geotécnica de Madrid.

Durante la fase de ejecución de la obra debe verificar que el terreno considerado posee características geotécnicas al menos superiores a las consideradas en proyecto, realizando los sondeos necesarios para asegurar las soluciones propuestas.

Se han contemplado los siguientes puntos en el estudio de la información del terreno:



Figura 1 Visor de la Red Geotécnica de Madrid y los puntos analizados

INFORMACIÓN GENERAL				
Número	CoordZ	Hoja Plano	Año Realización	Tipo
1049	656.59997559	559-2-3	1971	SONDEO
Título Estudio	Observaciones			
C/ ATOCHA C/V RELATORES	Estudio piloto subsuelo de la Villa			
Realizado	Propiedad			
Sondeos Inyecciones y Pilotes, S.A.	Ayuntamiento de Madrid.			
Localización	Recopilador			
Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento.	Miguel Angel López Palancar.			
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				
Prof. (m)	Niv. Agua. (m)	Diam. (mm)	GR	Observaciones
			Naturaleza	Tamaño
			Color	Compacidad
0.40000001		80	50.00000000	Hueco Natural o Artificial, Hormigón u Obra Artificial.
			OA-HR	Mampostería o material de obra y Hormigón
			--	Sin datos
1.10000002		80	1.00000000	Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.
			ES	Escombros
			--	Sin datos
9.00000000		80	27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.
			AC	Arcilla
			GI	Gris
				Sin datos
DATOS CLASIFICACIONES				
Prof. (m)	H.R.B.	GR	Observaciones	
1.00000000		1.00000000	Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.	
1.50000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	
2.50000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	
3.00000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	
5.00000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	
6.00000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	
7.00000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	
8.00000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	
8.50000000		27.00000000	Arcillas sin Yesos y sin niveles carbonatados.Arenas.	



INFORMACIÓN GENERAL						
Número			CoordZ	Hoja Plano	Año Realización	Tipo
1048			655.59997559	559-2-3	1971	SONDEO
Título Estudio			Observaciones			
C/ CONDE DE ROMANONES N° 5			Estudio piloto subsuelo de la Villa			
Realizado			Propiedad			
Sondeos Inyecciones y Pilotes, S.A.			Ayuntamiento de Madrid.			
Localización			Recopilador			
Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento.			Miguel Angel López Palancar.			
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO						
Prof. (m)	Niv.Agua. (m)	Diam. (mm)	GR	Observaciones		
			Naturaleza	Tamaño		
			Color	Compacidad		
0.50000000		80	50.00000000 Hueco Natural o Artificial, Hormigón u Obra Artificial.			
			OA.HR	Mampostería o material de obra y Hormigón		
			--	Sin datos		
3.59999990		80	1.00000000 Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.	- Sin datos		
			ES	Escombros		
			--	Sin datos		
9.00000000		80	24.00000000 Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).	- Sin datos		
			AC.AR	Arcilla y Arena		
			--	Sin datos		
DATOS CLASIFICACIONES						
Prof. (m)	H.R.B.	GR		Observaciones		
1.00000000		1.00000000	Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.			
2.00000000		1.00000000	Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.			
4.00000000		24.00000000	Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).			
6.00000000		24.00000000	Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).			
7.50000000		24.00000000	Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).			

INFORMACIÓN GENERAL						
Número			CoordZ	Hoja Plano	Año Realización	Tipo
1038			657.20001221	559-2-3	1971	SONDEO
Título Estudio			Observaciones			
C/ ESPOZY MINA C/V CRUZ			Estudio piloto subsuelo de la Villa			
Realizado			Propiedad			
Sondeos Inyecciones y Pilotes, S.A.			Ayuntamiento de Madrid.			
Localización			Recopilador			
Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento.			Miguel Angel López Palancar.			
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO						
Prof. (m)	Niv.Agua. (m)	Diam. (mm)	GR	Observaciones		
			Naturaleza	Tamaño		
			Color	Compacidad		
0.30000001		80	50.00000000 Hueco Natural o Artificial, Hormigón u Obra Artificial.			
			OA.HR	Mampostería o material de obra y Hormigón		
			--	Sin datos		
6.19999981		80	1.00000000 Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.	- Sin datos		
			ES	Escombros		
			--	Sin datos		
11.50000000		80	24.00000000 Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).	- Sin datos		
			AC	Arcilla		
			--	Sin datos		
DATOS CLASIFICACIONES						
Prof. (m)	H.R.B.	GR		Observaciones		
1.00000000		1.00000000	Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.			
3.00000000		1.00000000	Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.			
6.00000000		1.00000000	Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.			
8.50000000		24.00000000	Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).			
10.00000000		24.00000000	Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).			
11.00000000		24.00000000	Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).			
11.50000000		24.00000000	Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).			

INFORMACIÓN GENERAL				
Número	CoordZ	Hoja Plano	Año Realización	Tipo
1039	657.29998779	559-2-3	1971	SONDEO
Título Estudio	Observaciones			
PZA. JACINTO BENAVENTE Y CRUZ	Estudio piloto subsuelo de la Villa			
Realizado	Propiedad			
Sondeos Inyecciones y Pilotes, S.A.	Ayuntamiento de Madrid.			
Localización	Recopilador			
Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento.	Miguel Angel López Palancar.			
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				
Prof. (m)	Niv. Agua. (m)	Diam. (mm)	GR	Observaciones
			Naturaleza	Tamaño
			Color	Compacidad
0.30000001		80	50.00000000 Hueco Natural o Artificial, Hormigón u Obra Artificial.	
			OA.HR	- Sin datos
			--	Sin datos
3.20000005		80	1.00000000 Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.	
			ES	- Sin datos
			--	Sin datos

INFORMACIÓN GENERAL				
Número	CoordZ	Hoja Plano	Año Realización	Tipo
1037	653.59997559	559-2-3	1971	SONDEO
Título Estudio	Observaciones			
C/ BOLSA	Estudio piloto subsuelo de la Villa			
Realizado	Propiedad			
Sondeos Inyecciones y Pilotes, S.A.	Ayuntamiento de Madrid.			
Localización	Recopilador			
Instituto Eduardo Torroja de la Construcción y el Cemento.	Miguel Angel López Palancar.			
DESCRIPCIÓN DEL TERRENO				
Prof. (m)	Niv.Agua. (m)	Diam. (mm)	GR	Observaciones
			Naturaleza	Tamaño
			Color	Compacidad
0.40000001		80	50.00000000 Hueco Natural o Artificial, Hormigón u Obra Artificial.	
			OA.HR	- Sin datos
			--	Sin datos
2.00000000		80	1.00000000 Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros.	
			ES	- Sin datos
			--	Material compacto, duro
5.19999981		80	24.00000000 Arcillas con niveles de Arenas finas (Tosco).	
			AC	- Sin datos
			RI	Material compacto, duro

De los 5 sondeos cercanos analizados se observa que la capa denominada *Escombrera, cualquier relleno mezclado con escombros*, se encuentra a una profundidad media de -4.30 m variando entre -1.00 m hasta -8.50 m.

Las excavaciones previstas para la actuación de la calle Carretas se realizará hasta los -5.05 m de profundidad por lo que de manera conservadora, se considerarán rellenos antrópicos para todo el terreno, con las siguientes características geotécnicas.

Parámetros del terreno considerado:

- Peso específico 20.00 kN/m<sup>3</sup>
- Ángulo de rozamiento interno 30°
- Cohesión nula
- Nivel freático no se considera

### 1.3 MATERIALES

#### 1.3.1 Hormigón

De conformidad a la normativa utilizada, se proponen los siguientes tipos de hormigones:

Tabla 1-4. Tipos de hormigones

Materiales	Calidad	Observaciones
Hormigón en forjados	HA-30/L/20/XC4	Exposición a condiciones de humedad cíclicas por entradas de agua
Hormigón en muros	HA-30/L/20/XC2	Húmedo, raramente seco
Hormigón en cimentaciones	HA-30/B/20/XC2	Húmedo, raramente seco

Según el vigente Código Estructural, la tipificación del hormigón tiene la significación siguiente:

- HA: Hormigón armado;
- HP: Hormigón pretensado;
- 25, 30, 35, resistencia característica en N/mm<sup>2</sup>;
- B: consistencia blanda;
- F: consistencia fluida (especialmente aconsejable para evitar, con otras medidas de correcta puesta en obra, el asentamiento plástico y la fisuración por tal causa);
- L: consistencia líquida;
- 16: tamaño máximo del árido;
- XC2, XA1, X0, XC4, XD2: clase de exposición en la que se considera la estructura (tabla A19.4.1 del Código Estructural)

#### 1.3.2 Acero pasivo

Para el proyecto se empleará acero B-500-SD, en el que:

- La letra B indica que es un acero para armaduras de hormigón armado.
- Las tres cifras siguientes indica el límite elástico nominal garantizado, expresado en MPa.
- La siguiente letra indica el grado de ductilidad del acero. S, para aceros soldables de ductilidad normal y SD para aceros soldables de alta ductilidad.

#### 1.3.3 Acero estructural

Los valores nominales del límite elástico y de la tensión de rotura para acero estructural laminado en caliente y perfiles tubulares se obtiene de la tabla A22.3.1 del Anejo 22 del Código Estructural.

Tabla 1-5. Valores nominales del límite elástico y de la tensión de rotura (Tabla A22.3.1 Código Estructural)

Norma y tipo de acero	Espesor nominal $t$ (mm)			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_u$ (N/mm <sup>2</sup> )
UNE-EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	490	335	470
S 450	440	550	410	550



<b>UNE-EN 10025-3</b>				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
<b>UNE-EN 10025-4</b>				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
<b>UNE-EN 10025-5</b>				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	490	335	490
<b>UNE-EN 10025-6</b>				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550
<b>UNE-EN 10210-1</b>				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NLH	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
<b>UNE-EN 10219-1</b>				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

- La calidad del acero en perfiles laminados en caliente o armados y chapas será como mínimo S275JR (según normativa UNE\_EN10025-2) con límite elástico de 275 N/mm<sup>2</sup> y tensión de rotura de 430 N/mm<sup>2</sup>.
- La calidad del acero en perfiles tubulares será como mínimo S275JRH (según normativa UNE\_EN10025-2) con límite elástico de 275 N/mm<sup>2</sup> y tensión de rotura de 430 N/mm<sup>2</sup>.

En cuanto al acero estructural, se cumplen con las condiciones de espesor máximo de chapa en función del grado y de temperatura mínima que se establece en la tabla A28.2.1 del Código Estructural.

Las conexiones se realizarán mediante soldadura o uniones atornilladas de acuerdo a los detalles especificados en planos.

### 1.3.4 Condiciones de durabilidad estructuras de hormigón

Las prescripciones del CTE y el Código Estructural se orientan en orden a asegurar que:

- La vida útil nominal de la estructura que se reconstruye es de 50 años, de acuerdo con la Tabla 2.1 del Anejo 18 del Código Estructural.
- Se utiliza una relación agua/cemento máxima y un contenido mínimo de cemento indicados

por el Código Estructural, según el tipo de ambiente, de acuerdo con la tabla 43.2.1a.

Tabla 1-6. Contenido mínimo de cemento y máxima relación agua/cemento según tipo de hormigón y clase de exposición (Código Estructural Tabla 43.2.1a).

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición										
		X0	XC1	XC2	XC3	XC4	XS1	XS2	XS3	XD1	XD2	XD3
Máxima relación agua/cemento	Masa	0.65	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Armado	0.65	0.60	0.60	0.55	0.55	0.50	0.50	0.45	0.50	0.50	0.50
	Pretensado	0.60	0.60	0.60	0.55	0.55	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45	0.45
Contenido mínimo de cemento (kg/m³)	Masa	200	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Armado	250	275	275	300	300	300	325	350	325	325	325
	Pretensado	275	300	300	300	300	300	325	350	325	325	325

Parámetro de dosificación	Tipo de hormigón	Clase de exposición										
		XF1	XF2	XF3	XF4	XA1	XA2	XA3	XM1	XM2	XM3	
Máxima relación agua/cemento	Masa	0.55	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50	0.45	0.50	0.50	0.50	
	Armado	0.55	0.50	0.55	0.50	0.50	0.50	0.45	0.50	0.50	0.50	
	Pretensado	0.45	0.50	0.45	0.50	0.50	0.45	0.45	0.50	0.50	0.50	
Contenido mínimo de cemento (kg/m³)	Masa	275	300	275	300	275	300	325	300	300	300	
	Armado	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325	
	Pretensado	300	325	300	325	325	350	350	325	325	325	

- Se disponen separadores para garantizar que los recubrimientos son al menos los consignados en los planos (como se indica en el artículo 43.4.2).
- Se efectúa una correcta puesta en obra del hormigón y un curado suficiente (artículo 52).
- De acuerdo al tipo de cemento que se especifica en los planos, el recubrimiento mínimo y nominal de las armaduras cumple lo establecido en el artículo 44.2.1:

Tabla 1-7. Recubrimientos mínimos  $c_{min}$  (mm), para las clases de exposición relacionadas con la corrosión por carbonatación (Código Estructural Tabla 44.2.1.1.a).

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm²]	Vida útil de proyecto ( $t_L$ ), (años)	
			50	100
X0	Cualquiera	$f_{ck} \geq 25$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	15	25
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
XC1, XC2 ó XC3	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
		$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30
XC4	CEM I	$f_{ck} \geq 40$	15	25
		$25 \leq f_{ck} < 40$	25	35
		$25 \leq f_{ck} < 40$	20	30

Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$f_{ck} \geq 40$	20	30
-------------------------------------------------------------------------	------------------	----	----

Tabla 8. Recubrimiento mínimo  $c_{min}$  (mm), para las clases de exposición relacionadas con la corrosión por cloruros (Código Estructural Tabla 44.2.1.1.b)

Tipo de elemento	Cemento	Vida útil de proyecto (tg) (años)	Clase de exposición			
			XS1	XS2	XS3	XD1, XD2, XD3
Hormigón armado	CEM III/A, CEM III/B, CEM IV, CEM II/B-V, CEM II/A-D u hormigón con adición de microsilíce superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	50	25	30	45	35
		100	30	35	50	40
	CEM II/B-S, B-P	50	30	35	65	40
		100	35	40	70	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 28	50	40	45	*	*
		100	65	*	*	*
Hormigón pretensado	CEM II/A-D o bien CEM I con adición de humo de sílice superior al 6%	50	30	35	50	40
		100	35	40	65	45
	Resto de cementos utilizables, según el Artículo 28	50	45	55	*	*
		100	*	*	*	*

(\*) Estas situaciones obligan a unos recubrimientos excesivos, deaconsejables desde el punto de vista de la ejecución del elemento. En estos casos, se recomienda realizar un estudio específico para establecer el espesor de recubrimiento necesario en función de las condiciones de agresividad y la vida útil requerida

Tabla 1-9. Recubrimientos mínimos  $c_{min}$  (mm), para las clases de exposición XF (Código Estructural Tabla 44.3)

Clase de exposición	Tipo de cemento	Resistencia característica del hormigón [N/mm <sup>2</sup> ]	Vida útil de proyecto (t <sub>l</sub> ), (años)	
			50	100
XF1, XF3	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	25
	Otros tipos de cemento	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	35
		$f_{ck} \geq 40$	10	20
XF2, XF4	CEM II/A-D	$25 \leq f_{ck} < 40$	25	50
		$f_{ck} \geq 40$	15	35
	CEM III	$25 \leq f_{ck} < 40$	40	*
		$f_{ck} \geq 40$	20	40
	Otros tipos de cementos o en el caso de empleo de adiciones al hormigón	$25 \leq f_{ck} < 40$	20	40
		$f_{ck} \geq 40$	10	20

(\*) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos

Tabla 1-10. Recubrimientos mínimos  $c_{min}$  (mm) para las clases de exposición XA (Código Estructural Tabla 44.4)

Clase de exposición	Tipo de cemento	Vida útil de proyecto (t <sub>l</sub> ), (años)	
		50	100



XA1	CEM III, CEM IV, CEM II/B-S, B-P, B-V, A-D u hormigón con adición de microsilice superior al 6% o de cenizas volantes superior al 20%	40	55
	Resto de cementos utilizables	*	*
XA2, XA3	Cualquiera	(1)	(1)

(\*) Estas situaciones obligarían a unos recubrimientos excesivos  
(1) El autor del proyecto deberá fijar estos valores de recubrimiento mínimo y, en su caso, medidas adicionales, al objeto de que se garantice adecuadamente la protección del hormigón y de las armaduras frente a la agresión química concreta de que se trate

Tabla 1-11. Sobre-espesor del recubrimiento para las clases de exposición XM (Código Estructural Tabla 44.5)

Clase de exposición	Sobre-espesor de recubrimiento, en mm
XM1	5
XM2	10
XM3	15

Para obtener el recubrimiento nominal, según el artículo 43.4.1 del citado Código Estructural, el recubrimiento mínimo se incrementará en una cantidad  $\Delta C_{dev} = 0/5/10$  mm (tabla 43.4.1) para prefabricado e in situ con control intenso y otros casos, respectivamente.

$$C_{nom} = C_{min} + \Delta C_{dev}$$

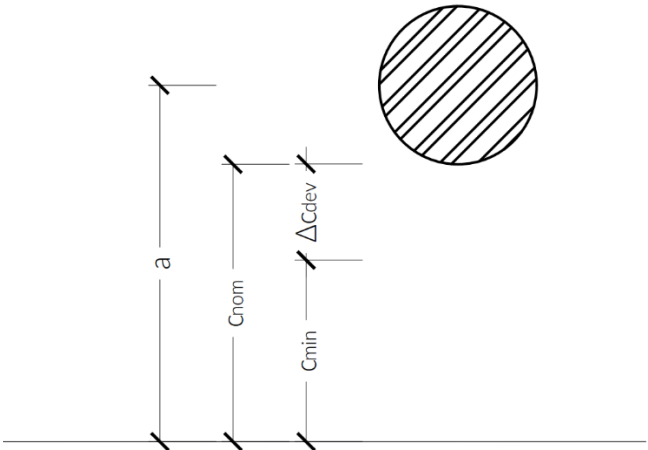


Figura 2. Esquema explicativo de recubrimientos de hormigón para armaduras

De este modo, se obtienen los recubrimientos nominales en la estructura que ocupa este documento en función del ambiente que se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 1-12. Recubrimientos nominales de proyecto para los distintos ambientes

Tipo de ambiente	Tipo de cemento	Recubrimiento nominal [mm]
XC2	Cualquiera	30
		70 (en contacto con terreno)
XC4	Cualquiera	35

1.3.1 Condiciones de durabilidad estructuras de acero

La agresividad a la que está sometido cada elemento de acero se identificará por el tipo de ambiente, que se define en el apartado 80.1 del Código Estructural. A dichos efectos, se definen como clases de exposición relativas a la corrosividad del acero estructural las recogidas en las tablas 80.1.a y 80. 1.b

Tabla 1-13. Clases de exposición relativas a la corrosividad atmosférica del acero estructural (Código Estructural Tabla 80.1.a)

Designación	Clase de exposición (corrosividad)	Pérdida de masa por unidad de superficie/pérdida de espesor (tras el primer año de exposición)				Ejemplos de ambientes típicos en un clima templado	
		Acero de bajo contenido en carbono		Cinc		Exterior	Interior
		Pérdida de masa g/m²	Pérdida de espesor $\mu\text{m}$	Pérdida de masa g/m²	Pérdida de espesor $\mu\text{m}$		
C1	muy baja	$\leq 10$	$\leq 1,3$	$\leq 0,7$	$\leq 0,1$	-	Edificios con calefacción y con atmósferas limpias, por ejemplo: oficinas, tiendas, colegios, hoteles.
C2	baja	$> 10$ y hasta 200	$> 1,3$ y hasta 25	$> 0,7$ y hasta 5	$> 0,1$ y hasta 0,7	Atmósferas con bajos niveles de contaminación. Áreas rurales en su mayor parte.	Edificios sin calefacción donde pueden ocurrir condensaciones, por ejemplo: almacenes, polideportivos.
C3	media	$> 200$ y hasta 400	$> 25$ y hasta 50	$> 5$ y hasta 15	$> 0,7$ y hasta 2,1	Atmósferas urbanas e industriales, con moderada contaminación de dióxido de azufre. Áreas costeras con baja salinidad	Naves de fabricación con elevada humedad y con algo de contaminación del aire, por ejemplo: plantas de procesamiento de alimentos, lavanderías, plantas cerveceras, plantas lácteas. Interior de puentes-cajón
C4	alta	$> 400$ y hasta 650	$> 50$ y hasta 80	$> 15$ y hasta 30	$> 2,1$ y hasta 4,2	Áreas industriales y áreas costeras con moderada salinidad.	Plantas químicas, piscinas, barcos costeros y astilleros.
C5	muy alta	$> 650$ y hasta 1500	$> 80$ y hasta 200	$> 30$ y hasta 60	$> 4,2$ y hasta 8,4	Áreas industriales con elevada humedad y con atmósfera agresiva y áreas costeras con elevada salinidad.	Edificios o áreas con condensaciones casi permanentes, y con contaminación elevada.
CX	extrema	$> 1500$ y hasta 5500	$> 200$ y hasta 700	$> 60$ y hasta 180	$> 8,4$ y hasta 25	Áreas de ultramar con elevada salinidad y áreas industriales con humedad extrema y atmósfera agresiva y atmósferas	Áreas industriales con humedad extrema y atmósfera agresiva

Tabla 1-14. Clases de exposición relativas al agua y suelo (Código Estructural Tabla 80.1.b)

Designación	Clase de exposición	Ejemplos
Im1	Agua dulce	Instalaciones ribereñas, plantas hidroeléctricas
Im2	Agua de mar o salobre	Estructuras en contacto con el agua de mar sin protección catódica (por ejemplo áreas portuarias con estructuras como diques, compuertas o embarcaderos)
Im3	Suelo	Tanques enterrados, pilotes de acero, tuberías de acero
Im4	Agua de mar o salobre	Estructuras en contacto con el agua de mar con protección catódica (por ejemplo estructuras off-shore)

La estructura metálica existente puede considerarse expuesta a un ambiente tipo C3, con condiciones de humedad alta y ligera exposición a los gases de combustión de los vehículos.

## 1.4 FORMATO DE SEGURIDAD

### 1.4.1 Coeficientes de mayoración de acciones y minoración de materiales

El Código Estructural indica en el apartado 6.4.4 del Anejo 18 que “los valores de los coeficientes y para las acciones deben obtenerse de la reglamentación específica vigente y del Apéndice A”, y dicho apéndice hace referencia expresa al uso de los valores establecidos por el CTE. Así pues, se toman los siguientes valores.

Para los Estados Límites Últimos lo especificado en la Tabla 4.1 del CTE DB-SE-Seguridad Estructural:

 Tabla 1-15. Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones (CTE-DB-SE-Seguridad Estructural Tabla 4.1)

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1.35	0.8
	Empuje del terreno	1.35	0.7
	Presión del agua	1.2	0.9
	Variable	1.5	0
Estabilidad		desestabilizadora	estabilizadora
	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1.1	0.9
	Empuje del terreno	1.35	0.8
	Presión del agua	1.05	0.95
	Variable	1.5	0

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

Para los Estados Límites de Servicio, según lo establecido en el apartado 4.3 del CTE y el apartado 6.5 del Anejo 18 del Código Estructural, se adopta  $\gamma = 1.00$  para acciones permanentes y  $\gamma = 0.00$  para acciones variables (no aplica a pretensado).

Según la tabla Tabla 4.2 del CTE-DB-SE, los coeficientes de simultaneidad son los siguientes:

 Tabla 1-16. Coeficientes de simultaneidad  $\psi$  (Tabla 4.2 CTE DB-SE-Seguridad Estructural)

Tipo acción variable	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
Zonas residenciales (Categoría A)	0.7	0.5	0.3



Zonas administrativas (Categoría B)	0.7	0.5	0.3
Zonas destinadas al público (Categoría C)	0.7	0.7	0.6
Zonas comerciales (Categoría D)	0.7	0.7	0.6
Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0.7	0.7	0.6
Cubiertas transitables (Categoría F)	(1)		
Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
para altitudes > 1000 m	0.7	0.5	0.2
para altitudes ≤ 1000 m	0.5	0.2	0
Viento	0.6	0.5	0
Temperatura	0.6	0.5	0
Acciones variables del terreno	0.7	0.7	0.7

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

En cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G) los coeficientes de simultaneidad para sobrecarga superficial de uso son iguales a cero.

### Hormigón

Los valores de los coeficientes parciales de seguridad de los materiales para ELU en el caso de hormigón armado o pretensado que se han adoptado son los que se indican en la tabla A19.2.1 del Código Estructural:

Tabla 1-17. Coeficientes parciales de seguridad para los materiales para Estados Límite Últimos (Tabla A19.2.1. Código Estructural)

Situación de cálculo	$\gamma_c$	$\gamma_s$	$\gamma_s$
	hormigón	armaduras pasivas	armaduras activas
Permanente o transitoria	1.50	1.15	1.15
Accidental	1.30	1.00	1.00

Para los Estados Límite de Servicio, los coeficientes parciales para las propiedades de los materiales se tomarán como 1.0, según el apartado 6.5.4 del Anejo 18 del Código Estructural.

### Acero Estructural

Respecto al acero estructural y conforme al Artículo 6 del Anejo 22 del Código Estructural, los valores de los coeficientes parciales de seguridad adoptados son los siguientes:

- Coeficiente parcial de seguridad relativo a la resistencia de la sección:  $\gamma_{M0}=1.05$
- Coeficiente parcial de seguridad relativo a la inestabilidad:  $\gamma_{M1}=1.05$
- Coeficiente parcial de seguridad relativo a secciones sometidas a tracción:  $\gamma_{M2}=1.25$

En el caso de las uniones metálicas, se tendrán en cuenta los coeficientes parciales de seguridad recogidos en la tabla A26.2.1 del Código Estructural:

Tabla 1-18. Coeficientes parciales de seguridad para las uniones (Tabla A26.2.1. Código Estructural)

Resistencia de los elementos y las secciones transversales	$\gamma_{M0}$ ; $\gamma_{M1}$ ; $\gamma_{M2}$ (véase el Anejo 22)
Resistencia de los tornillos	$\gamma_{M2} = 1.25$
Resistencia de bulones	
Resistencia de soldaduras	
Resistencia de chapas	
Resistencia a deslizamiento - en estado límite último (Categoría C) - en estado límite de servicio (Categoría B)	$\gamma_{M3} = 1.25$ $\gamma_{M3,ser} = 1.10$
Resistencia de un tornillo de inyección	$\gamma_{M4} = 1.00$
Resistencia de uniones en vigas en celosía de perfiles tubulares	$\gamma_{M5} = 1.00$
Resistencia de bulones en estado límite de servicio	$\gamma_{M6,ser} = 1.00$
Precarga de tornillos de alta resistencia	$\gamma_{M7} = 1.10$
Resistencia del hormigón	$\gamma_c$ (véase el Anejo 19)

#### 1.4.2 Combinación de acciones

##### Estados Límites de Servicio (E.L.S.)

Según se recoge en el artículo 4 del “Código Técnico de la Edificación”, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo a los siguientes criterios:

Combinación característica:

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

Combinación frecuente:

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

Combinación cuasipermanente:

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

Donde:

$G_{k,j}$ : Valor característico de las acciones permanentes.

P: 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.

### Estados Límites Últimos (E.L.U.)

Situaciones permanentes o transitorias:

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

Situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Situaciones sísmicas:

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

Donde:

$G_{k,j}$ : Valor característico de las acciones permanentes.

P: 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.

$A_d$ : Valor característico de la acción accidental.

## 1.5 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN EN SERVICIO

### 1.5.1 Estado límite de fisuración

En estructuras de hormigón suele ser inevitable la aparición de fisuras, que no suponen inconveniente para su normal utilización, siempre que se limite su abertura máxima a valores compatibles con las exigencias de durabilidad, funcionalidad, estanqueidad y apariencia. Las aberturas características de fisura máximas consideradas, a partir de la clase de exposición definida anteriormente son las que se indican en la Tabla 27.2 del Código Estructural:

Tabla 1-19. Abertura máxima de fisura (Tabla 27.2 Código Estructural)

Clase de exposición	$w_{m\acute{a}x}(mm)$	
	Hormigón Armado (para combinación cuasipermanente de acciones)	Hormigón Pretensado (para la combinación frecuente de acciones)
XO <sup>(2)</sup> , XC1 <sup>(2)</sup>	0.4	0.2



XC2, XC3, XF1, XF3, XC4	0.3	0.2 <sup>(1)</sup>
XS1, XS2, XD1, XD2, XD3, XF2, XF4, XA1 <sup>(3)</sup>	0.2	Descompresión
XS3, XA2 <sup>(3)</sup> , XA3 <sup>(3)</sup>	0.1	

<sup>(1)</sup>Adicionalmente deberá comprobarse que las armaduras activas se encuentren en la zona comprimida de la sección bajo la combinación cuasi-permanente de acciones

<sup>(2)</sup>Para las clases de exposición X0 y XC1, la abertura de fisura no influye normalmente en la durabilidad. Los valores recogidos en la tabla para estos casos se establecen para garantizar un aspecto aceptable.

<sup>(3)</sup>La limitación relativa a las clases XA1, XA2 y XA3 sólo será de aplicación en el caso de que el ataque químico pueda afectar a la armadura. En otros casos, se aplicará la limitación correspondiente a la clase general correspondiente.

## 1.6 RESISTENCIA AL FUEGO

Según se establece en la Sección 6 del CTE-DB-SI, la resistencia al fuego de la estructura será:

- Aparcamiento (edificio de uso exclusivo): R 90

**Tabla 3.1 Resistencia al fuego suficiente de los elementos estructurales**

Uso del <i>sector de incendio</i> considerado <sup>(1)</sup>	Plantas de sótano	Plantas sobre rasante		
		<i>altura de evacuación del edificio</i>		
		≤15 m	≤28 m	>28 m
Vivienda unifamiliar <sup>(2)</sup>	R 30	R 30	-	-
Residencial Vivienda, Residencial Público, Docente, Administrativo	R 120	R 60	R 90	R 120
Comercial, Pública Concurrencia, Hospitalario	R 120 <sup>(3)</sup>	R 90	R 120	R 180
Aparcamiento (edificio de uso exclusivo o situado sobre otro uso)		R 90		
Aparcamiento (situado bajo un uso distinto)		R 120 <sup>(4)</sup>		

<sup>(1)</sup> La *resistencia al fuego* suficiente R de los elementos estructurales de un suelo que separa *sectores de incendio* es función del uso del sector inferior. Los elementos estructurales de suelos que no delimitan un *sector de incendios*, sino que están contenidos en él, deben tener al menos la *resistencia al fuego* suficiente R que se exija para el uso de dicho sector

<sup>(2)</sup> En viviendas unifamiliares agrupadas o adosadas, los elementos que formen parte de la estructura común tendrán la *resistencia al fuego* exigible a edificios de *uso Residencial Vivienda*.

<sup>(3)</sup> R 180 si la *altura de evacuación* del edificio excede de 28 m.

<sup>(4)</sup> R 180 cuando se trate de *aparcamientos robotizados*.

Figura 9. Resistencia a fuego de elementos estructurales

A este respecto cabe añadir que la estructura nueva proyectada cumple con las prescripciones indicadas en el Anejo C del CTE-DB-SI. Los forjados de hormigón planteados para la estructura satisfacen los valores de dimensiones mínimas y recubrimientos mecánicos equivalentes establecidos en el Anejo 20 del Código Estructural.

Si en alguna zona puntual, debido a la existencia de equipos, etc., es necesaria una resistencia mayor, esto se logrará con revestimientos adecuados.

Se dotará a los elementos metálicos nuevos de un sistema certificado para alcanzar la resistencia requerida a fuego. Se repondrá la protección al fuego de los elementos existentes allí donde esté o quede dañada tras los trabajos de reconstrucción de forjados.

## 2 ARMADO A FLEXIÓN

El armado a flexión necesario por la reconstrucción de los paños previstos se ha calculado con Cedrus en Estado Limite Ultimo (ELU) con las siguientes consideraciones.

La solución global de proyecto es la demolición de los paños de forjado reticular marcados incluyendo los ábacos de los mismos para reconstruirlos con losa maciza del mismo espesor que el reticular existente. Es por ello que se considera continuidad entre forjados para el cálculo de los esfuerzos.

En los puntos concretos donde se mantienen los ábacos como es la zona núcleo escaleras junto a Registro Civil, se considera que la unión con el ábaco es articulada y se armará el momento positivo en consecuencia (ver zuncho ZB-4)

### Criterios para el armado:

#### Plantas sótano:

Para dotar de continuidad a al forjado existente y dado que el lugar de conexión con la nueva losa se hará sobre línea de pilares, no se considera un mallazo de reparto uniforme para la losa reconstruida, sino que repartirá según la distribución de nervios y casetones del forjado reticular.

Por ello se colocarán 3Ø12 cada 80 cm (repartido en el ancho del casetón) en la cara superior de la nueva losa en ambas direcciones y los refuerzos necesarios a negativos se concentrarán en el ancho de los nervios, solapando toda la armadura.

Para facilitar la ejecución, la distribución del armado inferior en las plantas sótano si será con mallazo uniforme, disponiendo de una malla Ø12 cada 20 cm en ambas direcciones.

#### Planta cubierta:

Las altas cargas consideradas en cubierta hacen que no sea posible concentrar los refuerzos a negativos de las nuevas losas en las posiciones de los nervios existentes, por ellos, se dota de una malla base superior e inferior y en ambas direcciones de Ø16 cada 20 cm, así como la distribución uniforme de los refuerzos donde sean necesarios.

#### Nota importante:

Es importante reseñar que, en el momento de la demolición de los forjados, cuando se descubra la armadura existente, **se deberá comprobar que la cuantía de armado existente siempre tiene que ser menor que la cuantía de armado proyectada**. Si no es así, se aumentará la cuantía a colocar al menos, hasta la cuantía existente.

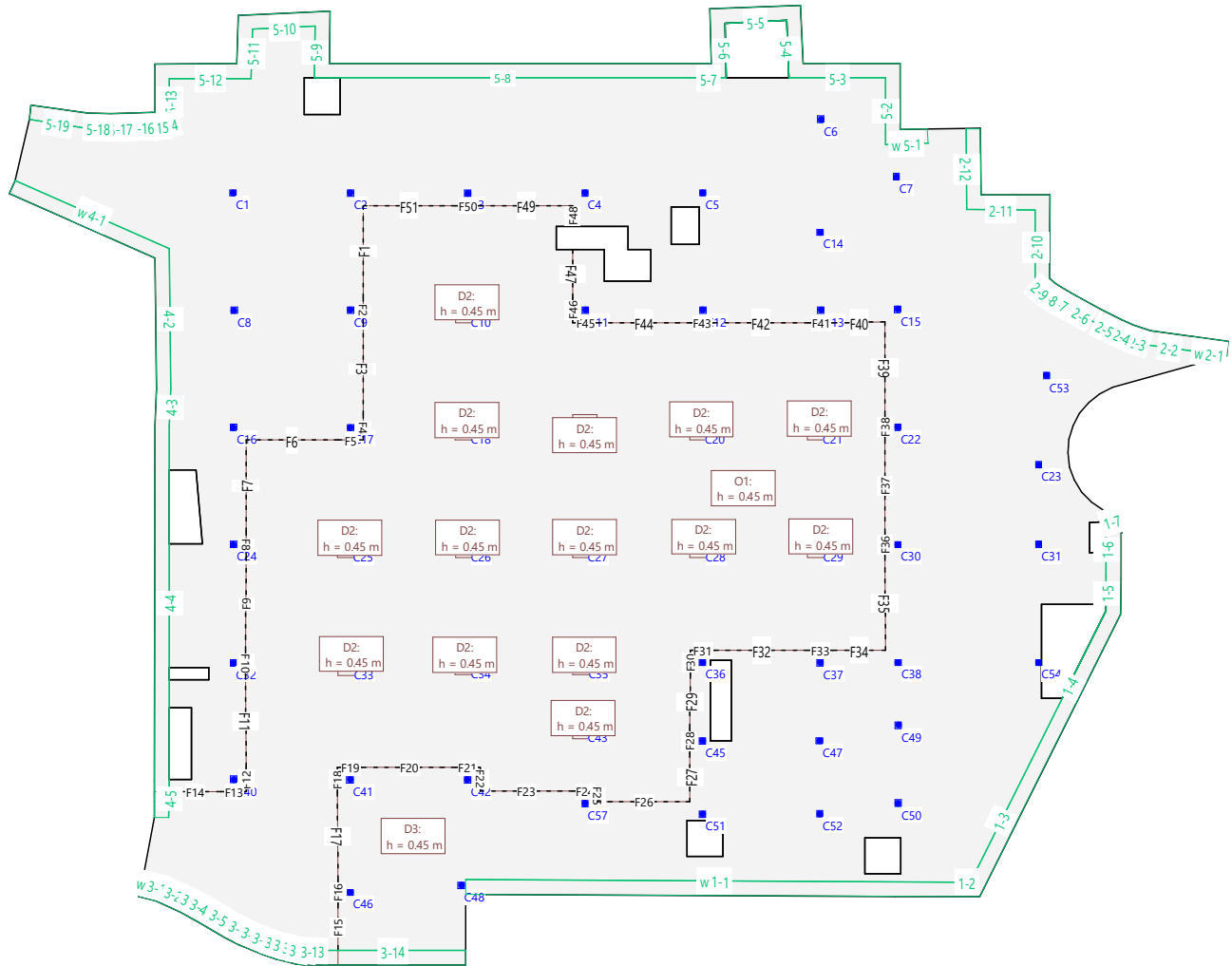
## 2.1 CALCULOS CON DEMOLICIÓN DE ÁBACOS

### 2.1.1 PLANTA CUBIERTA



Estructura

Escala 1:458.7



### DATOS de la ESTRUCTURA

#### MATERIALES Código: Codigo Estructural 2021

ID	Tipo	Elemento	E [kN/mm <sup>2</sup> ]	v	ρ [t/m <sup>3</sup> ]	α [‰]	Clase
C	Hormigón	(general)	32.10	0.17	2.50	0.010	HA25
CC	Hormigón	Columna	33.60	0.17	2.50	0.010	HA30
C2	Hormigón	(general)	32.10	0.17	1.50	0.010	HA25
R	Acero para armadu	(general)	205.00	0.30	8.00	0.012	B500S

#### MATERIAL Hormigón

ID	Clase	$f_{ck,cyl}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_{cm}$ [kN/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ctm}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\tau_{Rd}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{ck,cube}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
C	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000
CC	HA30	-30.0000	28.58	2.9000	0.3400	30.0000
C2	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000

#### MATERIAL Acero para armadura

ID	Clase	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$E_s$ [kN/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\varepsilon_{yk}$ [‰]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
R	B500S	-500.0000	210.00	500.0000	20.00	500.0000

Nr.:

CEDRUS FORJADO CUBIERTA							Página 2	
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.							pmb	30.08.24, 09:58
							Cedrus-9 - Rel. 234 (0)	
CAJAS DE MATERIALES: Ortótropo								
ID	Matriz de rigidez			Geometría			Materiales	
	d11 [1/kNm]	d12 [1/kNm]	d22 [1/kNm]	d33 [1/kNm]	Espesor de la losa [m]	Costa de la cara superior [m]	Cuerpo	Armaduras
O1	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.45	0	C2	R
CAJAS DE MATERIALES: Sin rigidez a la torsión								
ID				Geometría			Materiales	
				Espesor de la losa [m]	Costa de la cara superior [m]	f <sub>E</sub>	Cuerpo	Armaduras
D2				0.45	0	1.000	C	R
D3				0.45	0	1.000	C	R
CAJAS DE MATERIALES: Recubrimiento de la armadura base								
ID	Recubrimiento de la armadura				Armadura base			
	u <sub>XT</sub> [cm]	u <sub>YT</sub> [cm]	u <sub>XB</sub> [cm]	u <sub>YB</sub> [cm]	as <sub>XT</sub> [cm²/m]	as <sub>YT</sub> [cm²/m]	as <sub>XB</sub> [cm²/m]	as <sub>YB</sub> [cm²/m]
O1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D2	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-
D3	5.0	5.0	5.0	5.0	7.850	7.850	7.850	7.850
PILARES - Estructura								
ID	Tipo	Sección	Geometría		Posición			
			dx [m]	dy [m]	X [m]	Y [m]	w <sub>x</sub> [°]	
C1	Pilar	QS	0.40	0.40	0.00	-0.00	0	
C2	Pilar	QS	0.40	0.40	7.51	-0.01	0	
C3	Pilar	QS	0.40	0.40	15.00	-0.03	0	
C4	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-0.02	0	
C5	Pilar	QS	0.40	0.40	30.02	0.00	0	
C6	Pilar	QS	0.40	0.40	37.57	4.70	0	
C7	Pilar	QS	0.40	0.40	42.40	1.03	0	
C8	Pilar	QS	0.40	0.40	0.08	-7.51	0	
C9	Pilar	QS	0.40	0.40	7.50	-7.49	0	
C10	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-7.52	0	
C11	Pilar	QS	0.40	0.40	22.52	-7.50	0	
C12	Pilar	QS	0.40	0.40	30.03	-7.50	0	
C13	Pilar	QS	0.40	0.40	37.57	-7.49	0	
C14	Pilar	QS	0.40	0.40	37.53	-2.53	0	
C15	Pilar	QS	0.40	0.40	42.48	-7.45	0	
C16	Pilar	QS	0.40	0.40	0.03	-14.99	0	
C17	Pilar	QS	0.40	0.40	7.52	-15.00	0	
C18	Pilar	QS	0.40	0.40	14.98	-14.99	0	
C19	Pilar	QS	0.40	0.40	22.49	-14.99	0	
C20	Pilar	QS	0.40	0.40	29.97	-14.97	0	
C21	Pilar	QS	0.40	0.40	37.50	-14.98	0	
C22	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-14.98	0	
C23	Pilar	QS	0.40	0.40	51.48	-17.37	0	
C24	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-22.47	0	
C25	Pilar	QS	0.40	0.40	7.49	-22.51	0	
C26	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-22.50	0	
C27	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-22.49	0	
C28	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-22.49	0	
C29	Pilar	QS	0.40	0.40	37.51	-22.51	0	
C30	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-22.48	0	
C31	Pilar	QS	0.40	0.40	51.49	-22.46	0	
C32	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-30.03	0	
C33	Pilar	QS	0.40	0.40	7.51	-30.02	0	
C34	Pilar	QS	0.40	0.40	15.01	-30.00	0	
C35	Pilar	QS	0.40	0.40	22.51	-30.00	0	
C36	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-30.01	0	
C37	Pilar	QS	0.40	0.40	37.52	-30.01	0	
C38	Pilar	QS	0.40	0.40	42.51	-30.01	0	
							Nr.:	

\\10.10.2ed-23-014\XCA\PROYECTO PROINTEC-AYTOICEDRUS\240708\_LOSA\_CUBIERTA.C9P

## MUROS

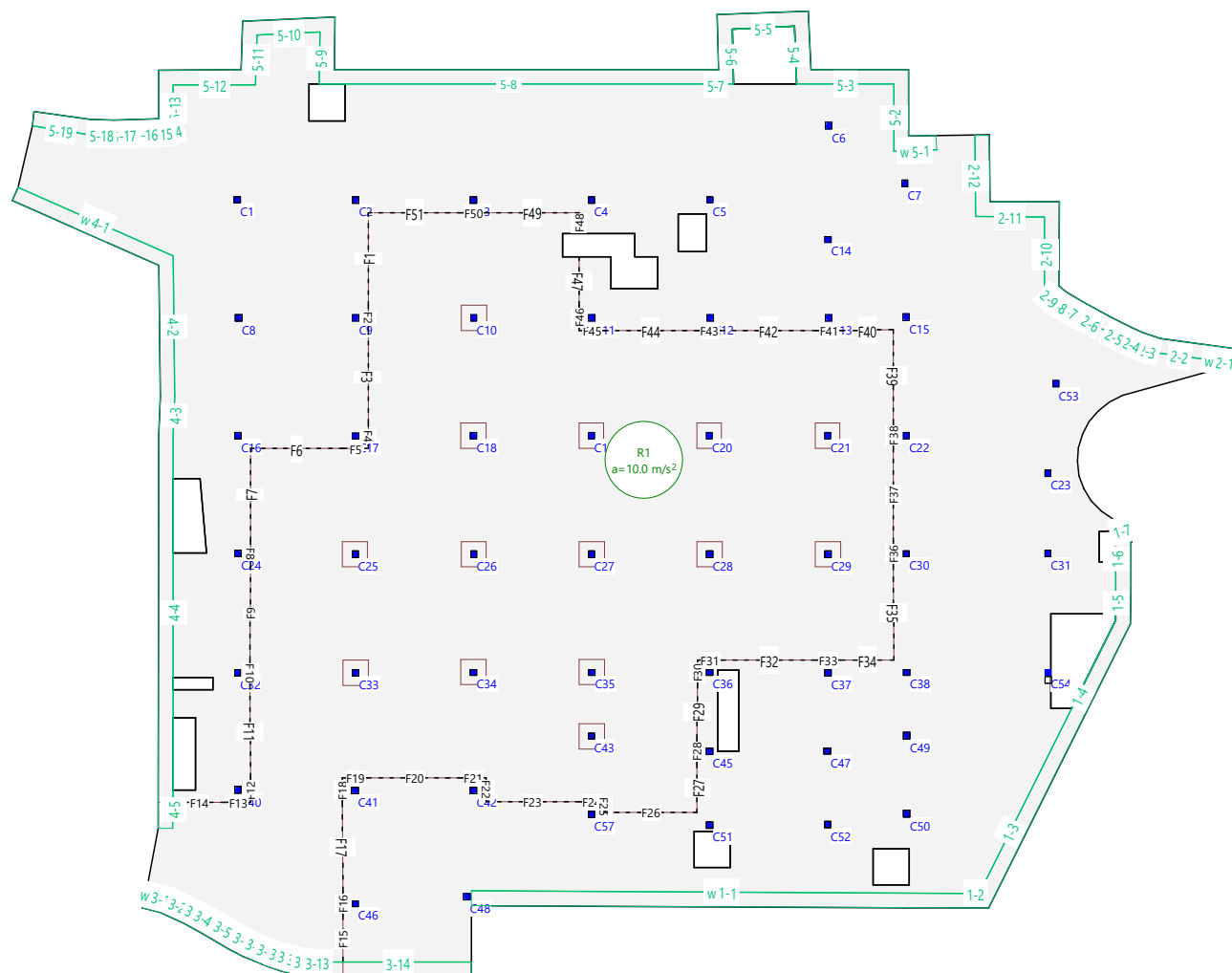
## HIPÓTESIS DE CARGA PP

## HIPÓTESIS DE CARGA PP

		Total Carga [kN]
<b>Total</b>		<b>-29981.382</b>



Escala 1 :458.7



**Carga repartida (Toda la estructura)**

ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]	Carga Valor [kN/m²]	Subtotal Carga Z [kN]
E1	1419.33	45.0	3154.06	-25.000	-78851.460

### Carga lineal

ID	Geometría			Longitud [m]	Carga		Subtotal Carga Z [kN]
	X [m]	Y [m]	MI [kNm/m]		FZ [kN/m]		
L1	20.65	-3.63	1.48	0	-30.000		
	20.66	-2.15		0	-30.000		
							-44.300

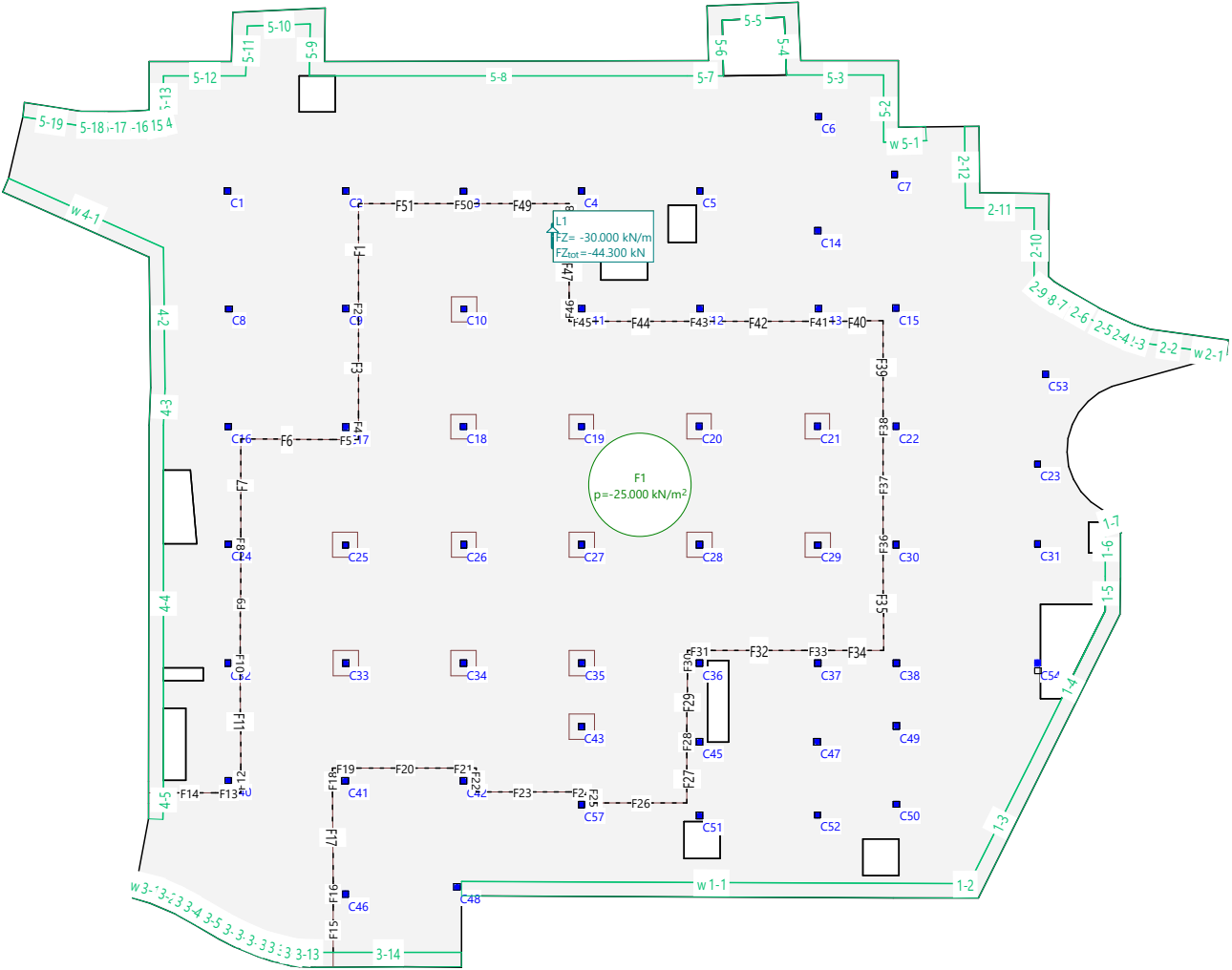
HIPÓTESIS DE CARGA CM

Suma Z

	Total Carga [kN]
Total	-78895.760

Hipótesis de carga CM

Escala 1:458.7



HIPÓTESIS DE CARGA SC

Carga repartida (Toda la estructura)

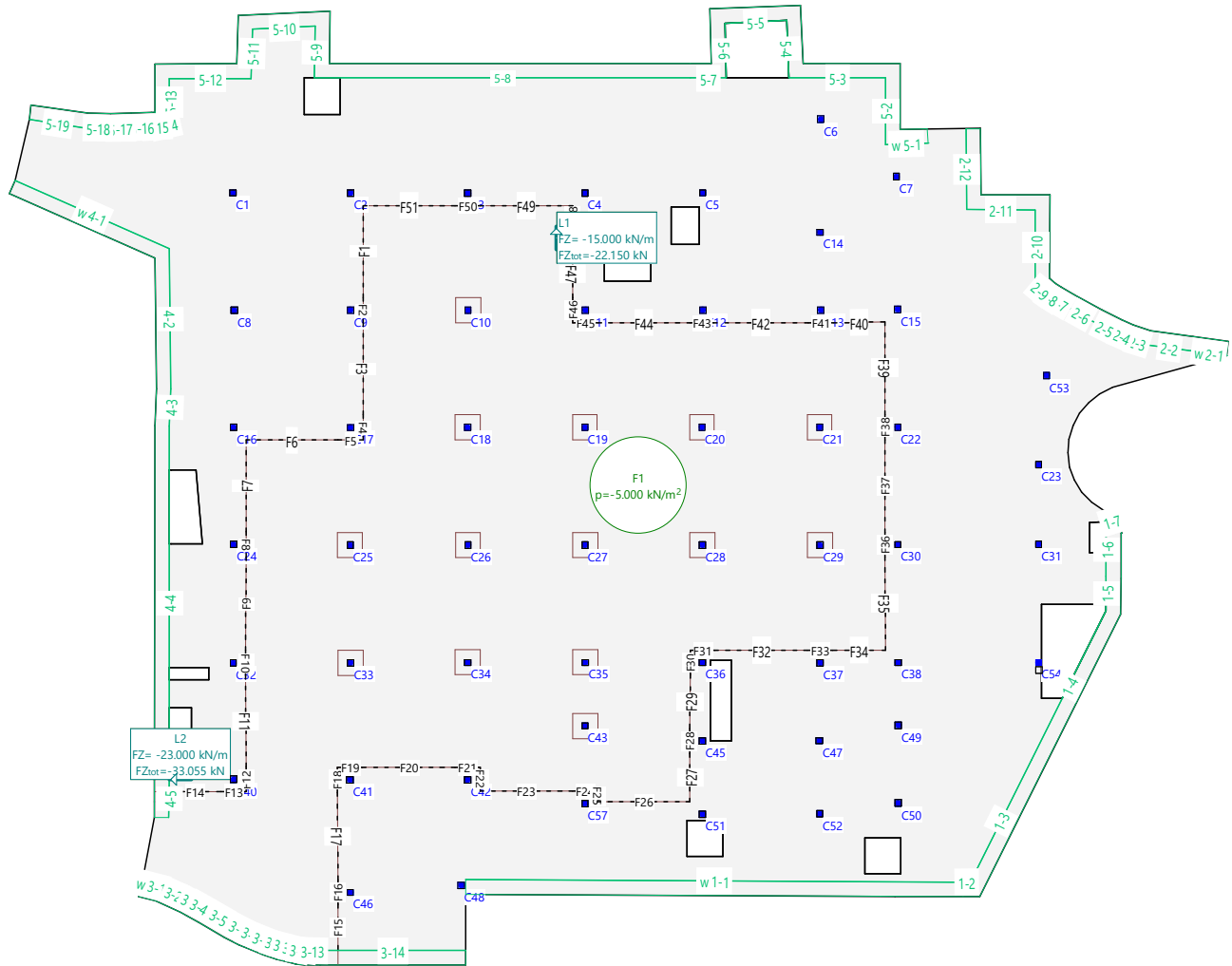
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]	Carga Valor [kN/m²]	Subtotal Carga Z [kN]
F1	1419.33	45.0	3154.06	-5.000	-15770.292

CEDRUS FORJADO CUBIERTA							Página 6
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.							30.08.24, 09:58
pmb							Cedrus-9 - Rel. 234 (0)
<b>HIPÓTESIS DE CARGA SC</b>							
<b>Carga repartida (Toda la estructura)</b>							
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]		Carga Valor [kN/m²]		Subtotal Carga Z [kN]
F1	1419.33	45.0	3154.06		-5.000		-15770.292
<b>HIPÓTESIS DE CARGA SC</b>							
<b>Carga lineal</b>							
ID	X [m]	Y [m]	Geometría	Longitud [m]	MI [kNm/m]	Carga FZ [kN/m]	Subtotal Carga Z [kN]
L1	20.65	-3.63			0	-15.000	
	20.66	-2.15		1.48	0	-15.000	-22.150
L2	-2.65	-37.46			0	-23.000	
	-4.08	-37.46		1.44	0	-23.000	-33.055
<b>HIPÓTESIS DE CARGA SC</b>							
<b>Suma Z</b>							
							Total Carga [kN]
Total							-15825.497
							Nr.:



Hipótesis de carga SC

Escala 1 :458.7



### Especificación de envolventes: !ELU

#### Especificación de envolventes

No	Acción Nombre	Fac	1	2	Combinaciones de acciones
1	Peso propio	1	1.35	0.8	
2	Cargas Muertas	1	1.35	0.8	
3	Sobrecargas general	1	1.5	1.5	

Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

#### Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones

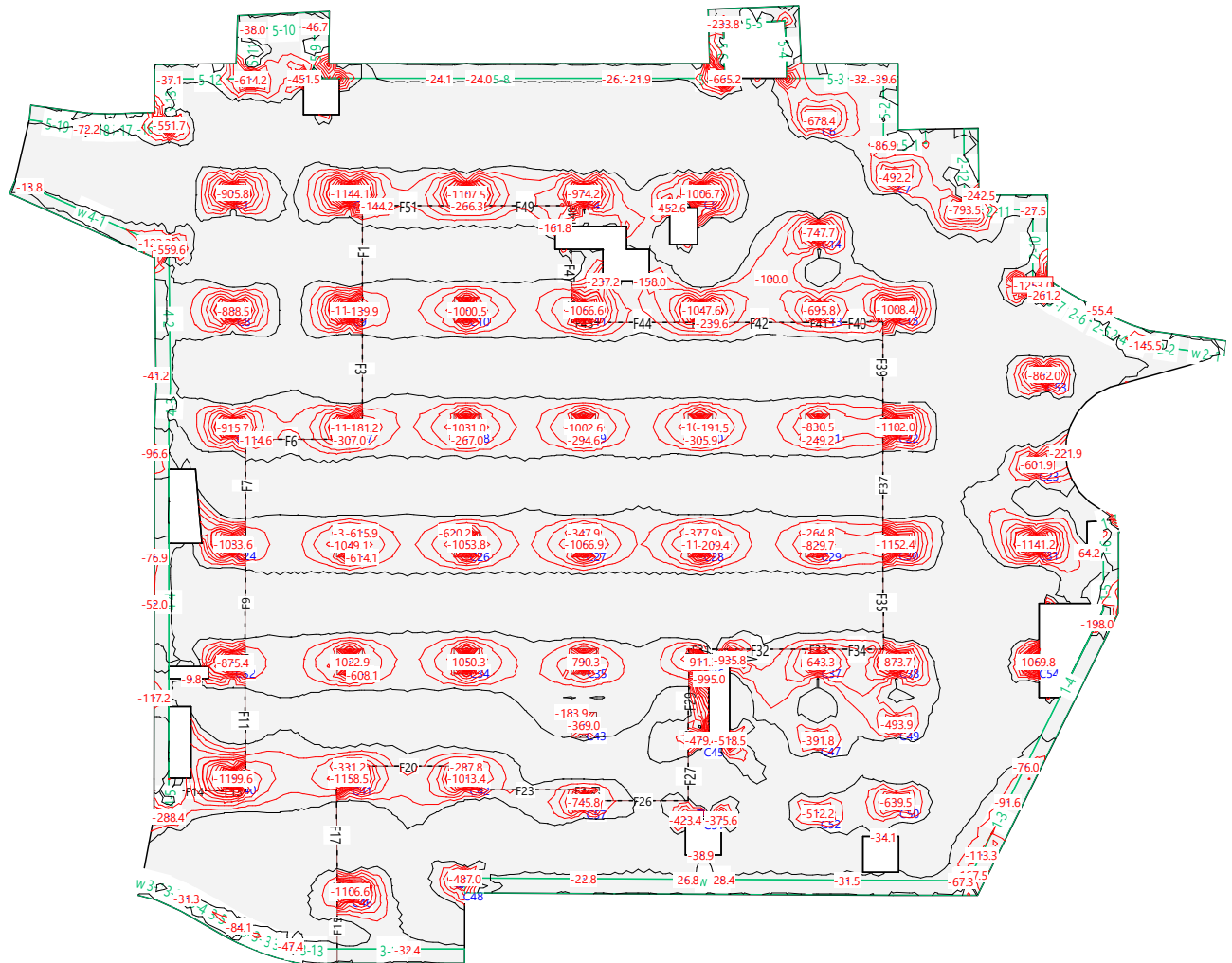
para la especificación de envolventes !ELU

Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP	1.000	
Cargas Muertas		Permanente		CM	1.000	
Sobrecargas general		si es critico		SC	1.000	

Alt : Superposición alternativa



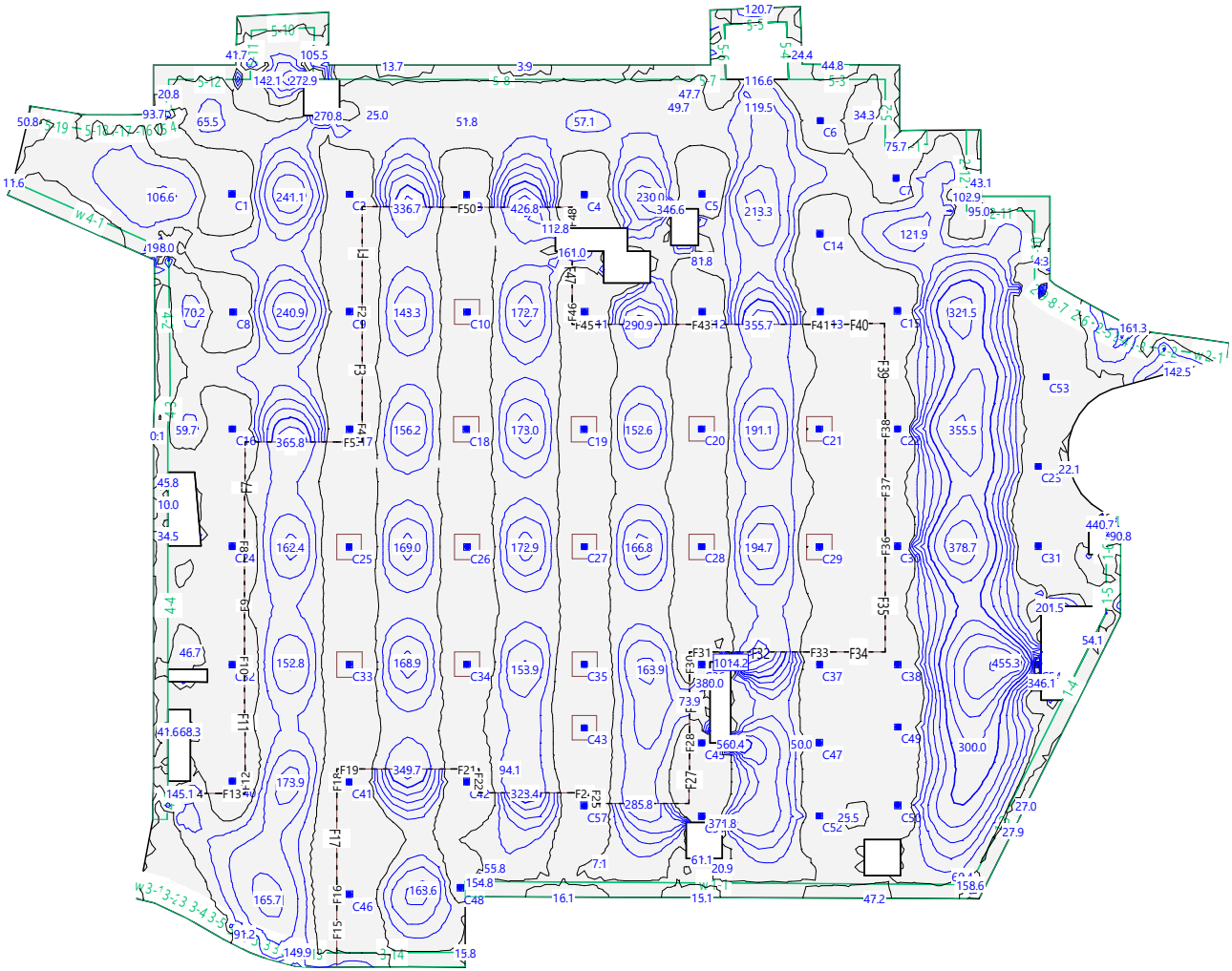
Escala 1 :458.7





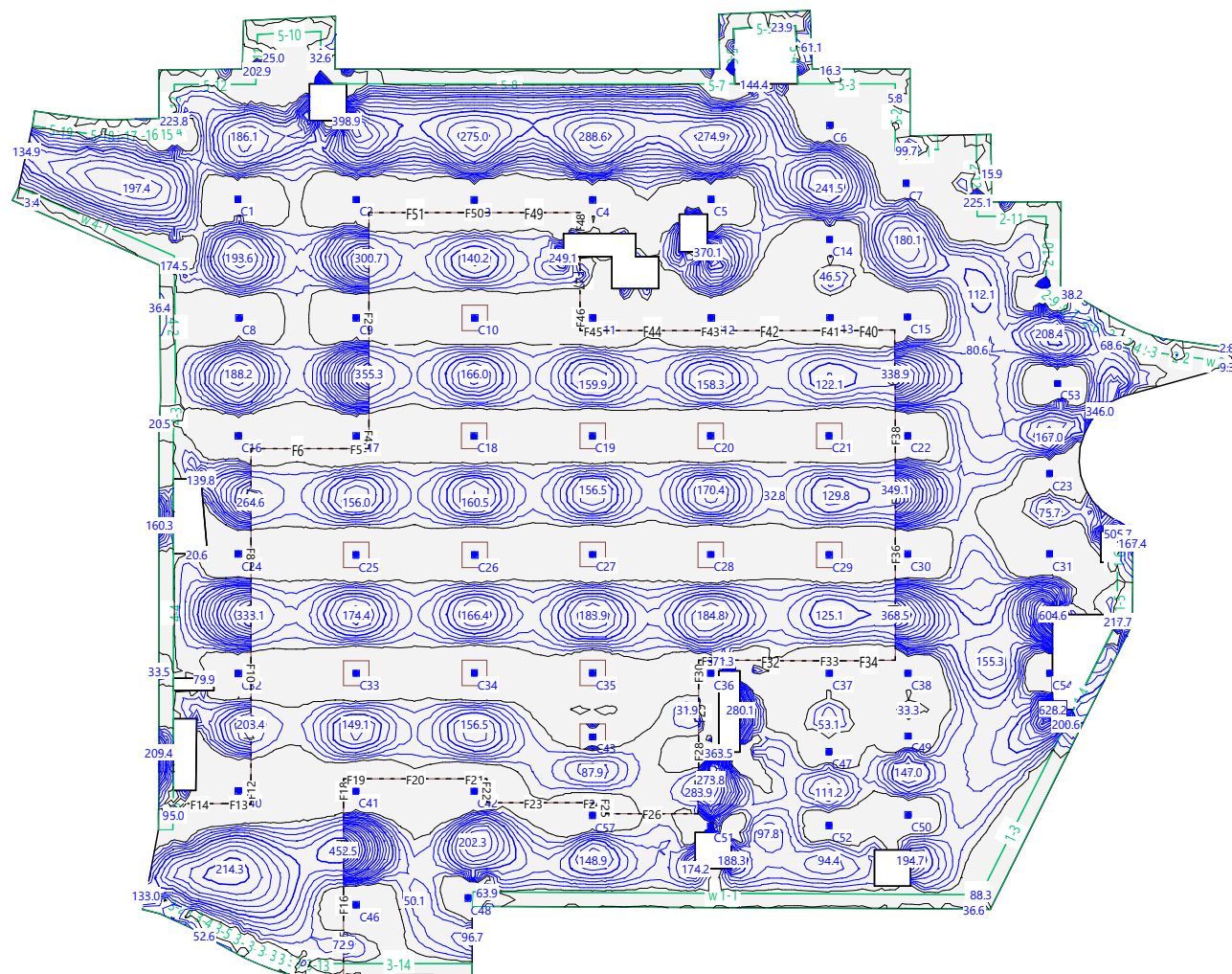
Envolvente de momentos de armado: maxb [kN], Equidistancia: 50.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

Escala 1 :460.7



Envolvente de momentos de armado: mayb [kN], Equidistancia: 20.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

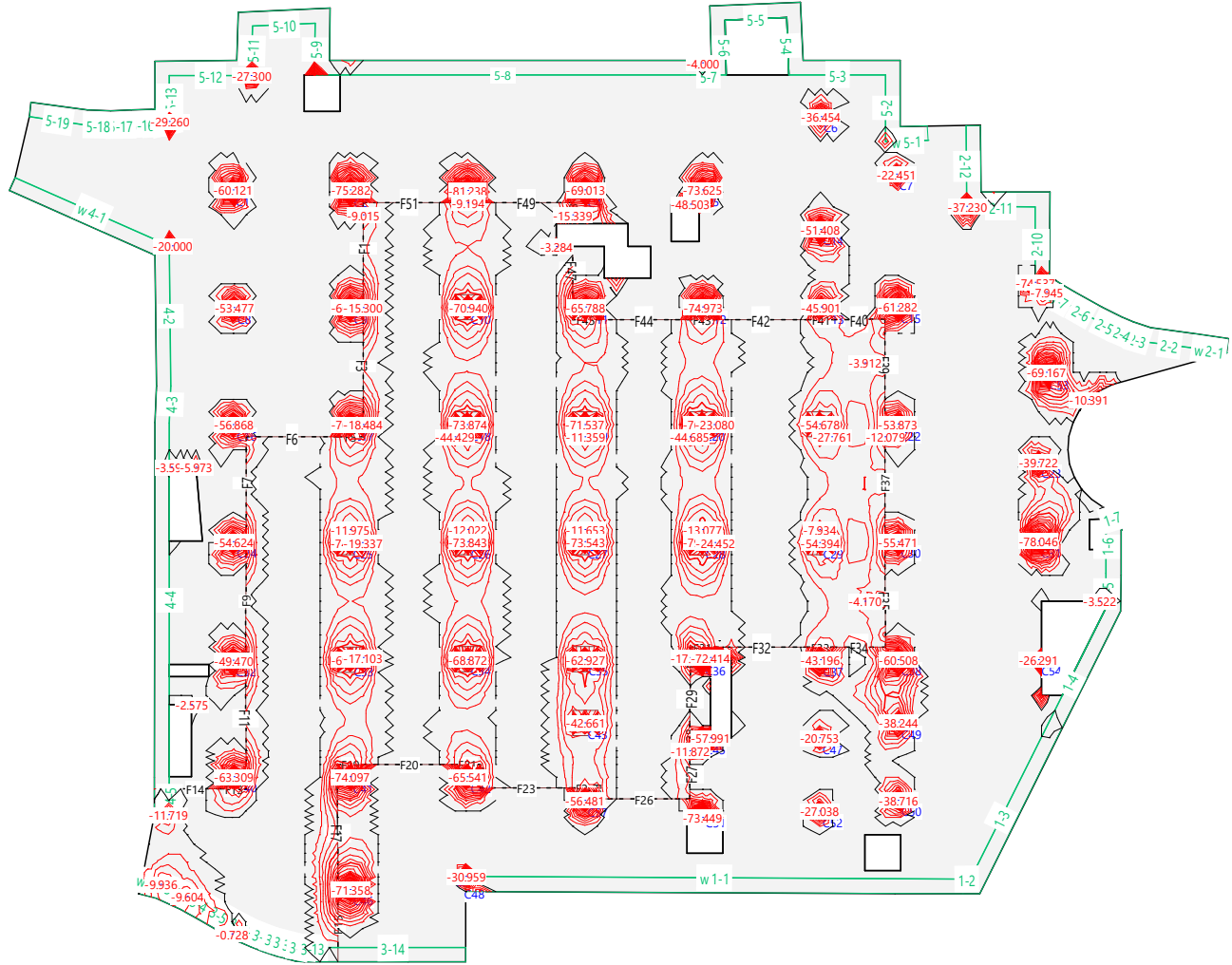
Escala 1 :458.8



Nr.:

Secciones de armadura: axt [cm2/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(axt)=2.0709m3 (16.256t, 11kg/m3)

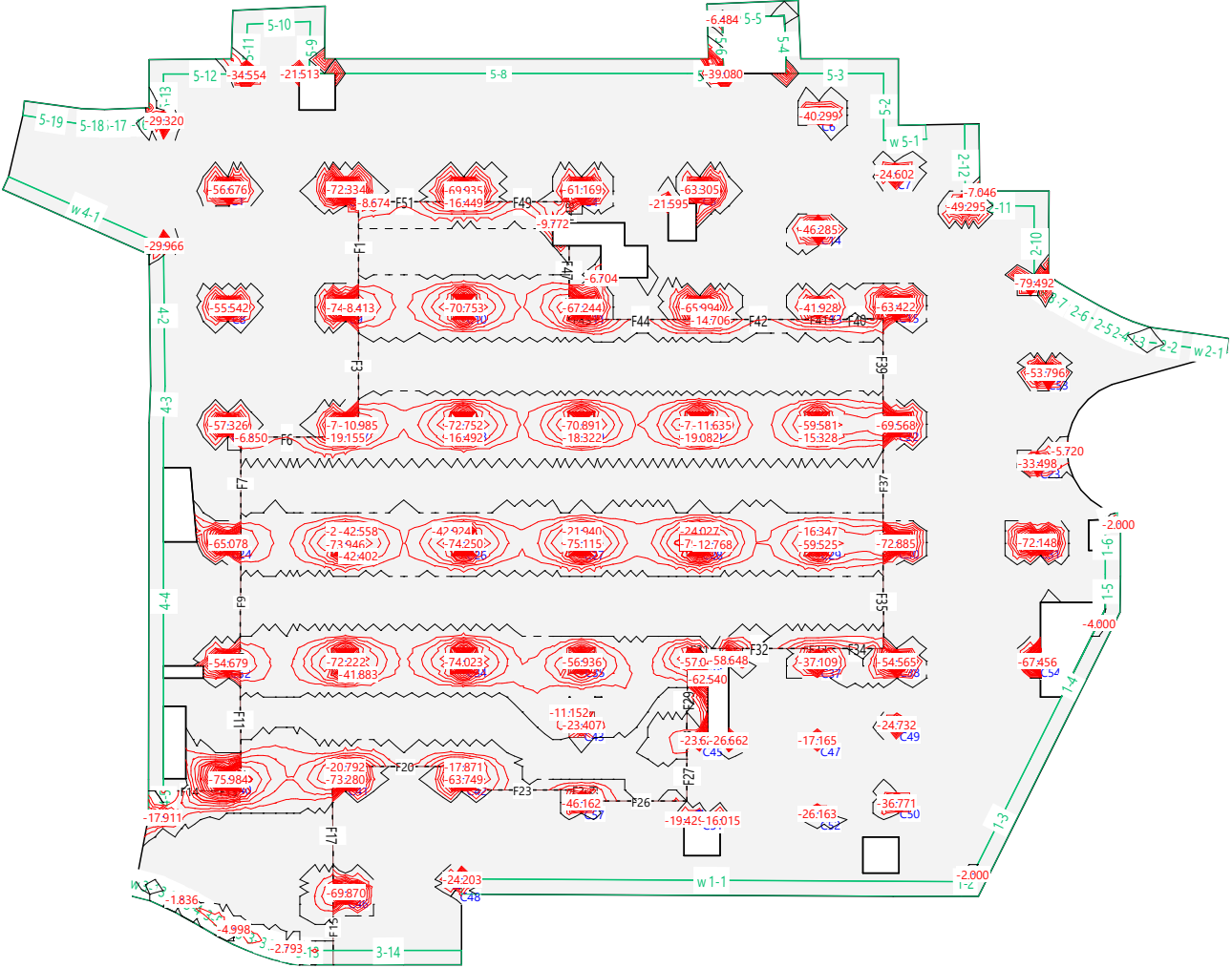
Escala 1 :458.7





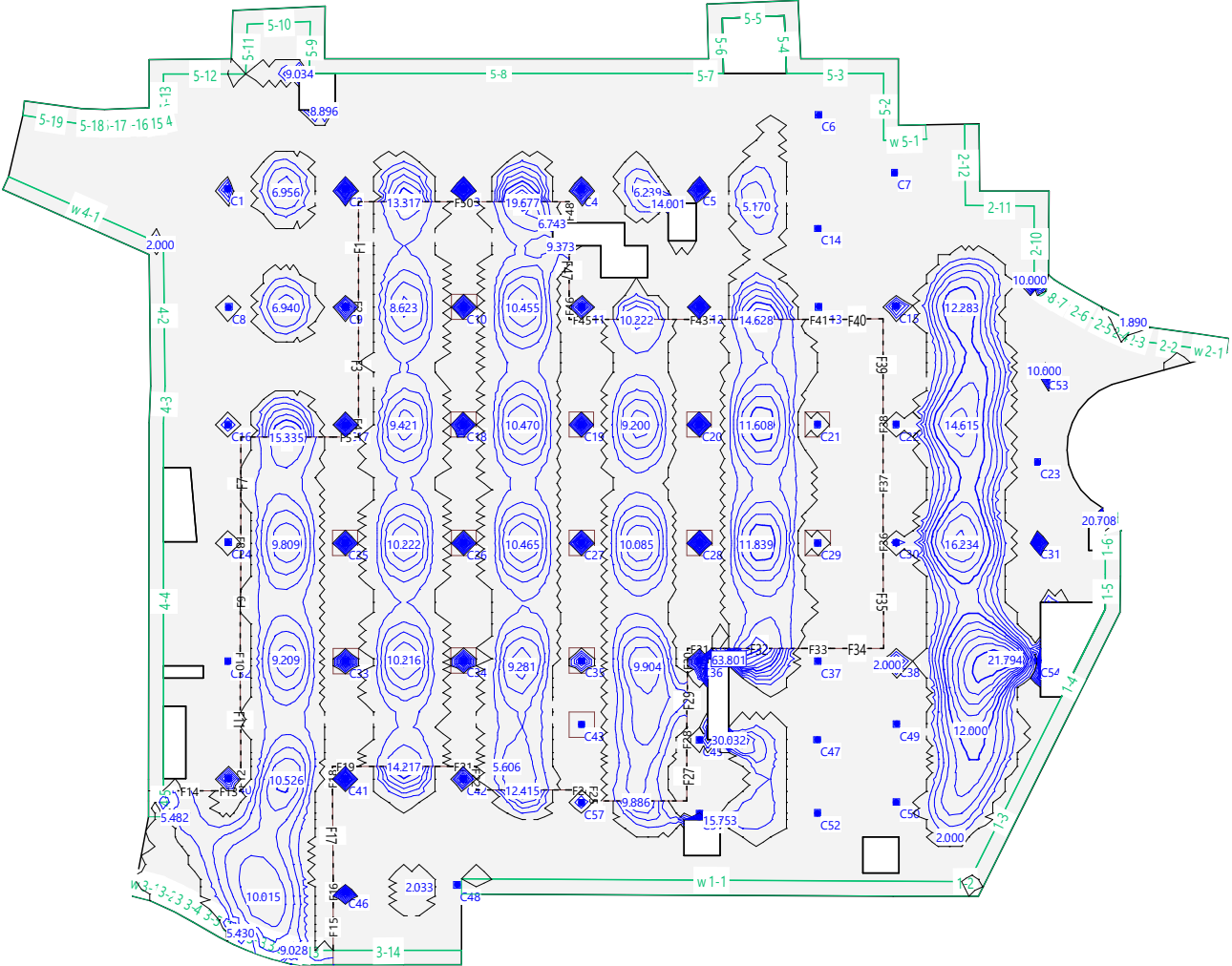
Secciones de armadura: ayt [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm<sup>2</sup>/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: Standard, As-tot(ayt)=2.0215m<sup>3</sup> (15.869t, 11kg/m<sup>3</sup>)

Escala 1 :458.7



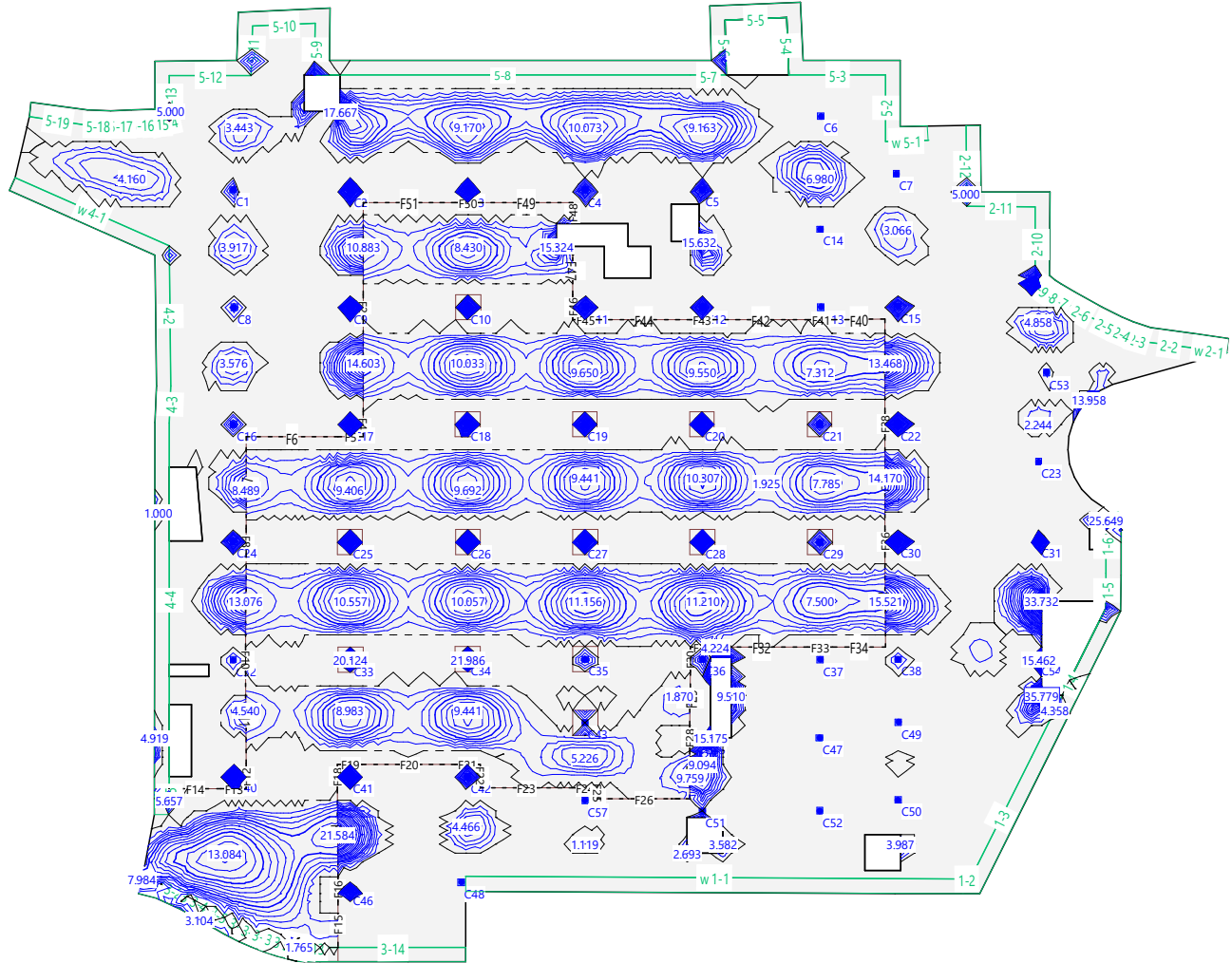
Secciones de armadura: axb [cm2/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(axb)=1.9685m3 (15.453t, 11kg/m3)

Escala 1 :458.7



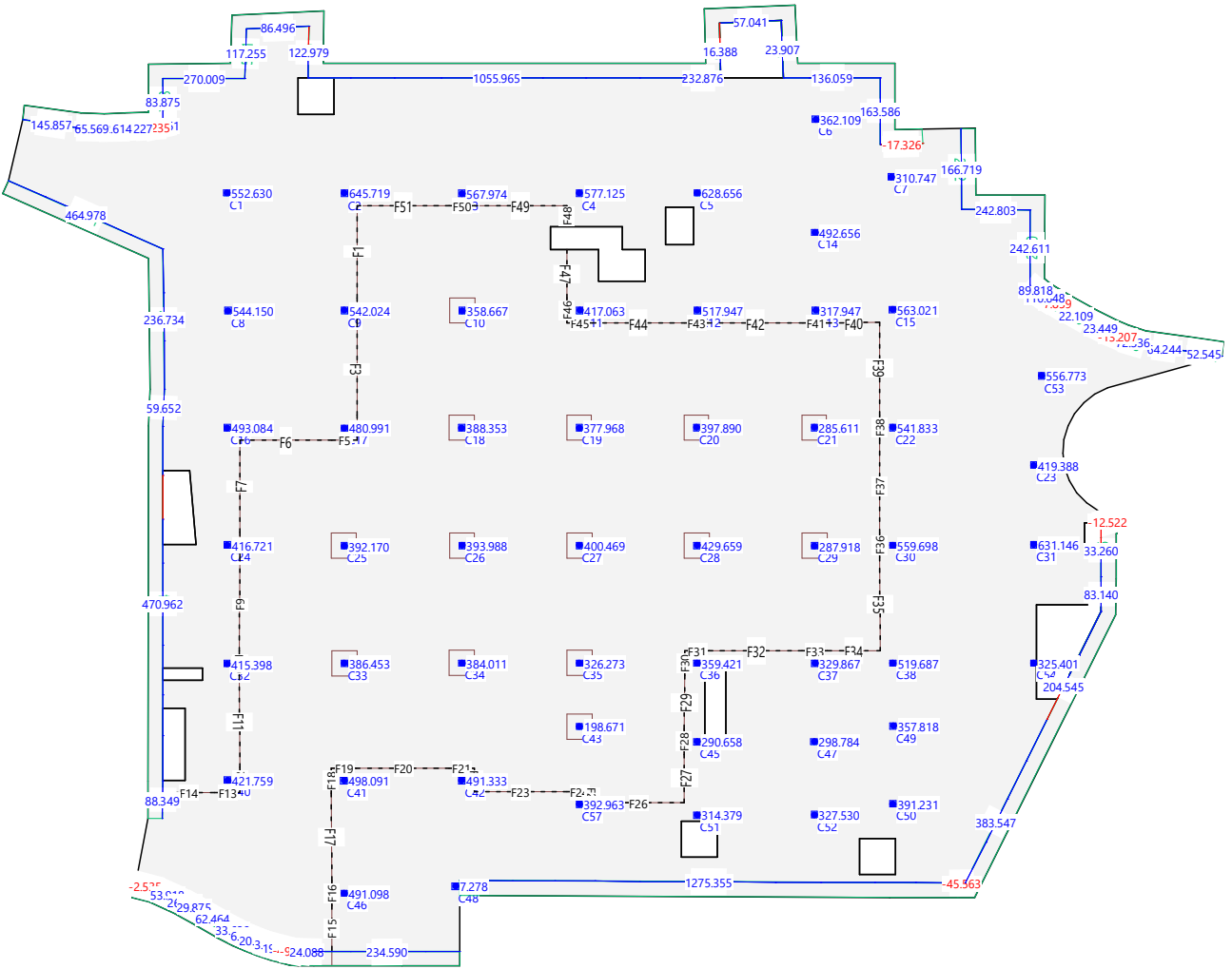
Secciones de armadura: ayb [cm2/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 1.000 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(ayb)=1.8687m3 (14.669t, 10kg/m3)

Escala 1 :458.7



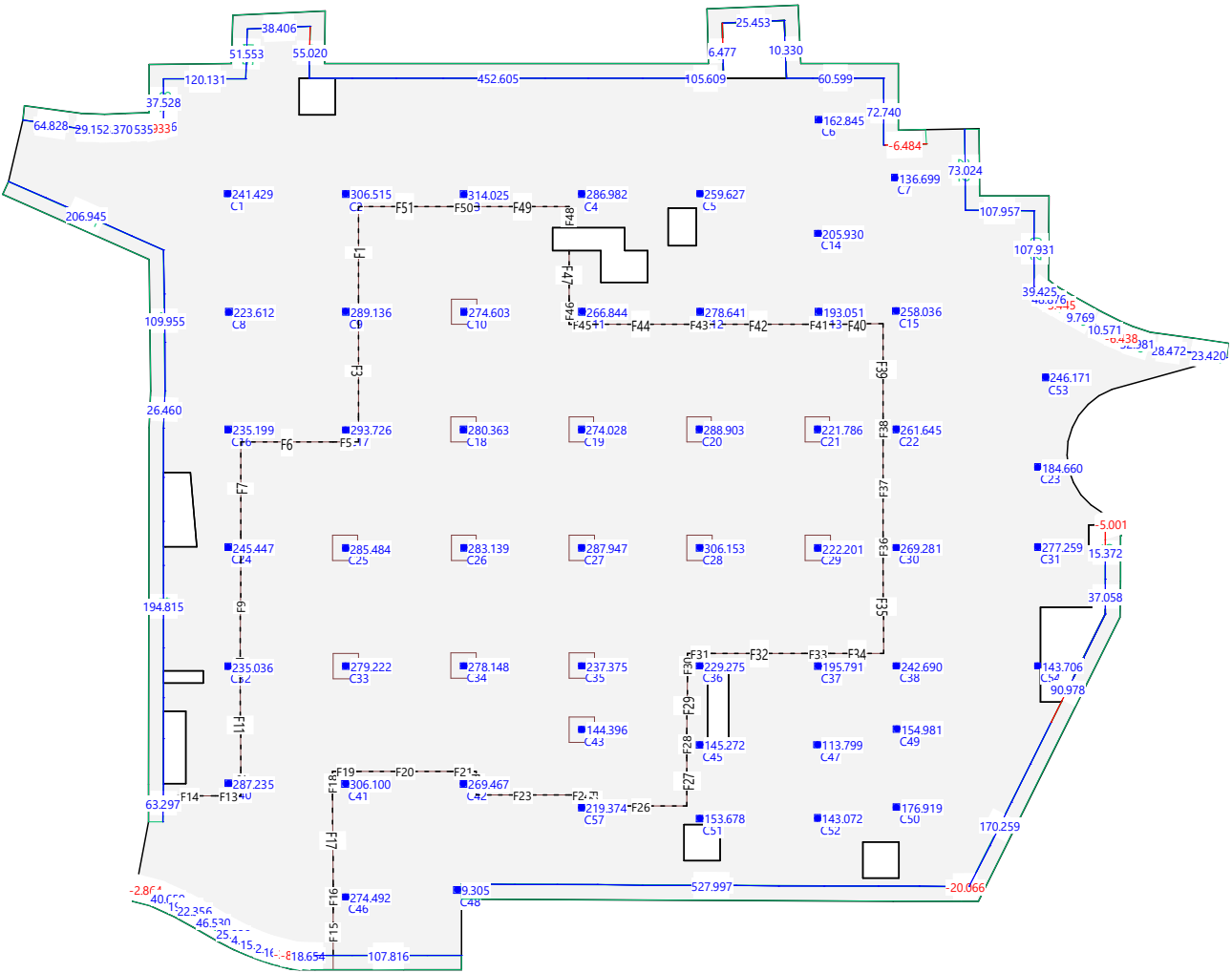


Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga PP  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 29981.382[kN]



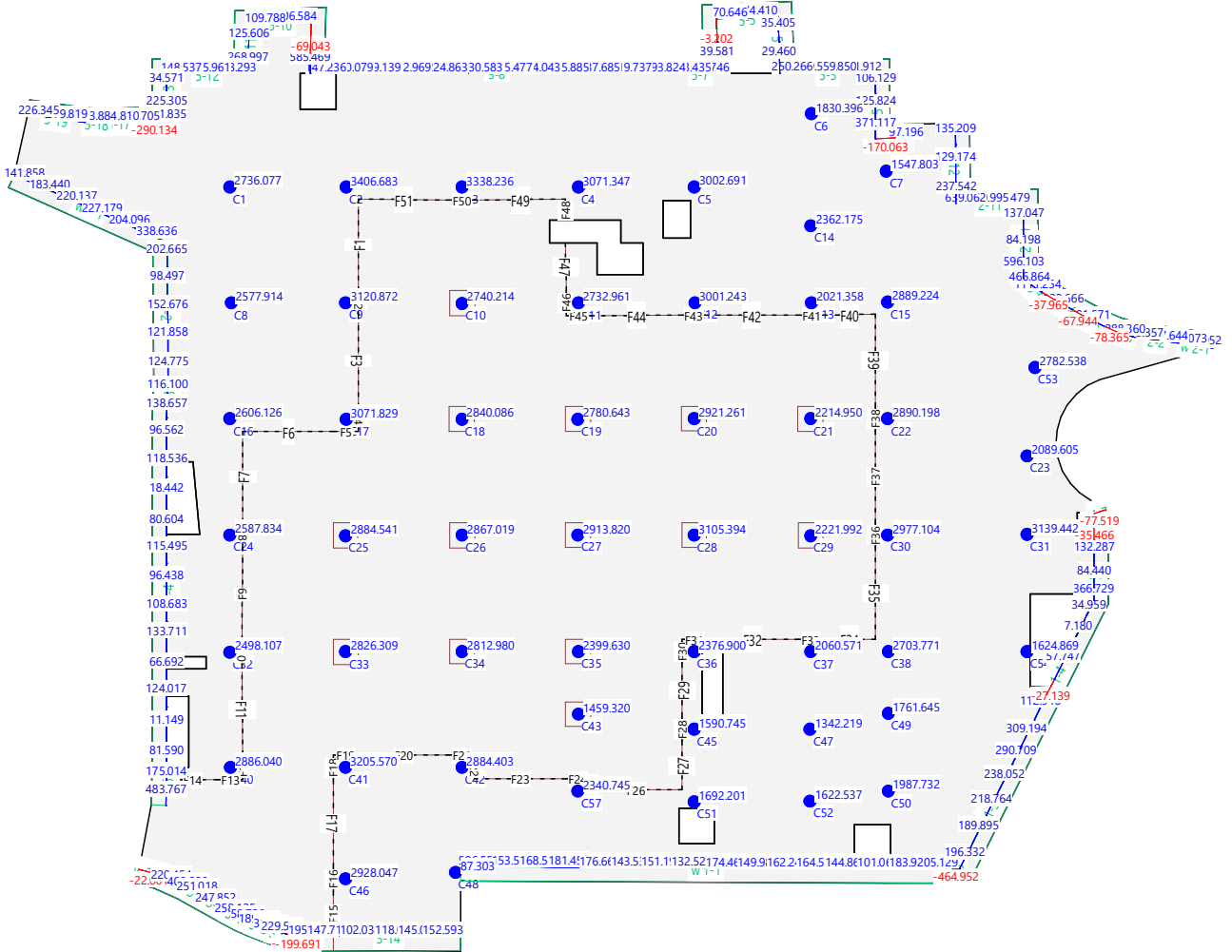
[illegible]

Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga SC  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 15825.497[kN]





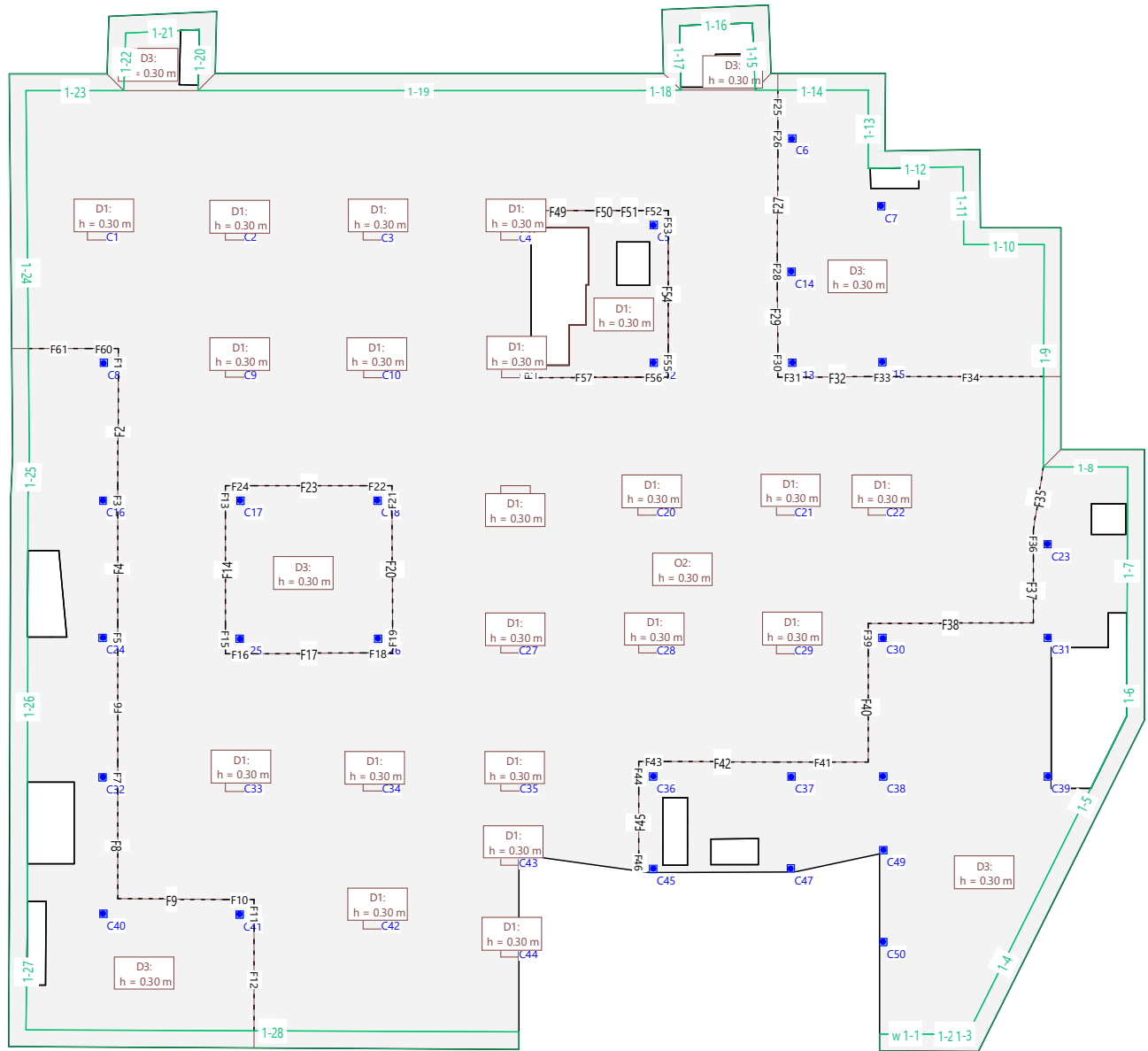
Envolvente de reacciones Muros y pilares: Especificación de env.: IELU  
Reacciones de muros por segmentos, Identificaciones: Pilares: [kN], Muros: [kN/m]



### 2.1.2 PLANTA SÓTANO -1

Estructura

Escala 1 :364.2



### DATOS de la ESTRUCTURA

#### MATERIALES Código:Codigo Estructural 2021

ID	Tipo	Elemento	E [kN/mm <sup>2</sup> ]	v	ρ [t/m <sup>3</sup> ]	α [‰]	Clase
C	Hormigón	(general)	32.10	0.17	2.50	0.010	HA25
CC	Hormigón	Columna	33.60	0.17	2.50	0.010	HA30
C2	Hormigón	(general)	32.10	0.17	1.50	0.010	HA25
R	Acero para armadu	(general)	205.00	0.30	8.00	0.012	B500S

#### MATERIAL Hormigón

ID	Clase	-f <sub>ck,cyl</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cm</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>Rd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ck,cube</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
C	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000
CC	HA30	-30.0000	28.58	2.9000	0.3400	30.0000
C2	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000

Nr.:

ID	Clase	-fyk [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ε <sub>uk</sub> [%]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
R	B500S	-500.0000	210.00	500.0000	20.00	500.0000

ID	Matriz de rigidez				Geometría		Materiales	
	d11 [1/kNm]	d12 [1/kNm]	d22 [1/kNm]	d33 [1/kNm]	Epesor de la losa [m]	Costa de la cara superior [m]	Cuerpo	Armaduras
02	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.30	0	C2	R

ID		Geometría		$f_E$	Materiales	
		Espesor de la losa [m]	Seta de la cara superior [m]		Cuerpo	Armaduras
D1		0.30	0	1.000	C	R
D3		0.30	0	1.000	C	R

[illegible]

ID	Tipo	Geometría			Posición			
		Sección	dx [m]	dy [m]	X [m]	Y [m]	wx [°]	
C1	Pilar	QS	0.40	0.40	0.00	-0.00	0	
C2	Pilar	QS	0.40	0.40	7.51	-0.01	0	
C3	Pilar	QS	0.40	0.40	15.00	-0.03	0	
C4	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-0.02	0	
C5	Pilar	QS	0.40	0.40	30.02	0.00	0	
C6	Pilar	QS	0.40	0.40	37.57	4.70	0	
C7	Pilar	QS	0.40	0.40	42.40	1.03	0	
C8	Pilar	QS	0.40	0.40	0.08	-7.51	0	
C9	Pilar	QS	0.40	0.40	7.50	-7.49	0	
C10	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-7.52	0	
C11	Pilar	QS	0.40	0.40	22.52	-7.50	0	
C12	Pilar	QS	0.40	0.40	30.03	-7.50	0	
C13	Pilar	QS	0.40	0.40	37.57	-7.49	0	
C14	Pilar	QS	0.40	0.40	37.53	-2.53	0	
C15	Pilar	QS	0.40	0.40	42.48	-7.45	0	
C16	Pilar	QS	0.40	0.40	0.03	-14.99	0	
C17	Pilar	QS	0.40	0.40	7.52	-15.00	0	
C18	Pilar	QS	0.40	0.40	14.98	-14.99	0	
C19	Pilar	QS	0.40	0.40	22.49	-14.99	0	
C20	Pilar	QS	0.40	0.40	29.97	-14.97	0	

Nr.:



CEDRUS FORJADO SÓTANO-1								Página 3	
								30.08.24, 10:25	
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.								pmb	Cedrus-9 - Rel. 234 (0)

ID	Tipo	Geometría			Posición		wx [°]	
		Sección	dx [m]	dy [m]	X [m]	Y [m]		
C21	Pilar	QS	0.40	0.40	37.50	-14.98	0	
C22	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-14.98	0	
C23	Pilar	QS	0.40	0.40	51.48	-17.37	0	
C24	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-22.47	0	
C25	Pilar	QS	0.40	0.40	7.49	-22.51	0	
C26	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-22.50	0	
C27	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-22.49	0	
C28	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-22.49	0	
C29	Pilar	QS	0.40	0.40	37.51	-22.51	0	
C30	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-22.48	0	
C31	Pilar	QS	0.40	0.40	51.49	-22.46	0	
C32	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-30.03	0	
C33	Pilar	QS	0.40	0.40	7.51	-30.02	0	
C34	Pilar	QS	0.40	0.40	15.01	-30.00	0	
C35	Pilar	QS	0.40	0.40	22.51	-30.00	0	
C36	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-30.01	0	
C37	Pilar	QS	0.40	0.40	37.52	-30.01	0	
C38	Pilar	QS	0.40	0.40	42.51	-30.01	0	
C39	Pilar	QS	0.40	0.40	51.49	-30.01	0	
C40	Pilar	QS	0.40	0.40	0.04	-37.46	0	
C41	Pilar	QS	0.40	0.40	7.48	-37.50	0	
C42	Pilar	QS	0.40	0.40	14.99	-37.50	0	
C43	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-34.05	0	
C44	Pilar	QS	0.40	0.40	22.49	-39.02	0	
C45	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-35.02	0	
C47	Pilar	QS	0.40	0.40	37.49	-35.01	0	
C49	Pilar	QS	0.40	0.40	42.52	-34.00	0	
C50	Pilar	QS	0.40	0.40	42.52	-38.99	0	

MUROS

ID	Tipo		N.Lin.	sdz [kN/m²]	Apoyos		Geometría		fE sdz	Materiales	
	Descripción				srx [kN]	sry [kN]	Ancho [m]	Altura [m]		Cuerpo	Armadura
W1	Rot. libre		No	empotrado	libre	libre	0.93	3.00	1.000	C	

HIPÓTESIS DE CARGA PP

Peso propio (Toda la estructura)

ID	Volumen [m³]	Geometría		Area [m²]		Masa [t]		Subtotal Carga Z [kN]
		Espesor [cm]						
R1	835.13		30.0	2783.76		1556.436		-15564.433

HIPÓTESIS DE CARGA PP

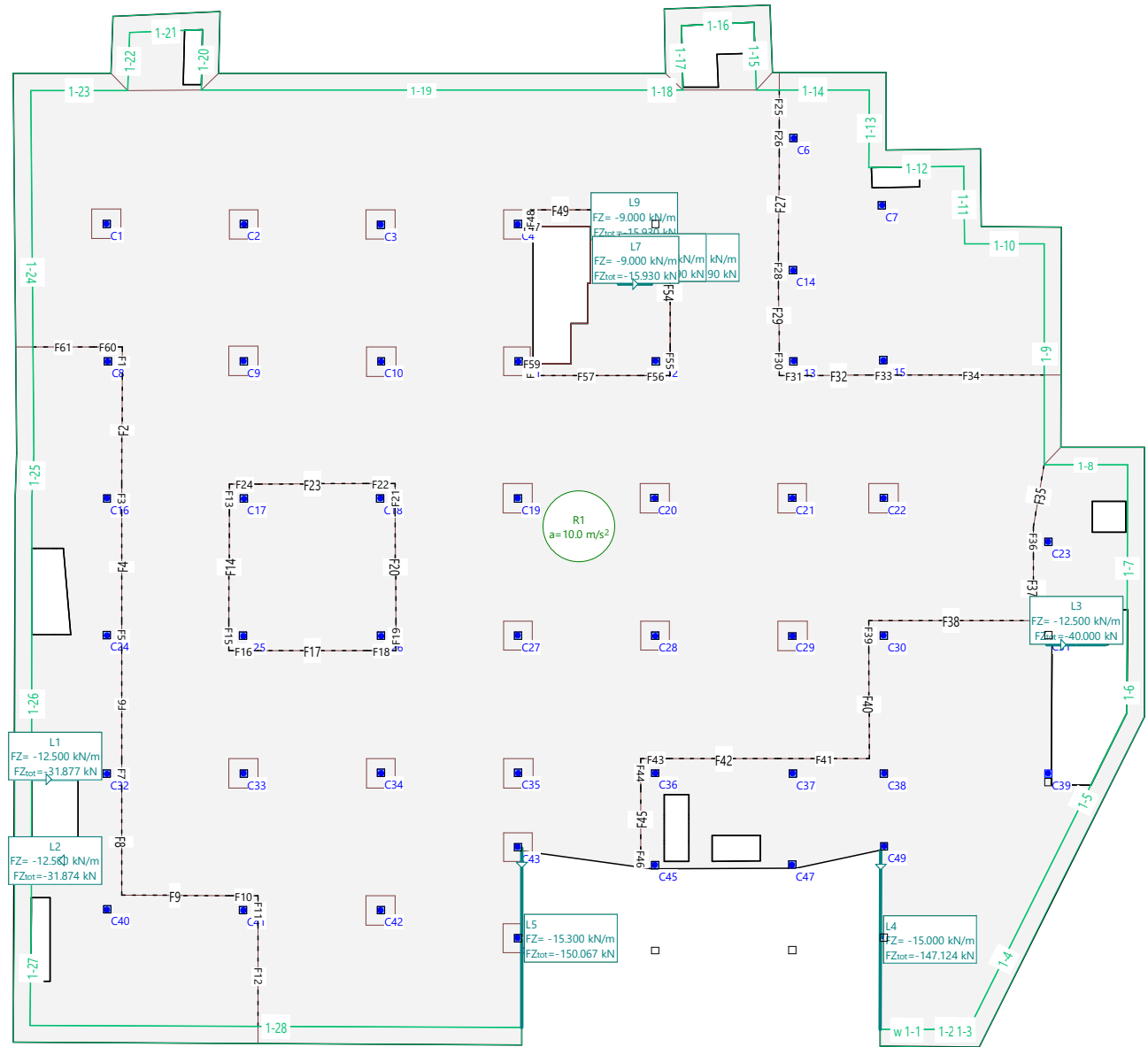
Suma Z

		Total Carga [kN]
Total		-16030.414

<

Hipótesis de carga PP

Escala 1 :365.6



HIPÓTESIS DE CARGA CM

Carga repartida (Toda la estructura)

ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]	Carga Valor [kN/m²]	Subtotal Carga Z [kN]
F1	835.13	30.0	2783.76	-0.500	-1391.876

HIPÓTESIS DE CARGA CM

Carga lineal

ID	Geometría		Longitud [m]	Carga		Subtotal Carga Z [kN]
	X [m]	Y [m]		MI [kNm/m]	FZ [kN/m]	
L1	-4.07	-30.33	2.55	0	-13.000	-33.152
	-1.52	-30.33		0	-13.000	
L2	-4.08	-34.77	2.55	0	-4.000	-10.200
	-1.53	-34.78		0	-4.000	
L3	51.42	-23.00	3.20	0	-4.000	-12.800
	54.62	-23.00		0	-4.000	
L4	42.32	-34.20	9.81	0	-1.500	-14.712
	42.32	-44.01		0	-1.500	
L5	22.68	-34.11	9.81	0	-12.000	-117.699
	22.67	-43.92		0	-12.000	
L6	28.02	-0.92	1.77	0	-6.000	-10.620
	29.79	-0.92		0	-6.000	
L7	29.79	-0.92	2.37	0	-6.000	-14.220
	29.79	-3.29		0	-6.000	
L8	29.79	-3.29	1.77	0	-6.000	-10.620
	28.02	-3.29		0	-6.000	
L9	28.02	-3.29	2.37	0	-6.000	-14.220
	28.02	-0.92		0	-6.000	

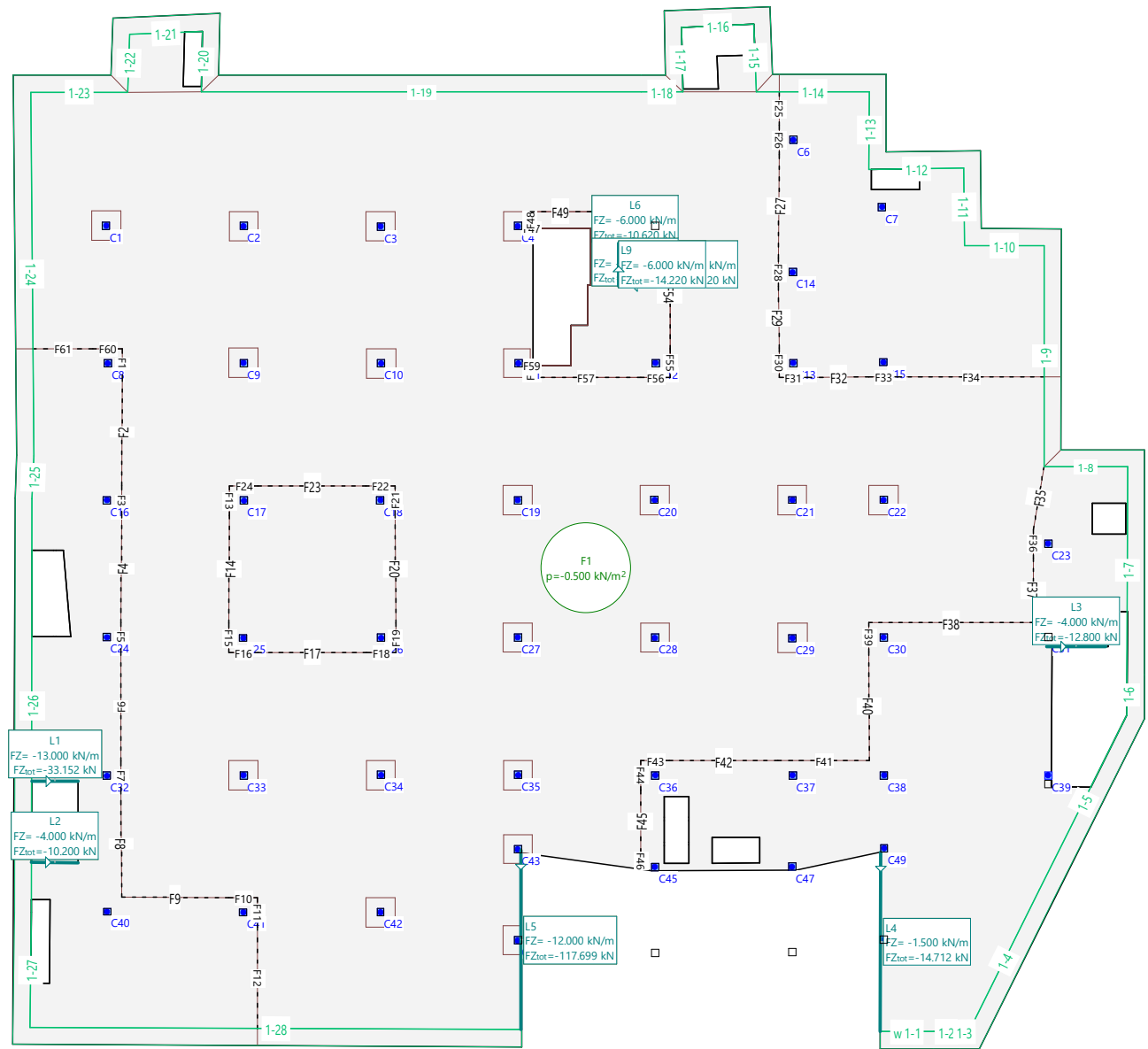
HIPÓTESIS DE CARGA CM

Suma Z

		Total Carga [kN]
Total		-1630.120

Hipótesis de carga CM

Escala 1 :365.6



### HIPÓTESIS DE CARGA SC

Carga repartida (Toda la estructura)

ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]	Carga Valor [kN/m²]	Subtotal Carga Z [kN]
F1	835.13	30.0	2783.76	-4.000	-11135.012

### HIPÓTESIS DE CARGA SC



ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]	Carga Valor [kN/m²]	Subtotal Carga Z [kN]
F1	835.13	30.0	2783.76	-4.000	-11135.012

### Carga lineal

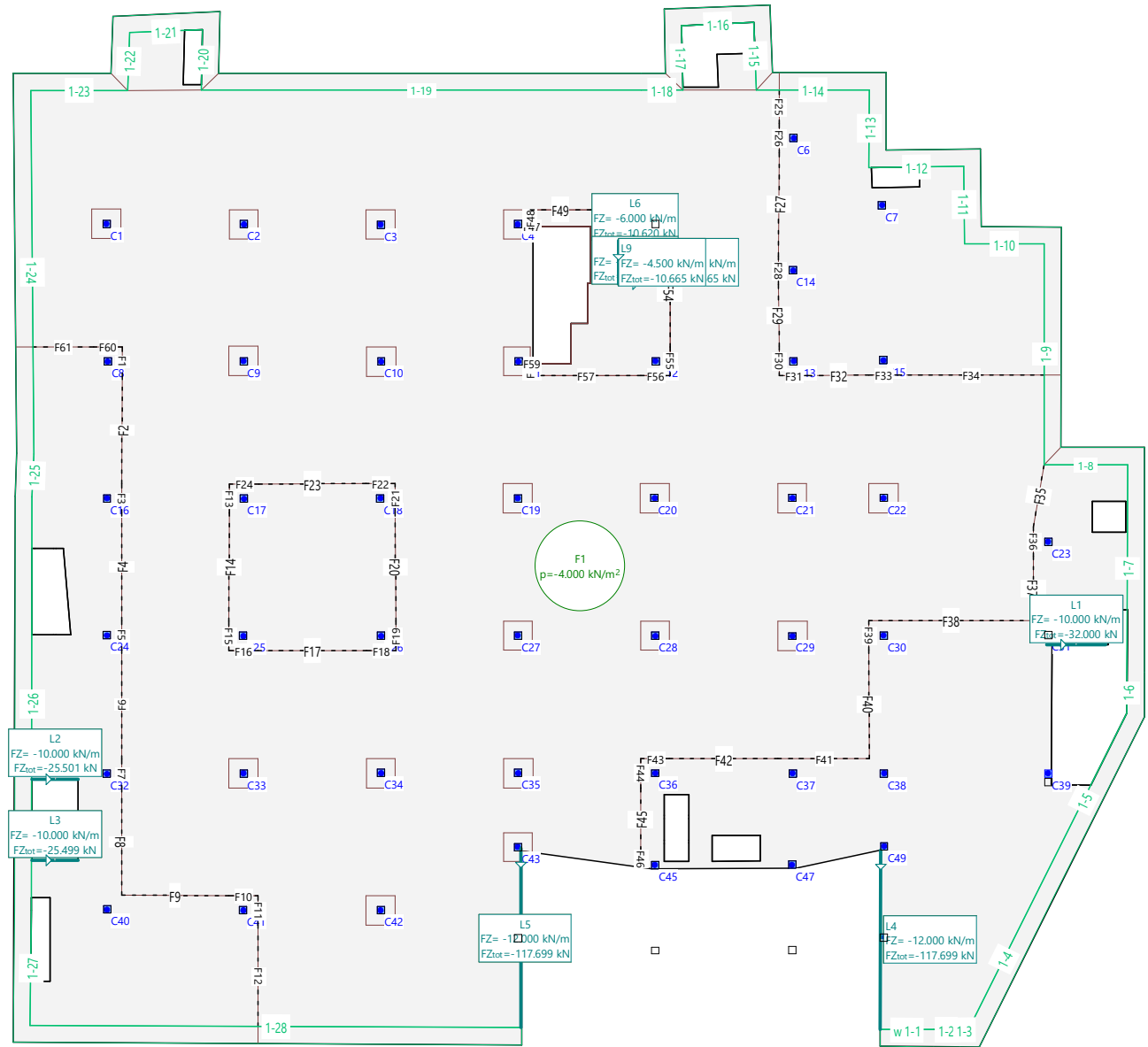
ID	Geometría		Longitud [m]	Carga			Subtotal Carga Z [kN]
	X [m]	Y [m]		MI [kNm/m]	FZ [kN/m]		
L1	51.42	-23.00	3.20	0	-10.000		-32.000
	54.62	-23.00		0	-10.000		
L2	-4.07	-30.33	2.55	0	-10.000		-25.501
	-1.52	-30.33		0	-10.000		
L3	-4.08	-34.77	2.55	0	-10.000		-25.499
	-1.53	-34.78		0	-10.000		
L4	42.32	-34.20	9.81	0	-12.000		-117.699
	42.32	-44.01		0	-12.000		
L5	22.66	-34.11	9.81	0	-12.000		-117.699
	22.65	-43.92		0	-12.000		
L6	28.02	-0.92	1.77	0	-6.000		-10.620
	29.79	-0.92		0	-6.000		
L7	28.02	-3.29	1.77	0	-6.000		-10.620
	29.79	-3.29		0	-4.500		
L8	29.79	-0.92	2.37	0	-4.500		-10.665
	29.79	-3.29		0	-4.500		
L9	28.02	-0.92	2.37	0	-4.500		-10.665
	28.02	-3.29		0	-4.500		

**Suma Z**

		Total Carga [kN]
<b>Total</b>		<b>-11495.981</b>

Hipótesis de carga SC

Escala 1:365.6



### Especificación de envoltentes: IELU

#### Especificación de envoltentes

No	Acción Nombre	Fac	1	2	Combinaciones de acciones
1	Peso propio	1	1.35	0.8	
2	Cargas Muertas	1	1.35	0.8	
3	Sobrecargas general	1	1.5	1.5	

Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

#### Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones

para la especificación de envoltentes IELU

Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP	1.000	
Cargas Muertas		Permanente		CM	1.000	
Sobrecargas general		si es crítico		SC	1.000	

Alt : Superposición alternativa

Nr.:

Dimensionamiento As

Dimensionamiento	Análisis	Parámetros de Análisis	
!Standard	Est. lím. último (ELU)	Hipótesis de carga : Parámetros de análisis :	!ELU !ELU
!Standard+	Est. lím. último (ELU)	Hipótesis de carga : Parámetros de análisis : Armadura mínima :	!ELU !ELU Sup. y Inf.

Parámetros de análisis Código: Codigo Estructural 2021

ID	$\sigma$ -Diagrama	Límites de deformación			Factores de la resistencia									
	c s p M	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_{cu3}$ [‰]	$\epsilon_{ud}$ [‰]	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_{cc}$ [-]	$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]	$\gamma_p$ [-]	$\gamma_M$ [-]				
!ELU	2/0 1 1 1	-2.	-3.5	10.		0.85	1.5	1.15	1.15	1.1				
!ELS	1/0 1 1 1				$\sigma_s^*$	0.85	1.	1.	1.	1.				

$\sigma_s$  : de una armadura dada o de un valor definido por el usuario

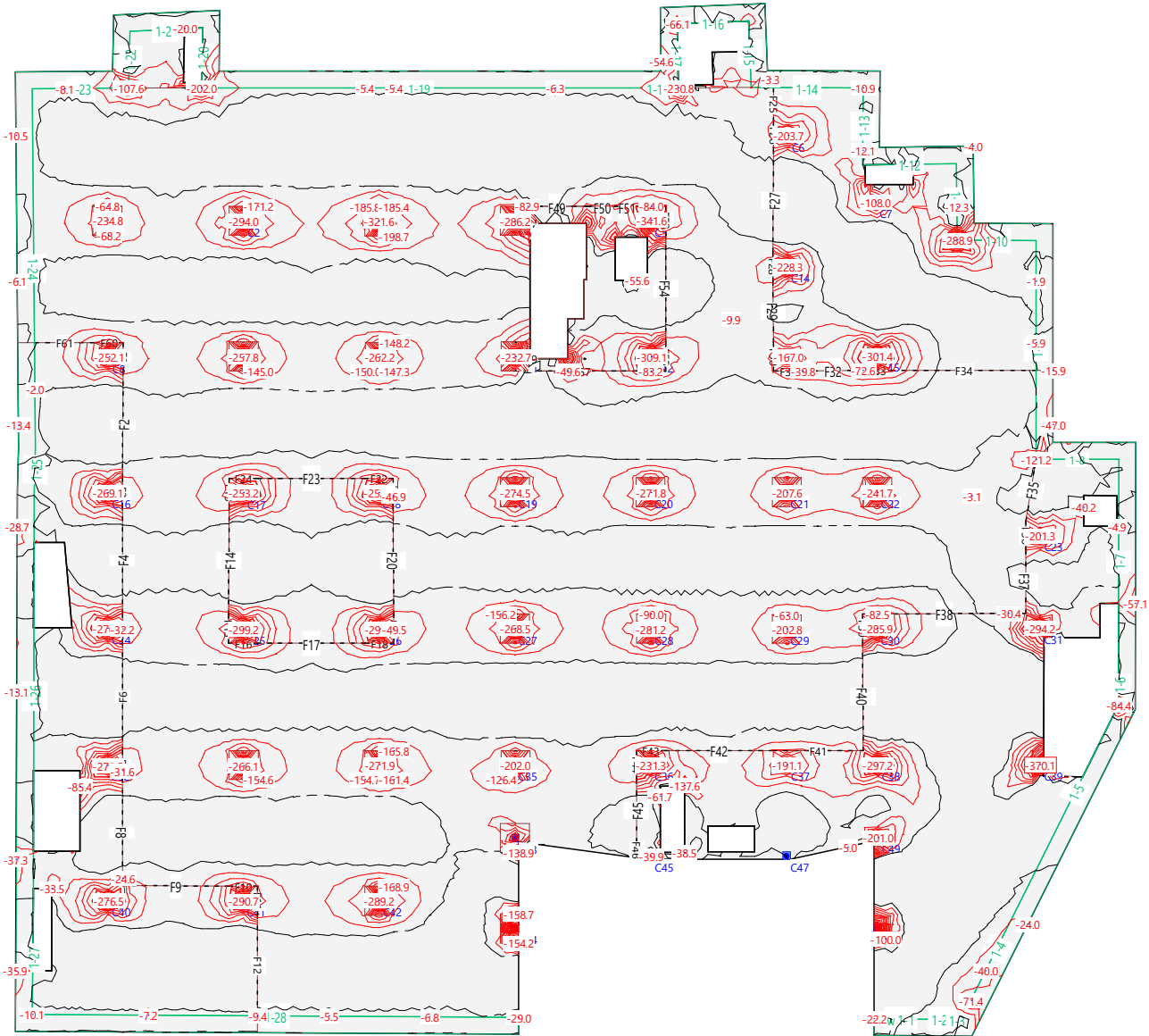
Envolvente de momentos de armado: maxt [kN], Equidistancia: 20.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: !ELU

Escala 1 :368.2



Envolvente de momentos de armado: mayt [kN], Equidistancia: 20.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

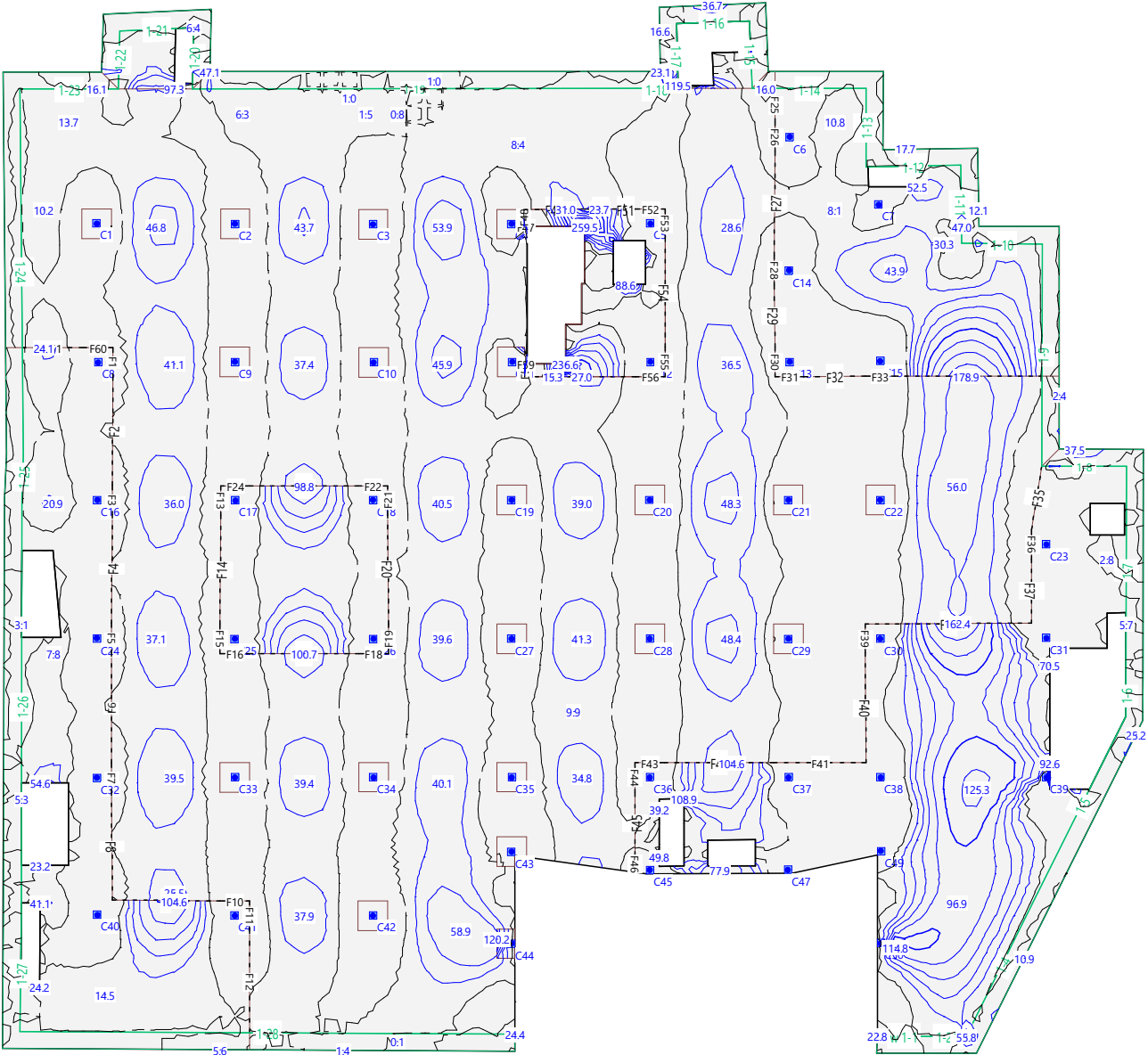
Escala 1 :372.4





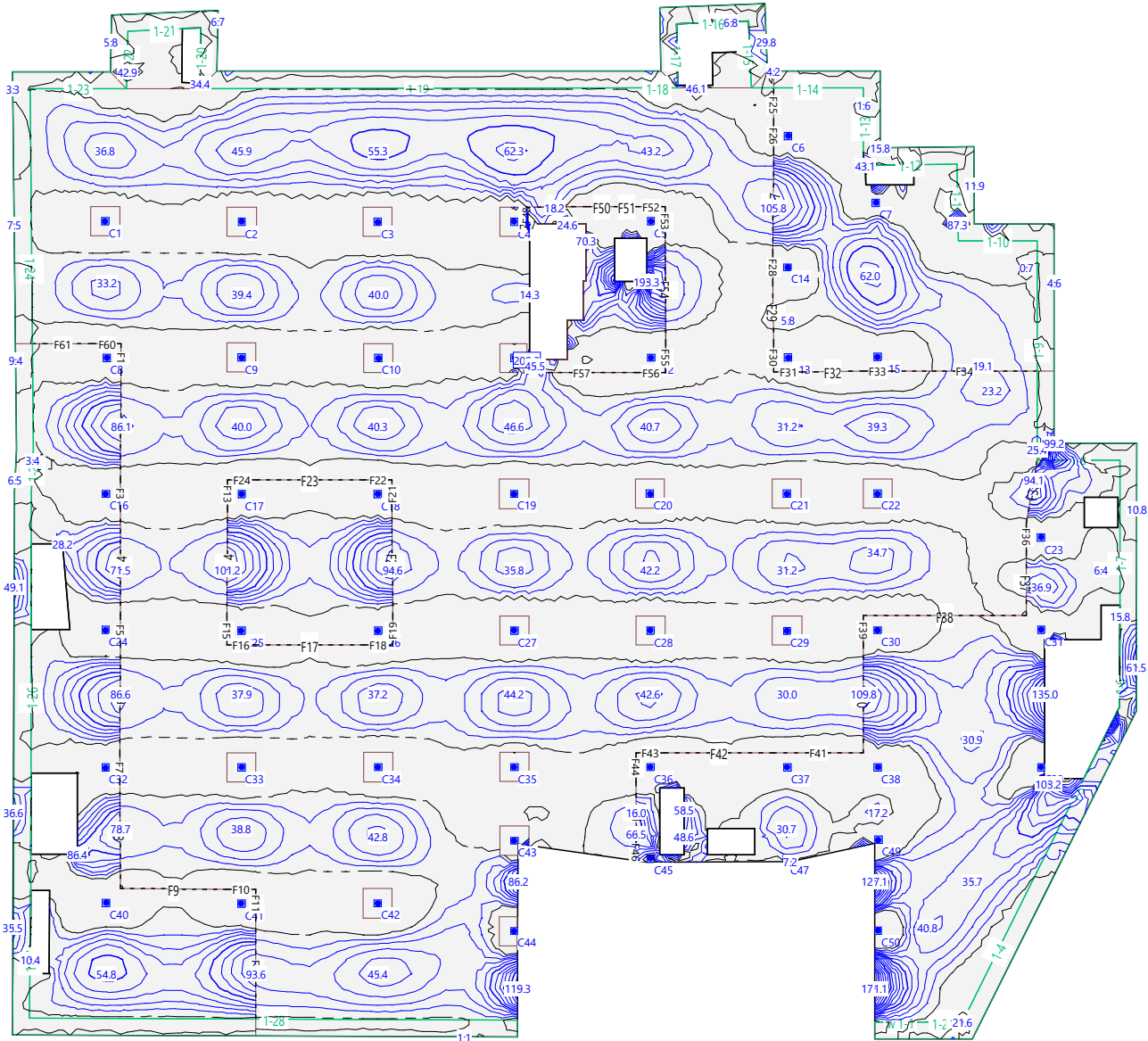
Envolvente de momentos de armado: maxb [kN], Equidistancia: 20.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

Escala 1 :365.2



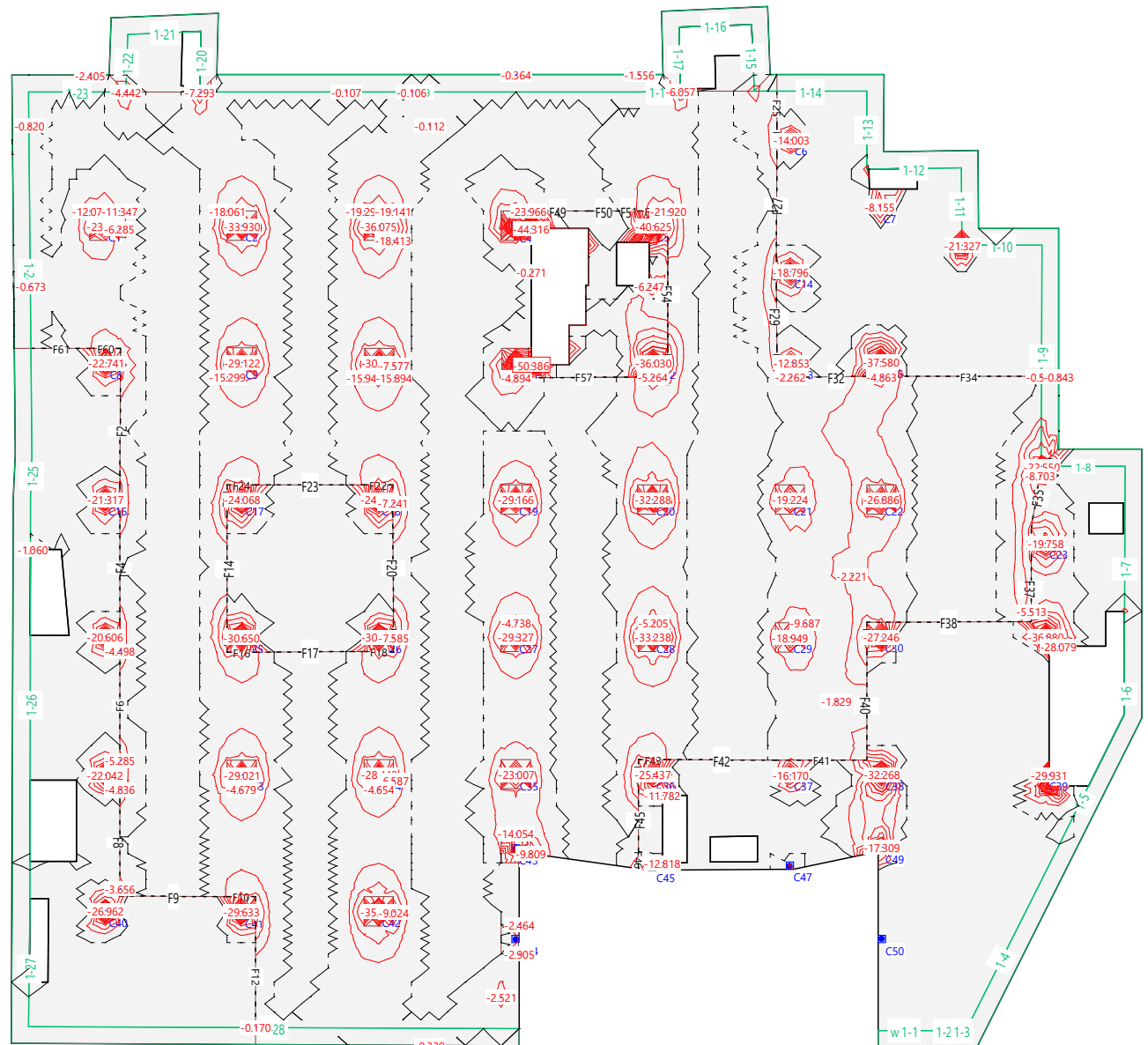
Envolvente de momentos de armado: mayb [kN], Equidistancia: 10.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

Escala 1 :370.8



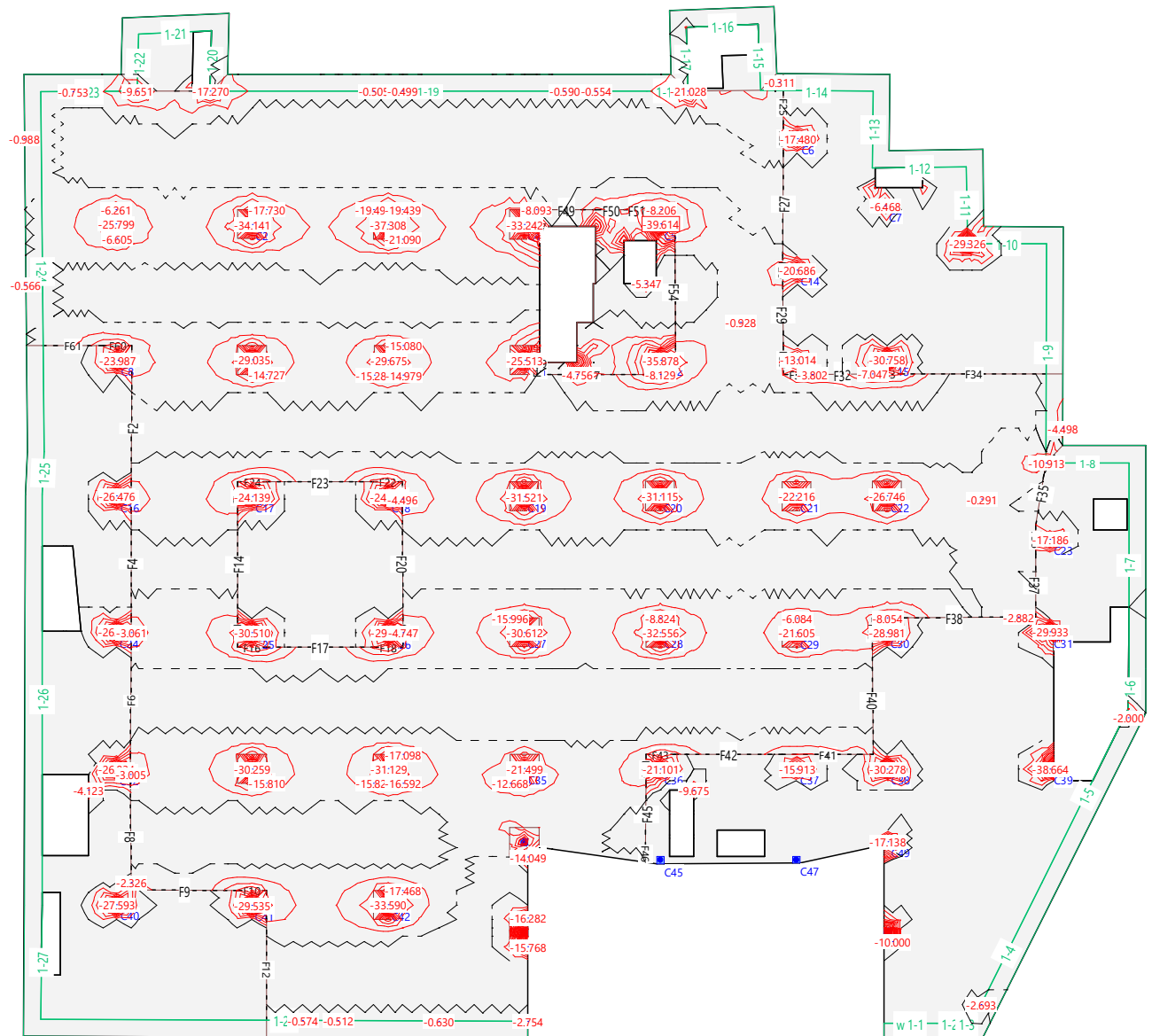
Secciones de armadura: axt [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm<sup>2</sup>/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: IStandard, As-tot(axt)=0.6410m<sup>3</sup> (5.032t, 6kg/m<sup>3</sup>)

Escala 1:364.2



Secciones de armadura: ayt [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm<sup>2</sup>/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: IStandard, As-tot(ayt)=0.6301m<sup>3</sup> (4.946t, 6kg/m<sup>3</sup>)

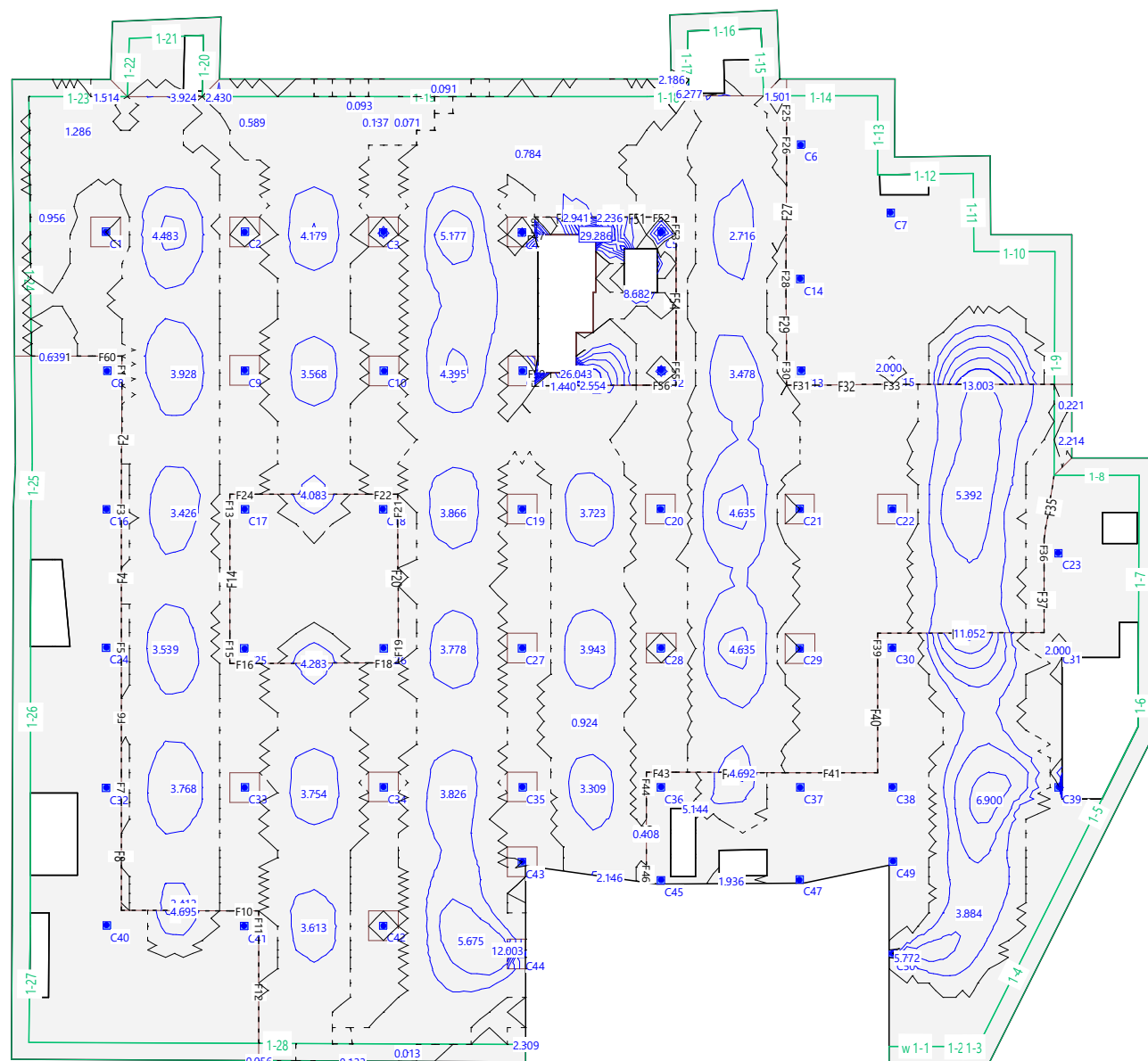
Escala 1:369.0





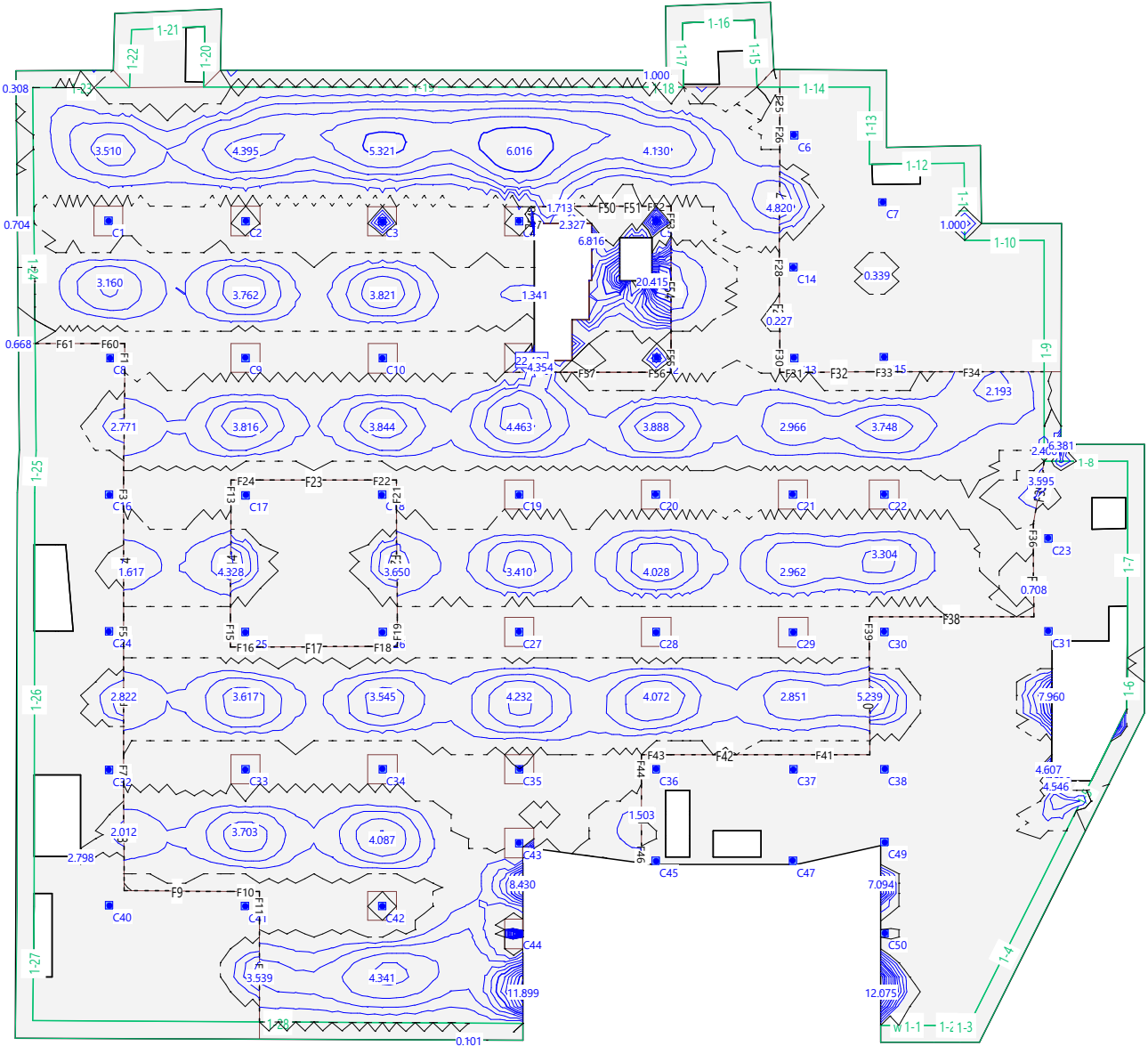
Secciones de armadura: axb [cm2/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(axb)=0.7328m3 (5.753t, 7kg/m3)

Escala 1 :364.2

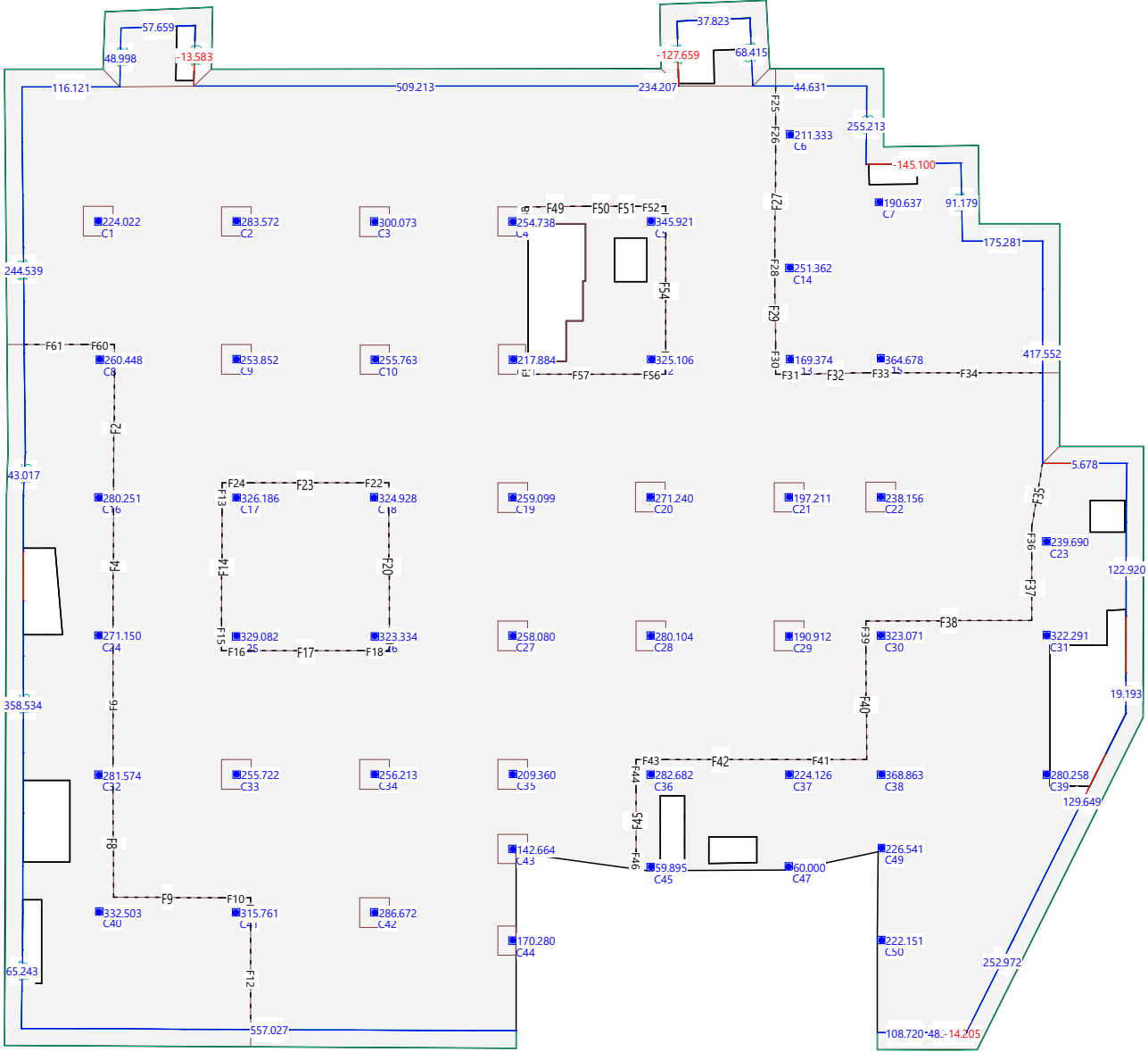


Secciones de armadura: ayb [cm2/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 1.000 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(ayb)=0.7131m3 (5.598t, 7kg/m3)

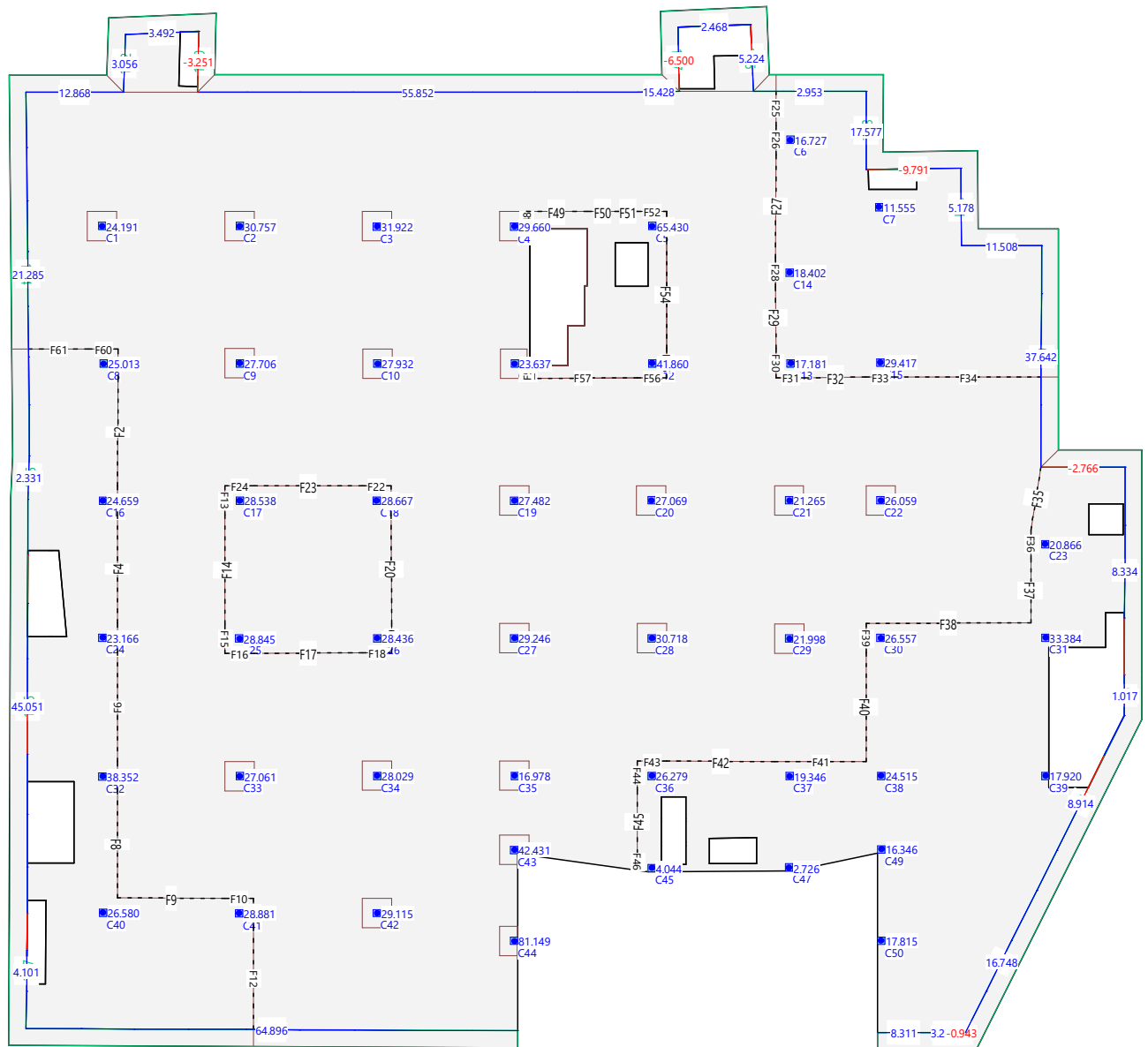
Escala 1 : 368.4



Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga PP  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 16030.414[kN]

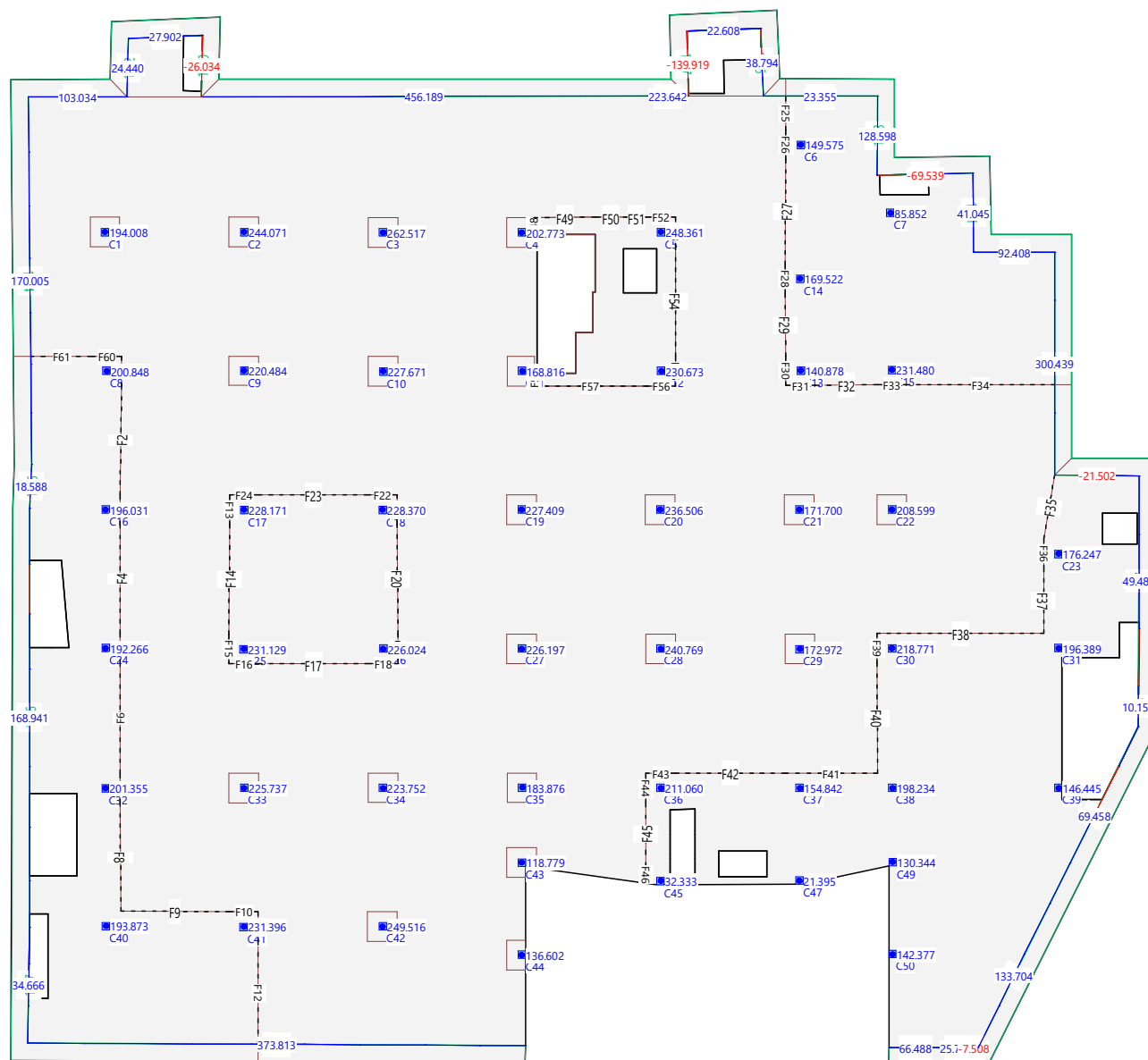


Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga CM  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 1630.120[kN]

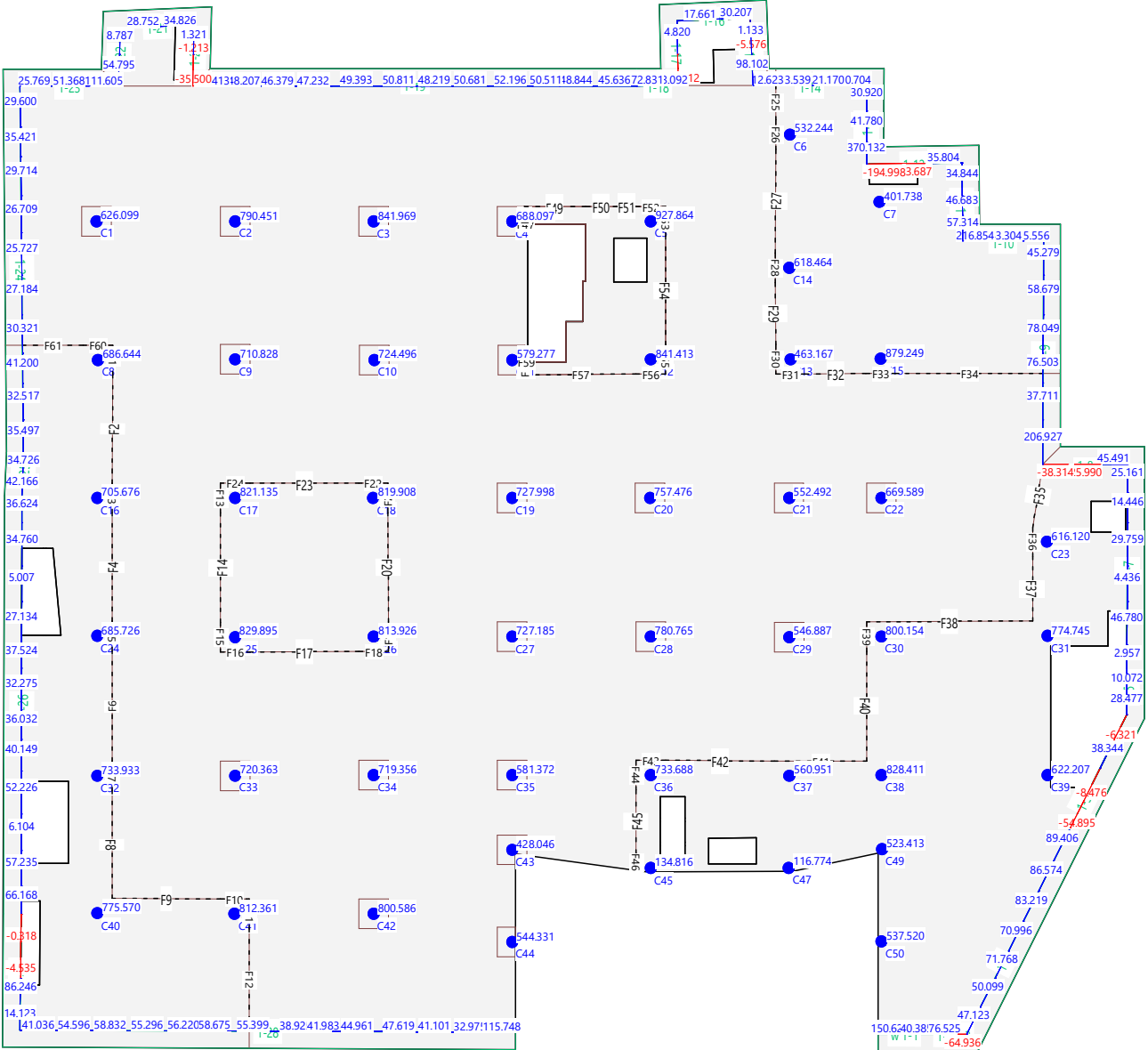




Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga SC  
 Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
 Suma de reacciones RZ = 11495.981[kN]



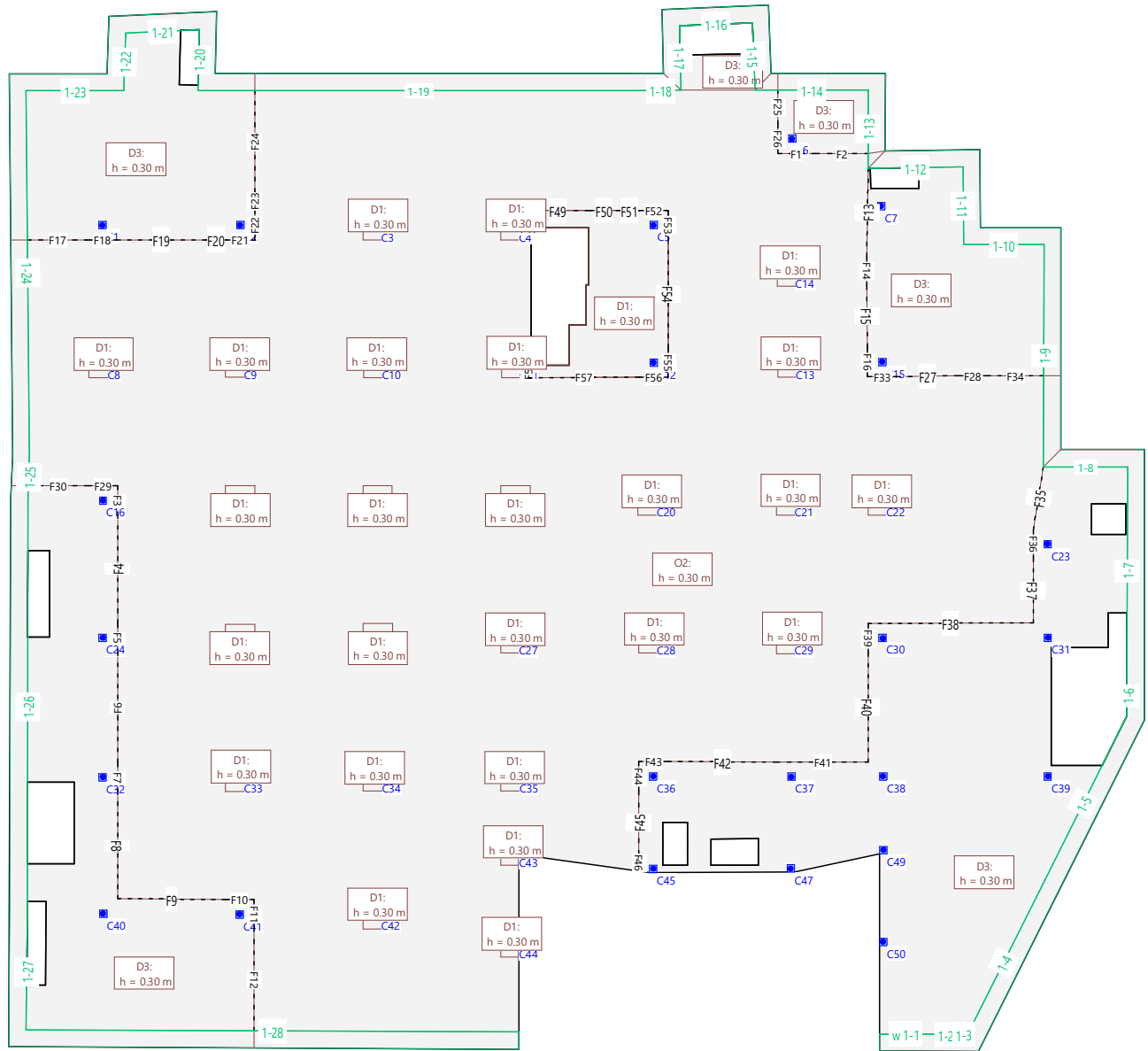
Envolvente de reacciones Muros y pilares: Especificación de env.: IELU  
Reacciones de muros por segmentos, Identificaciones: Pilares: [kN], Muros: [kN/m]



### 2.1.3 PLANTA SÓTANO -2

Estructura

Escala 1 :364.2



## DATOS de la ESTRUCTURA

### MATERIALES Código:Codigo Estructural 2021

ID	Tipo	Elemento	E [kN/mm <sup>2</sup> ]	v	ρ [t/m <sup>3</sup> ]	α [‰]	Clase
C	Hormigón	(general)	32.10	0.17	2.50	0.010	HA25
CC	Hormigón	Columna	33.60	0.17	2.50	0.010	HA30
C2	Hormigón	(general)	32.10	0.17	1.50	0.010	HA25
R	Acero para armadu	(general)	205.00	0.30	8.00	0.012	B500S

### MATERIAL Hormigón

ID	Clase	-f <sub>ck,cyl</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cm</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>Rd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ck,cube</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
C	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000
CC	HA30	-30.0000	28.58	2.9000	0.3400	30.0000
C2	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000

Nr.:



ID	Clase	-f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ε <sub>uk</sub> [‰]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
R	B500S	-500.0000	210.00	500.0000	20.00	500.0000

ID	Matriz de rigidez				Geometría		Materiales	
	d11 [1/kNm]	d12 [1/kNm]	d22 [1/kNm]	d33 [1/kNm]	Espesor de la losa [m]	Costa de la cara superior [m]	Cuerpo	Armaduras
02	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.30	0	C2	R

ID		Geometría		$f_E$	Materiales	
		Espesor de la losa [m]	Cota de la cara superior [m]		Cuerpo	Armaduras
D1		0.30	0	1.000	C	R
D3		0.30	0	1.000	C	R

[illegible]

ID	Tipo	Geometría			Posición			
		Sección	dx [m]	dy [m]	X [m]	Y [m]	wx [°]	
C1	Pilar	QS	0.40	0.40	0.00	-0.00	0	
C2	Pilar	QS	0.40	0.40	7.51	-0.01	0	
C3	Pilar	QS	0.40	0.40	15.00	-0.03	0	
C4	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-0.02	0	
C5	Pilar	QS	0.40	0.40	30.02	0.00	0	
C6	Pilar	QS	0.40	0.40	37.57	4.70	0	
C7	Pilar	QS	0.40	0.40	42.40	1.03	0	
C8	Pilar	QS	0.40	0.40	0.08	-7.51	0	
C9	Pilar	QS	0.40	0.40	7.50	-7.49	0	
C10	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-7.52	0	
C11	Pilar	QS	0.40	0.40	22.52	-7.50	0	
C12	Pilar	QS	0.40	0.40	30.03	-7.50	0	
C13	Pilar	QS	0.40	0.40	37.57	-7.49	0	
C14	Pilar	QS	0.40	0.40	37.53	-2.53	0	
C15	Pilar	QS	0.40	0.40	42.48	-7.45	0	

Nr.:

CEDRUS  
FORJADO SÓTANO-2

FHECOR Ingenieros Consultores S.A.

Página 3

30.08.24, 10:34

Cedrus-9 - Rel. 234 (0)

ID	Tipo	Geometría			Posición		wx [°]	
		Sección	dx [m]	dy [m]	X [m]	Y [m]		
C16	Pilar	QS	0.40	0.40	0.03	-14.99	0	
C17	Pilar	QS	0.40	0.40	7.52	-15.00	0	
C18	Pilar	QS	0.40	0.40	14.98	-14.99	0	
C19	Pilar	QS	0.40	0.40	22.49	-14.99	0	
C20	Pilar	QS	0.40	0.40	29.97	-14.97	0	
C21	Pilar	QS	0.40	0.40	37.50	-14.98	0	
C22	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-14.98	0	
C23	Pilar	QS	0.40	0.40	51.48	-17.37	0	
C24	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-22.47	0	
C25	Pilar	QS	0.40	0.40	7.49	-22.51	0	
C26	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-22.50	0	
C27	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-22.49	0	
C28	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-22.49	0	
C29	Pilar	QS	0.40	0.40	37.51	-22.51	0	
C30	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-22.48	0	
C31	Pilar	QS	0.40	0.40	51.49	-22.46	0	
C32	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-30.03	0	
C33	Pilar	QS	0.40	0.40	7.51	-30.02	0	
C34	Pilar	QS	0.40	0.40	15.01	-30.00	0	
C35	Pilar	QS	0.40	0.40	22.51	-30.00	0	
C36	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-30.01	0	
C37	Pilar	QS	0.40	0.40	37.52	-30.01	0	
C38	Pilar	QS	0.40	0.40	42.51	-30.01	0	
C39	Pilar	QS	0.40	0.40	51.49	-30.01	0	
C40	Pilar	QS	0.40	0.40	0.04	-37.46	0	
C41	Pilar	QS	0.40	0.40	7.48	-37.50	0	
C42	Pilar	QS	0.40	0.40	14.99	-37.50	0	
C43	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-34.05	0	
C44	Pilar	QS	0.40	0.40	22.49	-39.02	0	
C45	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-35.02	0	
C47	Pilar	QS	0.40	0.40	37.49	-35.01	0	
C49	Pilar	QS	0.40	0.40	42.52	-34.00	0	
C50	Pilar	QS	0.40	0.40	42.52	-38.99	0	

MUROS

ID	Tipo Descripción	N.Lin.	Apoyos			Geometría		fE sdz	Materiales	
			sdz [kN/m²]	srx [kN]	sry [kN]	Ancho [m]	Altura [m]		Cuerpo	Armadura
W1	Rot. libre	No	empotrado	libre	libre	0.93	3.00	1.000	C	

HIPÓTESIS DE CARGA PP

Peso propio (Toda la estructura)

ID	Volumen [m³]	Geometría		Area [m²]		Masa [t]		Subtotal Carga Z [kN]
		Espesor [cm]						
R1	839.91		30.0	2799.69		1551.039		-15510.347

HIPÓTESIS DE CARGA PP

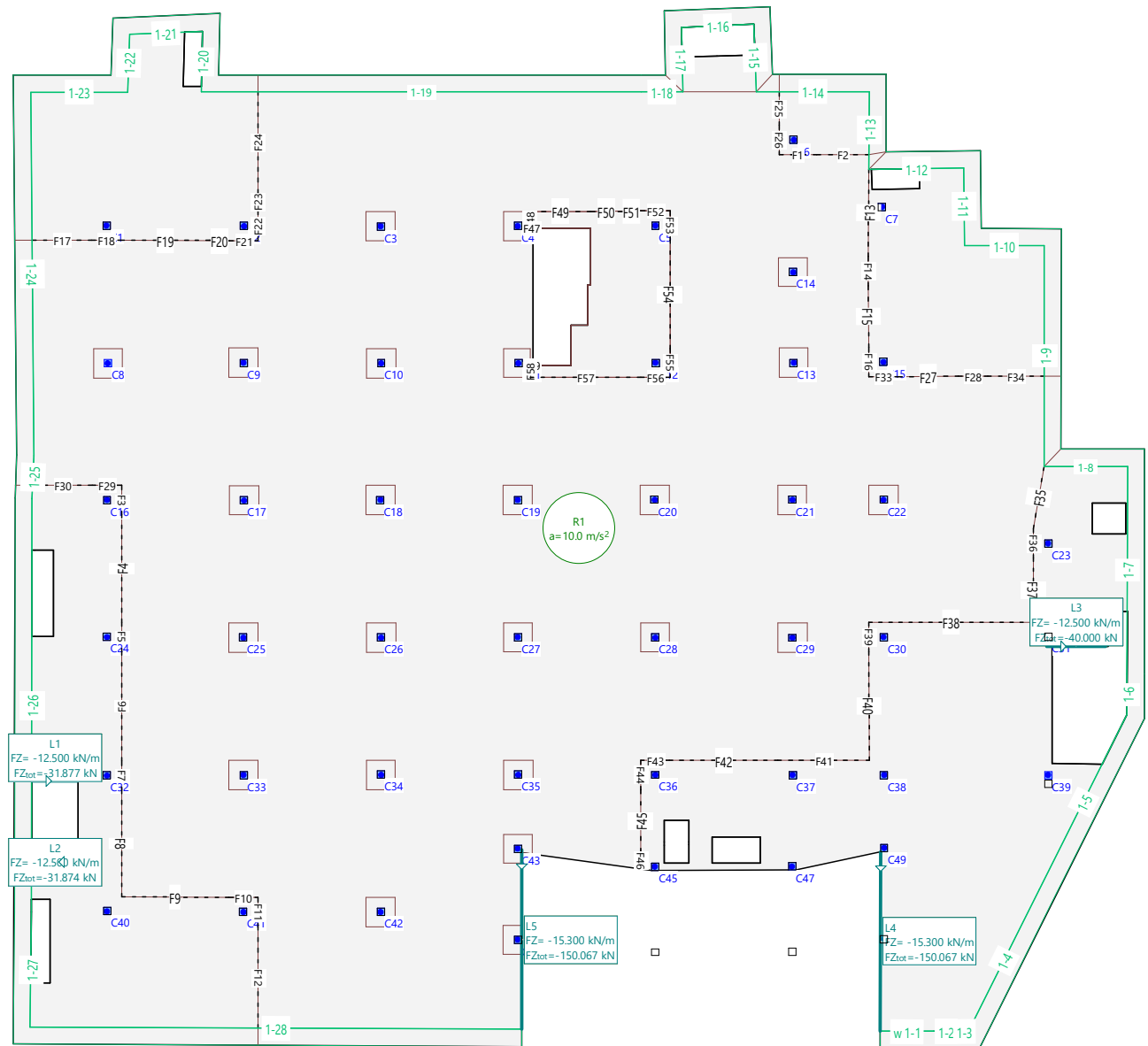
Suma Z

								Total Carga [kN]
Total								-15914.231

Nr.:

Hipótesis de carga PP

Escala 1 :365.6



HIPÓTESIS DE CARGA CM

Carga repartida (Toda la estructura)

ID	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Geometría Espesor [cm]	Area [m <sup>2</sup> ]	Carga Valor [kN/m <sup>2</sup> ]	Subtotal Carga Z [kN]
F1	839.91	30.0	2799.69	-0.500	-1399.838

HIPÓTESIS DE CARGA CM

Carga lineal

ID	X [m]	Y [m]	Geometría	Longitud [m]	Carga			Subtotal Carga Z [kN]
					MI [kNm/m]	FZ [kN/m]		
L1	-4.07	-30.33		2.55	0	-13.000		-33.152
	-1.52	-30.33			0	-13.000		
L2	-4.08	-34.77		2.55	0	-4.000		-10.200
	-1.53	-34.78			0	-4.000		
L3	51.42	-23.00		3.20	0	-4.000		-12.800
	54.62	-23.00			0	-4.000		
L4	42.32	-34.20		9.81	0	-1.500		-14.712
	42.32	-44.01			0	-1.500		
L5	22.68	-34.11		9.81	0	-12.000		-117.699
	22.67	-43.92			0	-12.000		

HIPÓTESIS DE CARGA CM

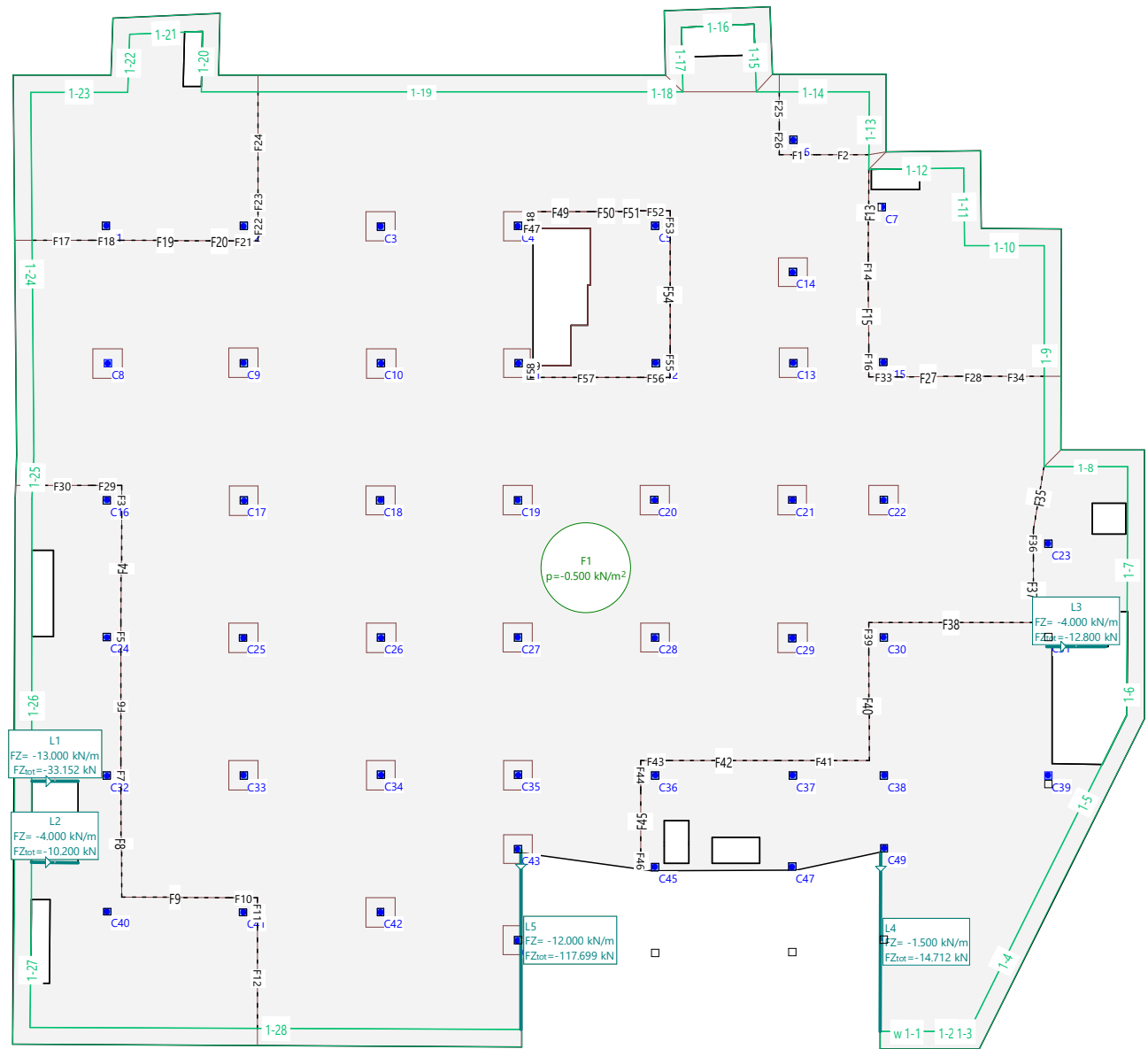
Suma Z

							Total Carga [kN]
Total							-1588.401



Hipótesis de carga CM

Escala 1 :365.6



HIPÓTESIS DE CARGA SC

Carga repartida (Toda la estructura)

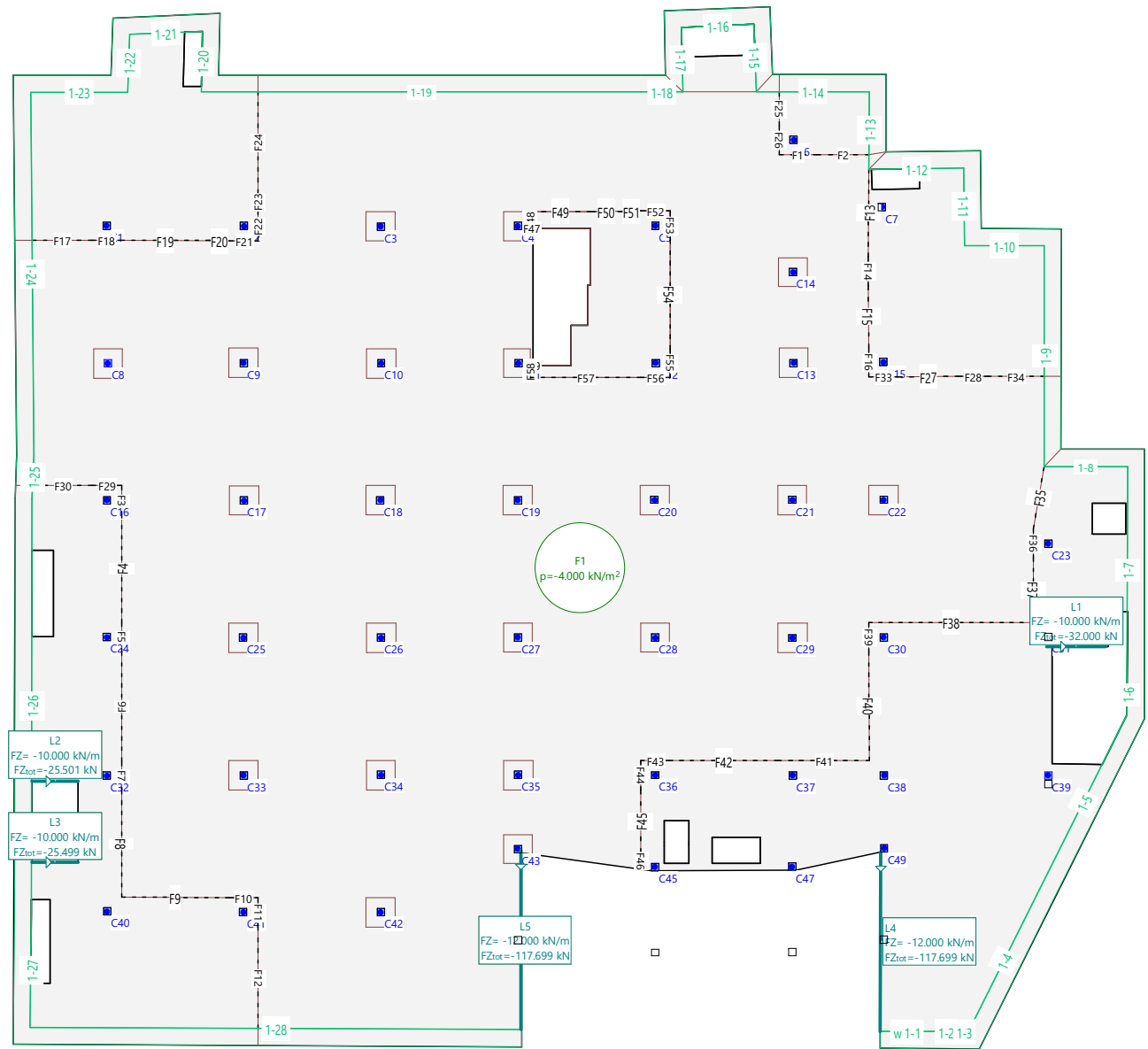
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]	Carga Valor [kN/m²]	Subtotal Carga Z [kN]
F1	839.91	30.0	2799.69	-4.000	-11198.701

HIPÓTESIS DE CARGA SC

CEDRUS FORJADO SÓTANO-2							Página 7
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.							30.08.24, 10:34
pmb							Cedrus-9 - Rel. 234 (0)
Carga repartida (Toda la estructura)							
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]		Carga Valor [kN/m²]		Subtotal Carga Z [kN]
F1	839.91	30.0	2799.69		-4.000		-11198.701
HIPÓTESIS DE CARGA SC							
Carga lineal							
ID	X [m]	Y [m]	Geometría	Longitud [m]	Carga MI [kNm/m] FZ [kN/m]		Subtotal Carga Z [kN]
L1	51.42	-23.00			0	-10.000	
	54.62	-23.00		3.20	0	-10.000	-32.000
L2	-4.07	-30.33			0	-10.000	
	-1.52	-30.33		2.55	0	-10.000	-25.501
L3	-4.08	-34.77			0	-10.000	
	-1.53	-34.78		2.55	0	-10.000	-25.499
L4	42.32	-34.20			0	-12.000	
	42.32	-44.01		9.81	0	-12.000	-117.699
L5	22.66	-34.11			0	-12.000	
	22.65	-43.92		9.81	0	-12.000	-117.699
HIPÓTESIS DE CARGA SC							
Suma Z							
							Total Carga [kN]
Total							-11517.100
							Nr.:

Hipótesis de carga SC

Escala 1:365.6



Especificación de envolventes: IELU

Especificación de envolventes

No	Acción Nombre	Fac	Combinaciones de acciones			
			1	2		
1	Peso propio	1	1.35	0.8		
2	Cargas Muertas	1	1.35	0.8		
3	Sobrecargas general	1	1.5	1.5		

Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones

para la especificación de envolventes IELU

Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP	1.000	
Cargas Muertas		Permanente		CM	1.000	
Sobrecargas general		si es crítico		SC	1.000	

Alt : Superposición alternativa

Dimensionamiento As

Dimensionamiento	Análisis	Parámetros de Análisis	
!Standard	Est. lím. último (ELU)	Hipótesis de carga : !ELU	!ELU
!Standard+	Est. lím. último (ELU)	Hipótesis de carga : !ELU	!ELU
		Parámetros de análisis : Sup. y Inf.	

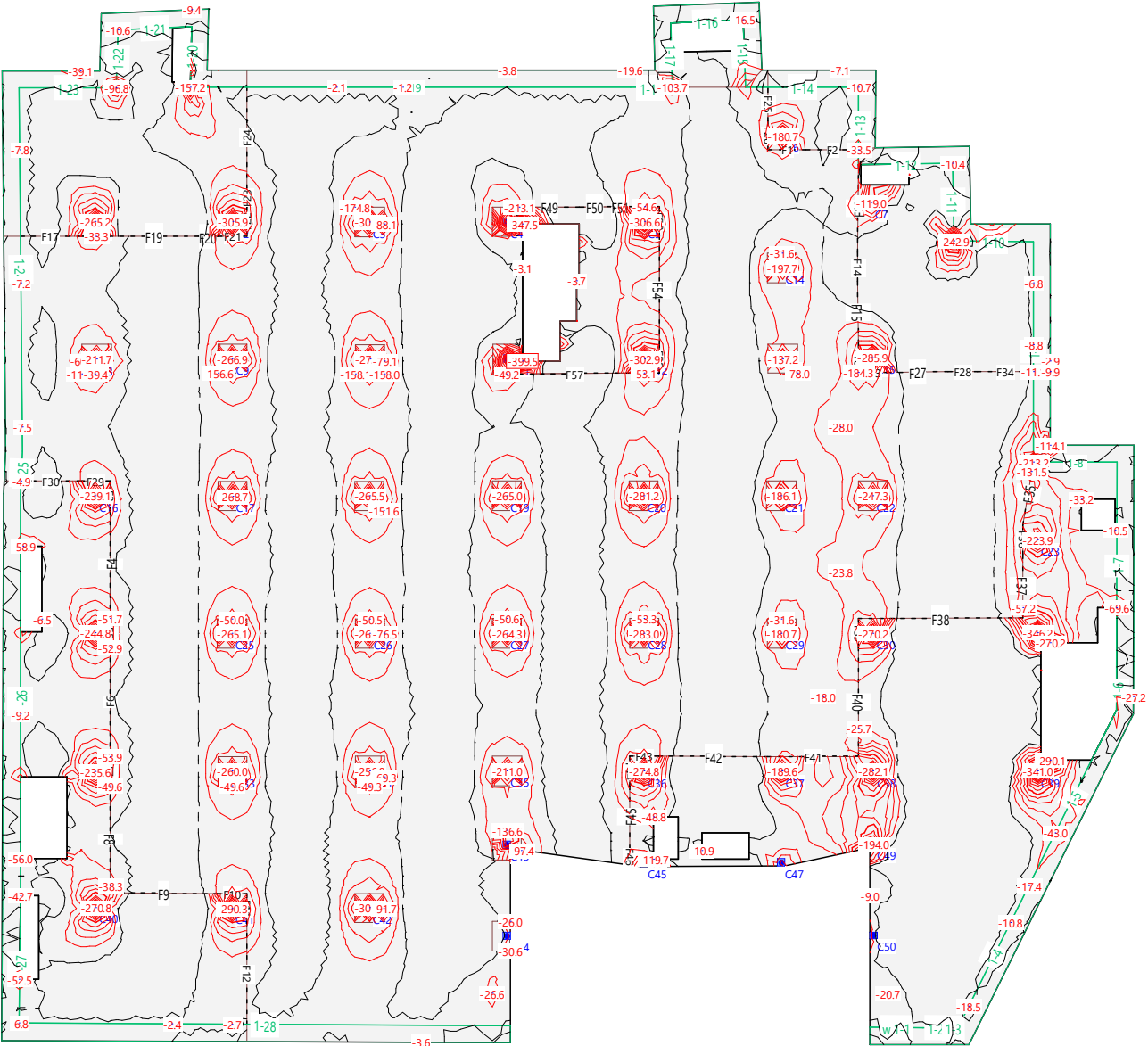
Parámetros de análisis Código: Codigo Estructural 2021

ID	$\sigma$ -Diagrama	Límites de deformación			Factores de la resistencia									
	c s p M	$\epsilon_{c2}$ [‰]	$\epsilon_{cu3}$ [‰]	$\epsilon_{ud}$ [‰]	$\sigma_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$\alpha_{cc}$ [-]	$\gamma_c$ [-]	$\gamma_s$ [-]	$\gamma_p$ [-]	$\gamma_m$ [-]				
!ELU	2/0 1 1 1	-2.	-3.5	10.		0.85	1.5	1.15	1.15	1.1				
!ELS	1/0 1 1 1				$\sigma_s^*$	0.85	1.	1.	1.	1.				

$\sigma_s$  : de una armadura dada o de un valor definido por el usuario

Envolvente de momentos de armado: maxt [kN], Equidistancia: 20.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: !ELU

Escala 1 :368.2



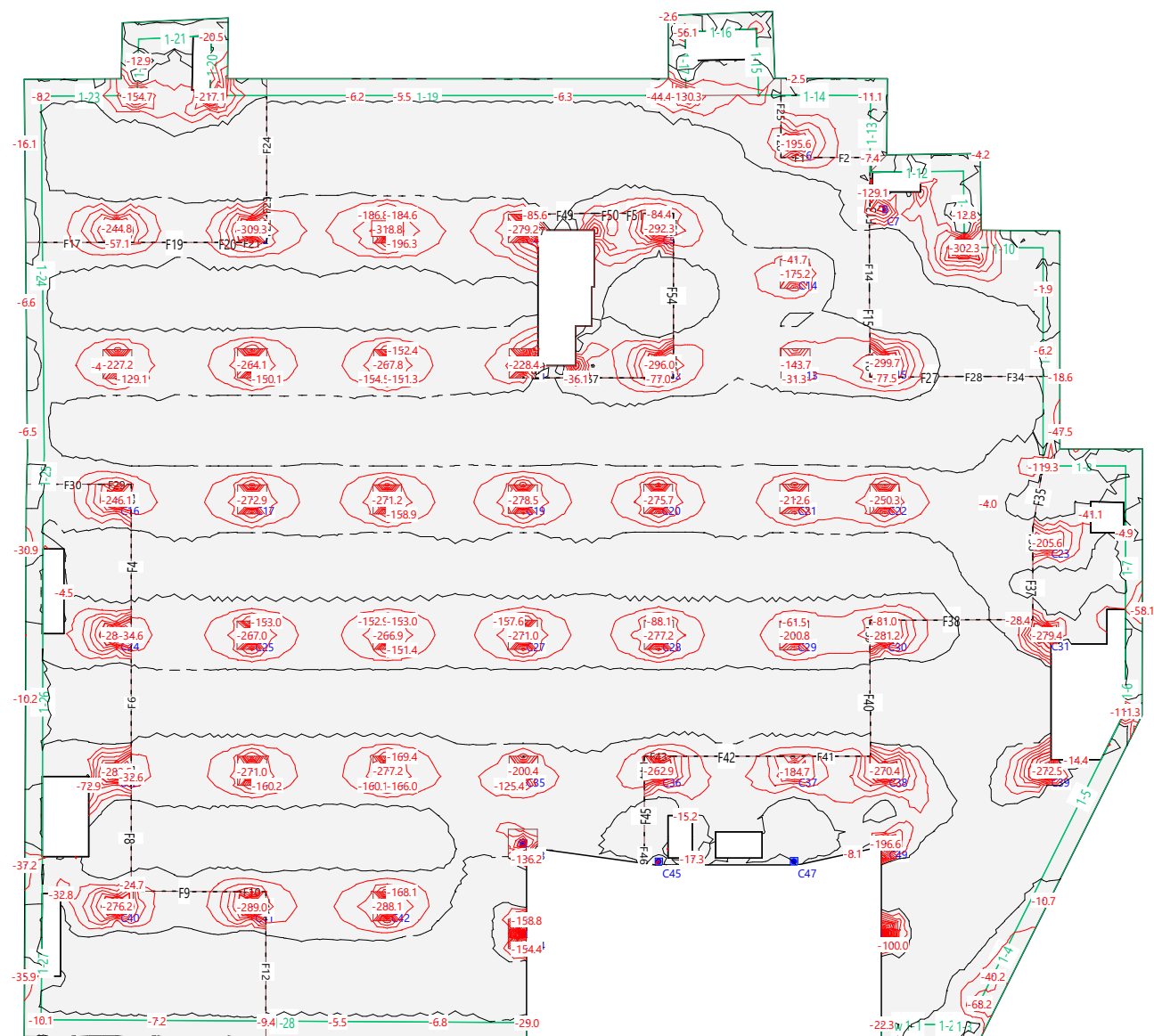


---

pmb

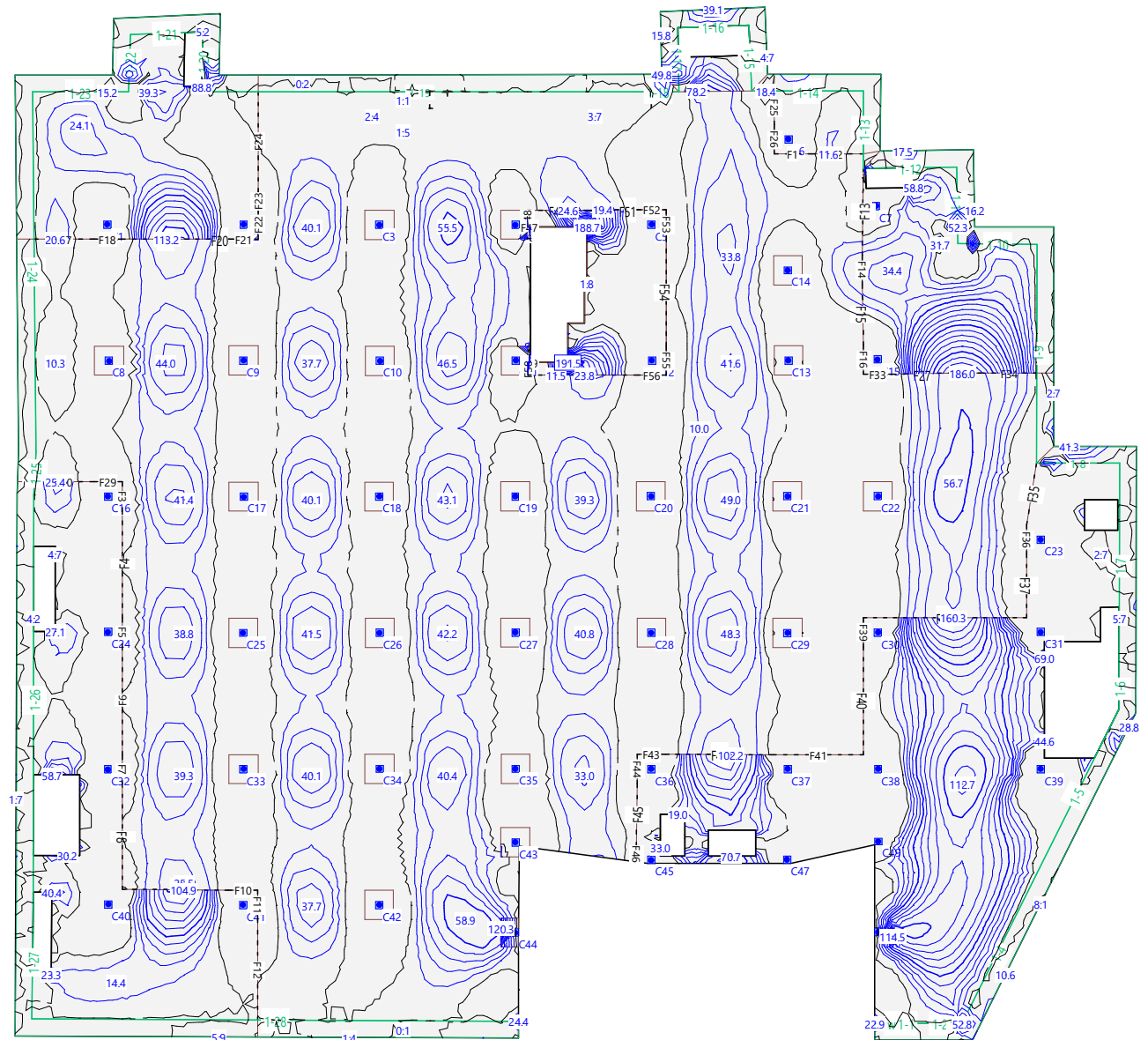
Cedrus-9 - Rel. 234 (0)

Escala 1 :372.4



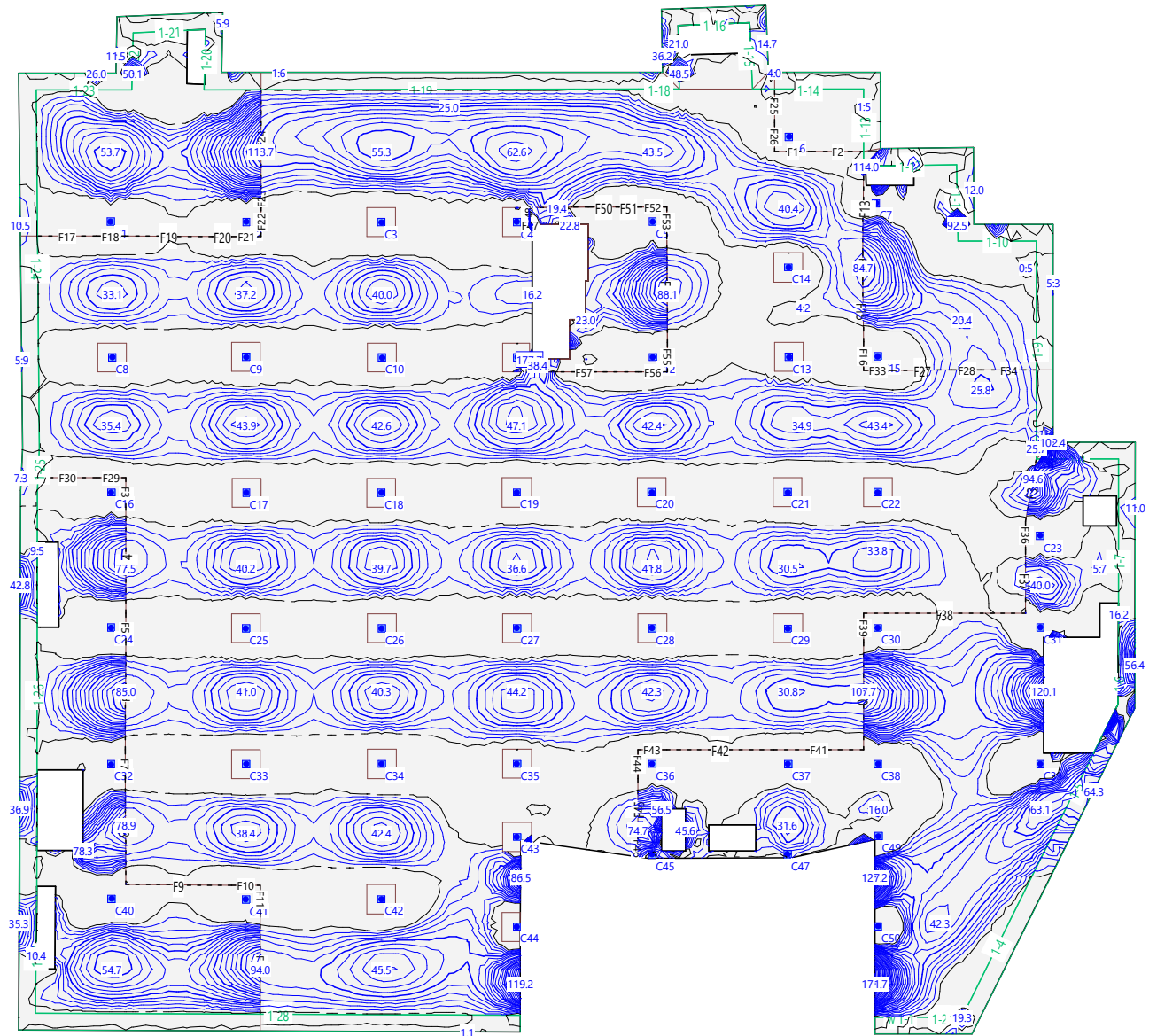
Envolvente de momentos de armado: maxb [kN], Equidistancia: 10.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

Escala 1 :367.2



Envolvente de momentos de armado: mayb [kN], Equidistancia: 5.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: !ELU

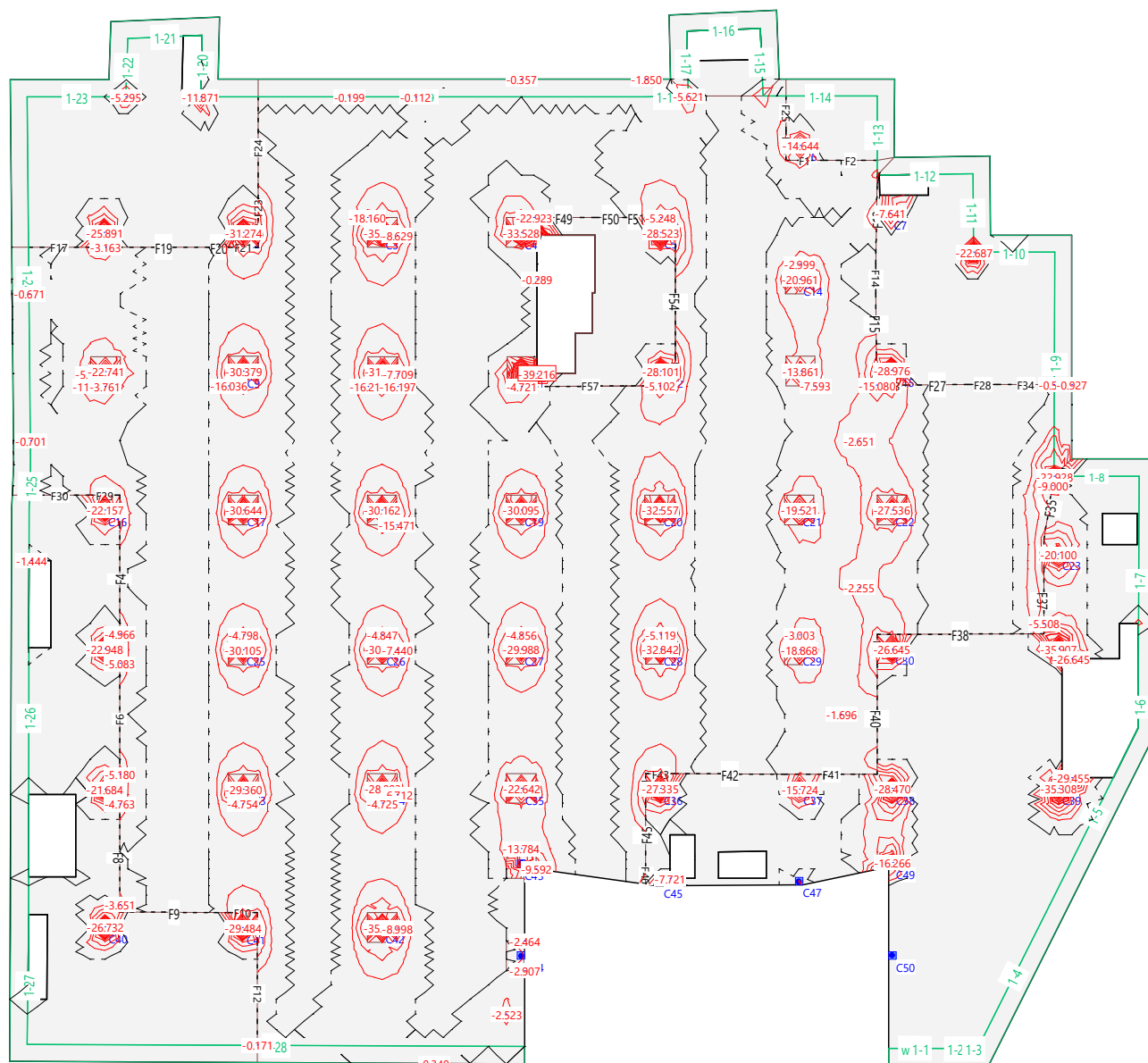
Escala 1 :370.8



Nr.:

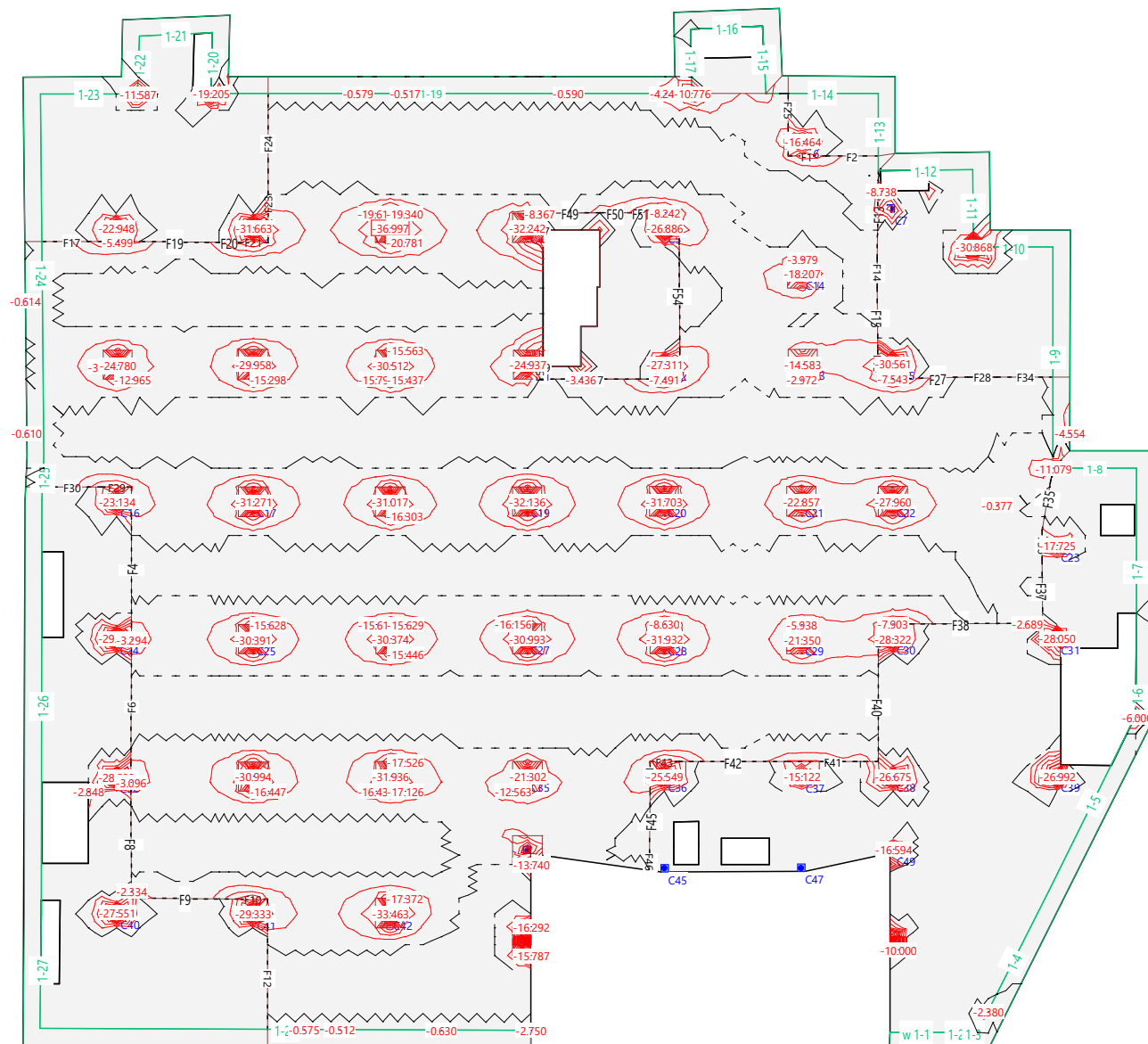
Secciones de armadura: axt [cm2/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(axy)=0.6522m3 (5.120t, 6kg/m3)

Escala 1 :364.2



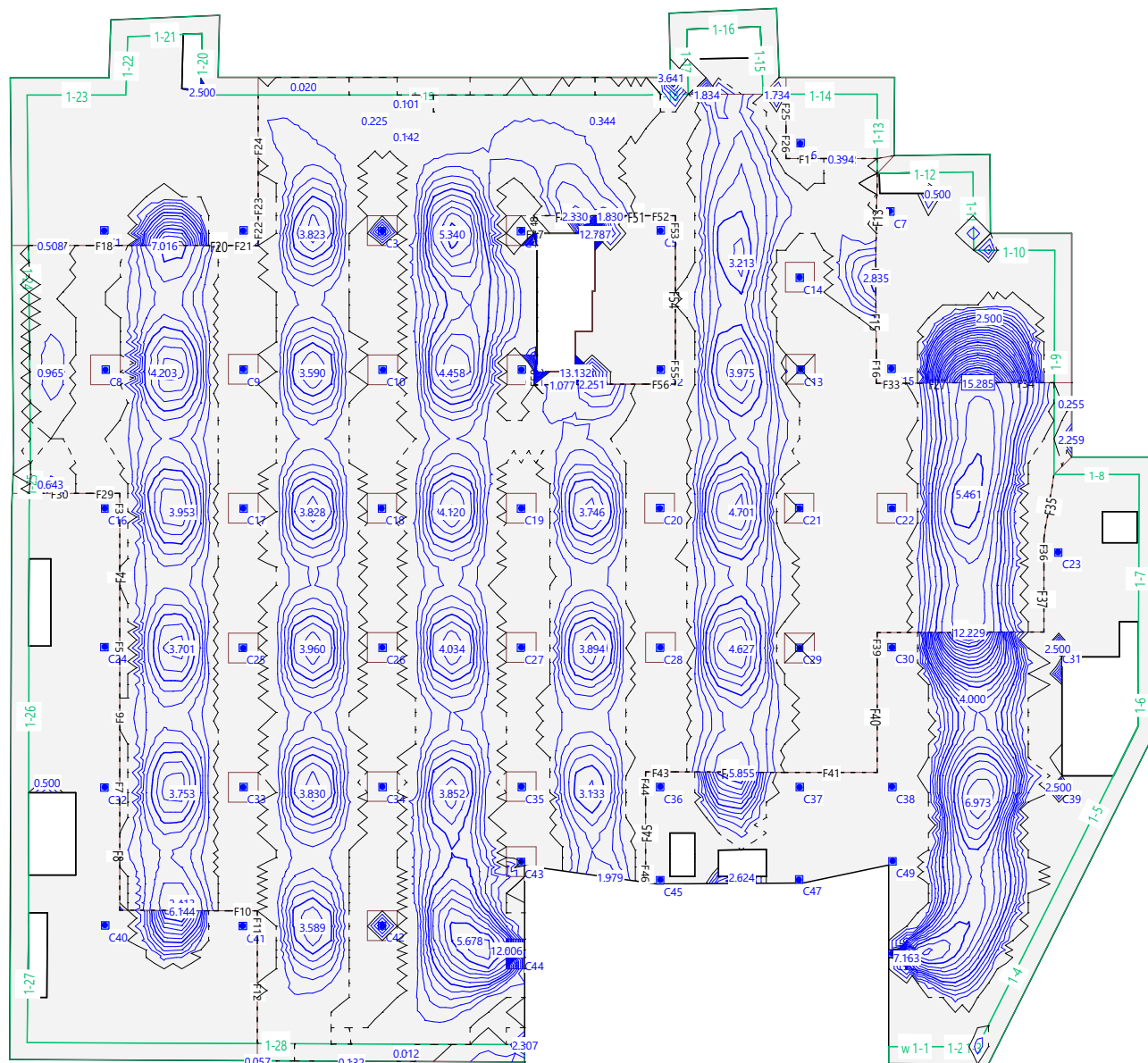


Escala 1 :368.5



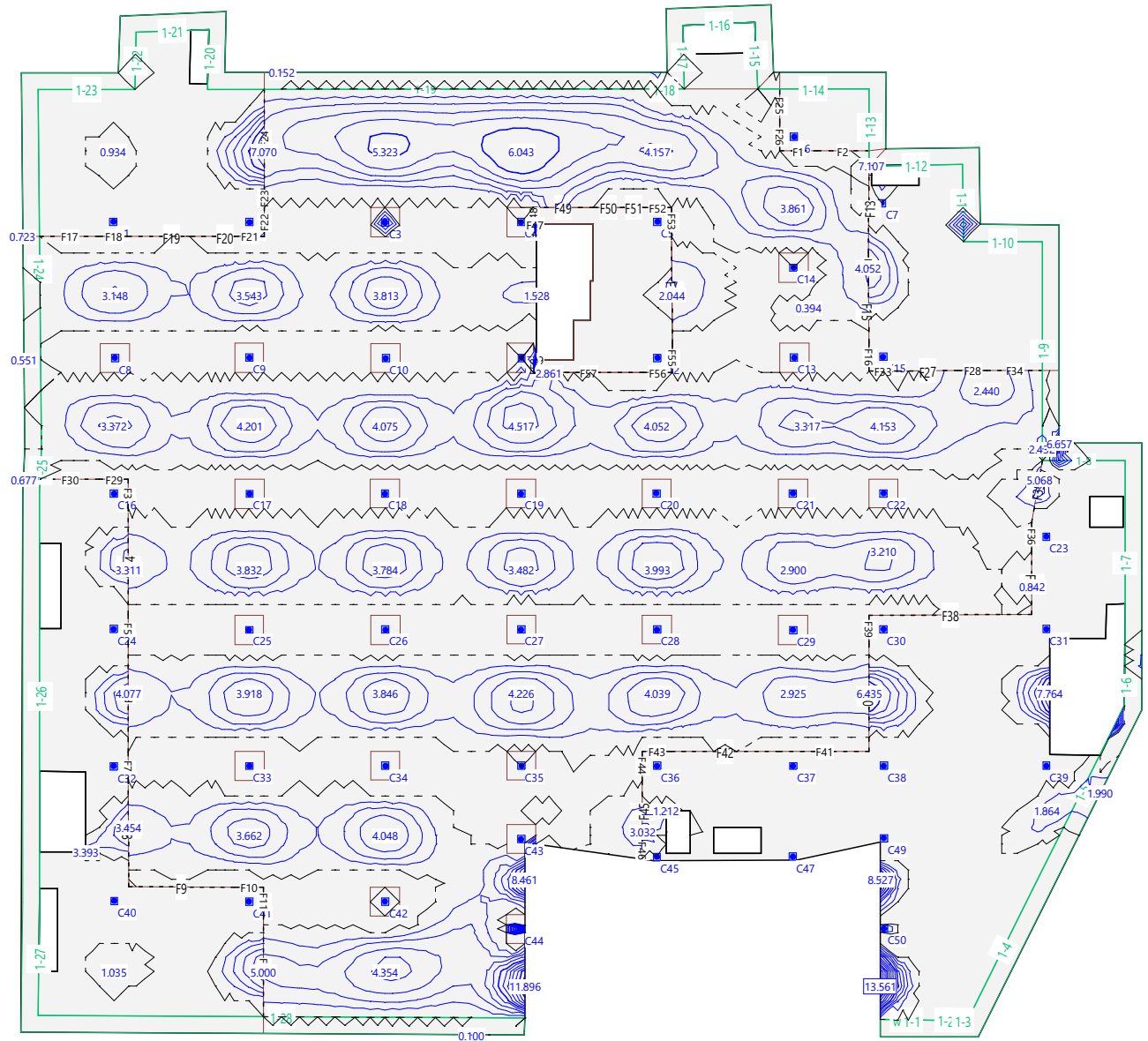
Secciones de armadura: axb [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)  
 Equidistancia: 0.500 [cm<sup>2</sup>/m]. Línea de referencia: 0.000  
 Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(axb)=0.6244m3 (4.901t, 6kg/m3)

Escala 1 :364.2



Secciones de armadura: ayb [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 1.000 [cm/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(ayb)=0.5963m<sup>3</sup> (4.681t, 6kg/m<sup>3</sup>)

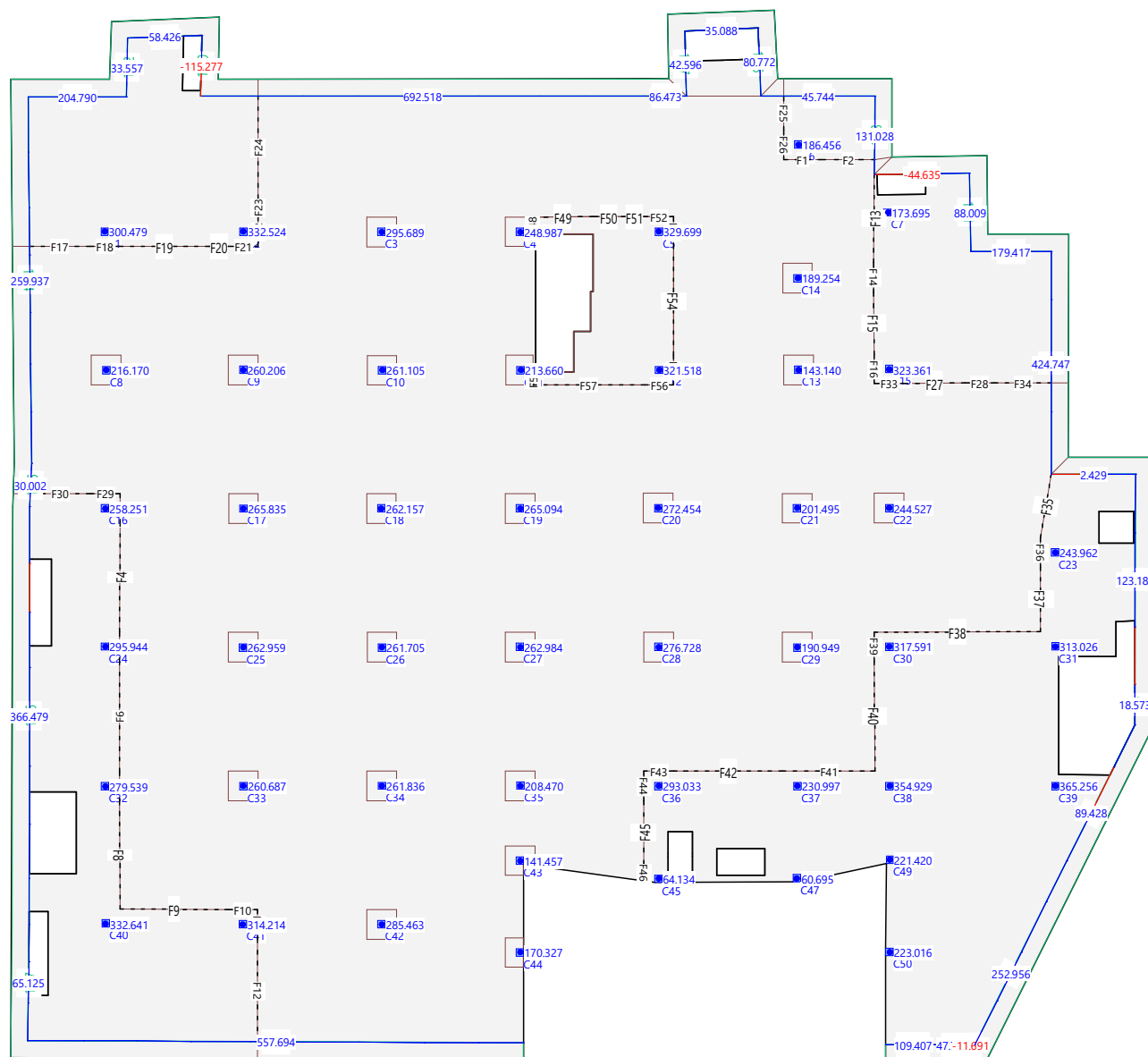
Escala 1:367.9



Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga PP

Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)

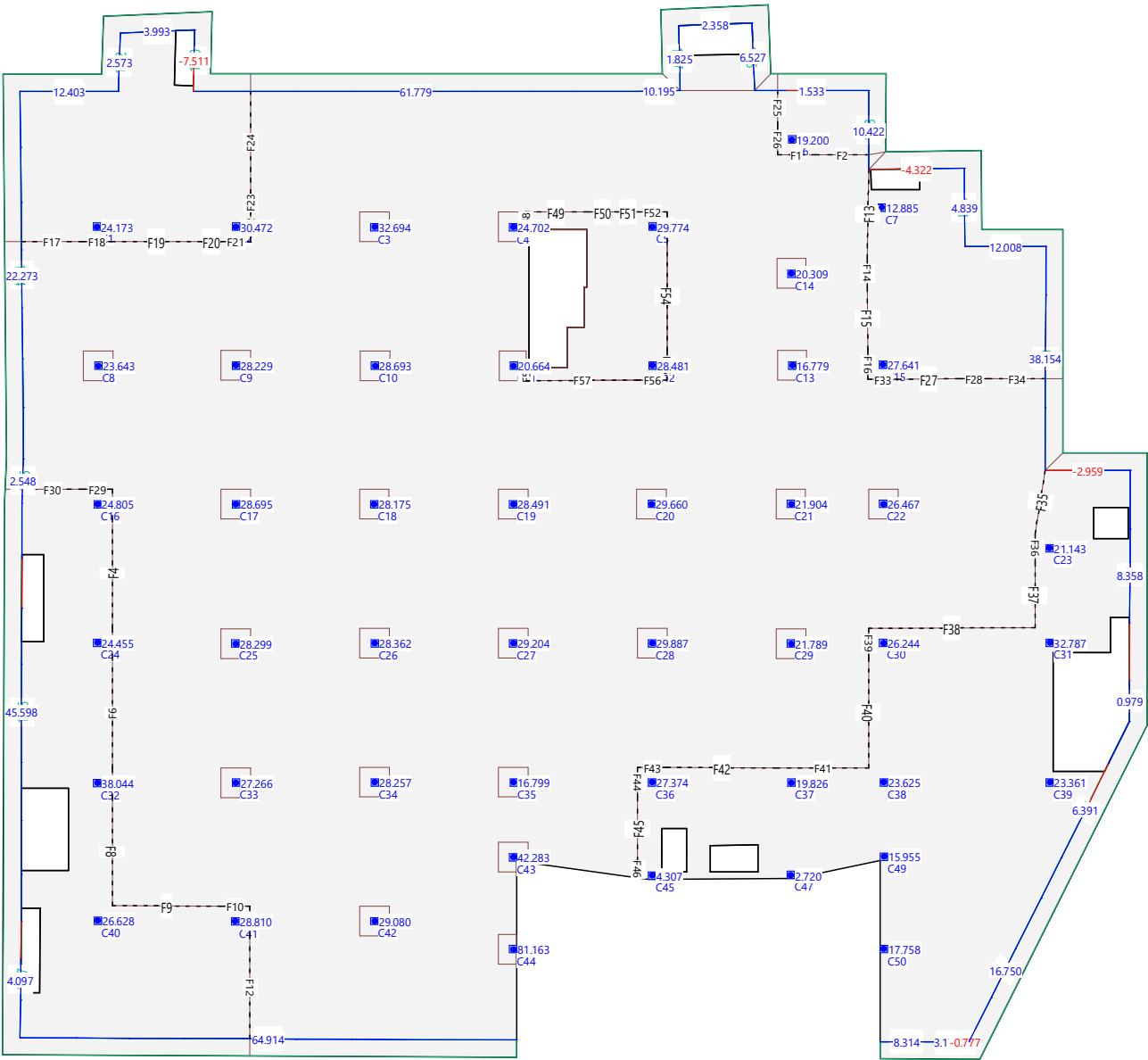
Suma de reacciones RZ = 15914.231[kN]



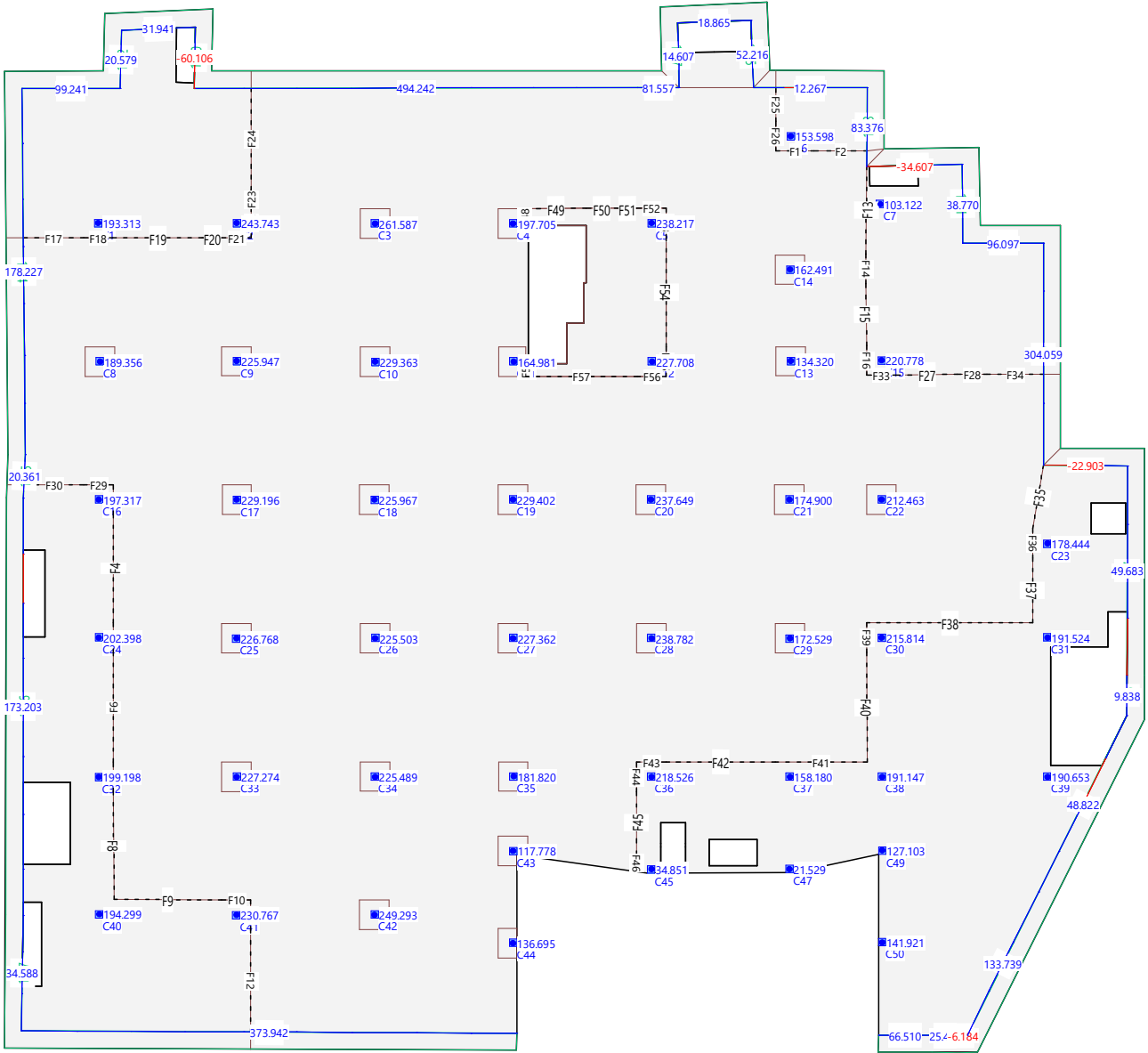
Nr.:



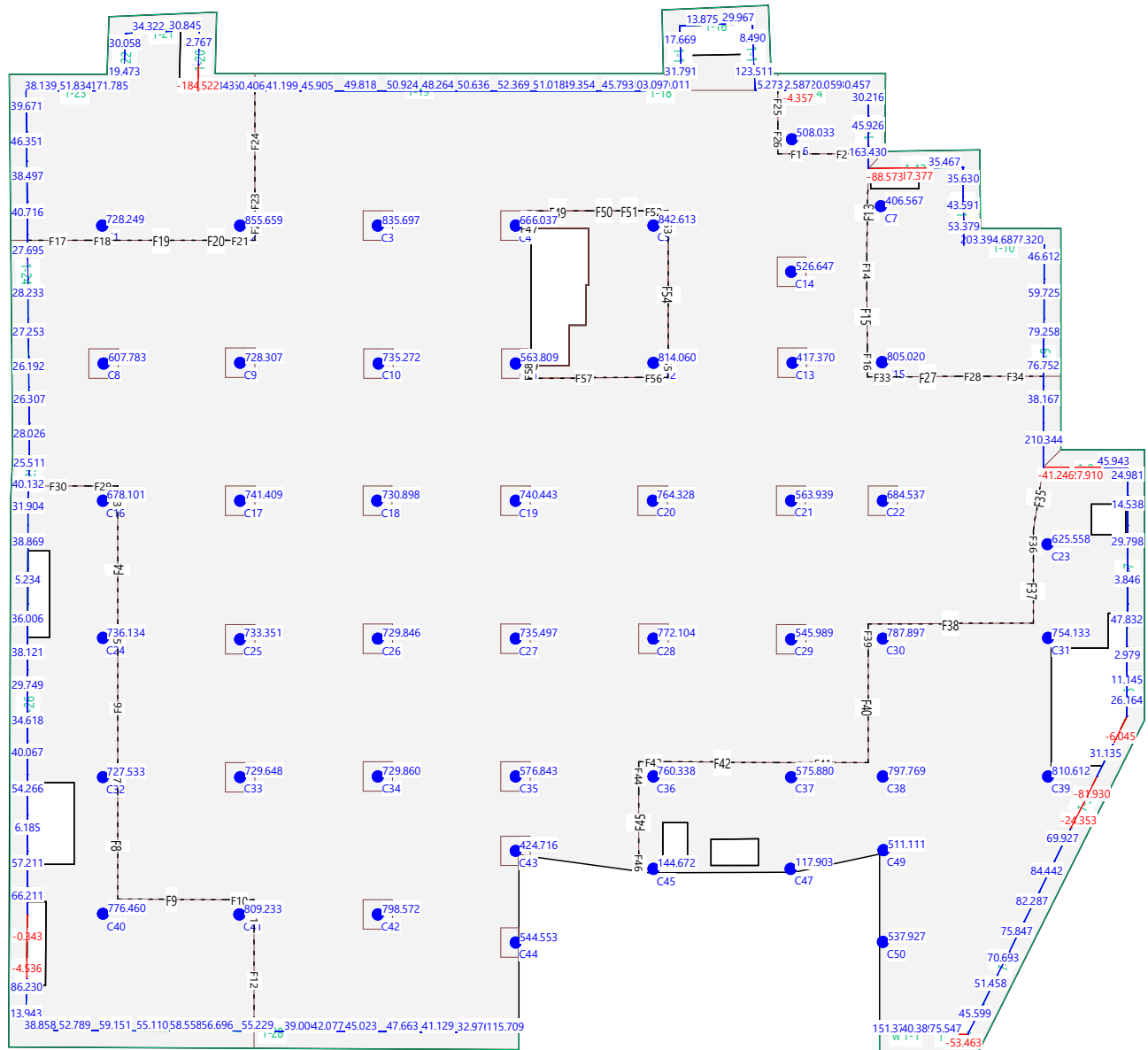
Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga CM  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 1588.401[kN]



Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga SC  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 11517.100[kN]



Envolvente de reacciones Muros y pilares: Especificación de env.: IELU  
Reacciones de muros por segmentos, Identificaciones: Pilares: [kN], Muros: [kN/m]

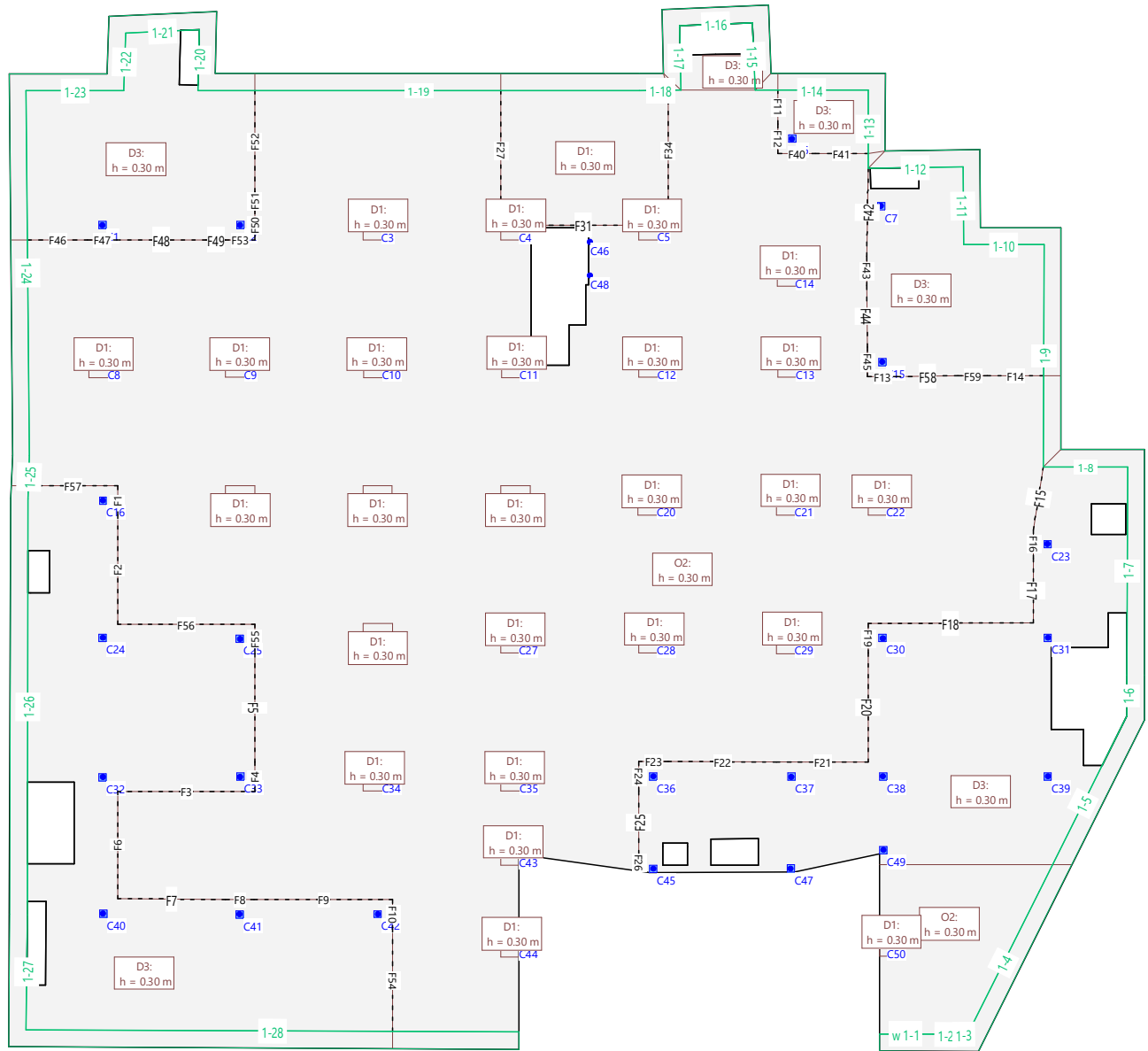


#### 2.1.4 PLANTA SÓTANO -3



Estructura

Escala 1 :364.2



DATOS de la ESTRUCTURA

MATERIALES Código: Codigo Estructural 2021

ID	Tipo	Elemento	E [kN/mm <sup>2</sup> ]	v	ρ [t/m <sup>3</sup> ]	α [‰]	Clase
C	Hormigón	(general)	32.10	0.17	2.50	0.010	HA25
CC	Hormigón	Columna	33.60	0.17	2.50	0.010	HA30
C2	Hormigón	(general)	32.10	0.17	1.50	0.010	HA25
R	Acero para armadu	(general)	205.00	0.30	8.00	0.012	B500S
S	Acero de construc	(general)	210.00	0.30	8.00	0.012	S235

MATERIAL Hormigón

ID	Clase	-f <sub>ck,cyl</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>cm</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ctm</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	τ <sub>Rd</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>ck,cube</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]
C	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000
CC	HA30	-30.0000	28.58	2.9000	0.3400	30.0000
C2	HA25	-25.0000	27.26	2.6000	0.3000	25.0000

CEDRUS 240708_LOSA_SOT-1							Página 2					
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.							pmb	30.08.24, 10:37				
							Cedrus-9 - Rel. 234 (0)					
MATERIAL Acero para armadura												
ID	Clase	-f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ε <sub>uk</sub> [‰]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]						
R	B500S	-500.0000	210.00	500.0000	20.00	500.0000						
MATERIAL Acero de construcción												
ID	Clase	-f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [kN/mm <sup>2</sup> ]	f <sub>yk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]	ε <sub>uk</sub> [‰]	f <sub>tk</sub> [N/mm <sup>2</sup> ]						
S	S235	-235.0000	210.00	235.0000	20.00	235.0000						
CAJAS DE MATERIALES: Ortótropo												
ID	d11 [1/kNm]	Matriz de rigidez d12 [1/kNm]		d22 [1/kNm]	d33 [1/kNm]	Geometría Espesor de la losa [m]		Costa de la cara superior [m]	Materiales Cuerpo		Armaduras	
O2	0.00	-0.00	0.00	0.00	0.00	0.30	0		C2	R		
CAJAS DE MATERIALES: Sin rigidez a la torsión												
ID						Geometría Espesor de la losa [m]		Costa de la cara superior [m]	f <sub>E</sub>	Materiales Cuerpo		Armaduras
D1						0.30	0	1.000		C	R	
D3						0.30	0	1.000		C	R	
CAJAS DE MATERIALES: Recubrimiento de la armadura base												
ID	Recubrimiento de la armadura				Armadura base							
	u <sub>XT</sub> [cm]	u <sub>YT</sub> [cm]	u <sub>XB</sub> [cm]	u <sub>YB</sub> [cm]	as <sub>XT</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	as <sub>YT</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	as <sub>XB</sub> [cm <sup>2</sup> /m]	as <sub>YB</sub> [cm <sup>2</sup> /m]				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	7.060	7.060	7.060	7.060				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-	-	-				
D1	5.0	5.0	5.0	5.0	-	-						

CEDRUS 240708_LOSA_SOT-1							Página 3		
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.							pmb	30.08.24, 10:37	
							Cedrus-9 - Rel. 234 (0)		
ID	Tipo	Geometría			Posición				
		Sección	dx [m]	dy [m]	X [m]	Y [m]	wx [°]		
C8	Pilar	QS	0.40	0.40	0.08	-7.51	0		
C9	Pilar	QS	0.40	0.40	7.50	-7.49	0		
C10	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-7.52	0		
C11	Pilar	QS	0.40	0.40	22.52	-7.50	0		
C12	Pilar	QS	0.40	0.40	30.03	-7.50	0		
C13	Pilar	QS	0.40	0.40	37.57	-7.49	0		
C14	Pilar	QS	0.40	0.40	37.53	-2.53	0		
C15	Pilar	QS	0.40	0.40	42.48	-7.45	0		
C16	Pilar	QS	0.40	0.40	0.03	-14.99	0		
C17	Pilar	QS	0.40	0.40	7.52	-15.00	0		
C18	Pilar	QS	0.40	0.40	14.98	-14.99	0		
C19	Pilar	QS	0.40	0.40	22.49	-14.99	0		
C20	Pilar	QS	0.40	0.40	29.97	-14.97	0		
C21	Pilar	QS	0.40	0.40	37.50	-14.98	0		
C22	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-14.98	0		
C23	Pilar	QS	0.40	0.40	51.48	-17.37	0		
C24	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-22.47	0		
C25	Pilar	QS	0.40	0.40	7.49	-22.51	0		
C26	Pilar	QS	0.40	0.40	15.02	-22.50	0		
C27	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-22.49	0		
C28	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-22.49	0		
C29	Pilar	QS	0.40	0.40	37.51	-22.51	0		
C30	Pilar	QS	0.40	0.40	42.49	-22.48	0		
C31	Pilar	QS	0.40	0.40	51.49	-22.46	0		
C32	Pilar	QS	0.40	0.40	0.02	-30.03	0		
C33	Pilar	QS	0.40	0.40	7.51	-30.02	0		
C34	Pilar	QS	0.40	0.40	15.01	-30.00	0		
C35	Pilar	QS	0.40	0.40	22.51	-30.00	0		
C36	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-30.01	0		
C37	Pilar	QS	0.40	0.40	37.52	-30.01	0		
C38	Pilar	QS	0.40	0.40	42.51	-30.01	0		
C39	Pilar	QS	0.40	0.40	51.49	-30.01	0		
C40	Pilar	QS	0.40	0.40	0.04	-37.46	0		
C41	Pilar	QS	0.40	0.40	7.48	-37.50	0		
C42	Pilar	QS	0.40	0.40	14.99	-37.50	0		
C43	Pilar	QS	0.40	0.40	22.50	-34.05	0		
C44	Pilar	QS	0.40	0.40	22.49	-39.02	0		
C45	Pilar	QS	0.40	0.40	30.00	-35.02	0		
C46	Pilar	QS2	0.10	0.10	26.53	-0.91	0		
C47	Pilar	QS	0.40	0.40	37.49	-35.01	0		
C48	Pilar	QS2	0.10	0.10	26.53	-2.76	0		
C49	Pilar	QS	0.40	0.40	42.52	-34.00	0		
C50	Pilar	QS	0.40	0.40	42.52	-38.99	0		
MUROS									
ID	Tipo Descripción	N.Lin.	sdz [kN/m²]	Apoyos srx [kN]	sry [kN]	Geometría		Materiales	
						Ancho [m]	Altura [m]	fE sdz	Cuerpo Armadura
W1	Rot. libre	No	empotrado	libre	libre	0.93	3.00	1.000	C
HIPÓTESIS DE CARGA PP									
Peso propio (Toda la estructura)									
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]		Area [m²]		Masa [t]		Subtotal Carga Z [kN]	
R1	842.27	30.0		2807.56		1578.746		-15787.297	

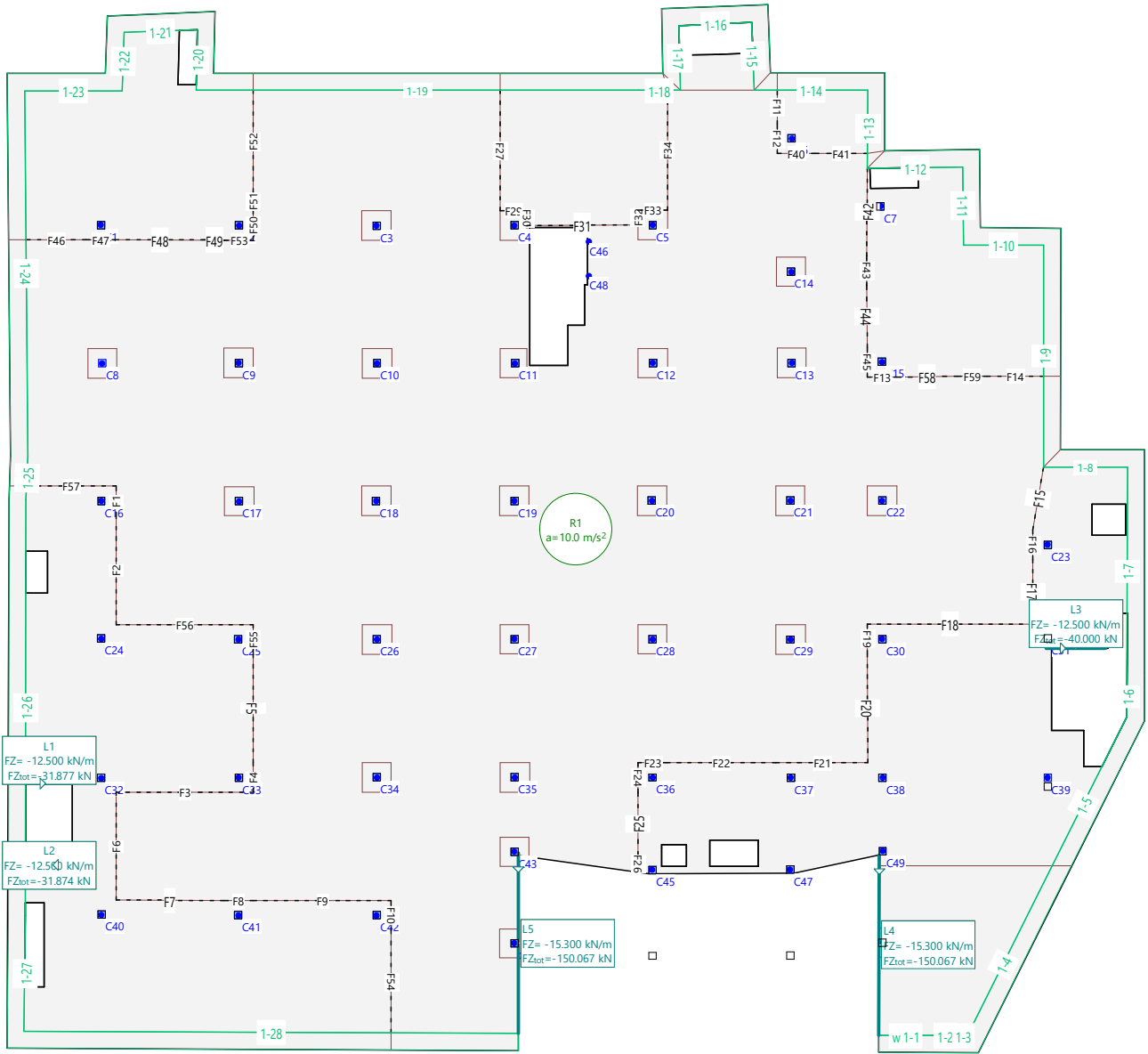
HIPÓTESIS DE CARGA PP

Suma Z

	Total Carga [kN]
Total	-16191.181

Hipótesis de carga PP

Escala 1:365.6



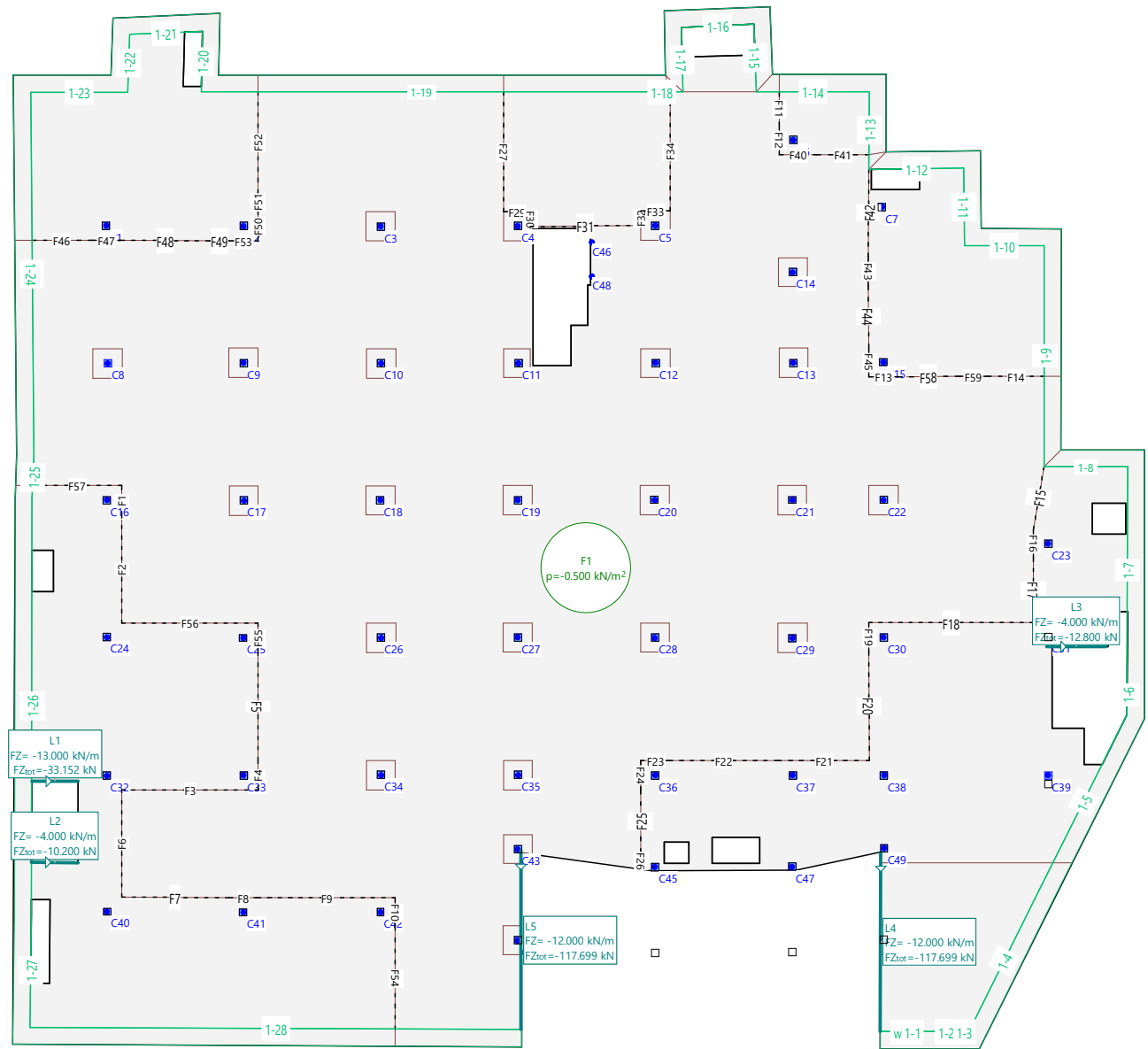
HIPÓTESIS DE CARGA CM



CEDRUS 240708_LOSA_SOT-1							Página 5
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.							30.08.24, 10:37
pmb							Cedrus-9 - Rel. 234 (0)
Carga repartida (Toda la estructura)							
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]		Carga Valor [kN/m²]		Subtotal Carga Z [kN]
F1	842.27	30.0	2807.56		-0.500		-1403.764
HIPÓTESIS DE CARGA CM							
Carga lineal							
ID	X [m]	Y [m]	Geometría	Longitud [m]	Carga MI [kNm/m]FZ [kN/m]		Subtotal Carga Z [kN]
L1	-4.07	-30.33			0	-13.000	
	-1.52	-30.33		2.55	0	-13.000	-33.152
L2	-4.08	-34.77			0	-4.000	
	-1.53	-34.78		2.55	0	-4.000	-10.200
L3	51.42	-23.00			0	-4.000	
	54.62	-23.00		3.20	0	-4.000	-12.800
L4	42.32	-34.20			0	-12.000	
	42.32	-44.01		9.81	0	-12.000	-117.699
L5	22.68	-34.11			0	-12.000	
	22.67	-43.92		9.81	0	-12.000	-117.699
HIPÓTESIS DE CARGA CM							
Suma Z							
							Total Carga [kN]
Total							-1695.314
							Nr.:

Hipótesis de carga CM

Escala 1 :365.6



HIPÓTESIS DE CARGA SC

Carga repartida (Toda la estructura)

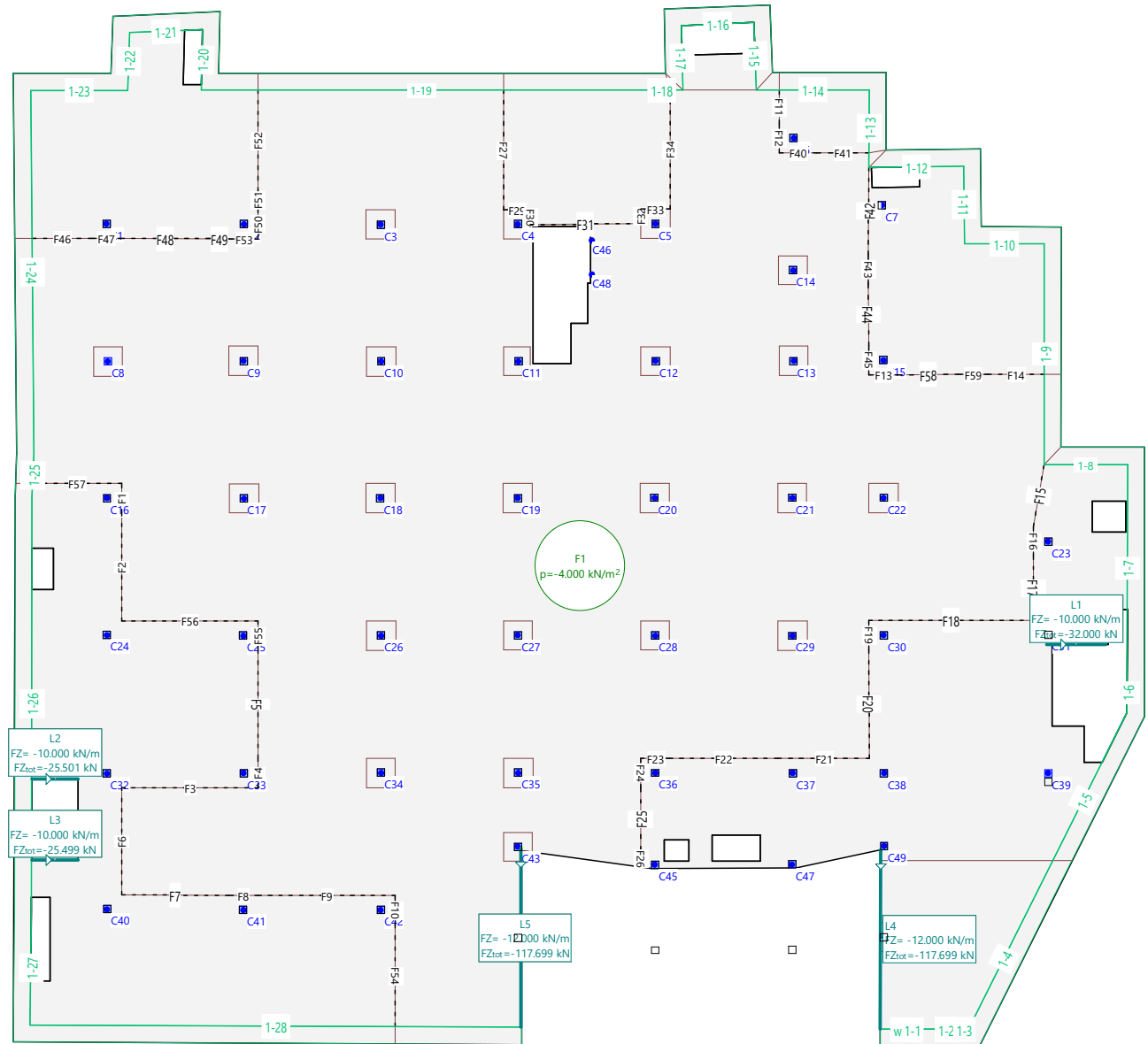
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]	Carga Valor [kN/m²]	Subtotal Carga Z [kN]
F1	842.27	30.0	2807.56	-4.000	-11230.109

HIPÓTESIS DE CARGA SC

CEDRUS 240708_LOSA_SOT-1							Página 7
FHECOR Ingenieros Consultores S.A.							30.08.24, 10:37
pmb							Cedrus-9 - Rel. 234 (0)
Carga repartida (Toda la estructura)							
ID	Volumen [m³]	Geometría Espesor [cm]	Area [m²]		Carga Valor [kN/m²]		Subtotal Carga Z [kN]
F1	842.27	30.0	2807.56		-4.000		-11230.109
HIPÓTESIS DE CARGA SC							
Carga lineal							
ID	X [m]	Y [m]	Geometría	Longitud [m]	Carga MI [kNm/m] FZ [kN/m]		Subtotal Carga Z [kN]
L1	51.42	-23.00			0	-10.000	
	54.62	-23.00		3.20	0	-10.000	-32.000
L2	-4.07	-30.33			0	-10.000	
	-1.52	-30.33		2.55	0	-10.000	-25.501
L3	-4.08	-34.77			0	-10.000	
	-1.53	-34.78		2.55	0	-10.000	-25.499
L4	42.32	-34.20			0	-12.000	
	42.32	-44.01		9.81	0	-12.000	-117.699
L5	22.66	-34.11			0	-12.000	
	22.65	-43.92		9.81	0	-12.000	-117.699
HIPÓTESIS DE CARGA SC							
Suma Z							
							Total Carga [kN]
Total							-11548.508
							Nr.:

Hipótesis de carga SC

Escala 1:365.6



### Especificación de envolventes: IELU

#### Especificación de envolventes

No	Acción Nombre	Fac	1	2	Combinaciones de acciones
1	Peso propio	1	1.35	0.8	
2	Cargas Muertas	1	1.35	0.8	
3	Sobrecargas general	1	1.5	1.5	

Fac : todos los factores de combinación son multiplicados por este factor

#### Superposiciones de hipótesis de carga para las acciones

para la especificación de envolventes IELU

Acción	Alt	aditivo	excluyente	Hipótesis de carga	Factor	Comb.
Peso propio		Permanente		PP	1.000	
Cargas Muertas		Permanente		CM	1.000	
Sobrecargas general		si es crítico		SC	1.000	

Alt : Superposición alternativa

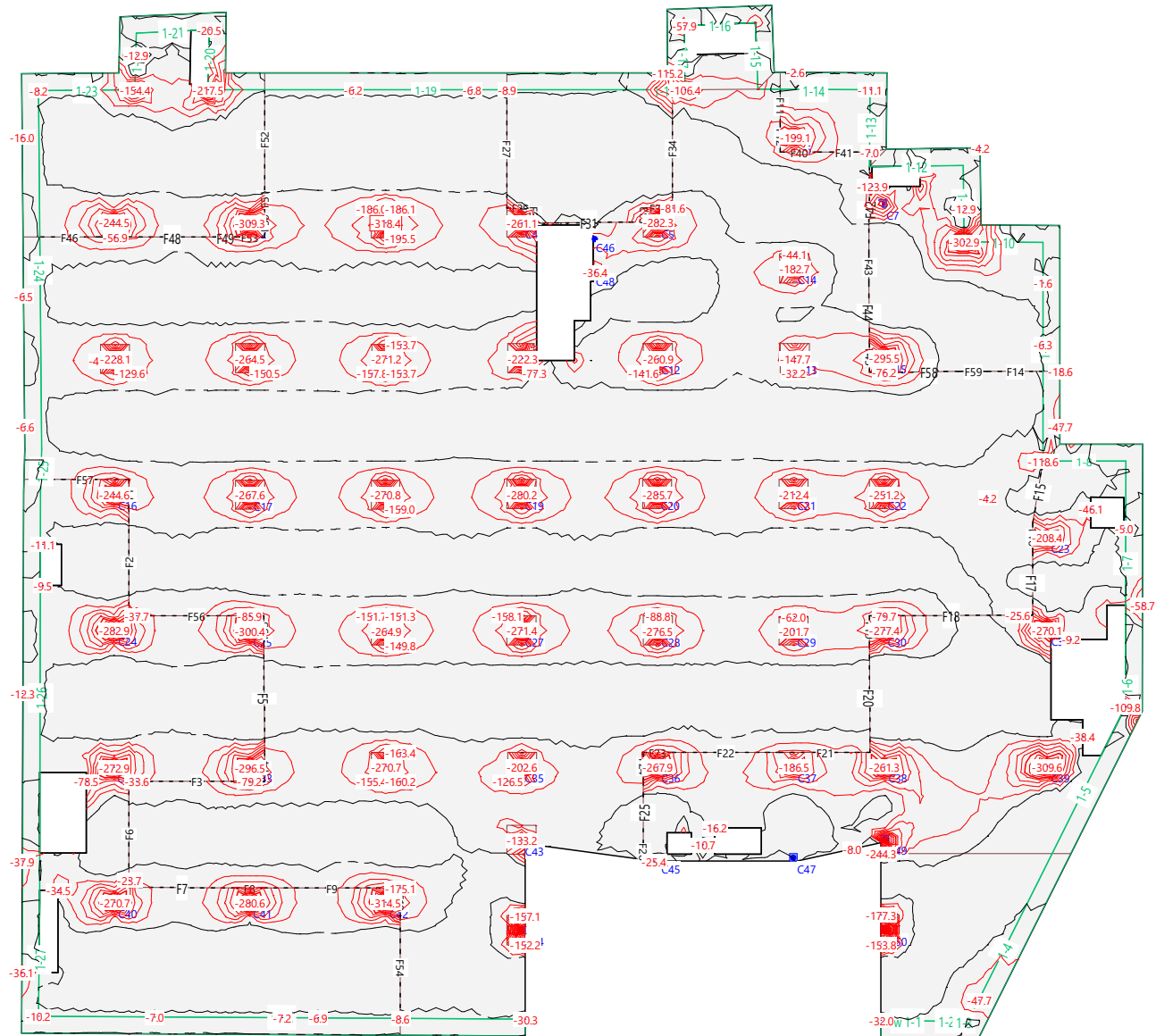
Nr.:





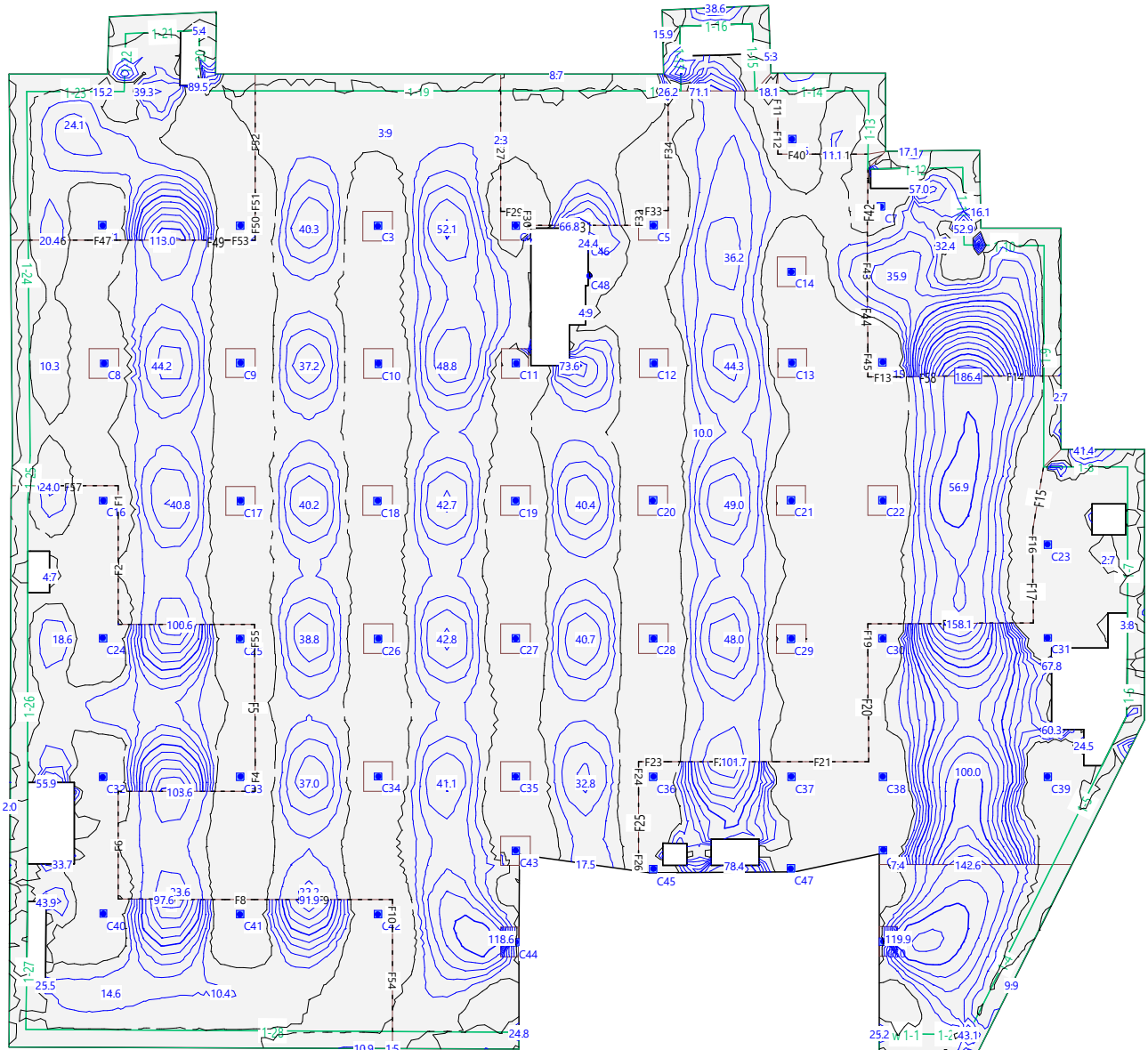
Envolvente de momentos de armado: mayt [kN], Equidistancia: 20.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

Escala 1 : 372.4



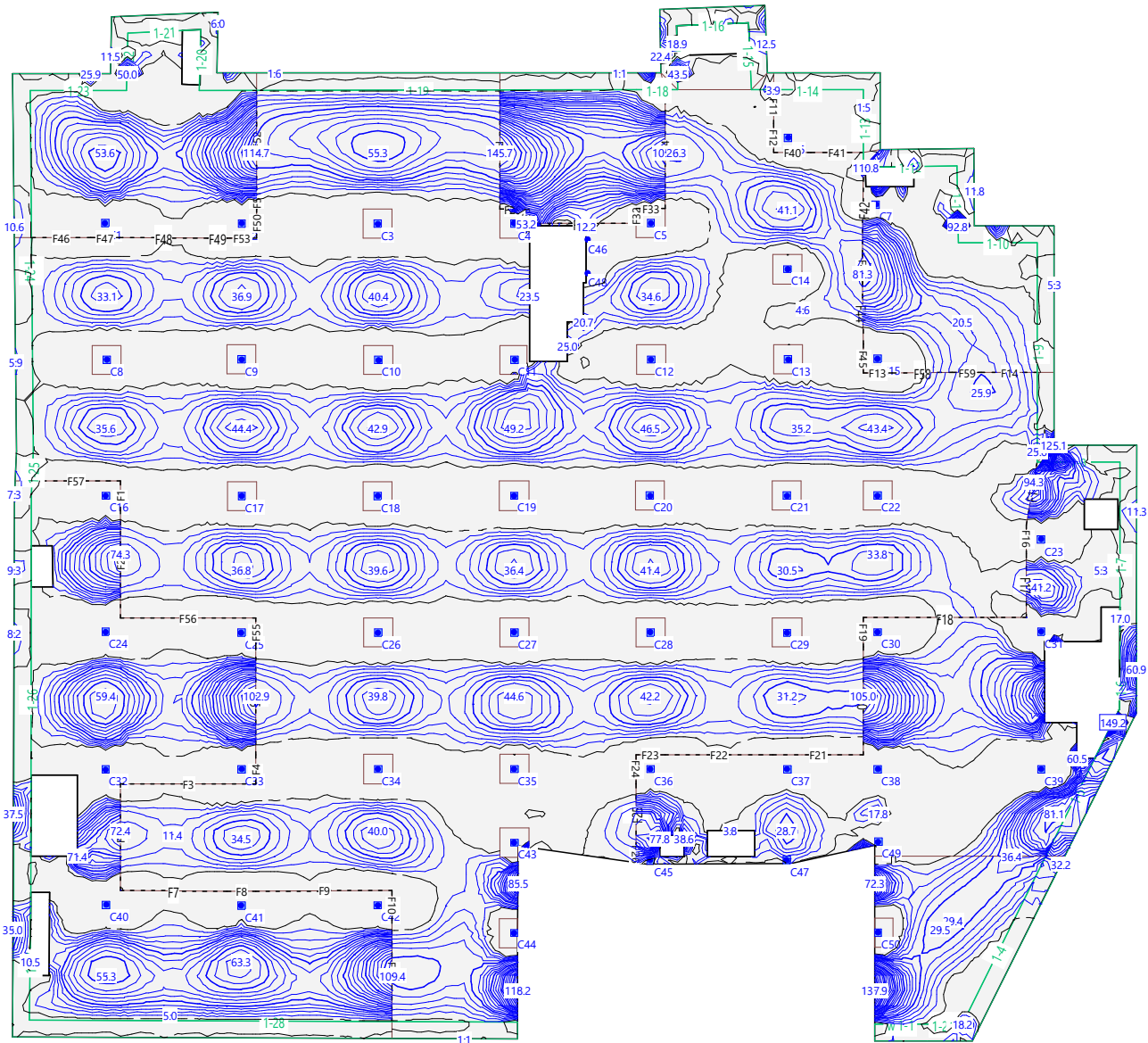
Envolvente de momentos de armado: maxb [kN], Equidistancia: 10.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

Escala 1 :366.3



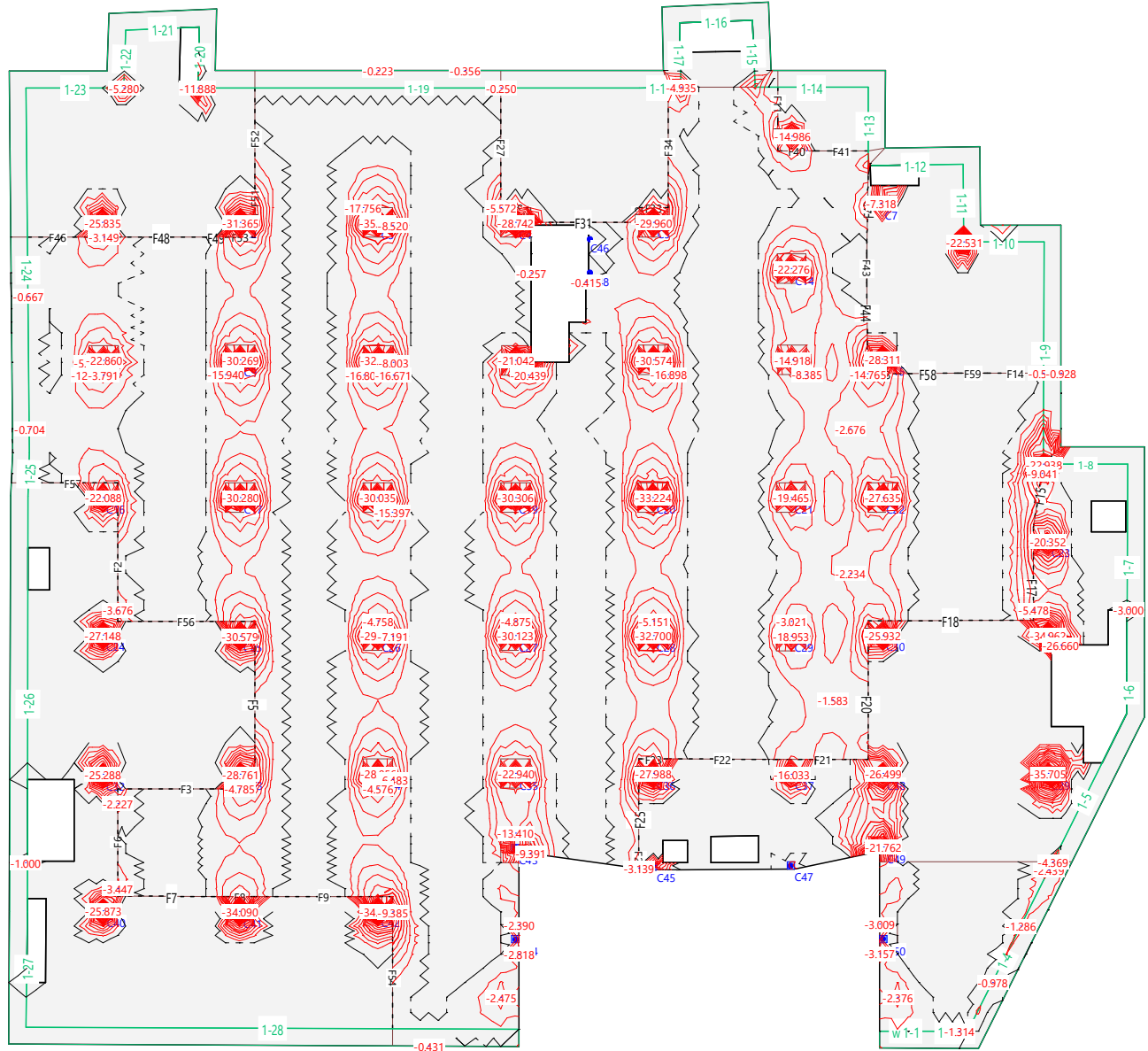
Envolvente de momentos de armado: mayb [kN], Equidistancia: 5.0 [kN], Línea de referencia: 0.0  
Especificación: IELU

Escala 1:370.8



Secciones de armadura: axt [cm2/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 1.000 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(axt)=0.6895m3 (5.413t, 6kg/m3)

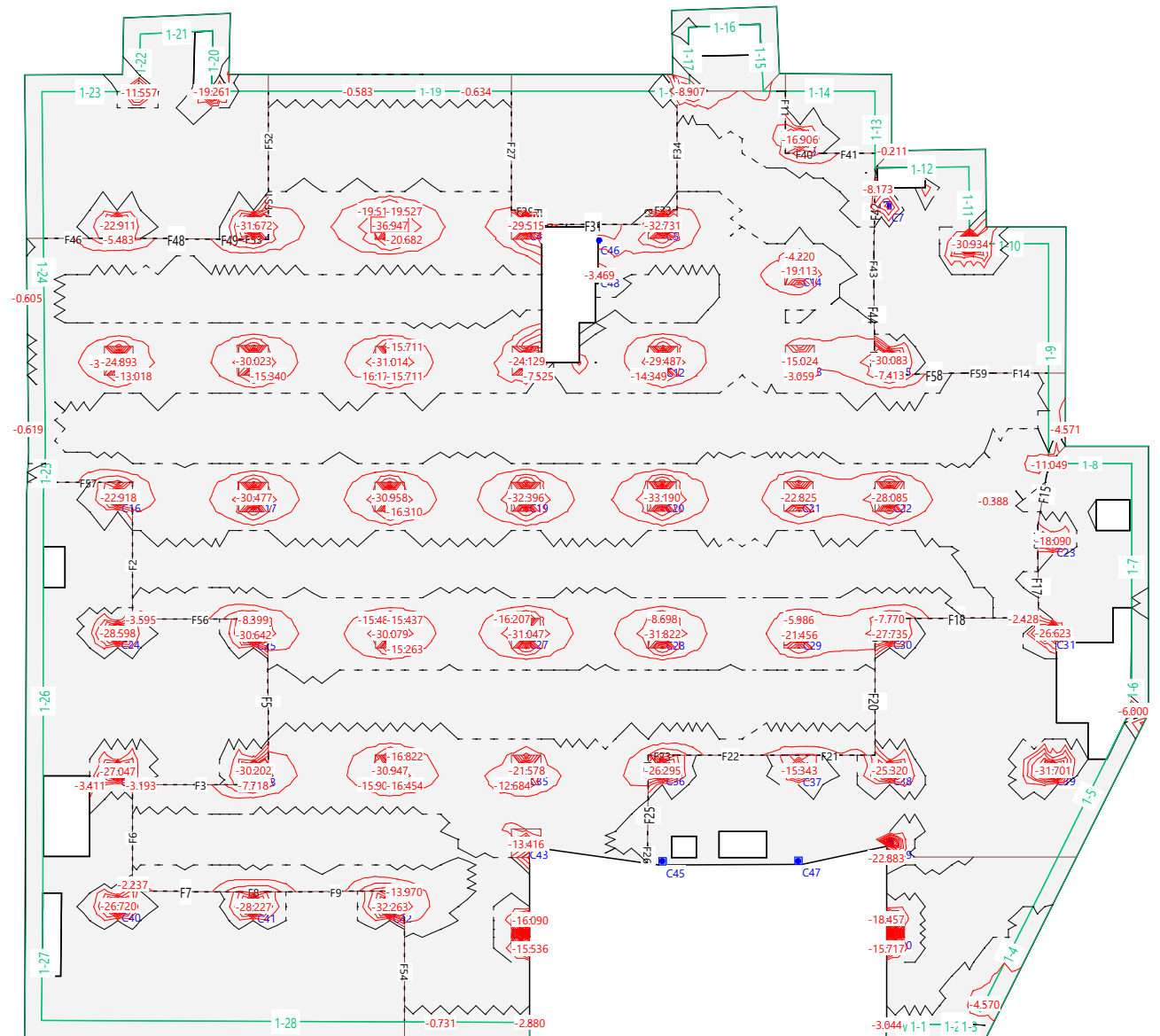
Escala 1 :364.2





Secciones de armadura: ayt [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 2.000 [cm/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(ayt)=0.6768m<sup>3</sup> (5.313t, 6kg/m<sup>3</sup>)

Escala 1:368.5

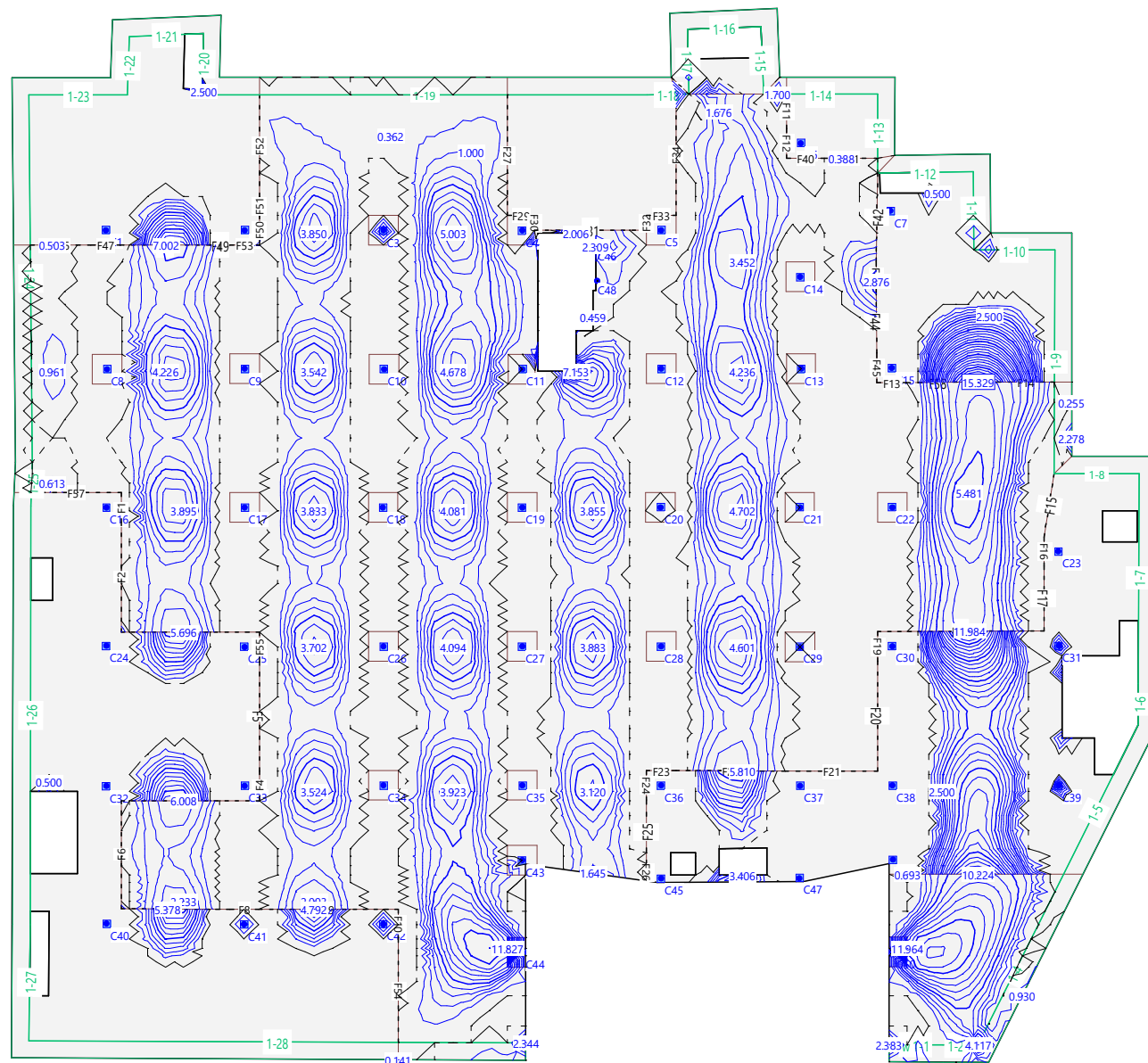


Secciones de armadura: axb [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)

Escala 1 :364.2

Equidistancia: 0.500 [cm2/m], Línea de referencia: 0.000

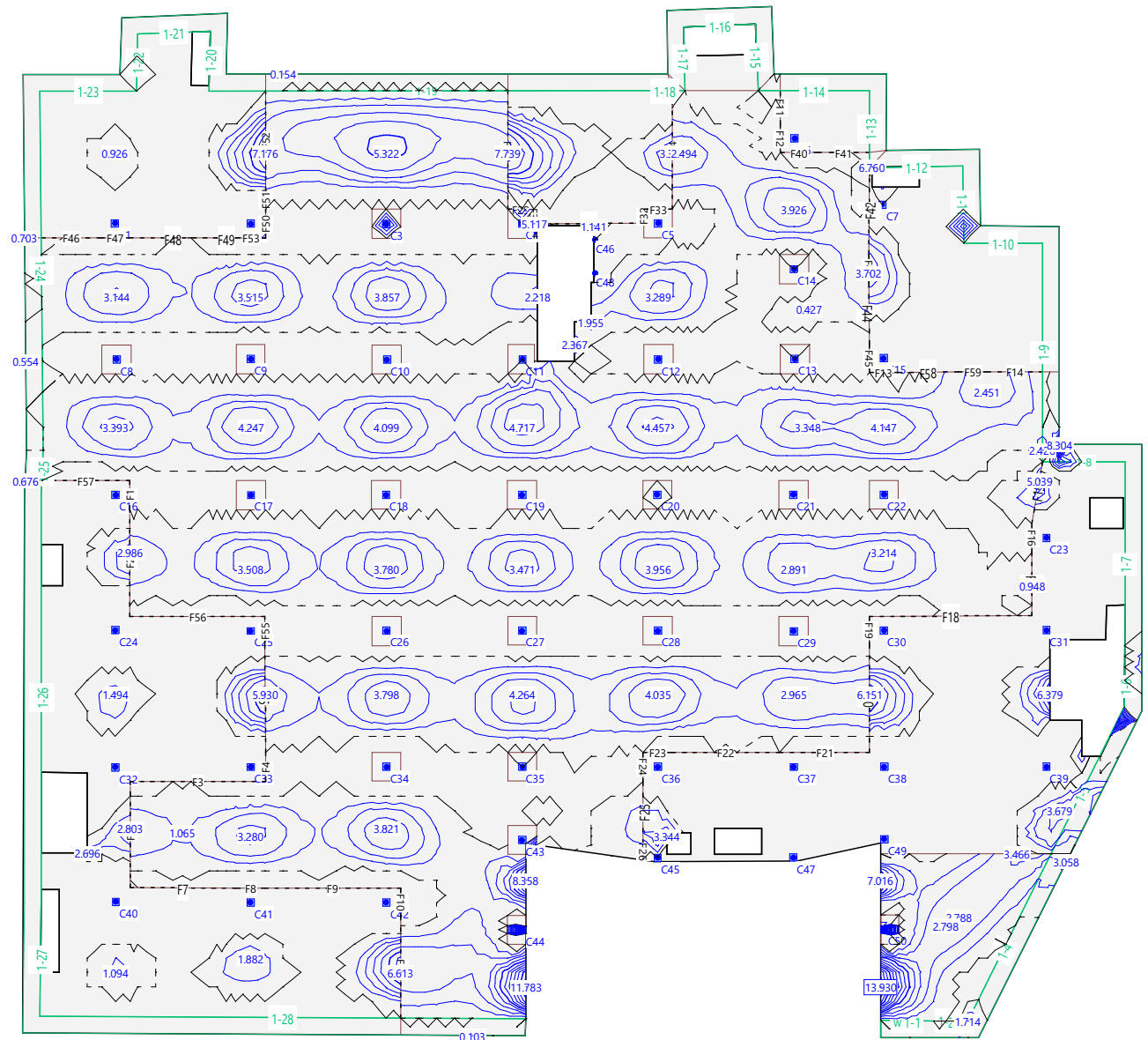
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(axb)=0.6655m3 (5.224t, 6kg/m3)



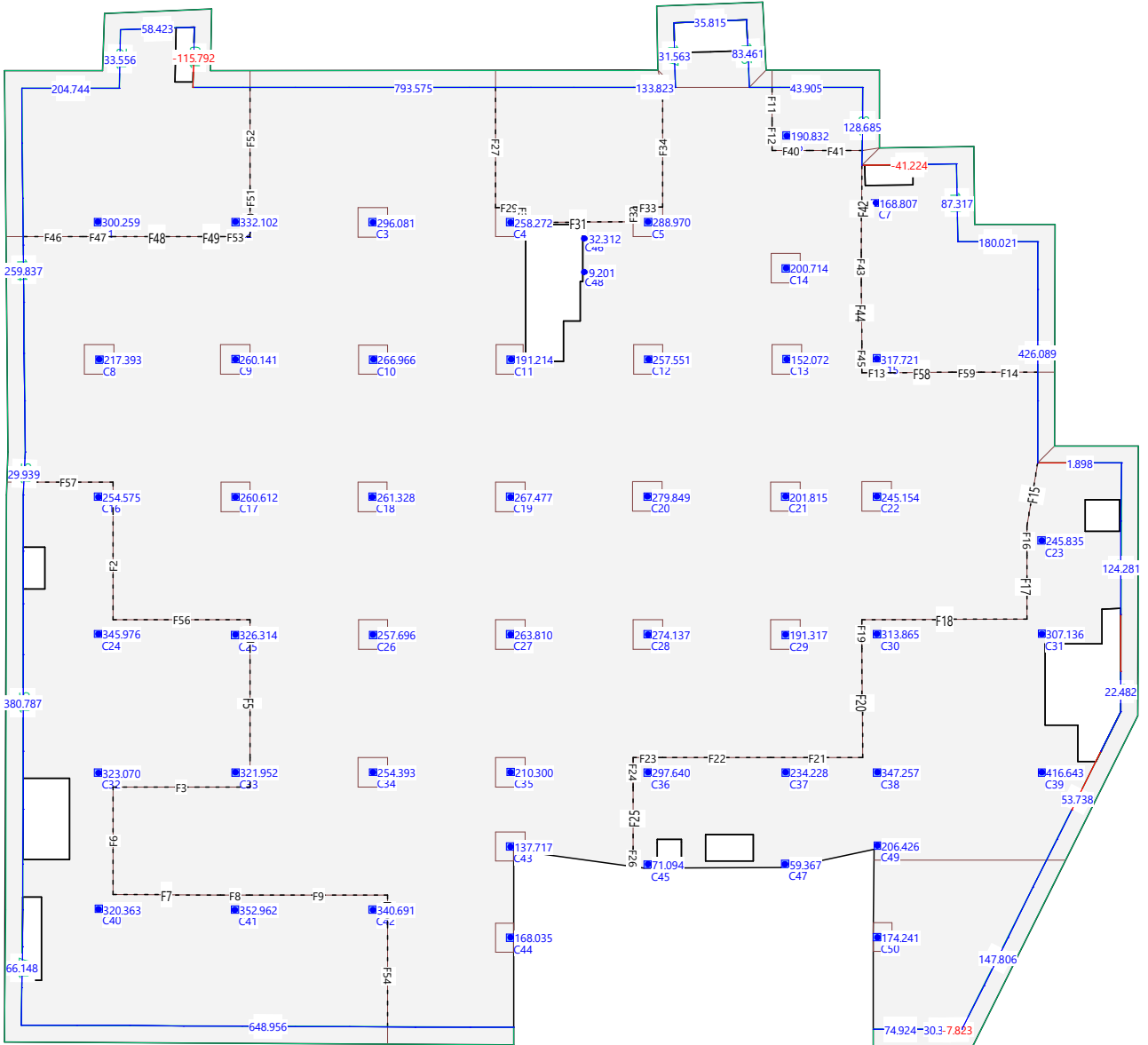
Nr.:

Secciones de armadura: ayb [cm<sup>2</sup>/m] (adicional a la armadura base)  
Equidistancia: 1.000 [cm<sup>2</sup>/m], Línea de referencia: 0.000  
Especificación de dimensionamiento: !Standard, As-tot(ayb)=0.6274m<sup>3</sup> (4.925t, 6kg/m<sup>3</sup>)

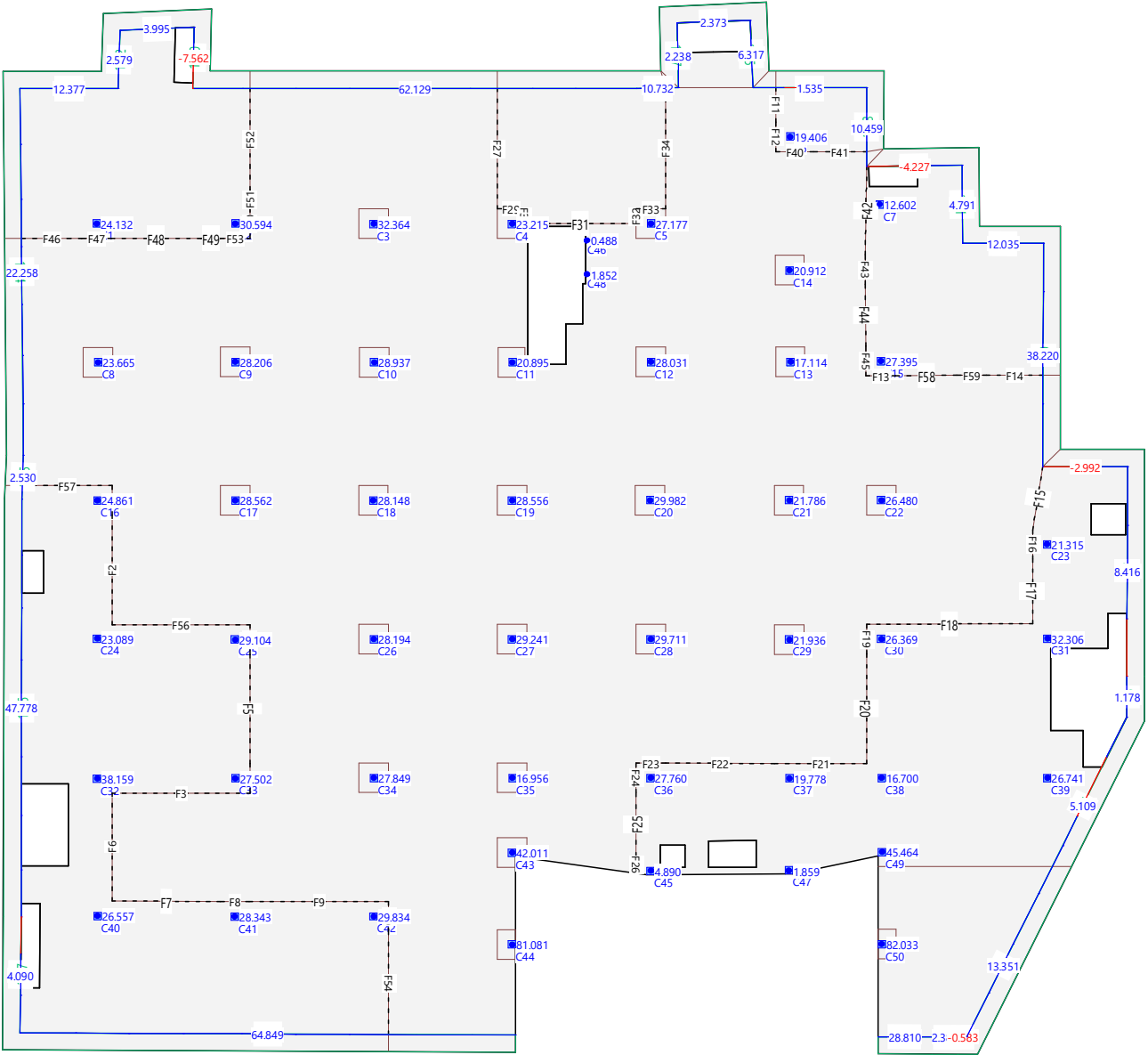
Escala 1 : 367.9



Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga PP  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 16191.181[kN]

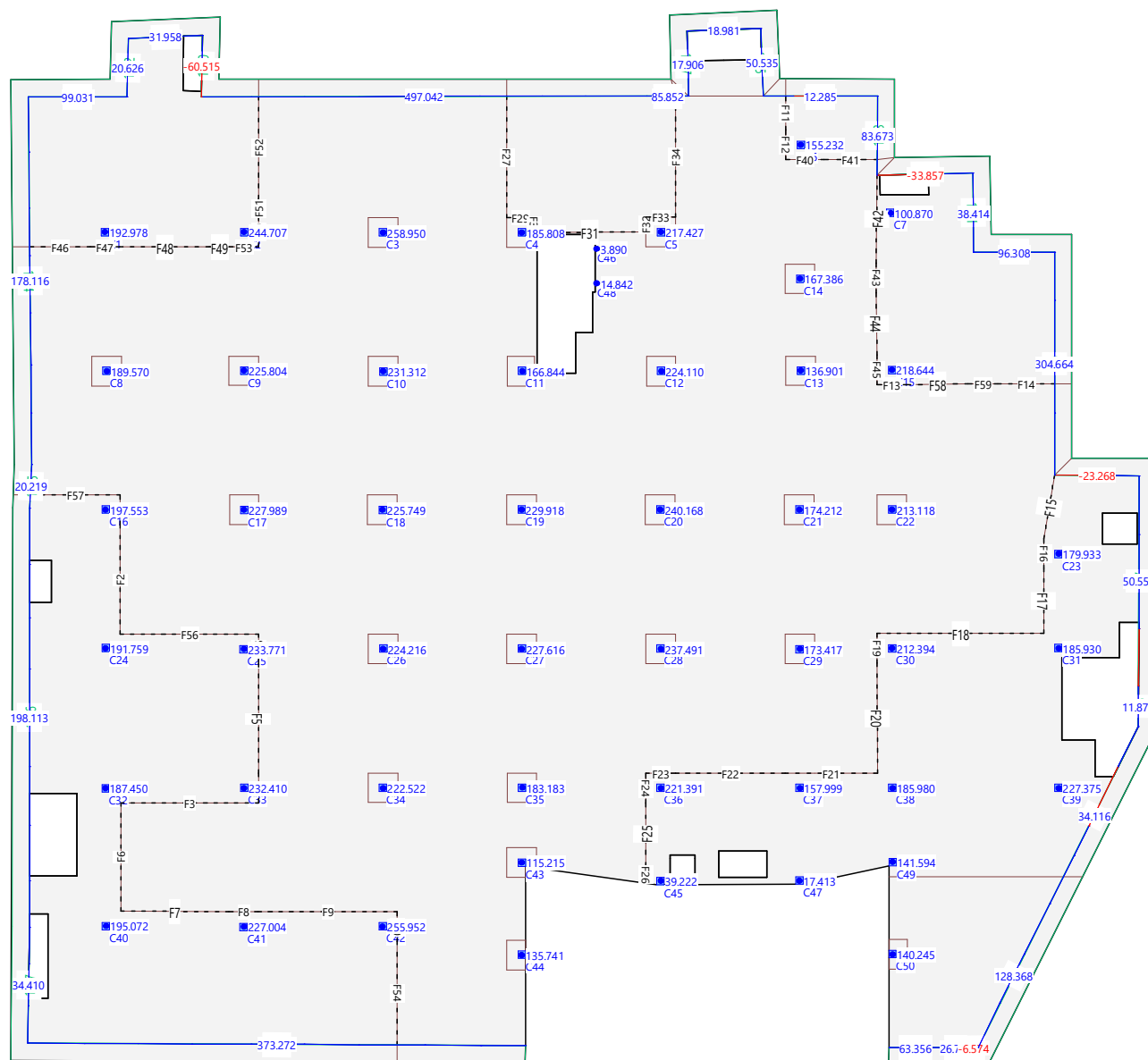


Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga CM  
Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
Suma de reacciones RZ = 1695.314[kN]



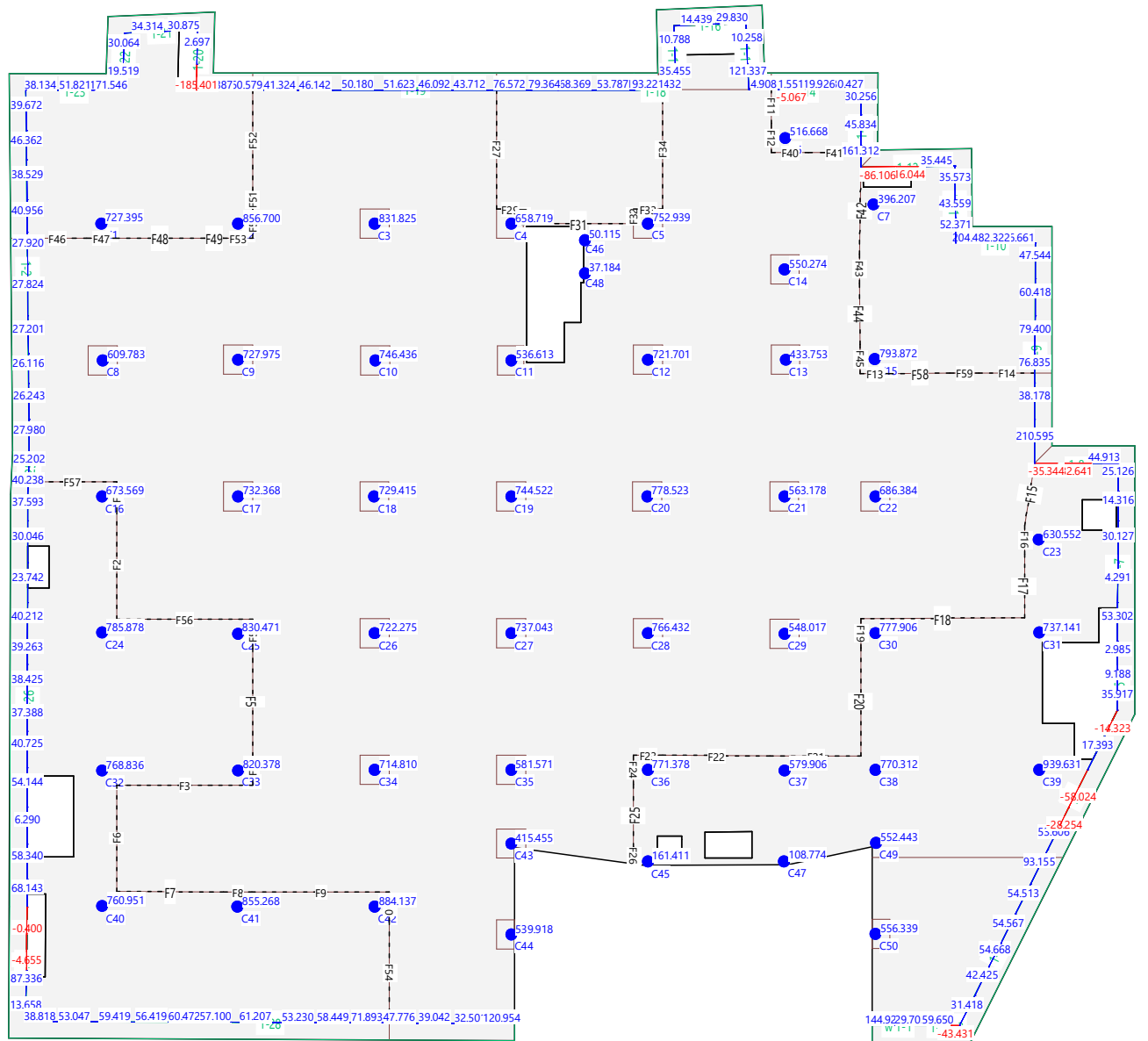


Reacciones.Fuerzas Muros y pilares: Hipótesis de carga SC  
 Texto: Pilares: [kN] Muros: [kN] (Sumas)  
 Suma de reacciones RZ = 11548.508[kN]



Nr.:

Envolvente de reacciones Muros y pilares: Especificación de env.: IELU  
Reacciones de muros por segmentos, Identificaciones: Pilares: [kN], Muros: [kN/m]



## 2.2 CALCULOS SIN DEMOLICIÓN DE ÁBACOS

### 2.2.1 ZUNCHO ZB-4

La zona a demoler junto al núcleo de escaleras del Registro Civil se realizará sin demolición de los ábacos cercanos al apoyo de la escalera. Por ello y dada la geometría se tratará de manera diferente a las demás zonas.

Se proyecta la generación de un zuncho denominado ZB-4 que se armará para transmitir el cortante hasta el ábaco del pilar.

Para armar a positivos esta zona se considera que se encuentra articulado en su conexión con el ábaco, dotando finalmente de la misma cuantía a positivos y negativos.

Del modelo de Cedrus obtenemos los siguientes valores de dimensionamiento:

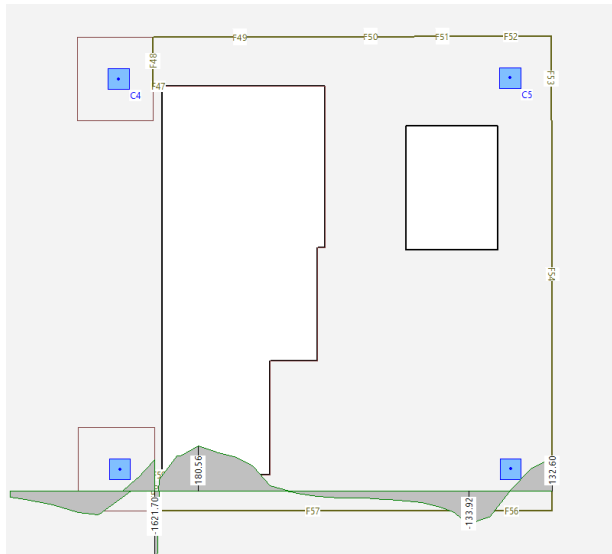
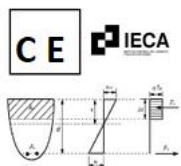


Figura 2-1 Cortante de cálculo

El momento de cálculo lo comprobaremos como el  $Vdx2.00$  m, en el borde del hueco:  $Md=360$  mkN

Mediante el prontuario del Código estructural se valida la siguiente sección:

- Dimensión mínima: 70x30
- Armado a flexión: 10Ø25
- Armado a cortante: 2cercosØ10 c/ 15 cm



*Estado Límite Último. Flexión Simple - ZUNCHO ZB-4*

**MATERIALES**

**HORMIGÓN**

fck	30 MPa
fcd	20 MPa
Ecm	32836.56803133 08 MPa

**ACERO**

Tipo Acero	Acero B
fyk	500 MPa
fyd	435 MPa

**SECCIÓN**

Usted está usando una	Sección rectangular
Área	0.21 m <sup>2</sup>
Inercia en eje X	0.00158 m
Inercia en eje Y	0.00858 m

**COMPROBACIÓN**

**Datos de diseño**

Momento de diseño (kNm)	360 kN·m
-------------------------	----------

**Resultados**

	Sección	
Mu	441.89	Momento resistido en kNm
x	78	Profundidad de la fibra neutra (mm)
1/r	0.04487	Curvatura última, en 1/m
sup	0.00350	Def. unitaria fibra sup.
inf	0.00772	Def. unitaria cdg armadura

Armadura de tracción				Armadura de compresión			
d (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	eps s	sigma s (MPa)	d (mm)	Area (mm <sup>2</sup> )	eps s	sigma s (MPa)
250.00	4908.74	0.00772	0.00772	50.00	4908.74	-0.00126	-0.00126

Punto	M (kNm)	1/r (1/m)	x (mm)	sup	inf	csup (MPa)	st (MPa)	sc (MPa)
0	0.00	0.00000	0	0.00000	0.00000	0.00	0.00	0.00
1-Fisuración	41.96	0.00059	150	-0.00009	0.00009	-1.73	11.80	-11.80
1'-Sección fisurada	41.96	0.00127	80	-0.00010	0.00028	-1.98	43.18	-7.62
Momento de diseño	360.00	0.01357	117	-0.00159	0.00248	-19.15	360.91	-181.81
2-Plastifica acero	431.94	0.01635	117	-0.00191	0.00299	-19.96	434.78	-219.09
3-Plastifica hormigón	435.09	0.01786	112	-0.00200	0.00336	-20.00	434.78	-221.46
4-Rompe hormigón	441.89	0.04487	78	-0.00350	0.00996	-20.00	434.78	-251.27

DIMENSIONAMIENTO

Datos de diseño

Md	0 kN·m
lambda	0
r	0 mm

Resultados

As tracción necesaria =

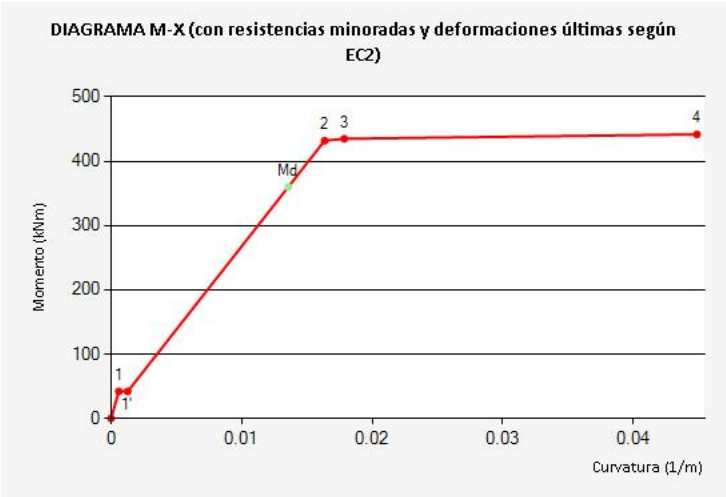
	d12	d16	d20	d25	d32
Barras					
Capas					
s (mm)					
As (mm²)					

As compresión necesaria =

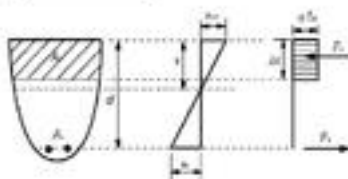
	d12	d16	d20	d25	d32
Barras					
Capas					
s (mm)					
As (mm²)					

DIAGRAMA M-X

Punto	M (kNm)	1/r (1/m)	x (mm)	sup	einf	csup (MPa)	st (MPa)	sc (MPa)
0	0.00	0.00000	0	0.00000	0.00000	0.00	0.00	0.00
1-Fisuración	41.96	0.00059	150	-0.00009	0.00009	-1.73	11.80	-11.80
1'-Sección fisurada	41.96	0.00127	80	-0.00010	0.00028	-1.98	43.18	-7.62
Momento de diseño	360.00	0.01357	117	-0.00159	0.00248	-19.15	360.91	-181.81
2-Plastifica acero	431.94	0.01635	117	-0.00191	0.00299	-19.96	434.78	-219.09
3-Plastifica hormigón	435.09	0.01786	112	-0.00200	0.00336	-20.00	434.78	-221.46
4-Rompe hormigón	441.89	0.04487	78	-0.00350	0.00996	-20.00	434.78	-251.27







*Estado Límite Último. Cortante - ZUNCHO ZB-4*

**Datos**

bw	700 mm
N (comp. Positiva)	0 kN
Tipo de sección	No pretensada
Diámetro vainas	0 mm
Nº vainas de pretensado	0 mm
Theta	26.55
ctg(Theta)	2.00
As	4908.74 mm <sup>2</sup>
d	250.00 mm
Area sección	2100.00 cm <sup>2</sup>

**COMPROBACIÓN**

**Datos de diseño**

Armadura de cortante	Sí
alfa	90
Asw	2093mm <sup>2</sup> /m
Ved	180kN

**Resultados**

Cortante resistido sin armadura (Vrd, c)	155.75kN
Cortante resistido con armadura (Vrd, s)	409.50kN
Cortante que agota la biela (Vrd, max)	665.37kN
Cortante resistido por el elemento (Vrd)	409.50kN

*El ángulo óptimo para las bielas de compresión es = 26.6°*

*Para ese ángulo la armadura de cortante necesaria es Asw = 920.00 mm<sup>2</sup>/m*

**DIMENSIONAMIENTO**

**Datos de diseño**

Ved	kN
alfa	90

**Resultados**

Asw necesaria =

	d6	d8	d10	d12
nº ramas				
s (mm)				
Asw (mm <sup>2</sup> /m)				
VRds (kN)				

### 3 ARMADO A CORTANTE

El armado inferior y superior calculado con Cedrus se considera solo para resistir la flexión. Se necesita armado adicional para resistir el cortante en 3 casos:

- Conexión muro perimetral existente con losa maciza reconstruida
- Conexión ábaco existentes con losa maciza reconstruida en forjados inferiores
- Conexión ábaco existentes con losa maciza reconstruida en forjado de cubierta

Las conexiones se realizan con taladros en la estructura existente y barras fijadas con resina. A continuación, se calculan los diámetros y las cuantías de las barras de conexión.

Nota: en los cálculos siguientes se limita la resistencia del acero aproximadamente a 125 MPa para tener en cuenta del efecto pasador. Los cálculos de los valores de resistencia se dan en la tabla validada por Fhecor.

#### Conexión muro perimetral existente con losa maciza reconstruida

Los valores de las reacciones obtenidas con los muros perimetrales se obtienen del modelo de Cedrus. Se proyectan pasadores Ø20 cada 40 cm en todo el perímetro de los forjados de plantas sótano en contacto con el muro perimetral. La resistencia por metro lineal de esta solución se establece en 85.12 kN/m<sup>2</sup> tal y como se comprueba de la hora de cálculo.

De los gráficos de reacciones presentados en los forjados se verifica que  $V_{rd} > V_{ed}$ .

En el forjado de cubierta no son necesarios conectores a cortante debido a que apoyamos la losa directamente en el muro, quedando conectado al armado existente.

#### Conexión forjado existentes con losa maciza reconstruida en forjados inferiores

Se determinan dos zonas a analizar:

- **Zonas de ábacos con cortantes**

Para estas zonas se analiza la validez de colocar 3Ø25 por ábaco. En planos se describe la nota en la cual se indica que en cada ábaco se colocarán esta cuantía contabilizada en 3 nervios. Si se revisan los datos del modelo se verifica que el cortante resistente  $3 \times 53.20 \text{ kN} = 159.60 \text{ kN}$  considerando efecto pasador.

- **Zonas intermedias de forjado reticular**

Para las zonas intermedias se coloca 1 Ø20 por nervio con una cuantía de 42.2 kN/m

#### Conexión ábaco existentes con losa maciza reconstruida en forjado de cubierta

En cubierta, las altas cargas obligan a colocar 2Ø32 cada nervio para conseguir una resistencia por metro lineal de 108.96 kN/m

# Capacidad de barras pasador

Preparado: APC

Validado: APC

Aprobado: JRM

Nombre Proyecto: [Proyecto aparcamiento Jacinto Benavente](#)

Id. Proyecto:

Edición Hoja: 0

## NORMATIVA APLICABLE

Código Modelo CEB-FIP 1990, 3.10 (Ver exposición en Hoja 2, solapa inferior)

$f_{ck}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	25		
$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	500		
$\gamma_c$	1.5		
$\gamma_s$	1.15		
$f_{cd}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	16666.67		
$f_{yd}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	434782.61		
$\sigma_s$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0.00	$\zeta$	0
$\gamma_{Rd}$	1.30		

Diámetro [mm]	Excentricidad [mm]	$\varepsilon$	$r_{s,min}$ [mm]	$r_{i,min}$ [mm]	$r_{l,min}$ [mm]	$l_a$ [mm]	Delta [mm]	$F_{ud,1}$ [kN]	$\tau$ [kN/m <sup>2</sup> ]
6	0	0.000	30	48	18	48	0.6	3.06	108385
6	5	0.489	30	48	18	48	0.6	1.68	59500
6	10	0.979	30	48	18	48	0.6	1.06	37489
6	15	1.468	30	48	18	48	0.6	0.75	26670
6	20.00	1.958	30	48	18	48	0.6	0.58	20528
8	0	0.000	40	64	24	64	0.8	5.45	108385
8	5	0.367	40	64	24	64	0.8	3.44	68370
8	10	0.734	40	64	24	64	0.8	2.33	46381
8	15	1.101	40	64	24	64	0.8	1.71	34104
8	20.00	1.468	40	64	24	64	0.8	1.34	26670
10	0	0.000	50	80	30	80	1.0	8.51	108385
10	5	0.294	50	80	30	80	1.0	5.86	74636
10	10	0.587	50	80	30	80	1.0	4.21	53609
10	15	0.881	50	80	30	80	1.0	3.19	40657
10	20.00	1.175	50	80	30	80	1.0	2.54	32329
12	0	0.000	60	96	36	96	1.2	12.26	108385
12	5	0.245	60	96	36	96	1.2	8.96	79255
12	10	0.489	60	96	36	96	1.2	6.73	59500
12	15	0.734	60	96	36	96	1.2	5.25	46381
12	20.00	0.979	60	96	36	96	1.2	4.24	37489
14	0	0.000	70	112	42	112	1.4	16.68	108385
14	5	0.210	70	112	42	112	1.4	12.74	82786
14	10	0.420	70	112	42	112	1.4	9.90	64344
14	15	0.629	70	112	42	112	1.4	7.91	51364
14	20.00	0.839	70	112	42	112	1.4	6.49	42163
16	0	0.000	80	128	48	128	1.6	21.79	108385
16	5	0.184	80	128	48	128	1.6	17.20	85566
16	10	0.367	80	128	48	128	1.6	13.75	68370
16	15	0.551	80	128	48	128	1.6	11.20	55706
16	20.00	0.734	80	128	48	128	1.6	9.33	46381
20	0	0.000	100	160	60	160	2.0	34.05	108385
20	5	0.147	100	160	60	160	2.0	28.17	89652

20	10	0.294	100	160	60	160	2.0	23.45	74636
20	15	0.441	100	160	60	160	2.0	19.74	62830
20	20.00	0.587	100	160	60	160	2.0	16.84	53609
25	0	0.000	125	200	75	200	2.5	53.20	108385
25	5	0.117	125	200	75	200	2.5	45.70	93090
25	10	0.235	125	200	75	200	2.5	39.38	80224
25	15	0.352	125	200	75	200	2.5	34.15	69563
25	20.00	0.470	125	200	75	200	2.5	29.84	60799
32	0	0.000	160	256	96	256	3.2	87.17	108385
32	5	0.092	160	256	96	256	3.2	77.39	96223
32	10	0.184	160	256	96	256	3.2	68.82	85566
32	15	0.275	160	256	96	256	3.2	61.38	76325
32	20.00	0.367	160	256	96	256	3.2	54.99	68370

## 4 CONTENCIONES

Como se ha explicado en la memoria de cálculo los parámetros del terreno considerados serán, de manera conservadora y a falta de verificación durante la fase de ejecución, rellenos para todos los cálculos realizados.

### 4.1 PANTALLA DE MICROPILOTES Y MUROS ACTUACIÓN CALLE CARRETAS

La solución final será la ejecución de una pantalla de micropilotes provisional, con arriostramiento en cabeza que deberá mantenerse hasta la ejecución de los muros en ménsula que dote de rigidez suficiente al conjunto.

De manera conservadora y debido a la falta de datos del terreno, se considera que los muros en ménsula sustentarán el 100% de la carga del terreno en su trasdós.

Se limita la deformación de la pantalla a 15 mm en cabeza y 25 mm en tramos intermedios.

Se considera una sobrecarga en el trasdós de  $5 \text{ kN/m}^2$  que deberá controlarse en la fase de excavación de la pantalla.

Para el cálculo se han considerado 3 secciones (S1, S2 y S3) debido a que la excavación de la actuación se realizará en 3 plataformas distintas, correspondiendo con la cota baja de los 2 rellanos de las escaleras y la cota de fondo de la solera que se corresponde con la planta Sótano -1.

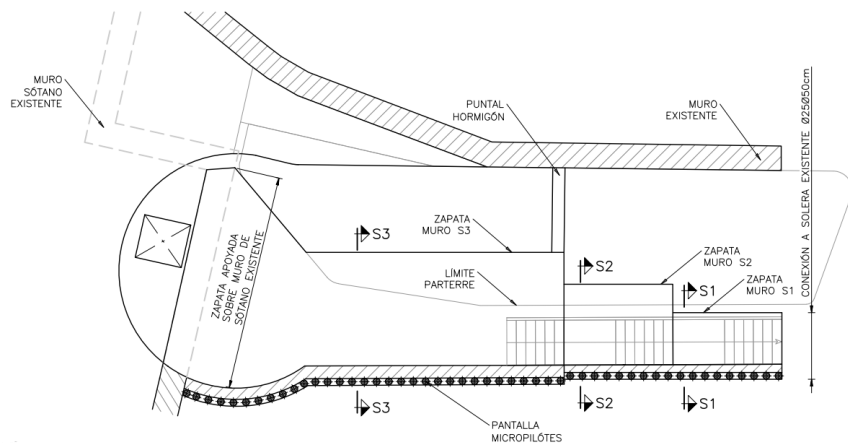


Figura 4-1 Planta considerada

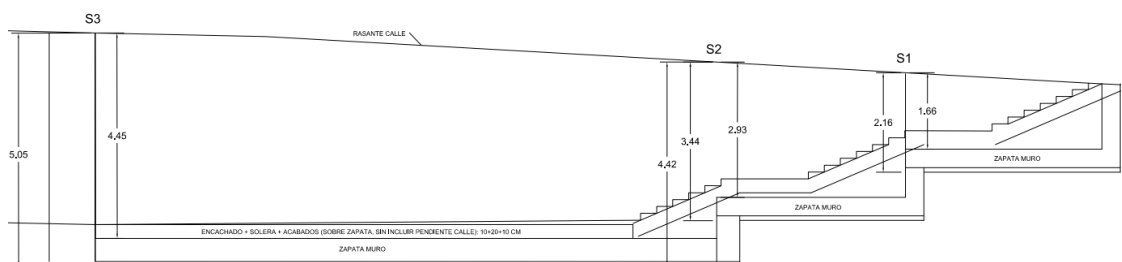


Figura 4-2 Sección longitudinal considerada

La pantalla de micropilotes se ha modelado con el programa CYPE y su módulo StruBIM Embedded Walls y los muros en ménsula se han calculado con las hojas de cálculo validadas de Fhecor.

Los resultados del cálculo se muestran a continuación:



## 4.2 MUROS CALLE DOCTOR CORTEZ

Para realizar la actuación del relleno del actual tramo exterior del bybass de la calle Doctor Cortez será necesario la ejecución de muros que sustenten el relleno previsto de 4.00 m. Los muros tienen un espesor constante de 30 cm.

Se consideran muros apoyados en cabeza, conectados al forjado de nueva ejecución o con los estampidores de hormigón a la solera existente.

Es por ello que no se podrá rellenar la zona hasta que los muros queden conectados en cabeza tal y como se describe en los planos del proyecto.

Los muros se han calculado considerando las cargas a aplicadas a un elemento barra para determinar el momento y cortante máximo solicitante. Con esos valores se determina la armadura necesaria para resistirlos.

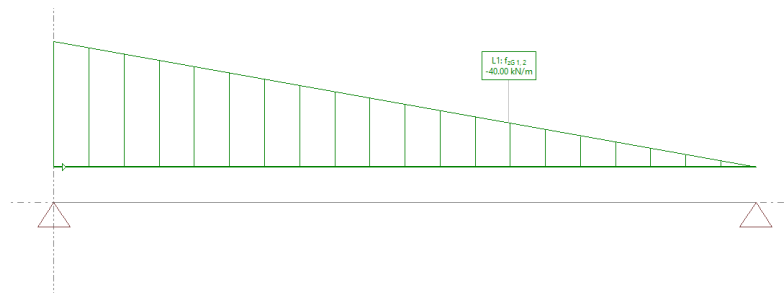


Figura 4-3 Cargas de terreno considerada

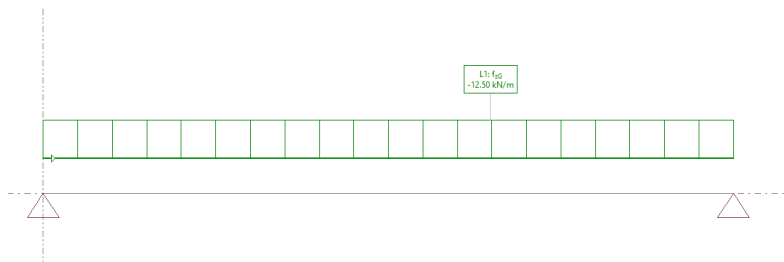


Figura 4-4 Sobrecarga considerada

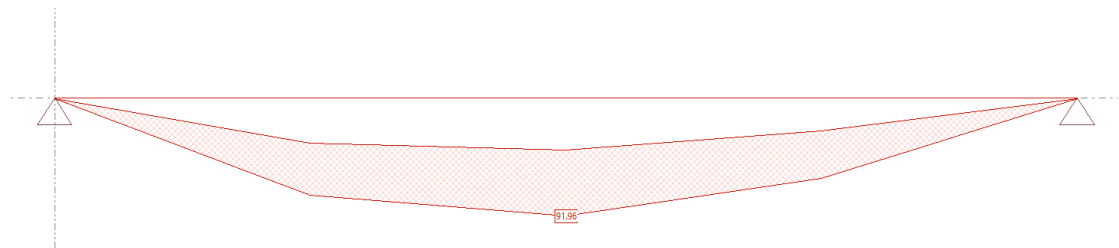


Figura 4-5 Ley de momentos en ELU

Con este valor de momento máximo se dimensiona el armado necesario en el muro:

$M_d = 92 \text{ mkN} \rightarrow A_s \cdot f_{yd} = M/z \rightarrow A_s = 6.71 \text{ cm}^2/\text{m}$ . Se dispone de armado  $\varnothing 12/0.15$  con una cuantía por metro lineal de  $7.53 \text{ cm}^2/\text{m}$  cumpliendo armados mínimos según el Anejo 19 del Código Estructural.

## ÍNDICE

<b>1. NORMA Y MATERIALES</b>	<b>2</b>
<b>2. ACCIONES</b>	<b>2</b>
<b>3. DATOS GENERALES</b>	<b>2</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO</b>	<b>2</b>
<b>5. GEOMETRÍA</b>	<b>2</b>
<b>6. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA</b>	<b>2</b>
<b>7. ESQUEMA DE LAS FASES</b>	<b>3</b>
<b>8. CARGAS</b>	<b>5</b>
<b>9. ELEMENTOS DE APOYO</b>	<b>5</b>
<b>10. RESULTADOS DE LAS FASES</b>	<b>5</b>
<b>11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO</b>	<b>7</b>
<b>12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)</b>	<b>7</b>



## 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-30,  $Y_c=1.5$

Clase de exposición: Clase IIa

## 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

## 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

## 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

### ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 20.0 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 10.0 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 6700.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 6700.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00

## 5. GEOMETRÍA

Altura total: 12.00 m  
Diámetro: 25.00 cm  
Separación: 45.00 cm  
Serie de micropilotes: BRAXIMA  
Perfil: 193.7x12

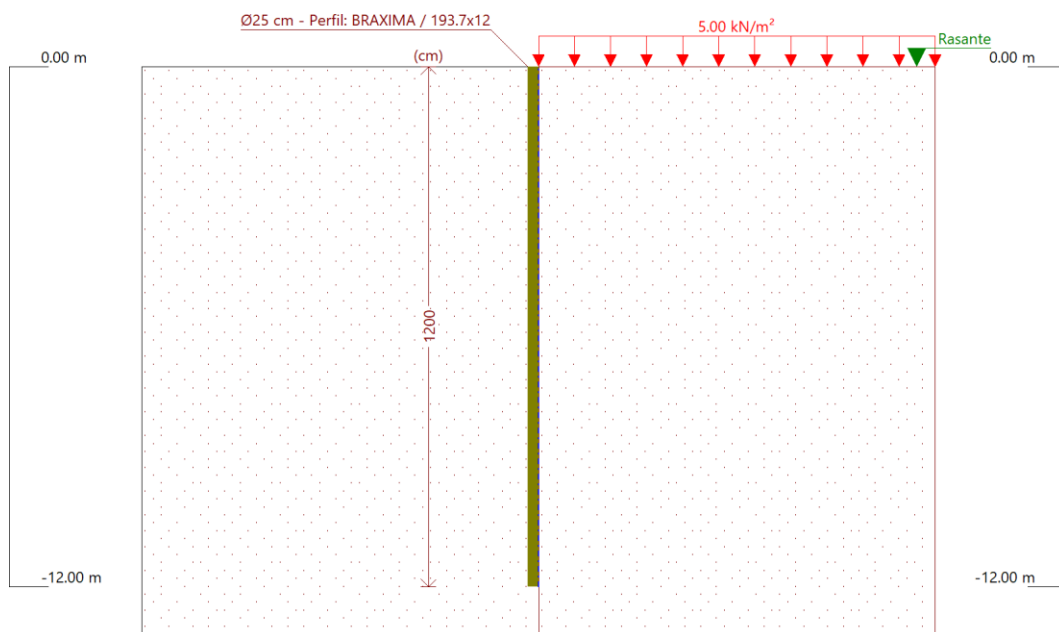
## 6. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Referencia: 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S1 (SECCIÓN S1)		
Comprobación	Valores	Estado
Esbeltez máxima:	Máximo: 200 Calculado: 69.1	Cumple
Tensión máxima: - Acero:	Máximo: 260 MPa Calculado: 19.9 MPa	Cumple

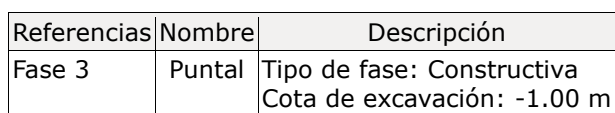
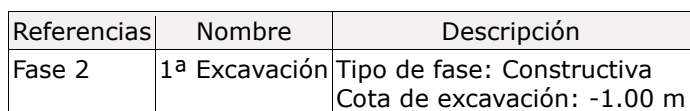


Referencia: 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S1 (SECCIÓN S1)		
Comprobación	Valores	Estado
- Hormigón:	Máximo: 12 MPa Calculado: 1.2 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 4.38 kN; Momento: -6.80 kN·m; Cortante: -1.10 kN		
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 4.38 kN; Momento: -6.80 kN·m; Cortante: -1.10 kN		
- Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 25.00 cm)		

## 7. ESQUEMA DE LAS FASES



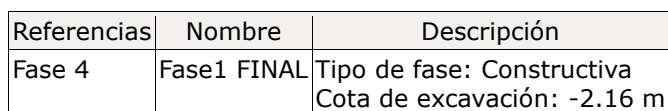
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 0	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: 0.00 m







Fecha: 30/08/24



## CARGAS EN EL TRASDÓS

## 9. ELEMENTOS DE APOYO

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -0.40 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	Puntal	Fase1 FINAL

Esfuerzos sin mayorar.

*FASE 1: FASE 0*

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.21	-0.00	0.21	-0.00	1.67	0.00
-1.00	-0.20	3.47	0.04	0.12	-0.13	0.00
-2.00	-0.19	6.95	-0.04	0.10	-0.03	0.00
-3.00	-0.19	10.42	-0.05	0.05	0.02	0.00
-4.00	-0.19	13.90	-0.03	0.02	0.02	0.00



## Selección de listados

SECCIÓN S1

Fecha: 30/08/24

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-5.00	-0.19	17.37	-0.01	-0.00	0.01	0.00
-6.00	-0.19	20.85	-0.00	-0.00	0.01	0.00
-7.00	-0.19	24.32	0.00	-0.00	0.00	0.00
-8.00	-0.19	27.79	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-9.00	-0.19	31.27	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-10.00	-0.19	34.74	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-11.00	-0.19	38.22	-0.00	0.00	-0.00	0.00
-12.00	-0.19	41.69	0.00	-0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.19 Cota: -3.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	0.21 Cota: 0.00 m	0.12 Cota: -1.25 m	1.67 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.21 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-0.05 Cota: -2.50 m	-0.01 Cota: -6.25 m	-0.26 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 0.00 m

### FASE 2: 1ª EXCAVACIÓN

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-3.00	-0.00	0.21	0.00	1.67	0.00
-1.00	-2.19	3.47	3.96	1.87	8.33	0.00
-2.00	-1.48	6.95	2.16	5.98	-4.91	0.00
-3.00	-1.05	10.42	-1.92	5.35	-1.59	0.00
-4.00	-0.88	13.90	-2.44	2.90	0.68	0.00
-5.00	-0.86	17.37	-1.54	0.98	1.02	0.00
-6.00	-0.88	20.85	-0.64	0.03	0.68	0.00
-7.00	-0.91	24.32	-0.11	-0.25	0.29	0.00
-8.00	-0.93	27.79	0.08	-0.22	0.06	0.00
-9.00	-0.94	31.27	0.10	-0.12	-0.03	0.00
-10.00	-0.94	34.74	0.06	-0.04	-0.04	0.00
-11.00	-0.93	38.22	0.02	-0.01	-0.03	0.00
-12.00	-0.93	41.69	0.00	0.00	-0.01	0.00
Máximos	-0.86 Cota: -4.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	6.04 Cota: -1.25 m	6.22 Cota: -2.25 m	8.33 Cota: -1.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-3.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-2.53 Cota: -3.75 m	-0.26 Cota: -7.25 m	-5.42 Cota: -1.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

### FASE 3: PUNTAL

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-3.00	-0.00	0.21	-0.00	1.67	0.00
-1.00	-2.19	3.47	3.96	1.87	8.33	0.00
-2.25	-1.34	7.82	0.93	6.22	-4.83	0.00
-3.50	-0.94	12.16	-2.50	4.15	-0.11	0.00
-4.75	-0.86	16.50	-1.80	1.37	1.03	0.00
-6.00	-0.88	20.85	-0.64	0.03	0.68	0.00
-7.25	-0.92	25.19	-0.04	-0.26	0.22	0.00
-8.50	-0.93	29.53	0.10	-0.17	0.00	0.00
-9.75	-0.94	33.87	0.07	-0.06	-0.04	0.00
-11.00	-0.93	38.22	0.02	-0.01	-0.03	0.00
Máximos	-0.86 Cota: -4.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	6.04 Cota: -1.25 m	6.22 Cota: -2.25 m	8.33 Cota: -1.00 m	0.00 Cota: 0.00 m



# Selección de listados

SECCIÓN S1

Fecha: 30/08/24

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
Mínimos	-3.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-2.53 Cota: -3.75 m	-0.26 Cota: -7.25 m	-5.42 Cota: -1.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 4: FASE1 FINAL

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-2.55	-0.00	0.59	-0.00	4.68	0.00
-1.00	-2.86	3.47	-9.03	-5.73	8.33	0.00
-2.25	-2.86	7.82	5.55	-7.12	11.27	0.00
-3.50	-2.37	12.16	4.83	1.34	-4.28	0.00
-4.75	-1.95	16.50	-0.22	3.38	-2.09	0.00
-6.00	-1.78	20.85	-1.40	1.90	0.22	0.00
-7.25	-1.76	25.19	-0.84	0.52	0.56	0.00
-8.50	-1.77	29.53	-0.24	-0.05	0.32	0.00
-9.75	-1.79	33.87	0.03	-0.12	0.09	0.00
-11.00	-1.80	38.22	0.07	-0.04	-0.03	0.00
Máximos	-1.76 Cota: -7.00 m	41.69 Cota: -12.00 m	8.37 Cota: -2.50 m	3.44 Cota: -4.50 m	15.00 Cota: -2.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-2.94 Cota: -1.75 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-11.95 Cota: -0.50 m	-8.96 Cota: -1.75 m	-4.64 Cota: -4.00 m	0.00 Cota: 0.00 m

## 11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

### Puntales

Cota: -0.40 m	
Fase	Resultado
Puntal	Carga puntual: -0.69 kN Carga lineal: -0.69 kN/m
Fase1 FINAL	Carga puntual: 13.65 kN Carga lineal: 13.65 kN/m

## 12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S1 (SECCIÓN S1)		
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 2	
Hipótesis básica:		
- Fase 0:	Calculado: 8.47	Cumple
- 1ª Excavación:	Calculado: 6.524	Cumple
- Puntal:	Calculado: 7.659	Cumple
- Fase1 FINAL:	Calculado: 6.427	Cumple



## Selección de listados

SECCIÓN S1

Fecha: 30/08/24

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad);  
240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S1 (SECCIÓN S1)

Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.5	
Hipótesis básica:		
- Fase 0:	Calculado: 5.877	Cumple
- 1ª Excavación:	Calculado: 5.349	Cumple
- Puntal:	Calculado: 5.349	Cumple
- Fase1 FINAL:	Calculado: 4.765	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## ÍNDICE

<b>1. NORMA Y MATERIALES</b>	<b>2</b>
<b>2. ACCIONES</b>	<b>2</b>
<b>3. DATOS GENERALES</b>	<b>2</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO</b>	<b>2</b>
<b>5. GEOMETRÍA</b>	<b>2</b>
<b>6. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA</b>	<b>2</b>
<b>7. ESQUEMA DE LAS FASES</b>	<b>3</b>
<b>8. CARGAS</b>	<b>5</b>
<b>9. ELEMENTOS DE APOYO</b>	<b>5</b>
<b>10. RESULTADOS DE LAS FASES</b>	<b>5</b>
<b>11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO</b>	<b>7</b>
<b>12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)</b>	<b>7</b>





## 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-30,  $Y_c=1.5$

Clase de exposición: Clase IIa

## 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

## 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

## 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

### ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 20.0 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 10.0 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 6700.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 6700.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00

## 5. GEOMETRÍA

Altura total: 12.00 m  
Diámetro: 25.00 cm  
Separación: 45.00 cm  
Serie de micropilotes: BRAXIMA  
Perfil: 193.7x12

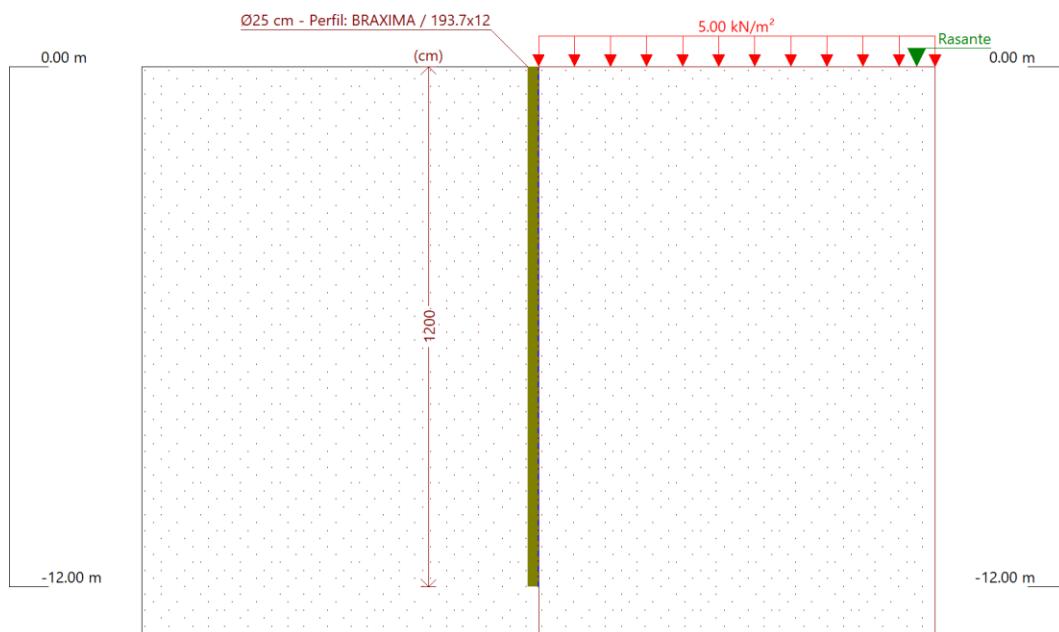
## 6. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Referencia: 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S2 (SECCIÓN S2)		
Comprobación	Valores	Estado
Esbitez máxima:	Máximo: 200 Calculado: 88	Cumple
Tensión máxima: - Acero:	Máximo: 260 MPa Calculado: 72.1 MPa	Cumple



Referencia: 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S2 (SECCIÓN S2)		
Comprobación	Valores	Estado
- Hormigón:	Máximo: 12 MPa Calculado: 4.1 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 6.25 kN; Momento: -24.11 kN·m; Cortante: -2.63 kN		
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 6.25 kN; Momento: -24.11 kN·m; Cortante: -2.63 kN		
- Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 25.00 cm)		

## 7. ESQUEMA DE LAS FASES



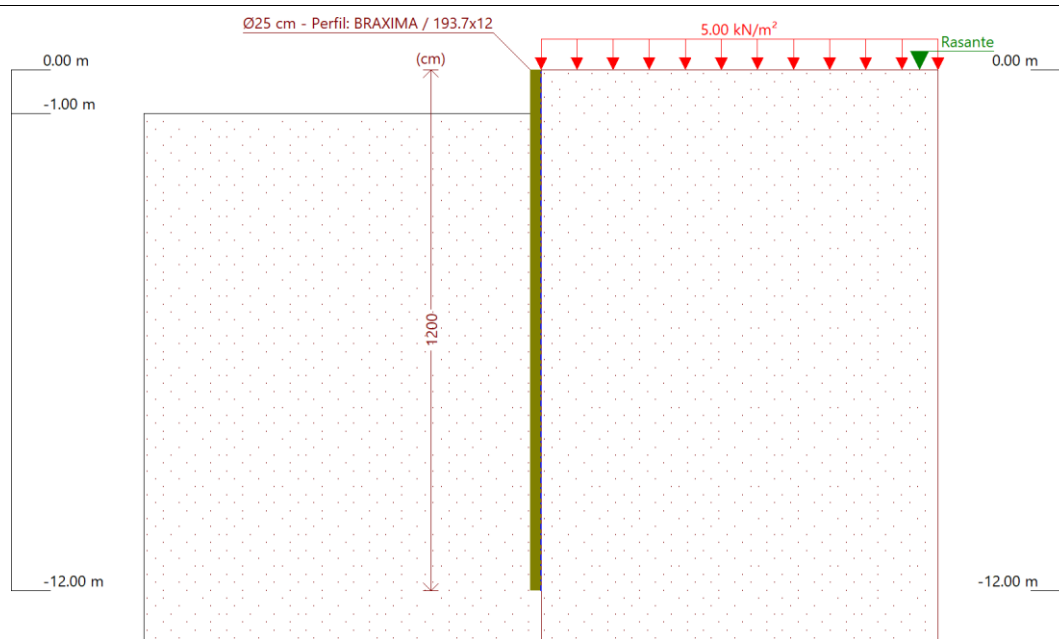
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 0	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: 0.00 m



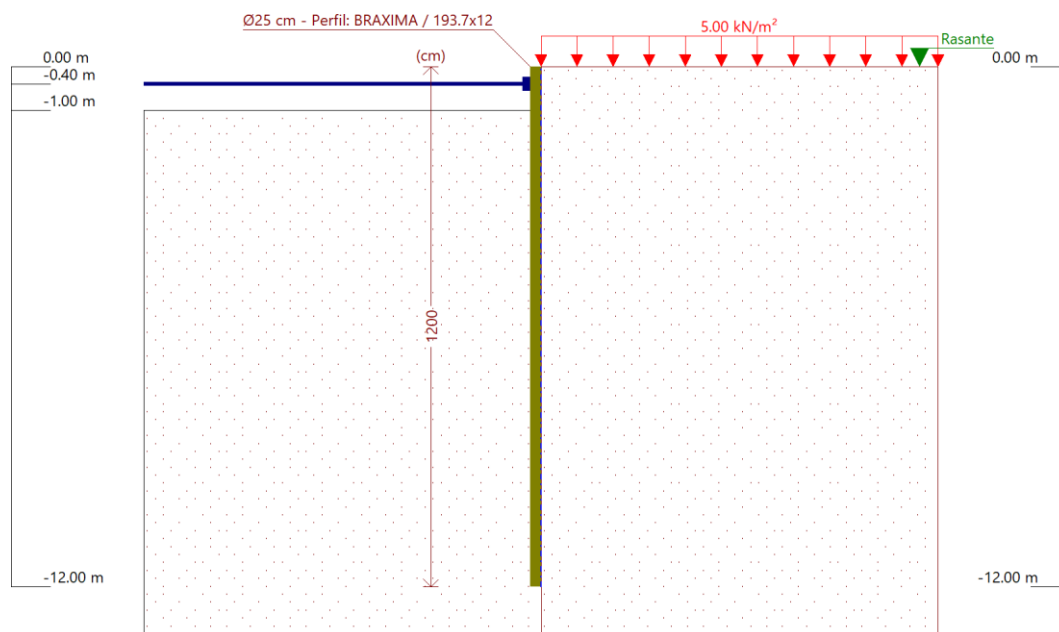
# Selección de listados

SECCIÓN S2

Fecha: 30/08/24



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Plataforma 1er rellano	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



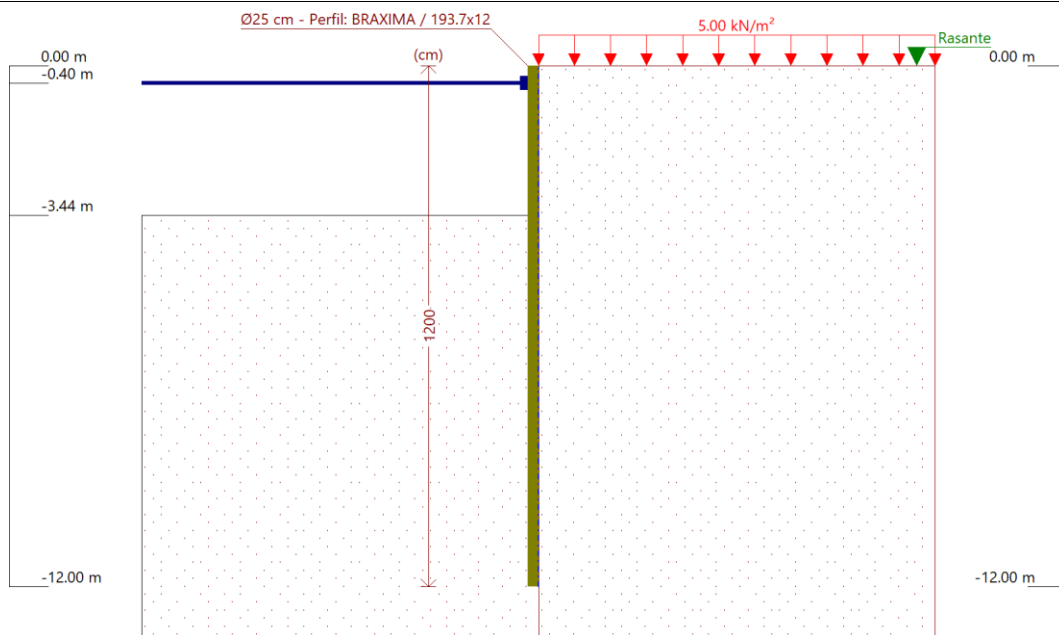
Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	PUNTAL	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



# Selección de listados

SECCIÓN S2

Fecha: 30/08/24



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 4	Plataforma 2º rellano	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -3.44 m

## 8. CARGAS

### CARGAS EN EL TRASDÓS

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 5 kN/m²	Fase 0	Plataforma 2º rellano

## 9. ELEMENTOS DE APOYO

### PUNTALES

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -0.40 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	PUNTAL	Plataforma 2º rellano

## 10. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

### FASE 1: FASE 0

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m²)	Presión hidrostática (kN/m²)
0.00	-0.21	-0.00	0.21	-0.00	1.67	0.00
-1.00	-0.20	3.47	0.04	0.12	-0.13	0.00
-2.00	-0.19	6.95	-0.04	0.10	-0.03	0.00
-3.00	-0.19	10.42	-0.05	0.05	0.02	0.00
-4.00	-0.19	13.90	-0.03	0.02	0.02	0.00



## Selección de listados

SECCIÓN S2

Fecha: 30/08/24

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-5.00	-0.19	17.37	-0.01	-0.00	0.01	0.00
-6.00	-0.19	20.85	-0.00	-0.00	0.01	0.00
-7.00	-0.19	24.32	0.00	-0.00	0.00	0.00
-8.00	-0.19	27.79	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-9.00	-0.19	31.27	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-10.00	-0.19	34.74	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-11.00	-0.19	38.22	-0.00	0.00	-0.00	0.00
-12.00	-0.19	41.69	0.00	-0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.19 Cota: -3.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	0.21 Cota: 0.00 m	0.12 Cota: -1.25 m	1.67 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.21 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-0.05 Cota: -2.50 m	-0.01 Cota: -6.25 m	-0.26 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 0.00 m

### FASE 2: PLATAFORMA 1ER RELANO

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-3.00	-0.00	0.21	0.00	1.67	0.00
-1.00	-2.19	3.47	3.96	1.87	8.33	0.00
-2.00	-1.48	6.95	2.16	5.98	-4.91	0.00
-3.00	-1.05	10.42	-1.92	5.35	-1.59	0.00
-4.00	-0.88	13.90	-2.44	2.90	0.68	0.00
-5.00	-0.86	17.37	-1.54	0.98	1.02	0.00
-6.00	-0.88	20.85	-0.64	0.03	0.68	0.00
-7.00	-0.91	24.32	-0.11	-0.25	0.29	0.00
-8.00	-0.93	27.79	0.08	-0.22	0.06	0.00
-9.00	-0.94	31.27	0.10	-0.12	-0.03	0.00
-10.00	-0.94	34.74	0.06	-0.04	-0.04	0.00
-11.00	-0.93	38.22	0.02	-0.01	-0.03	0.00
-12.00	-0.93	41.69	0.00	0.00	-0.01	0.00
Máximos	-0.86 Cota: -4.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	6.04 Cota: -1.25 m	6.22 Cota: -2.25 m	8.33 Cota: -1.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-3.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-2.53 Cota: -3.75 m	-0.26 Cota: -7.25 m	-5.42 Cota: -1.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

### FASE 3: PUNTAL

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-3.00	-0.00	0.21	-0.00	1.67	0.00
-1.00	-2.19	3.47	3.96	1.87	8.33	0.00
-2.25	-1.34	7.82	0.93	6.22	-4.83	0.00
-3.50	-0.94	12.16	-2.50	4.15	-0.11	0.00
-4.75	-0.86	16.50	-1.80	1.37	1.03	0.00
-6.00	-0.88	20.85	-0.64	0.03	0.68	0.00
-7.25	-0.92	25.19	-0.04	-0.26	0.22	0.00
-8.50	-0.93	29.53	0.10	-0.17	0.00	0.00
-9.75	-0.94	33.87	0.07	-0.06	-0.04	0.00
-11.00	-0.93	38.22	0.02	-0.01	-0.03	0.00
Máximos	-0.86 Cota: -4.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	6.04 Cota: -1.25 m	6.22 Cota: -2.25 m	8.33 Cota: -1.00 m	0.00 Cota: 0.00 m





# Selección de listados

SECCIÓN S2

Fecha: 30/08/24

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
Mínimos	-3.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-2.53 Cota: -3.75 m	-0.26 Cota: -7.25 m	-5.42 Cota: -1.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

## FASE 4: PLATAFORMA 2º RELLANO

### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-1.61	-0.00	1.37	-0.00	10.97	0.00
-1.00	-4.27	3.47	-22.40	-13.34	8.33	0.00
-2.25	-6.61	7.82	-7.81	-31.44	16.67	0.00
-3.50	-6.66	12.16	17.19	-23.50	21.40	0.00
-4.75	-5.04	16.50	15.28	2.67	-13.55	0.00
-6.00	-3.53	20.85	1.79	10.84	-7.56	0.00
-7.25	-2.78	25.19	-4.32	7.51	-0.41	0.00
-8.50	-2.61	29.53	-3.21	2.61	1.86	0.00
-9.75	-2.66	33.87	-1.06	0.27	1.28	0.00
-11.00	-2.73	38.22	0.04	-0.11	0.29	0.00
Máximos	-1.61 Cota: 0.00 m	41.69 Cota: -12.00 m	24.55 Cota: -4.00 m	10.84 Cota: -6.00 m	23.33 Cota: -3.25 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-6.93 Cota: -3.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-25.31 Cota: -0.50 m	-32.35 Cota: -2.50 m	-16.70 Cota: -4.25 m	0.00 Cota: 0.00 m

## 11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

### Puntales

Cota: -0.40 m	
Fase	Resultado
PUNTAL	Carga puntual: -0.69 kN Carga lineal: -0.69 kN/m
Plataforma 2º rellano	Carga puntual: 28.39 kN Carga lineal: 28.39 kN/m

## 12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S2 (SECCIÓN S2)		
Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 2	
Hipótesis básica:		
- Fase 0:	Calculado: 8.47	Cumple
- Plataforma 1er rellano:	Calculado: 6.524	Cumple
- PUNTAL:	Calculado: 7.659	Cumple
- Plataforma 2º rellano:	Calculado: 5.113	Cumple



## Selección de listados

SECCIÓN S2

Fecha: 30/08/24

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad):  
240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S2 (SECCIÓN S2)

Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i>	Mínimo: 1.5	
Hipótesis básica:		
- Fase 0:	Calculado: 5.877	Cumple
- Plataforma 1er rellano:	Calculado: 5.349	Cumple
- PUNTAL:	Calculado: 5.349	Cumple
- Plataforma 2º rellano:	Calculado: 4.013	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## ÍNDICE

<b>1. NORMA Y MATERIALES</b>	<b>2</b>
<b>2. ACCIONES</b>	<b>2</b>
<b>3. DATOS GENERALES</b>	<b>2</b>
<b>4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO</b>	<b>2</b>
<b>5. GEOMETRÍA</b>	<b>2</b>
<b>6. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA</b>	<b>2</b>
<b>7. ESQUEMA DE LAS FASES</b>	<b>3</b>
<b>8. CARGAS</b>	<b>5</b>
<b>9. ELEMENTOS DE APOYO</b>	<b>6</b>
<b>10. RESULTADOS DE LAS FASES</b>	<b>6</b>
<b>11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO</b>	<b>8</b>
<b>12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)</b>	<b>8</b>



# Selección de listados

240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

Fecha: 30/08/24

## 1. NORMA Y MATERIALES

Norma de hormigón: EHE-08 (España)

Hormigón: HA-30,  $Y_c=1.5$

Clase de exposición: Clase IIa

## 2. ACCIONES

Mayoración esfuerzos en construcción: 1.60

Mayoración esfuerzos en servicio: 1.60

Sin análisis sísmico

Sin considerar acciones térmicas en puntales

## 3. DATOS GENERALES

Cota de la rasante: 0.00 m

Altura del muro sobre la rasante: 0.00 m

Tipología: Cortina de micropilotes

## 4. DESCRIPCIÓN DEL TERRENO

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el trasdós del muro pantalla: 0.0 %

Porcentaje del rozamiento interno entre el terreno y el intradós del muro pantalla: 0.0 %

### ESTRATOS

Referencias	Cota superior	Descripción	Coefficientes de empuje
1	0.00 m	Densidad aparente: 20.0 kN/m <sup>3</sup> Densidad sumergida: 10.0 kN/m <sup>3</sup> Ángulo rozamiento interno: 30 grados Cohesión: 0.00 kN/m <sup>2</sup> Módulo de balasto empuje activo: 6700.0 kN/m <sup>3</sup> Módulo de balasto empuje pasivo: 6700.0 kN/m <sup>3</sup> Gradiente módulo de balasto: 0.0 kN/m <sup>4</sup>	Activo trasdós: 0.33 Reposo trasdós: 0.50 Pasivo trasdós: 3.00 Activo intradós: 0.33 Reposo intradós: 0.50 Pasivo intradós: 3.00

## 5. GEOMETRÍA

Altura total: 12.00 m  
Diámetro: 25.00 cm  
Separación: 45.00 cm  
Serie de micropilotes: BRAXIMA  
Perfil: 193.7x12

## 6. COMPROBACIÓN DE LA GEOMETRÍA

Referencia: 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S3		
Comprobación	Valores	Estado
Esbeltez máxima:	Máximo: 200 Calculado: 96	Cumple
Tensión máxima: - Acero:	Máximo: 260 MPa Calculado: 195.7 MPa	Cumple



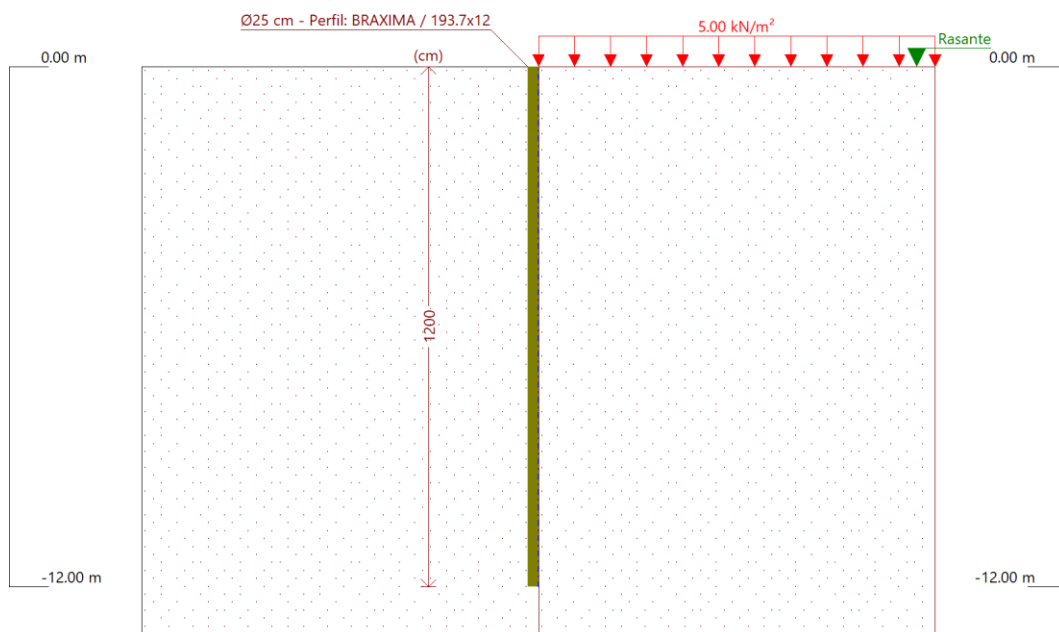
## Selección de listados

240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

Fecha: 30/08/24

Referencia: 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S3		
Comprobación	Valores	Estado
- Hormigón:	Máximo: 12 MPa Calculado: 9.1 MPa	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		
Información adicional:		
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el acero: Axil: 8.75 kN; Momento: -64.93 kN·m; Cortante: -2.78 kN		
- Esfuerzos para el cálculo de la tensión en el hormigón: Axil: 8.75 kN; Momento: -64.93 kN·m; Cortante: -2.78 kN		
- Esfuerzos mayorados por micropilote (Diámetro: 25.00 cm)		

## 7. ESQUEMA DE LAS FASES



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 1	Fase 0	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: 0.00 m

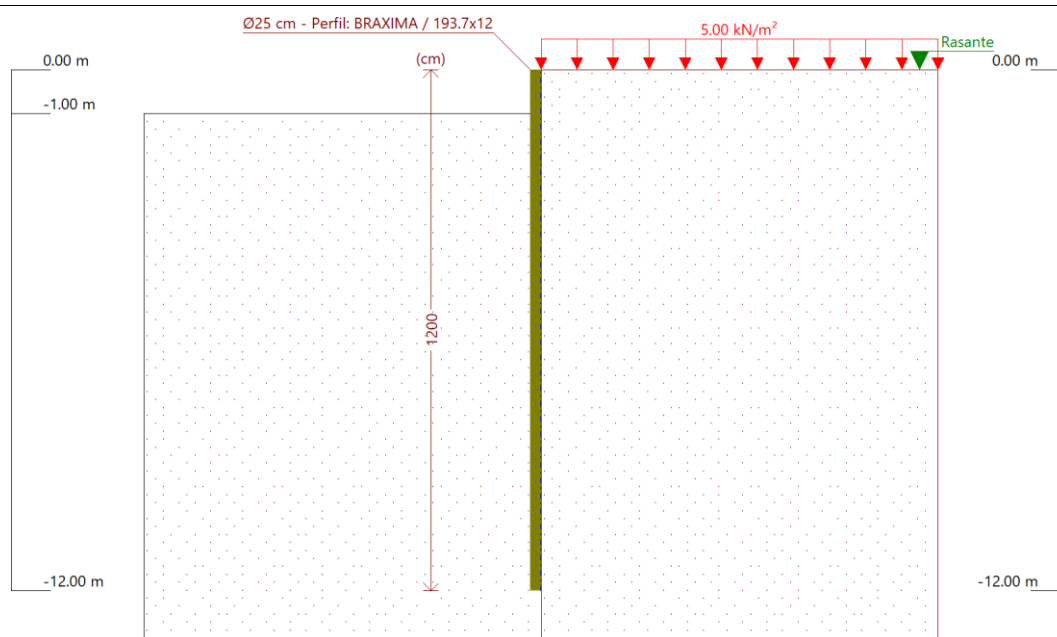




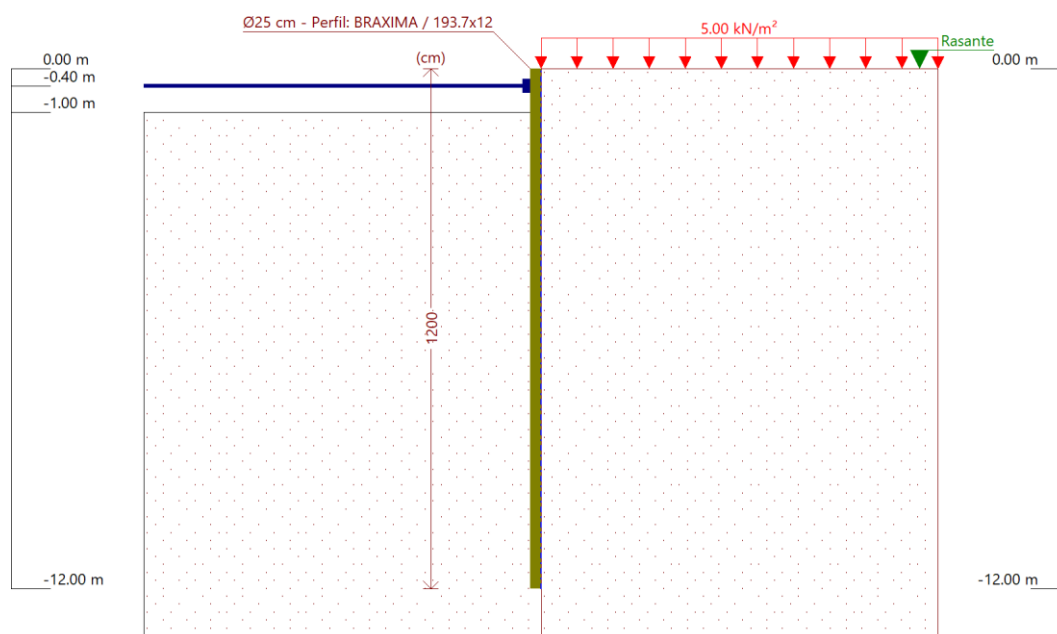
## Selección de listados

240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

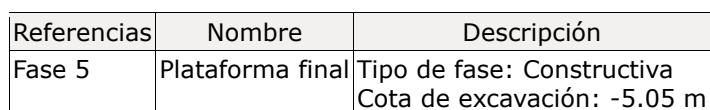
Fecha: 30/08/24



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 2	Plataforma 1er rellano	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



Referencias	Nombre	Descripción
Fase 3	PUNTAL	Tipo de fase: Constructiva Cota de excavación: -1.00 m



## 8. CARGAS

## CARGAS EN EL TRASDÓS



## Selección de listados

240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

Fecha: 30/08/24

Tipo	Cota	Datos	Fase inicial	Fase final
Uniforme	En superficie	Valor: 5 kN/m <sup>2</sup>	Fase 0	Plataforma final

### 9. ELEMENTOS DE APOYO

#### PUNTALES

Descripción	Fase inicial	Fase final
Cota: -0.40 m Rigidez axil: 9800000 kN/m Separación: 1.0 m	PUNTAL	Plataforma final

### 10. RESULTADOS DE LAS FASES

Esfuerzos sin mayorar.

#### FASE 1: FASE 0

##### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-0.21	-0.00	0.21	-0.00	1.67	0.00
-1.00	-0.20	3.47	0.04	0.12	-0.13	0.00
-2.00	-0.19	6.95	-0.04	0.10	-0.03	0.00
-3.00	-0.19	10.42	-0.05	0.05	0.02	0.00
-4.00	-0.19	13.90	-0.03	0.02	0.02	0.00
-5.00	-0.19	17.37	-0.01	-0.00	0.01	0.00
-6.00	-0.19	20.85	-0.00	-0.00	0.01	0.00
-7.00	-0.19	24.32	0.00	-0.00	0.00	0.00
-8.00	-0.19	27.79	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-9.00	-0.19	31.27	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-10.00	-0.19	34.74	0.00	-0.00	-0.00	0.00
-11.00	-0.19	38.22	-0.00	0.00	-0.00	0.00
-12.00	-0.19	41.69	0.00	-0.00	0.00	0.00
Máximos	-0.19 Cota: -3.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	0.21 Cota: 0.00 m	0.12 Cota: -1.25 m	1.67 Cota: 0.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-0.21 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-0.05 Cota: -2.50 m	-0.01 Cota: -6.25 m	-0.26 Cota: -0.25 m	0.00 Cota: 0.00 m

#### FASE 2: PLATAFORMA 1ER RELANO

##### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-3.00	-0.00	0.21	0.00	1.67	0.00
-1.00	-2.19	3.47	3.96	1.87	8.33	0.00
-2.00	-1.48	6.95	2.16	5.98	-4.91	0.00
-3.00	-1.05	10.42	-1.92	5.35	-1.59	0.00
-4.00	-0.88	13.90	-2.44	2.90	0.68	0.00
-5.00	-0.86	17.37	-1.54	0.98	1.02	0.00
-6.00	-0.88	20.85	-0.64	0.03	0.68	0.00
-7.00	-0.91	24.32	-0.11	-0.25	0.29	0.00
-8.00	-0.93	27.79	0.08	-0.22	0.06	0.00
-9.00	-0.94	31.27	0.10	-0.12	-0.03	0.00
-10.00	-0.94	34.74	0.06	-0.04	-0.04	0.00



## Selección de listados

240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

Fecha: 30/08/24

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-11.00	-0.93	38.22	0.02	-0.01	-0.03	0.00
-12.00	-0.93	41.69	0.00	0.00	-0.01	0.00
Máximos	-0.86 Cota: -4.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	6.04 Cota: -1.25 m	6.22 Cota: -2.25 m	8.33 Cota: -1.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-3.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-2.53 Cota: -3.75 m	-0.26 Cota: -7.25 m	-5.42 Cota: -1.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

### FASE 3: PUNTAL

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-3.00	-0.00	0.21	-0.00	1.67	0.00
-1.00	-2.19	3.47	3.96	1.87	8.33	0.00
-2.25	-1.34	7.82	0.93	6.22	-4.83	0.00
-3.50	-0.94	12.16	-2.50	4.15	-0.11	0.00
-4.75	-0.86	16.50	-1.80	1.37	1.03	0.00
-6.00	-0.88	20.85	-0.64	0.03	0.68	0.00
-7.25	-0.92	25.19	-0.04	-0.26	0.22	0.00
-8.50	-0.93	29.53	0.10	-0.17	0.00	0.00
-9.75	-0.94	33.87	0.07	-0.06	-0.04	0.00
-11.00	-0.93	38.22	0.02	-0.01	-0.03	0.00
Máximos	-0.86 Cota: -4.75 m	41.69 Cota: -12.00 m	6.04 Cota: -1.25 m	6.22 Cota: -2.25 m	8.33 Cota: -1.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-3.00 Cota: 0.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-2.53 Cota: -3.75 m	-0.26 Cota: -7.25 m	-5.42 Cota: -1.50 m	0.00 Cota: 0.00 m

### FASE 4: PLATAFORMA 2º RELANO

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	-1.61	-0.00	1.37	-0.00	10.97	0.00
-1.00	-4.27	3.47	-22.40	-13.34	8.33	0.00
-2.25	-6.61	7.82	-7.81	-31.44	16.67	0.00
-3.50	-6.66	12.16	17.19	-23.50	21.40	0.00
-4.75	-5.04	16.50	15.28	2.67	-13.55	0.00
-6.00	-3.53	20.85	1.79	10.84	-7.56	0.00
-7.25	-2.78	25.19	-4.32	7.51	-0.41	0.00
-8.50	-2.61	29.53	-3.21	2.61	1.86	0.00
-9.75	-2.66	33.87	-1.06	0.27	1.28	0.00
-11.00	-2.73	38.22	0.04	-0.11	0.29	0.00
Máximos	-1.61 Cota: 0.00 m	41.69 Cota: -12.00 m	24.55 Cota: -4.00 m	10.84 Cota: -6.00 m	23.33 Cota: -3.25 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-6.93 Cota: -3.00 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-25.31 Cota: -0.50 m	-32.35 Cota: -2.50 m	-16.70 Cota: -4.25 m	0.00 Cota: 0.00 m

### FASE 5: PLATAFORMA FINAL

#### BÁSICA

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
0.00	1.23	-0.00	1.88	0.00	15.00	0.00



## Selección de listados

240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

Fecha: 30/08/24

Cota (m)	Desplazamientos (mm)	Ley de axiles (kN/m)	Ley de cortantes (kN/m)	Ley de momento flector (kN·m/m)	Ley de empujes (kN/m <sup>2</sup> )	Presión hidrostática (kN/m <sup>2</sup> )
-1.00	-8.53	3.47	-43.45	-25.51	8.33	0.00
-2.25	-18.78	7.82	-28.87	-69.92	16.67	0.00
-3.50	-23.80	12.16	-3.87	-88.30	25.00	0.00
-4.75	-22.25	16.50	31.55	-67.61	33.33	0.00
-6.00	-15.75	20.85	57.13	-3.09	-15.33	0.00
-7.25	-8.91	25.19	14.27	40.23	-31.70	0.00
-8.50	-4.91	29.53	-11.91	35.35	-9.06	0.00
-9.75	-3.55	33.87	-15.21	15.88	5.43	0.00
-11.00	-3.44	38.22	-6.88	2.85	6.86	0.00
Máximos	1.23 Cota: 0.00 m	41.69 Cota: -12.00 m	57.63 Cota: -5.75 m	41.82 Cota: -7.50 m	35.00 Cota: -5.00 m	0.00 Cota: 0.00 m
Mínimos	-24.01 Cota: -3.75 m	-0.00 Cota: 0.00 m	-46.37 Cota: -0.50 m	-88.30 Cota: -3.50 m	-46.65 Cota: -6.75 m	0.00 Cota: 0.00 m

## 11. RESULTADOS PARA LOS ELEMENTOS DE APOYO

Esfuerzos sin mayorar.

### Puntales

Cota: -0.40 m	
Fase	Resultado
PUNTAL	Carga puntual: -0.69 kN Carga lineal: -0.69 kN/m
Plataforma 2º rellano	Carga puntual: 28.39 kN Carga lineal: 28.39 kN/m
Plataforma final	Carga puntual: 51.72 kN Carga lineal: 51.72 kN/m

## 12. COMPROBACIONES DE ESTABILIDAD (COEFICIENTES DE SEGURIDAD)

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad):  
240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

Comprobación	Valores	Estado
Relación entre el momento originado por los empujes pasivos en el intradós y el momento originado por los empujes activos en el trasdós: <i>Valor introducido por el usuario.</i> Hipótesis básica: - Fase 0: - Plataforma 1er rellano: - PUNTAL: - Plataforma 2º rellano: - Plataforma final:	Mínimo: 2  Calculado: 8.47 Calculado: 6.524 Calculado: 7.659 Calculado: 5.113 Calculado: 3.578	  Cumple Cumple Cumple Cumple Cumple
Relación entre el empuje pasivo total en el intradós y el empuje realmente movilizado en el intradós: <i>Valor introducido por el usuario.</i> Hipótesis básica: - Fase 0: - Plataforma 1er rellano:	Mínimo: 1.5  Calculado: 5.877 Calculado: 5.349	  Cumple Cumple





## Selección de listados

240813\_Pantalla\_micropilotes\_Jacinto\_Benavente\_Sección\_S3

Fecha: 30/08/24

Referencia: Comprobaciones de estabilidad (Coeficientes de seguridad): 240813_Pantalla_micropilotes_Jacinto_Benavente_Sección_S3		
Comprobación	Valores	Estado
- PUNTAL:	Calculado: 5.349	Cumple
- Plataforma 2º rellano:	Calculado: 4.013	Cumple
- Plataforma final:	Calculado: 2.963	Cumple
Se cumplen todas las comprobaciones		

## CÁLCULO DE MUROS DE CONTENCIÓN

Preparado: JAO  
 Validado: RTL, JAO  
 Aprobado: JAO  
 Nombre Proyecto:  
 Id. Proyecto:  
 Edición Hoja: 9

Ej. de calibración

### 1. Datos

#### 1.1 Geometría del muro

Altura sobre la zapata, H (m) =	1.65		
Puntera (m) =	1.90	Talón (m) =	0.00
Anchura total zapata (m) =	2.20	a (m) =	2.20
Canto mínimo de zapata, C1 (m) =	0.40	Azapata (m <sup>2</sup> ) =	2.20
Canto máximo de zapata, C2 (m) =	0.40	Wzapata (m <sup>3</sup> ) =	0.81
		$\omega$ (°) =	0.00
Anchura en coronación, e (m) =	0.30		
Inclinación trasdós (1H/xV) =	100000.0		
Espesor en arranque (m) =	0.30		
Longitud alzado muro (m) =	1.00	(Sólo para cálculo de tensiones y estabilidad)	
Longitud zapata muro (m) =	1.00		

#### 1.2 Características del relleno

Peso específico del relleno (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) =	20.0
Ángulo de rozamiento interno del relleno (°)	$\phi$ (°) =	30.0
Ángulo de rozamiento entre el muro y el relleno (°)	$\delta$ (°) =	0.0
Ángulo del relleno con la horizontal (°)	$\beta$ (°) =	0.0
	$\Delta H$ (m) =	0.00
Ángulo del trasdós del muro con la vertical (°) =	$\alpha$ (°) =	0.0
Sobrecarga en la superficie del relleno (kN/m <sup>2</sup> )	sc (kN/m <sup>2</sup> ) =	13.3

#### 1.3 Características del terreno

	ESTÁTICO	SÍSMICO
1.3.1 Tensiones admisibles del terreno (kg/cm <sup>2</sup> ) =	2.00	3.00

1.3.2 Porcentaje mínimo comprimido = 75 %

#### 1.3.3 Coeficiente de rozamiento

Ángulo de rozamiento interno del terreno	(°) =	30.0
Coeficiente de rozamiento disponible	$\mu$ =	0.58

#### 1.4 Acciones en cabeza por unidad de longitud

Carga horizontal (kN/m) =	0.0	(Positiva si es desestabilizadora)
Carga vertical (kN/m) =	0.0	(Positiva si comprime el muro)
Momento (mkN/m) =	0.0	(Positivo si es desestabilizador)

#### 1.5 Acciones sísmicas

Considerar acciones sísmicas en cálculo:	NO
Considerar empuje inercial del relleno - estabilidad:	NO
Considerar empuje inercial del relleno - armado alzado:	NO

Aceleración horizontal de cálculo (g) =	0.70
Aceleración vertical de cálculo (g) =	0.35

	ESTÁTICAS	SÍSMICA
1.6 Coeficiente de mayoración de acciones	$\gamma$ =	1.50
	Coeficiente sobrecarga concomitante con sismo =	0.20

#### 1.7 Coeficientes de seguridad

	ESTÁTICO	SÍSMICO
Coeficiente de seguridad al deslizamiento =	1.50	1.10
Coeficiente de seguridad al vuelco =	1.80	1.27

#### 1.8 Materiales

Hormigón :	HA-30	$f_{ck}$ (MPa) =	30.0
Acero :	B 500 S	$f_{cd}$ (MPa) =	20.0
		$f_{yd}$ (MPa) =	434.8

## 2. Comprobación de estabilidad y tensiones transmitidas al terreno

Coulomb,  $\delta$  (°) = 0.0 (Empujes según Coulomb en la vertical del extremo del talón)  
 Coulomb,  $\alpha$  (°) = 0.0

			Total	Horizontal	Vertical
Coef. de empuje activo	$K_a$ =		0.333	0.333	0.000
Coef. de empuje activo	$K_{as}$ =		---	---	---
	V	M Puntera (V)	M cdg (V)	H	M Puntera (H)
Peso muro (I)	12	25	-12	0	0
Peso muro (II)	0	0	0	0	0
Peso zapata	22	24	0	0	0
Peso tierras (I)	0	0	0	0	0
Peso tierras (II)	0	0	0	0	0
Peso tierras (III)	0	0	0	0	0
Empuje tierras	0	0	0	14	10
Empuje sismo	0	0	0	0	0
Inercial muro	0	0	0	0	0
Inercial zapata	0	0	0	0	0
Inercial relleno	0	0	0	0	0
Empuje sc	0	0	0	9	9
Peso sc	0	0	0	0	0
Acc. en cabeza	0	0	0	0	0

### 2.1 Estabilidad al deslizamiento

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
Fuerza vertical total (kN) =	34	34	---
Fuerza horiz. total (kN) =	23	14	---
Fuerza estabilizadora (kN) =	20	20	---
Fuerza deslizante (kN) =	23	14	---
<b>Coefficiente de seguridad =</b>	<b>0.86</b>	<b>1.42</b>	<b>---</b>
	(No cumple)	(No cumple)	

### 2.2 Estabilidad al vuelco

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
Mom. Estabilizador (mkN) =	50	50	---
Momento volcador (mkN) =	19	10	---
<b>Coefficiente de seguridad =</b>	<b>2.62</b>	<b>5.18</b>	<b>---</b>
	(Cumple)	(Cumple)	

### 2.3 Tensiones transmitidas al terreno

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
F normal total (kN) =	34	34	---
M cdg zapata (mkN) =	7	-2	---
Excentricidad (m) =	0.21	-0.06	---
Tensión en puntera (kg/cm²) =	0.24	0.13	---
Tensión en talón (kg/cm²) =	0.07	0.18	---
Fibra neutra (m) =	2.20	2.20	---
<b>Tensión media (kg/cm²) =</b>	<b>0.16</b>	<b>0.16</b>	<b>---</b>
<b>Tensión máxima (kg/cm²) =</b>	<b>0.24</b>	<b>0.18</b>	<b>---</b>
	(Cumple)	(Cumple)	
Porcentaje comprimido =	100%	100%	
	(Cumple)	(Cumple)	

**3. Dimensionamiento de la armadura del alzado**

(Según Anejo 8 EHE)

Coulomb,  $\delta =$  0.0 (Empujes según Coulomb en el trasdós del muro)  
 Coulomb,  $\alpha =$  0.0

		Total	Horizontal	Vertical
Coef. de empuje activo	$K_a =$	0.333	0.333	0.000
Coef. de empuje activo	$K_{aS} =$	---	---	---

H (m)	Ea	E <sub>sc</sub>	Ma	M <sub>sc</sub>	M <sub>d</sub>
0.00	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
0.17	1.1	4.4	0.0	0.1	0.1
0.33	2.2	4.4	0.0	0.2	0.4
0.50	3.3	4.4	0.1	0.5	1.0
0.66	4.4	4.4	0.3	1.0	1.9
0.83	5.5	4.4	0.6	1.5	3.2
0.99	6.6	4.4	1.1	2.2	4.9
1.16	7.7	4.4	1.7	3.0	7.0
1.32	8.8	4.4	2.6	3.9	9.6
1.49	9.9	4.4	3.6	4.9	12.8
1.65	11.0	4.4	5.0	6.1	16.6
	kN/m <sup>2</sup>	kN/m <sup>2</sup>	mKN/m	mKN/m	mKN/m

H (m)	Espesor (m)	U <sub>0</sub> (kN)	U <sub>s1</sub> (kN)	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	A <sub>mec</sub> (cm <sup>2</sup> /m)
0.00	0.30	4250	0	0.0	0.0
0.17	0.30	4250	0	0.0	0.0
0.33	0.30	4250	2	0.0	0.1
0.50	0.30	4250	4	0.1	0.1
0.66	0.30	4250	8	0.2	0.3
0.83	0.30	4250	13	0.3	0.4
0.99	0.30	4250	20	0.5	0.7
1.16	0.30	4250	28	0.6	1.0
1.32	0.30	4250	39	0.9	1.3
1.49	0.30	4250	52	1.2	1.8
1.65	0.30	4250	67	1.5	2.3

Cuantía mínima geométrica vertical trasdos = 1.2 ‰  
 Cuantía mínima geométrica vert. Intrados = 0.8 ‰  
 Cuantía mínima geométrica horizontal = 3.2 ‰ 9.6 cm<sup>2</sup>/m

H (m)	Arm. Vertical Trasdós			Vertical Intrados	
	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	Dispuesta	Refuerzo	A <sub>s</sub> (cm <sup>2</sup> /m)	Dispuesta
0.00	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
0.17	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
0.33	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
0.50	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
0.66	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
0.83	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
0.99	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
1.16	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
1.32	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
1.49	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15
1.65	3.6	Ø10a15	---	2.4	Ø10a15

Armadura horizontal dispuesta = Ø10a15

**3.1 Comprobación del cortante**

V<sub>d</sub> (kN/m) = 19.1  
 V<sub>ARM</sub> (kN/m) = 0.0  
 V<sub>cu</sub> (kN/m) = 98.7

As (cm<sup>2</sup>/m)  
 No necesita armadura de cortante

#### 4. Dimensionamiento de la armadura de la zapata

##### 4.1 Puntera

Método de bielas y tirantes

		(sin pp zapata)		
$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.24	0.14	$T_d$ (kN/m) =	72.4
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.08	-0.02		
$R_{1d}$ (kN/m) =	12.8		$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	1.7
exc (m) =	1.20			

Por teoría de flexión

		(sin pp zapata)		
$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.24	0.14	$M_d$ (mkN/m) =	26.3
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.09	-0.01	$U_0$ (kN) =	5950
			$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	1.7

##### 4.2 Talón

Por teoría de flexión

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.07		$M_{tierras}$ =	0.0
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.07		$M_{reaccion}$ =	0.0
$R_{2d}$ (kN/m) =	0.31		$M_d$ (mkN/m) =	0.1
exc (m) =	0.02		$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	0.0

Cuantía mínima mecánica (cm <sup>2</sup> /m) =	7.4
Cuantía mínima mecánica reducida (cm <sup>2</sup> /m) =	2.6
Cuantía mínima geométrica horizontal =	3.2 ‰

	$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m)	Dispuesta	Refuerzo
Transversal inferior (puntera)	2.6	Ø12a20	---
Transversal superior (talón)	2.6	Ø12a20	---
Longitudinal (por cara)	6.4	Ø12a15	---

##### 4.3 Comprobación del cortante

###### 4.3.1 Puntera

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.24
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.12
$V_{reacc}$ (kN/m) =	28.3
$V_d$ (kN/m) =	19.2
$V_{cu}$ (kN/m) =	119.4

**As (cm<sup>2</sup>/m)**  
No necesita armadura de cortante

###### 4.3.2 Talón

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.07
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	---
$V_{reacc}$ (kN/m) =	---
$V_d$ (kN/m) =	0.0
$V_{cu}$ (kN/m) =	119.4

**As (cm<sup>2</sup>/m)**  
No necesita armadura de cortante



**5. Cuantías y precios**

<b>Alzado</b>	<b>Nº</b>	<b>Ø</b>	<b>L</b>	<b>kg/m</b>	<b>kg</b>
Base trasdos	6.7	10	1.80	0.62	7.4
Esperas	6.7	10	0.95	0.62	3.9
Ref. trasdos	0.0	0	3.00	0.00	0.0
Esperas	0.0	0	1.65	0.00	0.0
Intrados	6.7	10	1.80	0.62	7.4
Esperas	6.7	10	0.95	0.62	3.9
Horiz	22.0	10	1.03	0.62	13.9
Coronación	2.0	16	1.04	1.58	3.3
				<b>Total</b>	<b>39.8</b>

Lrefuerzo (m) = **3.00** (Medido desde la cara superior de zapata)

<b>Zapata</b>	<b>Nº</b>	<b>Ø</b>	<b>L</b>	<b>kg/m</b>	<b>kg</b>
Transv inf	5.0	12	2.70	0.89	12.0
Refuerzo	0.0	0	2.70	0.00	0.0
Transv sup	5.0	12	2.70	0.89	12.0
Refuerzo	0.0	0	2.70	0.00	0.0
Longit	28.0	12	1.03	0.89	25.7
Piel	1	12	1.03	0.89	0.9
				<b>Total</b>	<b>50.6</b>

	<b>alzado</b>	<b>zapata</b>	<b>total</b>	
kg de acero por m de muro	40	51	<b>90</b>	kg/m
kg de acero por m² de alzado	24	31	<b>55</b>	kg/m² alzado
kg de acero por m³ de horm.	80	57	<b>66</b>	kg/m³
m³ hormigón por m de muro	0.50	0.88	<b>1.38</b>	m³/m

Hormigón  $\text{€/m}^3$  **85**      Acero  $\text{€/kg}$  **0.90**

	<b>alzado</b>	<b>zapata</b>	<b>total</b>	
<b>precio de muro por metro</b>	78	120	<b>198</b>	<b>€</b>

## CÁLCULO DE MUROS DE CONTENCIÓN

Preparado: JAO  
 Validado: RTL, JAO  
 Aprobado: JAO  
 Nombre Proyecto:  
 Id. Proyecto:  
 Edición Hoja: 9

Ej. de calibración

### 1. Datos

#### 1.1 Geometría del muro

Altura sobre la zapata, H (m) =	2.95		
Puntera (m) =	2.95	Talón (m) =	0.00
Anchura total zapata (m) =	3.25	a (m) =	3.25
Canto mínimo de zapata, C1 (m) =	0.40	Azapata (m²) =	3.25
Canto máximo de zapata, C2 (m) =	0.40	Wzapata (m³) =	1.76
		$\omega$ (°) =	0.00
Anchura en coronación, e (m) =	0.30		
Inclinación trasdós (1H/xV) =	100000.0		
Espesor en arranque (m) =	0.30		
Longitud alzado muro (m) =	1.00	(Sólo para cálculo de tensiones y estabilidad)	
Longitud zapata muro (m) =	1.00		

#### 1.2 Características del relleno

Peso específico del relleno (kN/m³)	$\gamma$ (kN/m³) =	20.0
Ángulo de rozamiento interno del relleno (°)	$\phi$ (°) =	30.0
Ángulo de rozamiento entre el muro y el relleno (°)	$\delta$ (°) =	0.0
Ángulo del relleno con la horizontal (°)	$\beta$ (°) =	0.0
	$\Delta H$ (m) =	0.00
Ángulo del trasdós del muro con la vertical (°) =	$\alpha$ (°) =	0.0
Sobrecarga en la superficie del relleno (kN/m²)	sc (kN/m²) =	13.3

#### 1.3 Características del terreno

	ESTÁTICO	SÍSMICO
1.3.1 Tensiones admisibles del terreno (kg/cm²) =	2.00	3.00

1.3.2 Porcentaje mínimo comprimido = 75 %

#### 1.3.3 Coeficiente de rozamiento

Ángulo de rozamiento interno del terreno	(°) =	30.0
Coeficiente de rozamiento disponible	$\mu$ =	0.58

#### 1.4 Acciones en cabeza por unidad de longitud

Carga horizontal (kN/m) =	0.0	(Positiva si es desestabilizadora)
Carga vertical (kN/m) =	0.0	(Positiva si comprime el muro)
Momento (mkN/m) =	0.0	(Positivo si es desestabilizador)

#### 1.5 Acciones sísmicas

Considerar acciones sísmicas en cálculo:	NO
Considerar empuje inercial del relleno - estabilidad:	NO
Considerar empuje inercial del relleno - armado alzado:	NO

Aceleración horizontal de cálculo (g) =	0.70
Aceleración vertical de cálculo (g) =	0.35

	ESTÁTICAS	SÍSMICA
1.6 Coeficiente de mayoración de acciones	$\gamma$ =	1.50
	Coeficiente sobrecarga concomitante con sismo =	0.20

#### 1.7 Coeficientes de seguridad

	ESTÁTICO	SÍSMICO
Coeficiente de seguridad al deslizamiento =	1.50	1.10
Coeficiente de seguridad al vuelco =	1.80	1.27

#### 1.8 Materiales

Hormigón :	HA-30	$f_{ck}$ (MPa) =	30.0
Acero :	B 500 S	$f_{cd}$ (MPa) =	20.0
		$f_{yd}$ (MPa) =	434.8

## 2. Comprobación de estabilidad y tensiones transmitidas al terreno

Coulomb,  $\delta$  (°) = 0.0 (Empujes según Coulomb en la vertical del extremo del talón)  
 Coulomb,  $\alpha$  (°) = 0.0

			Total	Horizontal	Vertical
Coef. de empuje activo	$K_a$ =		0.333	0.333	0.000
Coef. de empuje activo	$K_{aS}$ =		---	---	---
	V	M Puntera (V)	M cdg (V)	H	M Puntera (H)
Peso muro (I)	22	69	-33	0	0
Peso muro (II)	0	0	0	0	0
Peso zapata	33	53	0	0	0
Peso tierras (I)	0	0	0	0	0
Peso tierras (II)	0	0	0	0	0
Peso tierras (III)	0	0	0	0	0
Empuje tierras	0	0	0	37	42
Empuje sismo	0	0	0	0	0
Inercial muro	0	0	0	0	0
Inercial zapata	0	0	0	0	0
Inercial relleno	0	0	0	0	0
Empuje sc	0	0	0	15	25
Peso sc	0	0	0	0	0
Acc. en cabeza	0	0	0	0	0

### 2.1 Estabilidad al deslizamiento

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
Fuerza vertical total (kN) =	55	55	---
Fuerza horiz. total (kN) =	52	37	---
Fuerza estabilizadora (kN) =	32	32	---
Fuerza deslizante (kN) =	52	37	---
<b>Coefficiente de seguridad =</b>	<b>0.60</b>	<b>0.84</b>	---
	(No cumple)	(No cumple)	

### 2.2 Estabilidad al vuelco

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
Mom. Estabilizador (mkN) =	121	121	---
Momento volcador (mkN) =	67	42	---
<b>Coefficiente de seguridad =</b>	<b>1.82</b>	<b>2.91</b>	---
	(Cumple)	(Cumple)	

### 2.3 Tensiones transmitidas al terreno

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
F normal total (kN) =	55	55	---
M cdg zapata (mkN) =	34	9	---
Excentricidad (m) =	0.62	0.17	---
Tensión en puntera (kg/cm²) =	0.36	0.22	---
Tensión en talón (kg/cm²) =	0.00	0.12	---
Fibra neutra (m) =	3.00	3.25	---
<b>Tensión media (kg/cm²) =</b>	<b>0.18</b>	<b>0.17</b>	---
<b>Tensión máxima (kg/cm²) =</b>	<b>0.36</b>	<b>0.22</b>	---
	(Cumple)	(Cumple)	
Porcentaje comprimido =	92%	100%	
	(Cumple)	(Cumple)	

**3. Dimensionamiento de la armadura del alzado**

(Según Anejo 8 EHE)

Coulomb,  $\delta =$  0.0 (Empujes según Coulomb en el trasdós del muro)  
 Coulomb,  $\alpha =$  0.0

		Total	Horizontal	Vertical
Coef. de empuje activo	$K_a =$	0.333	0.333	0.000
Coef. de empuje activo	$K_{as} =$	---	---	---

H (m)	Ea	E <sub>sc</sub>	Ma	M <sub>sc</sub>	M <sub>d</sub>
0.00	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
0.30	2.0	4.4	0.0	0.2	0.3
0.59	3.9	4.4	0.2	0.8	1.5
0.89	5.9	4.4	0.8	1.7	3.8
1.18	7.9	4.4	1.8	3.1	7.4
1.48	9.8	4.4	3.6	4.8	12.6
1.77	11.8	4.4	6.2	7.0	19.7
2.07	13.8	4.4	9.8	9.5	28.9
2.36	15.7	4.4	14.6	12.4	40.5
2.66	17.7	4.4	20.8	15.7	54.7
2.95	19.7	4.4	28.5	19.3	71.8
	kN/m2	kN/m2	mkN/m	mkN/m	mkN/m

H (m)	Espesor (m)	U <sub>0</sub> (kN)	U <sub>s1</sub> (kN)	A <sub>s</sub> (cm²/m)	A <sub>mec</sub> (cm²/m)
0.00	0.30	4250	0	0.0	0.0
0.30	0.30	4250	1	0.0	0.0
0.59	0.30	4250	6	0.1	0.2
0.89	0.30	4250	15	0.3	0.5
1.18	0.30	4250	30	0.7	1.0
1.48	0.30	4250	51	1.2	1.7
1.77	0.30	4250	79	1.8	2.7
2.07	0.30	4250	117	2.7	4.0
2.36	0.30	4250	165	3.8	5.5
2.66	0.30	4250	225	5.2	5.5
2.95	0.30	4251	298	6.8	5.5

Cuantía mínima geométrica vertical trasdos = 1.2 ‰  
 Cuantía mínima geométrica vert. Intrados = 0.8 ‰  
 Cuantía mínima geométrica horizontal = 3.2 ‰ 9.6 cm²/m

H (m)	Arm. Vertical Trasdós			Vertical Intrados	
	A <sub>s</sub> (cm²/m)	Dispuesta	Refuerzo	A <sub>s</sub> (cm²/m)	Dispuesta
0.00	3.6	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
0.30	3.6	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
0.59	3.6	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
0.89	3.6	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
1.18	3.6	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
1.48	3.6	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
1.77	3.6	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
2.07	4.0	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
2.36	5.5	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
2.66	5.5	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15
2.95	6.8	Ø12a15	---	2.4	Ø10a15

Armadura horizontal dispuesta = Ø10a15

**3.1 Comprobación del cortante**

V<sub>d</sub> (kN/m) = 54.4  
 V<sub>ARM</sub> (kN/m) = 0.0  
 V<sub>cu</sub> (kN/m) = 111.4

As (cm²/m)  
 No necesita armadura de cortante

#### 4. Dimensionamiento de la armadura de la zapata

##### 4.1 Puntera

Método de bielas y tirantes

		(sin pp zapata)		
$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.36	0.26	$T_d$ (kN/m) =	240.8
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	-0.01	-0.11		
$R_{1d}$ (kN/m) =	23.6		$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	5.5
exc (m) =	2.10			

Por teoría de flexión

		(sin pp zapata)		
$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.36	0.26	$M_d$ (mkN/m) =	96.1
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.00	-0.10	$U_0$ (kN) =	5950
			$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	6.5

##### 4.2 Talón

Por teoría de flexión

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.00		$M_{tierras}$ =	0.1
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	-0.02		$M_{reaccion}$ =	0.0
$R_{2d}$ (kN/m) =	0.25		$M_d$ (mkN/m) =	0.1
exc (m) =	-0.07		$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	0.0

Cuantía mínima mecánica (cm <sup>2</sup> /m) =	7.4
Cuantía mínima mecánica reducida (cm <sup>2</sup> /m) =	7.4
Cuantía mínima geométrica horizontal =	3.2 ‰

	$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m)	Dispuesta	Refuerzo
Transversal inferior (puntera)	7.4	Ø12a15	---
Transversal superior (talón)	7.4	Ø12a15	---
Longitudinal (por cara)	6.4	Ø12a15	---

##### 4.3 Comprobación del cortante

###### 4.3.1 Puntera

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.36
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.05
$V_{reacc}$ (kN/m) =	53.6
$V_d$ (kN/m) =	41.5
$V_{cu}$ (kN/m) =	131.4

**As (cm<sup>2</sup>/m)**  
No necesita armadura de cortante

###### 4.3.2 Talón

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.00
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	---
$V_{reacc}$ (kN/m) =	---
$V_d$ (kN/m) =	0.0
$V_{cu}$ (kN/m) =	131.4

**As (cm<sup>2</sup>/m)**  
No necesita armadura de cortante



**5. Cuantías y precios**

<b>Alzado</b>	<b>Nº</b>	<b>Ø</b>	<b>L</b>	<b>kg/m</b>	<b>kg</b>
Base trasdos	6.7	12	3.10	0.89	18.3
Esperas	6.7	12	1.05	0.89	6.2
Ref. trasdos	0.0	0	3.00	0.00	0.0
Esperas	0.0	0	1.65	0.00	0.0
Intrados	6.7	10	3.10	0.62	12.7
Esperas	6.7	10	0.95	0.62	3.9
Horiz	39.3	10	1.03	0.62	24.9
Coronación	2.0	16	1.04	1.58	3.3
				<b>Total</b>	<b>69.4</b>

Lrefuerzo (m) = **3.00** (Medido desde la cara superior de zapata)

<b>Zapata</b>	<b>Nº</b>	<b>Ø</b>	<b>L</b>	<b>kg/m</b>	<b>kg</b>
Transv inf	6.7	12	3.75	0.89	22.2
Refuerzo	0.0	0	3.75	0.00	0.0
Transv sup	6.7	12	3.75	0.89	22.2
Refuerzo	0.0	0	3.75	0.00	0.0
Longit	42.0	12	1.03	0.89	38.5
Piel	1	12	1.03	0.89	0.9
				<b>Total</b>	<b>83.8</b>

	<b>alzado</b>	<b>zapata</b>	<b>total</b>	
kg de acero por m de muro	69	84	<b>153</b>	kg/m
kg de acero por m² de alzado	24	28	<b>52</b>	kg/m² alzado
kg de acero por m³ de horm.	78	64	<b>70</b>	kg/m³
m³ hormigón por m de muro	0.89	1.30	<b>2.19</b>	m³/m

Hormigón  $\text{€/m}^3$  **85**      Acero  $\text{€/kg}$  **0.90**

	<b>alzado</b>	<b>zapata</b>	<b>total</b>	
<b>precio de muro por metro</b>	138	186	<b>324</b>	<b>€</b>

## CÁLCULO DE MUROS DE CONTENCIÓN

Preparado: JAO  
 Validado: RTL, JAO  
 Aprobado: JAO  
 Nombre Proyecto:  
 Id. Proyecto:  
 Edición Hoja: 9

Ej. de calibración

### 1. Datos

#### 1.1 Geometría del muro

Altura sobre la zapata, H (m) =	4.50		
Puntera (m) =	4.15	Talón (m) =	0.00
Anchura total zapata (m) =	4.60	a (m) =	4.60
Canto mínimo de zapata, C1 (m) =	0.50	Azapata (m <sup>2</sup> ) =	4.60
Canto máximo de zapata, C2 (m) =	0.50	Wzapata (m <sup>3</sup> ) =	3.53
		$\omega$ (°) =	0.00
Anchura en coronación, e (m) =	0.45		
Inclinación trasdós (1H/xV) =	100000.0		
Espesor en arranque (m) =	0.45		
Longitud alzado muro (m) =	1.00	(Sólo para cálculo de tensiones y estabilidad)	
Longitud zapata muro (m) =	1.00		

#### 1.2 Características del relleno

Peso específico del relleno (kN/m <sup>3</sup> )	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> ) =	20.0
Ángulo de rozamiento interno del relleno (°)	$\phi$ (°) =	30.0
Ángulo de rozamiento entre el muro y el relleno (°)	$\delta$ (°) =	0.0
Ángulo del relleno con la horizontal (°)	$\beta$ (°) =	0.0
	$\Delta H$ (m) =	0.00
Ángulo del trasdós del muro con la vertical (°) =	$\alpha$ (°) =	0.0
Sobrecarga en la superficie del relleno (kN/m <sup>2</sup> )	sc (kN/m <sup>2</sup> ) =	13.3

#### 1.3 Características del terreno

	ESTÁTICO	SÍSMICO
1.3.1 Tensiones admisibles del terreno (kg/cm <sup>2</sup> ) =	2.00	3.00

1.3.2 Porcentaje mínimo comprimido = 75 %

#### 1.3.3 Coeficiente de rozamiento

Ángulo de rozamiento interno del terreno	(°) =	30.0
Coeficiente de rozamiento disponible	$\mu$ =	0.58

#### 1.4 Acciones en cabeza por unidad de longitud

Carga horizontal (kN/m) =	0.0	(Positiva si es desestabilizadora)
Carga vertical (kN/m) =	0.0	(Positiva si comprime el muro)
Momento (mkN/m) =	0.0	(Positivo si es desestabilizador)

#### 1.5 Acciones sísmicas

Considerar acciones sísmicas en cálculo:	NO
Considerar empuje inercial del relleno - estabilidad:	NO
Considerar empuje inercial del relleno - armado alzado:	NO

Aceleración horizontal de cálculo (g) =	0.70
Aceleración vertical de cálculo (g) =	0.35

	ESTÁTICAS	SÍSMICA
1.6 Coeficiente de mayoración de acciones	$\gamma$ =	1.50
	Coeficiente sobrecarga concomitante con sismo =	0.20

#### 1.7 Coeficientes de seguridad

	ESTÁTICO	SÍSMICO
Coeficiente de seguridad al deslizamiento =	1.50	1.10
Coeficiente de seguridad al vuelco =	1.80	1.27

#### 1.8 Materiales

Hormigón :	HA-30	$f_{ck}$ (MPa) =	30.0
Acero :	B 500 S	$f_{cd}$ (MPa) =	20.0
		$f_{yd}$ (MPa) =	434.8

## 2. Comprobación de estabilidad y tensiones transmitidas al terreno

Coulomb,  $\delta$  (°) = 0.0 (Empujes según Coulomb en la vertical del extremo del talón)  
 Coulomb,  $\alpha$  (°) = 0.0

			Total	Horizontal	Vertical
Coef. de empuje activo	$K_a$ =		0.333	0.333	0.000
Coef. de empuje activo	$K_{aS}$ =		---	---	---
	V	M Puntera (V)	M cdg (V)	H	M Puntera (H)
Peso muro (I)	51	221	-105	0	0
Peso muro (II)	0	0	0	0	0
Peso zapata	58	132	0	0	0
Peso tierras (I)	0	0	0	0	0
Peso tierras (II)	0	0	0	0	0
Peso tierras (III)	0	0	0	0	0
Empuje tierras	0	0	0	83	139
Empuje sismo	0	0	0	0	0
Inercial muro	0	0	0	0	0
Inercial zapata	0	0	0	0	0
Inercial relleno	0	0	0	0	0
Empuje sc	0	0	0	22	56
Peso sc	0	0	0	0	0
Acc. en cabeza	0	0	0	0	0

### 2.1 Estabilidad al deslizamiento

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
Fuerza vertical total (kN) =	108	108	---
Fuerza horiz. total (kN) =	106	83	---
Fuerza estabilizadora (kN) =	62	62	---
Fuerza deslizante (kN) =	106	83	---
<b>Coefficiente de seguridad =</b>	<b>0.59</b>	<b>0.75</b>	<b>---</b>
	(No cumple)	(No cumple)	

### 2.2 Estabilidad al vuelco

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
Mom. Estabilizador (mkN) =	354	354	---
Momento volcador (mkN) =	194	139	---
<b>Coefficiente de seguridad =</b>	<b>1.82</b>	<b>2.55</b>	<b>---</b>
	(Cumple)	(Cumple)	

### 2.3 Tensiones transmitidas al terreno

	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
F normal total (kN) =	108	108	---
M cdg zapata (mkN) =	89	34	---
Excentricidad (m) =	0.83	0.31	---
Tensión en puntera (kg/cm²) =	0.49	0.33	---
Tensión en talón (kg/cm²) =	0.00	0.14	---
Fibra neutra (m) =	4.42	4.60	---
	EST con sc	EST sin sc	SÍSMICO
<b>Tensión media (kg/cm²) =</b>	<b>0.24</b>	<b>0.24</b>	<b>---</b>
<b>Tensión máxima (kg/cm²) =</b>	<b>0.49</b>	<b>0.33</b>	<b>---</b>
	(Cumple)	(Cumple)	
Porcentaje comprimido =	96%	100%	
	(Cumple)	(Cumple)	

**3. Dimensionamiento de la armadura del alzado**

(Según Anejo 8 EHE)

Coulomb,  $\delta =$  0.0 (Empujes según Coulomb en el trasdós del muro)  
 Coulomb,  $\alpha =$  0.0

		Total	Horizontal	Vertical
Coef. de empuje activo	$K_a =$	0.333	0.333	0.000
Coef. de empuje activo	$K_{as} =$	---	---	---

H (m)	Ea	E <sub>sc</sub>	Ma	M <sub>sc</sub>	M <sub>d</sub>
0.00	0.0	4.4	0.0	0.0	0.0
0.45	3.0	4.4	0.1	0.5	0.8
0.90	6.0	4.4	0.8	1.8	3.9
1.35	9.0	4.4	2.7	4.1	10.2
1.80	12.0	4.4	6.5	7.2	20.5
2.25	15.0	4.4	12.7	11.3	35.9
2.70	18.0	4.4	21.9	16.2	57.1
3.15	21.0	4.4	34.7	22.1	85.2
3.60	24.0	4.4	51.8	28.8	121.0
4.05	27.0	4.4	73.8	36.5	165.4
4.50	30.0	4.4	101.3	45.0	219.4
	kN/m2	kN/m2	mKN/m	mKN/m	mKN/m

H (m)	Espesor (m)	U <sub>0</sub> (kN)	U <sub>s1</sub> (kN)	A <sub>s</sub> (cm²/m)	A <sub>mec</sub> (cm²/m)
0.00	0.45	6800	0	0.0	0.0
0.45	0.45	6800	2	0.0	0.1
0.90	0.45	6800	10	0.2	0.3
1.35	0.45	6800	25	0.6	0.9
1.80	0.45	6800	51	1.2	1.8
2.25	0.45	6800	90	2.1	3.1
2.70	0.45	6800	144	3.3	5.0
3.15	0.45	6801	216	5.0	7.5
3.60	0.45	6801	309	7.1	8.3
4.05	0.45	6801	427	9.8	8.3
4.50	0.45	6801	572	13.2	8.3

Cuantía mínima geométrica vertical trasdos = 1.2 ‰  
 Cuantía mínima geométrica vert. Intrados = 0.8 ‰  
 Cuantía mínima geométrica horizontal = 3.2 ‰ 14.4 cm²/m

H (m)	Arm. Vertical Trasdós			Vertical Intrados	
	A <sub>s</sub> (cm²/m)	Dispuesta	Refuerzo	A <sub>s</sub> (cm²/m)	Dispuesta
0.00	5.4	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
0.45	5.4	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
0.90	5.4	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
1.35	5.4	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
1.80	5.4	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
2.25	5.4	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
2.70	5.4	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
3.15	7.5	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
3.60	8.3	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
4.05	9.8	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15
4.50	13.2	Ø16a15	---	3.6	Ø10a15

Armadura horizontal dispuesta = Ø12a15

**3.1 Comprobación del cortante**

V<sub>d</sub> (kN/m) = 111.4  
 V<sub>ARM</sub> (kN/m) = 0.0  
 V<sub>cu</sub> (kN/m) = 170.0

<b>As (cm²/m)</b> No necesita armadura de cortante
-------------------------------------------------------

#### 4. Dimensionamiento de la armadura de la zapata

##### 4.1 Puntera

Método de bielas y tirantes

		(sin pp zapata)		
$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.49	0.36	$T_d$ (kN/m) =	584.5
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.00	-0.12		
$R_{1d}$ (kN/m) =	53.4		$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	13.4
exc (m) =	2.90			

Por teoría de flexión

		(sin pp zapata)		
$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.49	0.36	$M_d$ (mkN/m) =	278.4
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.02	-0.10	$U_0$ (kN) =	7650
			$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	14.9

##### 4.2 Talón

Por teoría de flexión

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.00	$M_{tierras}$ =	0.2
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	-0.01	$M_{reaccion}$ =	0.0
$R_{2d}$ (kN/m) =	0.07	$M_d$ (mkN/m) =	0.4
exc (m) =	-0.04	$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m) =	0.0

Cuantía mínima mecánica (cm <sup>2</sup> /m) =	9.2
Cuantía mínima mecánica reducida (cm <sup>2</sup> /m) =	9.2
Cuantía mínima geométrica horizontal =	3.2 ‰

	$A_s$ (cm <sup>2</sup> /m)	Dispuesta	Refuerzo
Transversal inferior (puntera)	14.9	Ø20a20	---
Transversal superior (talón)	9.2	Ø16a20	---
Longitudinal (por cara)	8.0	Ø16a20	---

##### 4.3 Comprobación del cortante

###### 4.3.1 Puntera

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.49
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.08
$V_{reacc}$ (kN/m) =	105.3
$V_d$ (kN/m) =	88.5
$V_{cu}$ (kN/m) =	190.1

**As (cm<sup>2</sup>/m)**  
No necesita armadura de cortante

###### 4.3.2 Talón

$\sigma_1$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	0.00
$\sigma_2$ (kg/cm <sup>2</sup> ) =	---
$V_{reacc}$ (kN/m) =	---
$V_d$ (kN/m) =	0.0
$V_{cu}$ (kN/m) =	163.8

**As (cm<sup>2</sup>/m)**  
No necesita armadura de cortante



**5. Cuantías y precios**

<b>Alzado</b>	Nº	Ø	L	kg/m	kg
Base trasdos	6.7	16	4.80	1.58	50.5
Esperas	6.7	16	1.35	1.58	14.2
Ref. trasdos	0.0	0	3.00	0.00	0.0
Esperas	0.0	0	1.75	0.00	0.0
Intrados	6.7	10	4.80	0.62	19.7
Esperas	6.7	10	1.05	0.62	4.3
Horiz	60.0	12	1.03	0.89	55.0
Coronación	2.0	16	1.04	1.58	3.3
Total					147.1

Lrefuerzo (m) = **3.00** (Medido desde la cara superior de zapata)

<b>Zapata</b>	Nº	Ø	L	kg/m	kg
Transv inf	5.0	20	5.25	2.47	64.7
Refuerzo	0.0	0	5.25	0.00	0.0
Transv sup	5.0	16	5.25	1.58	41.4
Refuerzo	0.0	0	5.25	0.00	0.0
Longit	44.0	16	1.04	1.58	72.3
Piel	3	12	1.03	0.89	2.8
Total					181.3

	<b>alzado</b>	<b>zapata</b>	<b>total</b>	
kg de acero por m de muro	147	181	<b>328</b>	kg/m
kg de acero por m² de alzado	33	40	<b>73</b>	kg/m² alzado
kg de acero por m³ de horm.	73	79	<b>76</b>	kg/m³
m³ hormigón por m de muro	2.03	2.30	<b>4.33</b>	m³/m

Hormigón  $\text{€/m}^3$  **85**      Acero  $\text{€/kg}$  **0.90**

	<b>alzado</b>	<b>zapata</b>	<b>total</b>	
<b>precio de muro por metro</b>	305	359	<b>663</b>	€

## 5 PUNZONAMIENTO

El armado necesario a resistir el punzonamiento en los paños reconstruidos donde se ejecuta también la demolición de los ábacos se calcula de manera diferente, según si los paños están en los forjados inferiores o en la cubierta.

### 5.1 PUNZONAMIENTO EN FORJADOS DE PLANTAS SÓTANO

En los tres forjados inferiores, la solución es armar a punzonamiento con horquillas tradicionales.

Se disponen horquillas de manera distinta si el pilar está en zona:

- INTERNA
- DE BORDE
- DE ESQUINA

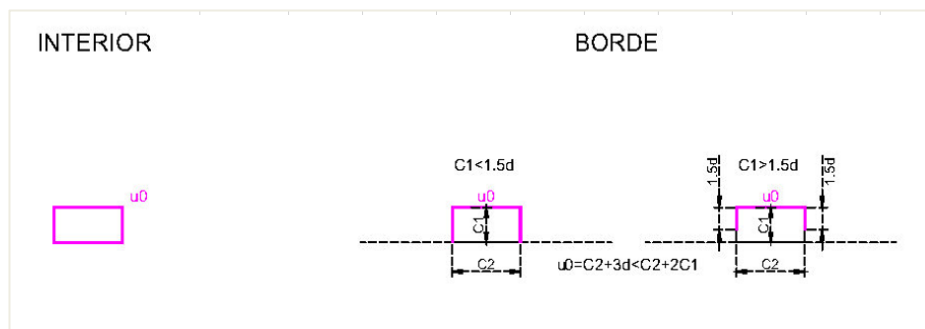


Figura 5-1 Esquema pilares interiores y de borde.

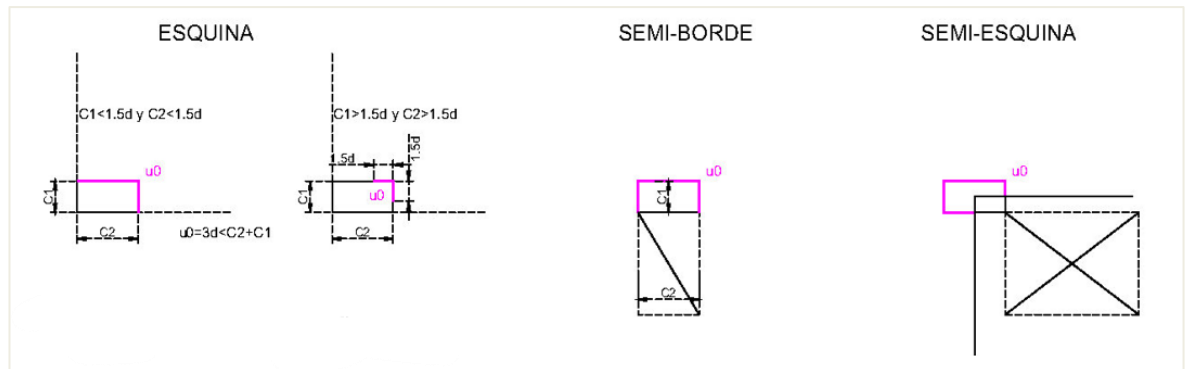


Figura 5-2 Esquema pilares de esquina, semi-borde y semi-esquina.

5.1.1 Pilar INTERNO

En la siguiente figura sacada de la hoja de calculo se observa que el armado necesario para resistir el punzonamiento de diseño se cumple con 8 horquillas  $\Phi 12$  en 3 perimetros, con  $s_0 = s = 0.15m$ .

PROYECTO	Estandarización punzonamiento	OBJETO	EJEMPLO	FECHA	06/02/2024
				OPERADOR	

Preparado: ERR, ILP, DBM

Validado: ERR, ILP, APC

Aprobado: ERR

Nombre Proyecto: Estandarización punzonamiento

Id. Proyecto: #####

Edición Hoja: 3

Solo se introducen datos en las casillas marcadas en este color

NOTA IMPORTANTE:

Hoja solo válida para estructuras donde la estabilidad lateral no depende del funcionamiento como pórtico entre losas y pilares y donde los vanos contiguos no difieren en longitud en más de 25 %.

NOTA: El procedimiento de cálculo de punzonamiento se basa en las siguientes consideraciones: la reacción de apoyo no es excéntrico y en el hormigón no se consideran las tensiones normales debidas a las fuerzas longitudinales.

PUNZONAMIENTO EN LOSAS

CODIGO ESTRUCTURAL

VALORES RECOMENDADOS EN1992

$\beta$	1.15	1.15	
C rel,c	0.12	0.12	
V min	0.50	0.50	N/mm2
f ywd,ef	312.5	312.5	N/mm2
v	0.528	0.528	
V Rd,max	4.224	5.28	N/mm2
k	1.5	1.5	
k max	1.5	1.5	

"Coeficiente relacionado con la posición de la columna en la losa"

"Factor utilizado en el cálculo de v Rd, c determinado por el factor parcial para hormigón"

"Resistencia mínima a cortante"

"Resistencia de diseño eficaz de la armadura de punzonamiento, el valor límite superior se determina por la resistencia a la fluencia de diseño de la armadura de cortante f ywd"

"Factor de reducción para hormigón agrietado en cizalladura, utilizado en el cálculo de v Rd, max"

"Resistencia de punzonamiento adyacente a la columna se limita a un máximo de v Rd, max"

"El perímetro exterior de refuerzo de corte debe ser colocado a una distancia no mayor que kd dentro de u out"

"Factor que limita la capacidad máxima que puede alcanzarse con armadura de punzonamiento"

d [m]

0.25

$\phi$

25

c/

0.15

$\phi$

25

c/

0.15

n

0

$\phi$

16

Ax sup

V Ed [kN]

1317

$\phi$

25

c/

0.15

$\phi$

25

c/

0.15

n

0

$\phi$

16

Ay sup

CAPITEL

NO

$\rho = 0.01309$

$\rho = 0.01309$

f ck [MPa]

30

$\gamma_c$

1.50

f yk [MPa]

500

$\gamma_s$

1.15

Tipo de pilar

RECTANGULAR

Situación del Pilar

INTERNO

RECTANGULAR

0 / 1

c2 [m]

c1 [m]

1

0.61

0.61

CIRCULAR

$\phi$  [m]

0

0.30

	0 / 1	u o	u 1 int	u 1 ext	$\beta$
INTERNO	1	2.44	5.58	5.58	1.15
BORDE	0	1.36	3.40	3.40	1.40
ESQUINA	0	0.75	2.01	2.01	1.50
SEMI BORDE	0	1.83	4.19	4.19	1.40
SEMI ESQUINA	0	2.44	4.19	4.19	1.40

TIPO

REFUERZO EN BANDAS

REFUERZO EN BANDAS

1

REFUERZO CUADRADO

0

REFUERZO CON STUDS

0

a nec [m]

0.30

A 90 [cm <sup>2</sup> /m]	S o,min [m]	S o aplicado [m]	S max [m]	S aplicado [m]	A sw [cm <sup>2</sup> /perimetro]
60.2	0.075	0.15	0.188	0.15	9.0

$\phi$	Número de perimetros	Número de cercos por perimetro en todas las ramas
12	Necesaria	2
	Sugerida	3

Factor de corrección: ( $\leq 1$ )

(Fsd = Fsd,ef /  $\beta$ )

u o [m]	u 1 [m]	u out ef [m]	$\beta$	Fsd max (kN)	Fsd sin A sw (kN)
2.44	5.58	6.82	1.15	2240.6	937.6

si un hueco reduce u0, u1 or unef, aplicar un factor de corrección y el valor adoptado aparecerá en rojo

NECESITA REFUERZO

Carga máxima en el perímetro exterior [kN]: 1365.0

Capacidad maxima con armadura punzonamiento [kN]: 1406.4

Refuerzo de Punzonamiento

TIPO: REFUERZO EN BANDAS

REFUERZO EN BANDAS: 1

REFUERZO CUADRADO: 0

REFUERZO CON STUDS: 0

a nec [m]: 0.30

A 90 [cm <sup>2</sup> /m]	S o,min [m]	S o aplicado [m]	S max [m]	S aplicado [m]	A sw [cm <sup>2</sup> /perimetro]
60.2	0.075	0.15	0.188	0.15	9.0

$\phi$	Número de perimetros	Número de cercos por perimetro en todas las ramas
12	Necesaria	2
	Sugerida	3

¡ tener en cuenta que los estribos externos no son activos

Figura 5-3 Resumen dimensionamiento armado a cortante en conexión muro/losa.

240823\_Proyecto Jacinto Benavente\_PROINTEC-AYTO  
16 de abril 2024

FHECOR 116

## 5.1.2 Pilar de BORDE

En la siguiente figura sacada de la hoja de calculo se observa que el armado necesario para resistir el punzonamiento de diseño se cumple con 6 horquillas  $\Phi 12$  en 3 perimetros, con  $s_0 = s = 0.15m$ .

PROYECTO	Estandarización punzonamiento	OBJETO	EJEMPLO	FECHA	06/02/2024																																	
Preparado: ERR, ILP, DBM Validado: ERR, ILP, APC Aprobado: ERR Nombre Proyecto: <b>Estandarización punzonamiento</b> Id. Proyecto: <b>#####</b> Edición Hoja: 3	Solo se introducen datos en las casillas marcadas en este color																																					
<p><b>NOTA IMPORTANTE:</b> Hoja solo válida para estructuras donde la estabilidad lateral no depende del funcionamiento como pórtico entre losas y pilares y donde los vanos contiguos no difieren en longitud en más de 25 %.</p> <p><b>NOTA:</b> El procedimiento de cálculo de punzonamiento se basa en las siguientes consideraciones: la reacción de apoyo no es excéntrico y en el hormigón no se consideran las tensiones normales debidas a las fuerzas longitudinales.</p>																																						
<b>PUNZONAMIENTO EN LOSAS</b>																																						
<b>CODIGO ESTRUCTURAL VALORES RECOMENDADOS EN1992</b>																																						
<table border="1"> <tr><td><math>\beta</math></td><td>1.4</td></tr> <tr><td>C Rd,c</td><td>0.12</td></tr> <tr><td>v min</td><td>0.50</td></tr> <tr><td>f yed,ef</td><td>312.5</td></tr> <tr><td>v</td><td>0.528</td></tr> <tr><td>v Rd,max</td><td>4.224</td></tr> <tr><td>k</td><td>1.5</td></tr> <tr><td>k max</td><td>1.5</td></tr> </table>	$\beta$	1.4	C Rd,c	0.12	v min	0.50	f yed,ef	312.5	v	0.528	v Rd,max	4.224	k	1.5	k max	1.5	<table border="1"> <tr><td>1.4</td></tr> <tr><td>0.12</td></tr> <tr><td>0.50</td></tr> <tr><td>312.5</td></tr> <tr><td>0.528</td></tr> <tr><td>5.28</td></tr> <tr><td>1.5</td></tr> <tr><td>1.5</td></tr> </table>	1.4	0.12	0.50	312.5	0.528	5.28	1.5	1.5	<p>*Coeficiente relacionado con la posición de la columna en la losa"</p> <p>*Factor utilizado en el cálculo de v Rd, c determinado por el factor parcial para hormigón"</p> <p>*Resistencia mínima a cortante"</p> <p>*Resistencia de diseño eficaz de la armadura de punzonamiento, el valor límite superior se determina por la resistencia a la fluencia de diseño de la armadura de cortante f yw</p> <p>*Factor de reducción para hormigón agrietado en cizalladura, utilizado en el cálculo de v Rd, max"</p> <p>*Resistencia de punzonamiento adyacente a la columna se limita a un máximo de v Rd, max"</p> <p>*El perímetro exterior de refuerzo de corte debe ser colocado a una distancia no mayor que kd dentro de u out"</p> <p>*Factor que limita la capacidad máxima que puede alcanzarse con armadura de punzonamiento"</p>												
$\beta$	1.4																																					
C Rd,c	0.12																																					
v min	0.50																																					
f yed,ef	312.5																																					
v	0.528																																					
v Rd,max	4.224																																					
k	1.5																																					
k max	1.5																																					
1.4																																						
0.12																																						
0.50																																						
312.5																																						
0.528																																						
5.28																																						
1.5																																						
1.5																																						
<table border="1"> <tr><td>d [m]</td><td>0.25</td></tr> <tr><td>V Ed [kN]</td><td>658.5</td></tr> <tr><td>CAPITEL</td><td>NO</td></tr> </table>	d [m]	0.25	V Ed [kN]	658.5	CAPITEL	NO	<table border="1"> <tr><td><math>\phi</math></td><td>c/</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.15</td></tr> </table>	$\phi$	c/	25	0.15	25	0.15	<table border="1"> <tr><td><math>\phi</math></td><td>c/</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.15</td></tr> <tr><td>25</td><td>0.15</td></tr> </table>	$\phi$	c/	25	0.15	25	0.15	<table border="1"> <tr><td>n</td><td><math>\phi</math></td></tr> <tr><td>0</td><td>16</td></tr> <tr><td>0</td><td>16</td></tr> </table>	n	$\phi$	0	16	0	16	<p>Ax sup</p> <p>Ay sup</p>										
d [m]	0.25																																					
V Ed [kN]	658.5																																					
CAPITEL	NO																																					
$\phi$	c/																																					
25	0.15																																					
25	0.15																																					
$\phi$	c/																																					
25	0.15																																					
25	0.15																																					
n	$\phi$																																					
0	16																																					
0	16																																					
<p><math>\rho = 0.01309</math></p> <p><math>\rho = 0.01309</math></p>																																						
<table border="1"> <tr><td>fck [MPa]</td><td>30</td></tr> <tr><td>fyk [MPa]</td><td>500</td></tr> <tr><td>Tipo de pilar</td><td></td></tr> <tr><td>Situación del Pilar</td><td></td></tr> </table>	fck [MPa]	30	fyk [MPa]	500	Tipo de pilar		Situación del Pilar		<table border="1"> <tr><td><math>\gamma_c</math></td><td>1.50</td></tr> <tr><td><math>\gamma_s</math></td><td>1.15</td></tr> <tr><td>RECTANGULAR</td><td></td></tr> <tr><td>BORDE</td><td></td></tr> </table>	$\gamma_c$	1.50	$\gamma_s$	1.15	RECTANGULAR		BORDE		<p>0 / 1</p> <p>c2 [m]</p> <p>c1 [m]</p> <p>1 0.61 0.61</p> <p><math>\phi</math> [m]</p> <p>0 0.30</p>																				
fck [MPa]	30																																					
fyk [MPa]	500																																					
Tipo de pilar																																						
Situación del Pilar																																						
$\gamma_c$	1.50																																					
$\gamma_s$	1.15																																					
RECTANGULAR																																						
BORDE																																						
<table border="1"> <tr><td>RECTANGULAR</td><td></td></tr> <tr><td>CIRCULAR</td><td></td></tr> </table>	RECTANGULAR		CIRCULAR		<table border="1"> <tr><td>0 / 1</td><td>u o</td><td>u 1 int</td><td>u 1 ext</td><td><math>\beta</math></td></tr> <tr><td>1</td><td>2.44</td><td>5.58</td><td>5.58</td><td>1.15</td></tr> <tr><td>1</td><td>1.36</td><td>3.40</td><td>3.40</td><td>1.40</td></tr> <tr><td>0</td><td>0.75</td><td>2.01</td><td>2.01</td><td>1.50</td></tr> <tr><td>0</td><td>1.83</td><td>4.19</td><td>4.19</td><td>1.40</td></tr> <tr><td>0</td><td>2.44</td><td>4.19</td><td>4.19</td><td>1.40</td></tr> </table>	0 / 1	u o	u 1 int	u 1 ext	$\beta$	1	2.44	5.58	5.58	1.15	1	1.36	3.40	3.40	1.40	0	0.75	2.01	2.01	1.50	0	1.83	4.19	4.19	1.40	0	2.44	4.19	4.19	1.40	<p>TIPO</p> <p>REFUERZO EN BANDAS</p> <p>REFUERZO EN BANDAS</p> <p>REFUERZO CUADRADO</p> <p>REFUERZO CON STUDS</p> <p>1</p> <p>0</p> <p>0</p>		
RECTANGULAR																																						
CIRCULAR																																						
0 / 1	u o	u 1 int	u 1 ext	$\beta$																																		
1	2.44	5.58	5.58	1.15																																		
1	1.36	3.40	3.40	1.40																																		
0	0.75	2.01	2.01	1.50																																		
0	1.83	4.19	4.19	1.40																																		
0	2.44	4.19	4.19	1.40																																		
<p>a nec [m]</p> <p>0.30</p>																																						
<table border="1"> <tr><td>A90 [cm²/m]</td><td>So,min [m]</td><td>So aplicado [m]</td><td>S max [m]</td><td>S aplicado [m]</td><td>Asw [cm²/perímetro]</td></tr> <tr><td>36.6</td><td>0.075</td><td>0.15</td><td>0.188</td><td>0.15</td><td>5.5</td></tr> </table>						A90 [cm²/m]	So,min [m]	So aplicado [m]	S max [m]	S aplicado [m]	Asw [cm²/perímetro]	36.6	0.075	0.15	0.188	0.15	5.5																					
A90 [cm²/m]	So,min [m]	So aplicado [m]	S max [m]	S aplicado [m]	Asw [cm²/perímetro]																																	
36.6	0.075	0.15	0.188	0.15	5.5																																	
<table border="1"> <tr><td><math>\phi</math></td><td>Número de perímetros</td><td>Número de cercos por perímetro en todas las ramas</td></tr> <tr><td>12</td><td>Necesaria 2</td><td>Necesaria 2.43</td></tr> <tr><td></td><td>Sugerida 3</td><td>Sugerida 3</td></tr> </table> <p>¡ tener en cuenta que los estribos externos no son activos</p>						$\phi$	Número de perímetros	Número de cercos por perímetro en todas las ramas	12	Necesaria 2	Necesaria 2.43		Sugerida 3	Sugerida 3																								
$\phi$	Número de perímetros	Número de cercos por perímetro en todas las ramas																																				
12	Necesaria 2	Necesaria 2.43																																				
	Sugerida 3	Sugerida 3																																				

Figura 5-4 Resumen dimensionamiento armado a cortante en conexión muro/losa.

5.1.3 Pilar de ESQUINA

En la siguiente figura sacada de la hoja de calculo se observa que el armado necesario para resistir el punzonamiento de diseño se cumple con 4 horquillas  $\Phi 12$  en 3 perimetros, con  $s_0 = s = 0.15m$ .

PROYECTO	Estandarización punzonamiento	OBJETO	EJEMPLO	FECHA	06/02/2024
----------	-------------------------------	--------	---------	-------	------------

Preparado: ERR, ILP, DBM  
Validado: ERR, ILP, APC  
Aprobado: ERR  
Nombre Proyecto: Estandarización punzonamiento  
Id. Proyecto: #####  
Edición Hoja: 3

Solo se introducen datos en las casillas marcadas en este color

NOTA IMPORTANTE:  
Hoja solo válida para estructuras donde la estabilidad lateral no depende del funcionamiento como pórtico entre losas y pilares y donde los vanos contiguos no difieren en longitud en más de 25 %.

NOTA: El procedimiento de cálculo de punzonamiento se basa en las siguientes consideraciones: la reacción de apoyo no es excéntrico y en el hormigón no se consideran las tensiones normales debidas a las fuerzas longitudinales.

PUNZONAMIENTO EN LOSAS

CODIGO ESTRUCTURAL VALORES RECOMENDADOS EN1992

$\beta$	1.5	1.5	
$C_{Rd,c}$	0.12	0.12	
$V_{min}$	0.50	0.50	N/mm2
$f_{ywd,ef}$	312.5	312.5	N/mm2
$v$	0.528	0.528	
$V_{Rd,max}$	4.224	5.28	N/mm2
$k$	1.5	1.5	
$k_{max}$	1.5	1.5	

\*Coeficiente relacionado con la posición de la columna en la losa"  
\*Factor utilizado en el cálculo de  $v_{Rd}$ , c determinado por el factor parcial para hormigón"  
\*Resistencia mínima a cortante"  
\*Resistencia de diseño eficaz de la armadura de punzonamiento, el valor límite superior se determina por la resistencia a la fluencia de diseño de la armadura de cortante  $f_{yw}$   
\*Factor de reducción para hormigón agrietado en cizalladura, utilizado en el cálculo de  $v_{Rd, max}$ "  
\*Resistencia de punzonamiento adyacente a la columna se limita a un máximo de  $v_{Rd, max}$ "  
\*El perímetro exterior de refuerzo de corte debe ser colocado a una distancia no mayor que  $k d$  dentro de  $u_{out}$ "  
\*Factor que limita la capacidad máxima que puede alcanzarse con armadura de punzonamiento"

$d$ [m]	0.25	$\phi$	$c/$	$\phi$	$c/$	$n$	$\phi$	Ax sup
$V_{Ed}$ [kN]	329.25	25	0.15			0	16	Ay sup
CAPITEL	NO							

$\rho = 0.01309$        $\rho = 0.01309$

$f_{ck}$ [MPa]	30	$\gamma_c$	1.50
$f_{yk}$ [MPa]	500	$\gamma_s$	1.15
Tipo de pilar	RECTANGULAR		
Situación del Pilar	ESQUINA		

RECTANGULAR

0 / 1	$c_2$ [m]	$c_1$ [m]
1	0.61	0.61

CIRCULAR

$\phi$ [m]	
0	0.30

0 / 1	$u_o$	$u_1$ int	$u_1$ ext	$\beta$	
INTERNO	0	2.44	5.58	5.58	1.15
BORDE	0	1.36	3.40	3.40	1.40
ESQUINA	1	0.75	2.01	2.01	1.50
SEMI BORDE	0	1.83	4.19	4.19	1.40
SEMI ESQUINA	0	2.44	4.19	4.19	1.40

TIPO    REFUERZO EN BANDAS

REFUERZO EN BANDAS    1

REFUERZO CUADRADO    0

REFUERZO CON STUDS    0

a nec [m]    0.30

$A_{90}$ [cm <sup>2</sup> /m]	$S_{o,min}$ [m]	$S_o$ aplicado [m]	$S_{max}$ [m]	$S$ aplicado [m]	$A_{sw}$ [cm <sup>2</sup> /perímetro]
17.4	0.075	0.15	0.188	0.15	2.6

$\phi$	Número de perímetros	Número de cercos por perímetro en todas las ramas
12	Necesaria    2	Necesaria    1.15
	Sugerida    3	Sugerida    2

i tener en cuenta que los estribos externos no son activos

Figura 5-5 Resumen dimensionamiento armado a cortante en conexión muro/losa.



### 5.1.4 Caso especial: Pilar en arranque de rampas

En lo casos en que se demuele el ábaco de un pilar donde hay arranques de rampas, además del armado de punzonamiento descrito en los casos anteriores, se recomienda disponer un zuncho 0.30x0.30m entre el paño de forjado demolido y el arranque de la rampa, de pilar a pilar, como en la figura siguiente. El zuncho se arma con 2  $\Phi 16$  superiores, 2  $\Phi 16$  inferiores, y cercos  $\Phi 12/0.15$ .

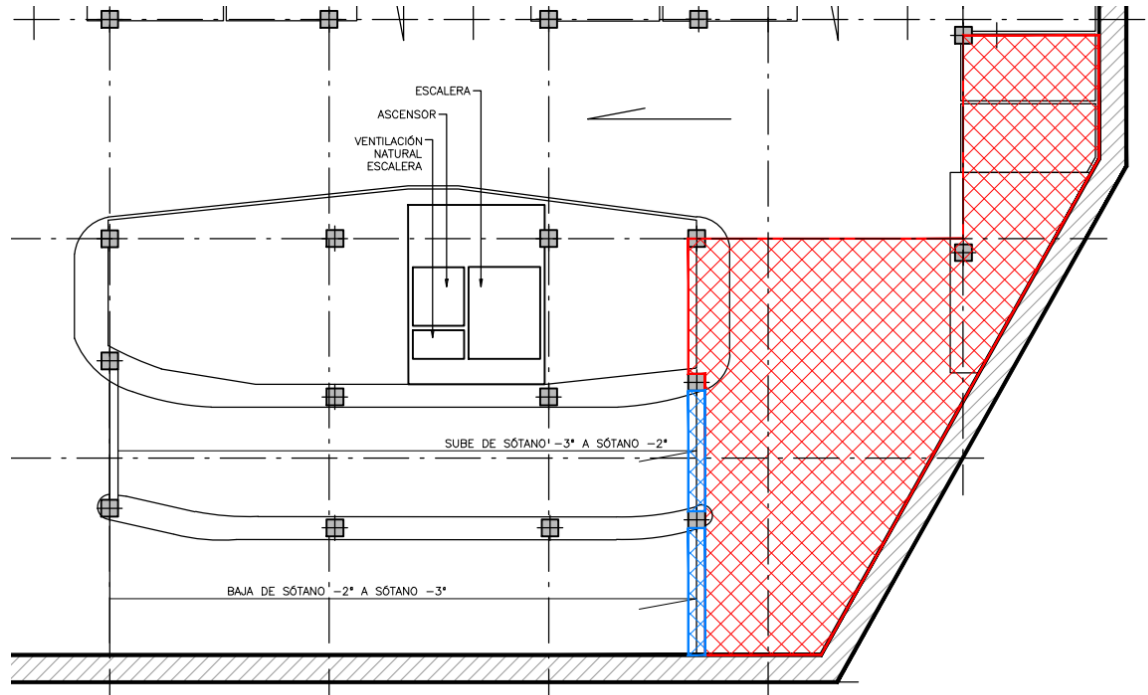


Figura 5-6 Ejemplo de zuncho entre arranque rampas y paños o demoler.

## 5.2 PUNZONAMIENTO EN FORJADO DE CUBIERTA

En la propuesta de reconstrucción de forjados de cubierta se define un nuevo detalle de apoyo mediante capiteles metálicos. El capitel se realiza mediante soldadura de una placa de acero estructural de 1m x 1m, espesor 30mm, que aumentará la superficie de apoyo de la losa de cubierta reconstruida.

Además, debido a cargas mayores en comparación con los forjados interiores, se recomienda usar studs para resistir los esfuerzos de punzonamiento. El diseño y dimensionamiento de estos elementos estructurales queda a cargo del proveedor de los studs.

Fhecor proporciona la carga del pilar más cargado para cada caso. Las cargas se han calculado según el Estado Límite Último y se resumen en la tabla siguiente.

Tabla 5-1. Reacciones en ELU.

Caso	Carga [kN]
Pilar INTERNO	4010
Pilar de BORDE	2005
Pilar de ESQUINA	1003

### 5.2.1 Comprobación capitel metálico

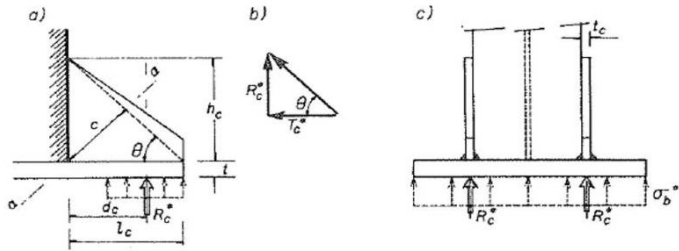
Primero, se define una basa metálica de 1x1m de superficie y 30mm de canto. La solución se comprueba con hoja de cálculo interna, los resultados se muestran en la siguiente figura.

ancho 1	ancho 2	Area placa	canto	ancho banda Cedrus	Area seccion banda Cedrus	steel	Y <sub>M0</sub>
m	m	m <sup>2</sup>	m	m	m <sup>2</sup>	MPa	
1	1	1	0.03	0.06	0.0018	275	1.05
		kN					
CM peso forjado		730					
CM sobre el forjado		1881					
SC		324					
tot		2935					
tot ELU		4010.85					
Datos entrada sacados con Cedrus							
VEd		21.5	kN				
MEd		2.9	kNm				
Cortante							
(6.18)	Vpl,Rd	272.18	kN				
(6.17)	VEd < Vpl,Rd	OK					
Reducir flexión?							
6.2.8 (2)	VEd < 0.5Vpl,Rd	OK	No se necesita reducir el momento Mpl,Rd				
6.2.8 (3)	factor reduccion, p	0					
Flexión							
Mpl,Rd		3.54	kNm				
MEd < Mpl,Rd		OK					

Figura 5-7 Comprobación basa metálica del capitel.

En segundo lugar, se definen las cartelas para soportar la basa de 1m x 1m. La solución se comprueba con hoja de cálculo interna, los resultados se muestran en las siguientes figuras.

#### 1. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA, MATERIALES Y ACCIONES:



##### 1.1 Geometría Cartela:

Ho [m]: 0.05	Altura mínima cartela.
Hc [m]: 0.2	Altura máxima de la cartela
Lc [m]: 0.33	Longitud de la cartela
tw [m]: 0.03	Espesor de la cartela
theta [°]: 31.22	
c [m]: 0.171	

##### 1.2 Características del Material:

fy [N/mm²]: 275	Límite elástico del acero de la cartela
E [kN/mm²]: 2.10E+08	Módulo de elasticidad.
G [kN/mm²]: 8.08E+07	Módulo de elasticidad transversal.

##### 1.3 Esfuerzos de Cálculo:

Rc* [kN] 500	Resultante de acciones sobre la cartela.
dc [m] 0.22	Distancia del punto de aplicación de la carga.

Figura 5-8 Geometría cartelas.

## 2. COMPROBACIÓN DE LA CARTELA:

Para que no se produzca el agotamiento de la cartela debe cumplirse la siguiente ecuación:

$$R_c^* \cdot d_c < c_E \cdot M_p$$

$$\bar{\lambda} = 2.53 \cdot \frac{c}{\pi \cdot t_c \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}} = 0.166$$

$$c_E = 0.14 \cdot \bar{\lambda}^2 - 1.07 \cdot \bar{\lambda} + 2.3 = 2.13$$

Coefficiente de escuadra

$$M_p = t_c \cdot c^2 \cdot f_y / 4 = 60.34$$

Momento de agotamiento de la sección [kN·m]

$$R_c^* \cdot d_c = 110.00$$

$$< c_E \cdot M_p = 128.28 \text{ O.K.}$$

Figura 5-9 Comprobación cartelas.

## 6 PILARES

Se ha verificado que la capacidad resistente ( $N_{Rd}$ ) de los pilares es suficiente para soportar las reacciones máximas ( $N_{Ed}$ ) resultantes de los modelos de cálculo en Cedrus. Sin embargo, la información sobre la sección de los pilares utilizada en la construcción del proyecto no es clara a partir de los datos de partida de 1970. En los planos de marzo de 1970 se observan dos tipos de pilares, con sección A-A y con sección B-B. Por otro lado, en los planos de noviembre de 1970, los pilares son diferentes a los de marzo de 1970, denominados Tipo I y Tipo II, con secciones y distribuciones en planta distintas a los anteriores.

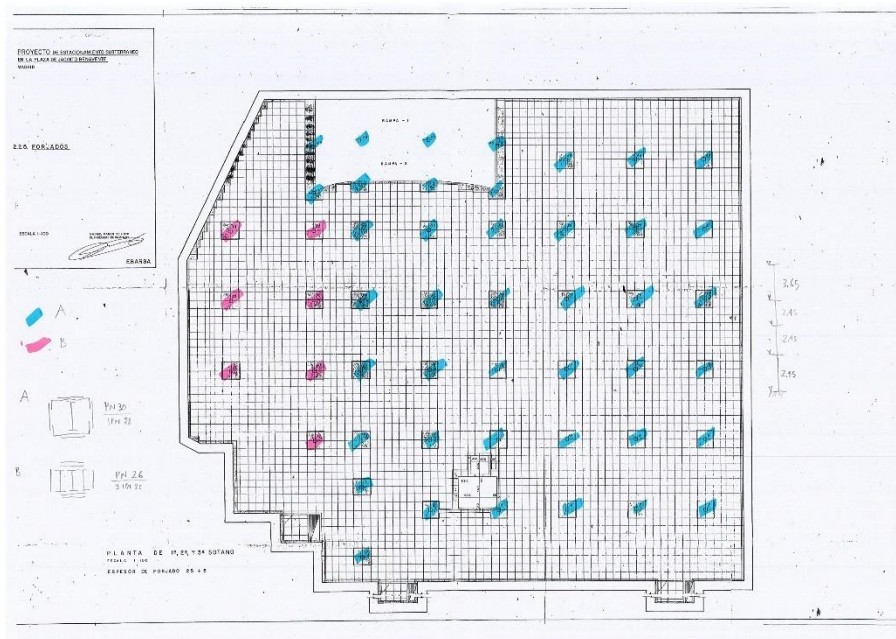


Figura 6-1 Marzo 1970. Sección A-A en azul, sección B-B en rosa.

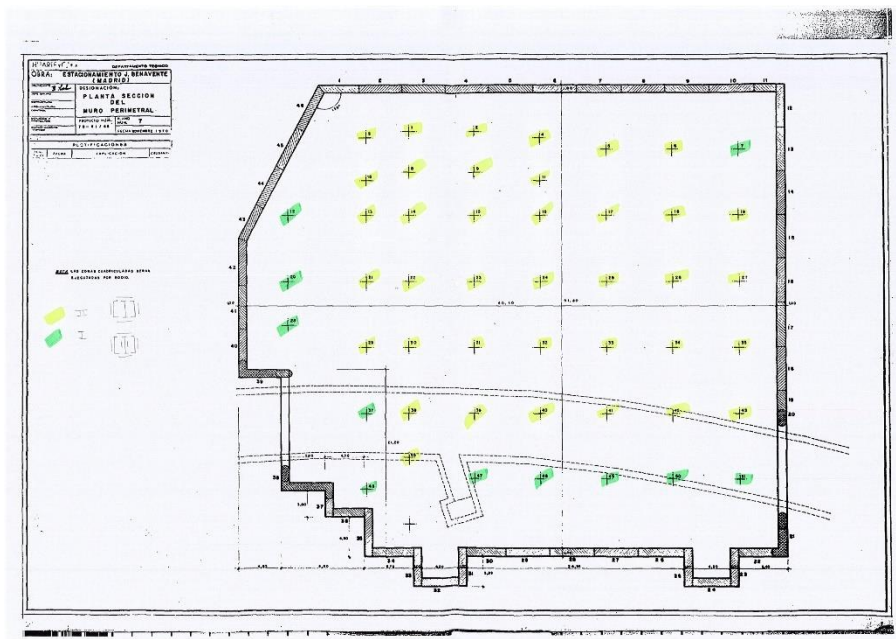


Figura 6-2 Noviembre 1970. Tipo I en verde, tipo II en amarillo.

Debido a esta incertidumbre, se ha realizado un análisis considerando el caso más desfavorable para cada tipo de sección, ya sea basándose en los planos de marzo o en los de noviembre. Como resultado de este análisis, se ha elaborado un modelo completo en Cedrus de toda la planta de cubierta y otro modelo completo de toda la planta de forjado interior. La carga máxima en cada pilar se calcula como la suma de la reacción máxima en la cubierta más tres veces la reacción máxima en el forjado interior.

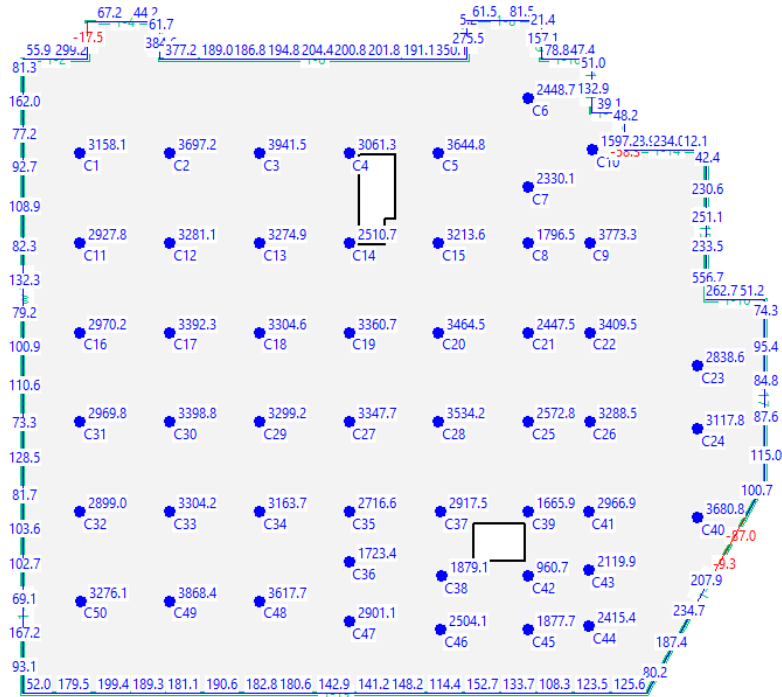


Figura 6-3 Reacciones en cubierta, planta completa.

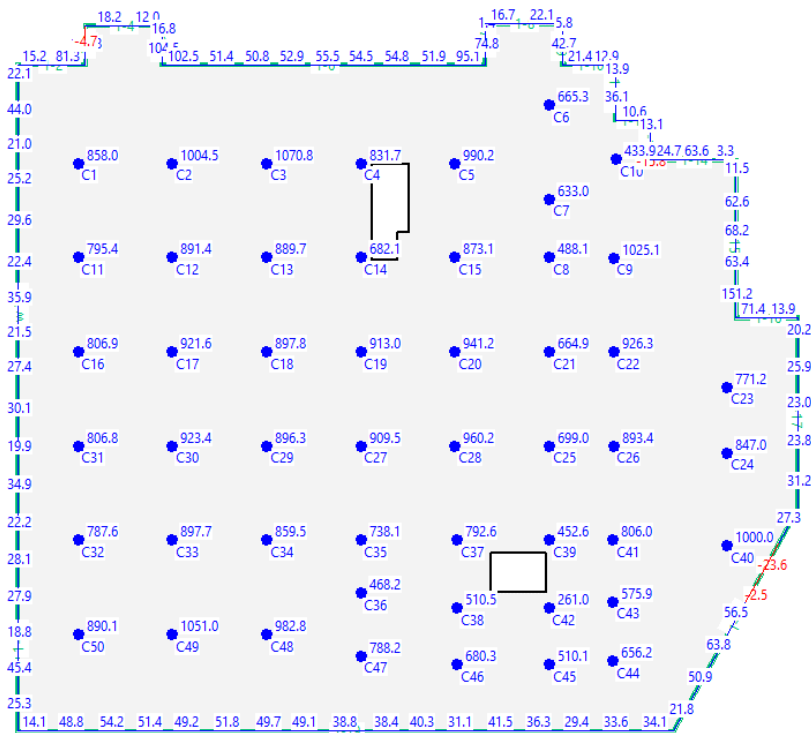


Figura 6-4 Reacciones en un forjado interior, planta completa.



A continuación, se incluyen los resultados de la comprobación. Como se puede observar, todos los factores de aprovechamiento están por debajo del 90%.

f.y 235 MPa  
gamma M0 1.10

Sección Tipo I

Elemento	b mm	h mm	Area mm <sup>2</sup>
C-30		300	5880
C-30		300	5880
I-30		300	6900
placa ext	20	270	5400
placa ext	20	270	5400
placa ext	20	270	5400
placa ext	20	270	5400
placa int	20	240	4800
placa int	20	240	4800

A.tot 49860 mm<sup>2</sup>  
N.Rd 10652 kN

Pilar mas cargado en Cedrus C3  
Cubierta 3941.5 kN  
Forjados 1070.8 kN  
N.Ed 7153.9 kN

N.Ed < N.Rd

aprovechamiento 67%

Sección Tipo II

Elemento	b mm	h mm	Area mm <sup>2</sup>
C-30		300	5880
C-30		300	5880
I-30		300	6900
placa ext	20	270	5400
placa ext	20	270	5400
placa ext	20	275	5500
placa ext	20	275	5500

A.tot 40460 mm<sup>2</sup>  
N.Rd 8644 kN

Pilar mas cargado en Cedrus C49  
Cubierta 3868.4 kN  
Forjados 1051 kN  
N.Ed 7021.4 kN

N.Ed < N.Rd

aprovechamiento 81%

Sección A-A

Elemento	b mm	h mm	Area mm <sup>2</sup>
UPN 30		300	5880
UPN 30		300	5880
IPN 28		280	6100
placa ext	20	280	5600
placa ext	20	280	5600
placa ext	20	260	5200
placa ext	20	260	5200

A.tot 39460 mm<sup>2</sup>  
N.Rd 8430 kN

Pilar mas cargado en Cedrus C3  
Cubierta 3941.5 kN  
Forjados 1070.8 kN  
N.Ed 7153.9 kN

N.Ed < N.Rd

aprovechamiento 85%

Sección B-B

Elemento	b mm	h mm	Area mm <sup>2</sup>
IPN 26		260	5330
IPN 26		260	5330
IPN 26		260	5330
placa ext	20	300	6000
placa ext	20	300	6000
placa ext	20	300	6000
placa ext	20	300	6000
placa ext	20	260	5200
placa ext	20	260	5200

A.tot 50390 mm<sup>2</sup>  
N.Rd 10765 kN

Pilar mas cargado en Cedrus C9  
Cubierta 3773.3 kN  
Forjados 1025.1 kN  
N.Ed 6848.6 kN

N.Ed < N.Rd

aprovechamiento 64%

Figura 6-5 Comprobación carga pilares.

## 7 APEOS Y ENCOFRADOS

### 7.1 APEOS

Antes de empezar a demoler un paño, es necesario apuntalar por 1 nivel todos los paños alrededor de dicho paño, como se explica en la memoria de cálculo y en los planos. La capacidad de los apeos de los paños aledaños será, en servicio, la misma que la de la zona que se va a reconstruir:

Carga total por  $m^2$  en servicio en forjado de cubierta:  $13.78 \text{ kN/m}^2$

Carga total por  $m^2$  en servicio en resto de forjados:  $9.65 \text{ kN/m}^2$

### 7.2 ENCOFRADOS – PAÑOS A DEMOLER EN CUBIERTA

**Cargas:**

Peso propio hormigón fresco:  $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.45\text{m} = 11.25 \text{ kN/m}^2$

Carga muerta encofrado:  $0.65 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga debida a montoneras: 10% PP hormigón =  $1.125 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga de trabajo:  $0.75 \text{ kN/m}^2$

Carga total:  $13.78 \text{ kN/m}^2$

Los forjados están diseñados para soportar una sobrecarga de  $4 \text{ kN/m}^2$ . Al ser la carga de ejecución conocida resulta suficiente con apuntalar los tres niveles inferiores bajo el forjado de cubierta

### 7.3 ENCOFRADOS – PAÑOS A DEMOLER EN FORJADOS INTERIORES

**Cargas:**

Peso propio hormigón fresco:  $25 \text{ kN/m}^3 \times 0.30\text{m} = 7.5 \text{ kN/m}^2$

Carga muerta encofrado:  $0.65 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga debida a montoneras: 10% PP hormigón =  $0.75 \text{ kN/m}^2$

Sobrecarga de trabajo:  $0.75 \text{ kN/m}^2$

Carga total:  $9.65 \text{ kN/m}^2$

Los forjados están diseñados para soportar una sobrecarga de  $4 \text{ kN/m}^2$ . Al ser la carga de ejecución conocida resulta suficiente con apuntalar los dos niveles inferiores bajo el forjado que se esté reconstruyendo (salvo el forjado de sótano -3 que se apuntalará directamente sobre la solera)

## ANEJO N° 3. INFORME PREVIO



# INFORME SOBRE EL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS DE REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA

ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS DE  
REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL  
APARCAMIENTO SITUADO EN LA PLAZA DE  
JACINTO BENAVENTE, EN MADRID



**Elaborado por:**

Mirko Russo / Álvaro Hernandez

*Ingenieros de Proyecto***Revisado por:**

Daniel Jiménez Nuero

*Jefe de Proyecto***Aprobado por:**

Eduardo Romero Rey

*Director de Departamento de Edificación***Registro de ediciones**

ED.	FECHA	GEN.	REV.	AUT.	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
0	30.10.2023	MRK/ AHL	DJN	ERR	Emisión del Informe
1	15.11.2023	MRK/ AHL	DJN	ERR	Actualización tras comentarios EMT

**NOTAS:**

- La copia original firmada de este documento se conserva en SAP.
- Para permitir la mejora continua, se alienta a los integrantes de FHECOR Ingenieros Consultores a notificar al autor de errores, omisiones o cualquier otra oportunidad de mejora.



## Contenido

1	INTRODUCCIÓN Y OBJETO .....	4
2	DATOS DE PARTIDA .....	4
3	DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA.....	4
4	INSPECCIONES VISUALES.....	5
4.1	MUROS .....	5
4.2	PILARES.....	5
4.3	SOLERA.....	5
4.4	FORJADOS.....	5
5	CAMPAÑA DE ENSAYOS.....	8
5.1	TRABAJOS REALIZADOS .....	8
5.2	RESULTADOS DE ENSAYOS.....	8
6	ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL RESIDUAL .....	10
7	VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA.....	11
8	PROPUESTAS DE REPARACIÓN.....	12
8.1	ACTUACIONES DE REPARACIÓN.....	12
8.1.1	ACTUACIÓN 1: ZONAS INTERMEDIAS .....	12
8.1.2	ACTUACIÓN 2: ZONAS HÚMEDAS.....	14
8.2	ACTUACIONES DE DURABILIDAD.....	14
8.3	VALORACIÓN ECONÓMICA .....	15
9	CONCLUSIONES.....	17

# 1 INTRODUCCIÓN Y OBJETO

En mayo de 2023, EMT encarga la redacción de un informe sobre el estado de la estructura del aparcamiento de Jacinto Benavente. Fhecor propone realizar el informe en tres fases:

1. Primeramente se realizarán varias visitas al aparcamiento para mediante inspecciones visuales realizar una propuesta sobre la campaña de catas y ensayos a realizar.
2. Tras recibir los resultados se procederá a redactar un informe con los resultados de la campaña de ensayos que determine el estado en que se encuentra la estructura del edificio.
3. Con posterioridad se desarrollará una propuesta de reparación de la estructura.

Las inspecciones iniciales y la propuesta de caracterización se realizan durante los meses de mayo y junio comenzándose a realizar las catas a principios de julio. Los resultados completos de la campaña de ensayos ejecutada por Adamas se reciben el 06 septiembre de 2023.

El objeto de este informe es, una vez analizado el resultado de los ensayos, determinar de forma generalizada el estado en el que se encuentra los diferentes elementos estructurales del edificio, y proponer la reparación necesaria y una valoración aproximada.

## 2 DATOS DE PARTIDA

Para la redacción de este informe se ha dispuesto de la siguiente documentación:

- Planos arquitectónicos de 1969-1970, recibidos el 17/05/2023
- Planos y detalles actualizados de 1997, recibidos el 17/05/2023
- Planos estructurales y memoria de cálculo del proyecto original de 1970, recibido el 07/05/2023
- Informe de ADAMAS CONTROL Y GEOTECNICA S.L.L con resultados de profundidad de carbonatación, recubrimiento, diámetro de armadura y extracción de testigos, recibido el 09/06/2023

## 3 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRUCTURA

Se trata de un aparcamiento de 4 plantas y una superficie construida de 12 962 m2

La estructura de la obra consta de los siguientes elementos:

- Muro-pantalla perimetral, de hormigón armado, excavado a mano, de 0,90 m. de espesor.
- Serie de pilares, modulados en general, ocupando los vértices de un cuadrado de 7,50 m de lado, de acero laminado, cimentados sobre zapatas de hormigón armado de dimensiones variables en la zona no afectada por el Ferrocarril Metropolitano y sobre pórticos de hormigón armado en la zona afectada. Los citados pórticos salvan la bóveda del túnel del Ferrocarril. Los pilares cuentan con protección ignífuga que no permite comprobar el estado de los mismos.
- Forjado reticular en cubierta, con nervios de hormigón armado, de 0,45 m de espesor, y bovedillas de hormigón, apoyado en los muros y pilares.
- En los otros tres forjados entre plantas, reticular del mismo tipo que la cubierta, de 0,30 m de espesor para planta primera, segunda y tercera. Los forjados van empotrados en el muro mediante roza y apoyados en los pilares.
- Rampas exteriores de hormigón armado de 0,30 m de espesor, apoyadas en vigas sobre pilares y con empotramiento en el muro perimetral correspondiente.
- Rampas interiores con la misma tipología de los forjados intermedios.
- Tanto en los forjados de las plantas como en los de las rampas existen recubrimiento de mortero y pintura que no permiten ver con claridad el estado de conservación de los mismos salvo en zonas puntuales en las que se manifiestan determinadas patologías.
- Solera de hormigón en masa.

## 4 INSPECCIONES VISUALES

Las inspecciones visuales iniciales permiten vislumbrar un buen estado general de los muros y pilares y una serie de patologías en los forjados de la estructura, aparentemente ocasionadas por el bajo recubrimiento que posee la armadura, la pérdida de protección que produce el paso del tiempo y por la filtración de agua en el aparcamiento, principalmente.

Como ya se mencionaba en el punto anterior, los forjados reticulares de hormigón cuentan con una capa de mortero inferior y una pintura aparentemente impermeable. Del mismo modo, los pilares se encuentran cubiertos con una capa de protección al fuego y, salvo en zonas localizadas, impedian la inspección.

En consecuencia, en este informe, quedan reflejados aquellos daños que se identifican a simple vista o en las catas realizadas, es decir, se desconoce aquellos daños que hayan podido quedar ocultos, si bien parece lógico pensar que no serán especialmente críticos.

En los siguientes apartados se definen aquellos daños más relevantes encontrados en cada uno de los elementos estructurales:

### 4.1 MUROS

Se dispone de poca información sobre los muros perimetrales, aparte de un plano general de 1970.

Se han realizado dos catas, una en el sótano -3 y otra en el sótano -4. De éstas se pudo observar que las barras de armadura se encuentran en buen estado debido fundamentalmente a que cuentan con un alto recubrimiento. En base a ello y dado que no se han visualizado patologías importantes que se hubieran manifestado en la cara del muro vista, se puede considerar que el estado de conservación de estos elementos es bueno.

### 4.2 PILARES

Todos los pilares están recubiertos con una protección intumescente que impide una correcta inspección visual. Sin embargo, sobre un pilar ha caído parte de esta protección permitiendo una inspección visual local. El ancho medido del pilar es 27cm, confirmando lo que dicen los planos de 1970. En este pilar se ha comprobado que la oxidación que se observa es superficial.

Adicionalmente se ha solicitado una cata (cata de ADAMA S4-P1) en otro pilar en el que se ha podido comprobar que la protección ignífuga ha protegido bien el acero del pilar como es habitual. No se considera necesario descubrir más pilares para no perder la protección ignífuga.

### 4.3 SOLERA

Se ha realizado una cata en la solera confirmándose que las bases de los pilares se encuentran en buen estado. Se confirma que la solera se trata de un elemento de hormigón en masa, no observándose patologías sobre la misma.

### 4.4 FORJADOS

Durante las inspecciones de los forjados se observaron manchas de humedad de forma generalizada y con una mayor concentración cerca de los muros. En estas zonas, es posible encontrar pérdidas de recubrimiento de hormigón que dejan al descubierto las barras de refuerzo. En algunos casos, las manchas de humedad se encuentran activas, con agua que gotea.

Otro de los daños detectados durante la inspección es la fisuración. En la mayoría de los casos, se trata de fisuras localizadas que coincide generalmente con zonas con humedad.

Para facilitar el análisis, y poder extrapolar conclusiones de los paños en los que se ha podido realizar catas a los que no, los forjados se subdividieron en cuadrantes tomando como referencia los pilares. Cada cuadrante se clasificó como zona HÚMEDA, en la que la mayor parte del paño se encuentra con humedades, INTERMEDIA, con variabilidad en el porcentaje de zonas con humedades pero son puntuales en la mayoría de los casos o SECA sin humedad en las inspecciones visuales realizadas.

En los siguientes planos es posible ver codificadas por colores las tres zonas diferenciadas: húmeda en naranja, intermedia en azul y seca en verde.

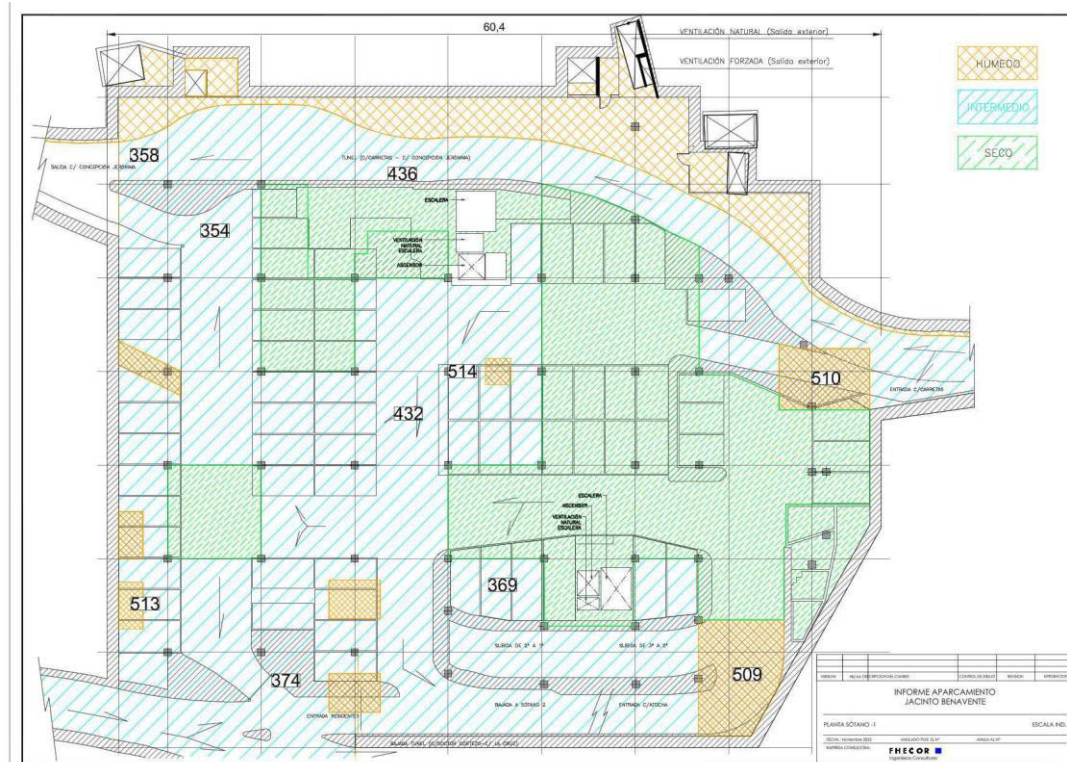


Figura 4-1 Plano que muestra las diferentes zonas por colores (sótano -1)



Figura 4-2 Plano que muestra las diferentes zonas por colores (sótano -2)





Figura 4-3 Plano que muestra las diferentes zonas por colores (sótano -3)

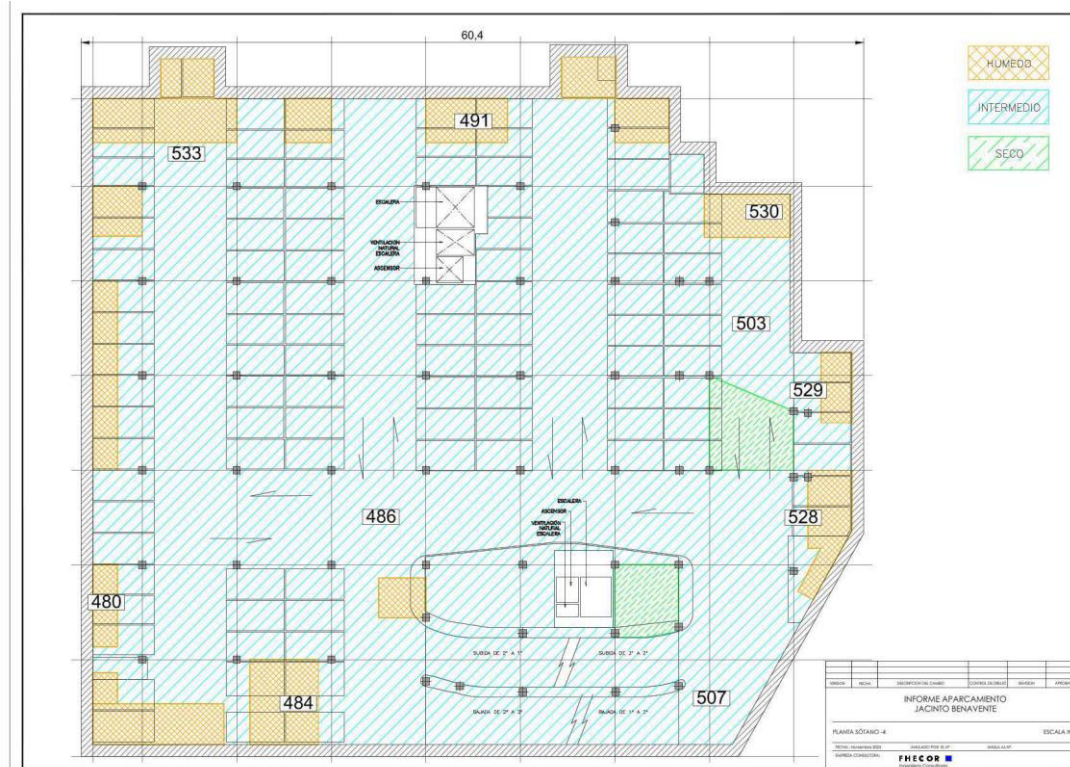


Figura 4-4 Plano que muestra las diferentes zonas por colores (sótano -4)

En el Anejo n.1 se han recopilado las fotos de las inspecciones visuales y los daños registrados.

## 5 CAMPAÑA DE ENSAYOS

### 5.1 TRABAJOS REALIZADOS

Durante los trabajos realizados entre los días 25/07/2023 y 11/08/2023, ADAMAS ha procedido a la realización de ensayos tanto destructivos (catas, taladros y testigos) como no destructivos (inspección con pachómetro) para obtener información de la estructura existente en el Aparcamiento Jacinto Benavente.

- 25 catas en estructura de hormigón (losas, muros y forjados) para descubrir las armaduras existentes y poder medir dimensiones de estas (diámetros, separaciones, recubrimientos y profundidad de carbonatación).
- 40 taladros en estructura de hormigón (forjados) para medir in situ la profundidad de carbonatación.
- 64 inspecciones con pachómetro para determinar la localización de la armadura y espesor de recubrimiento en elementos de hormigón armado.
- 2 medidas del espesor de un pilar metálico existente mediante ultrasonidos.
- 10 medidas espesores de forjado.
- 3 extracciones de testigos de hormigón para comprobar su resistencia a compresión y medida de profundidad de carbonatación.
- 3 extracción de testigos para cálculo de módulo de elasticidad.

### 5.2 RESULTADOS DE ENSAYOS

#### ESPESOR DE RECUBRIMIENTO DE LA ARMADURA EN LOS FORJADOS

El espesor del recubrimiento se registró de dos formas diferentes. Mediante una medición manual en cada cata y mediante el pachómetro. El recubrimiento promedio por cada plan se resume en la siguiente tabla. Las mediciones individuales se incluyen en el Anejo 2.

Tabla 5-1. Recubrimiento promedio en los forjados, en mm

Planta	Recubrimiento promedio [mm]	
	Pachómetro	Cata
-1	21	18
-2	18	19
-3	22	18
-4	23	17

Como puede observarse el valor del recubrimiento con ambos sistemas de medición es pequeño.

#### PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN EN LOS FORJADOS

La profundidad de carbonatación se registró de dos formas diferentes: mediante una medición manual en cada cata y mediante los taladros en el hormigón. La profundidad de carbonatación promedio por para ambos métodos se resume en la siguiente tabla. Las mediciones individuales se incluyen en el Anejo 2



Tabla 5-2. Carbonatación promedia en los forjados, en mm

Carbonatación promedia [mm]		
Planta	Taladros	Catas
-1	21	55
-2	7	47
-3	14	33
-4	2	42

Dada la disparidad de resultados entre ambos métodos de medición, se solicita a ADAMAS una explicación de tales discrepancias, respondiendo éstos que, al haberse abierto las catas unos días antes de realizar los ensayos, es posible que la profundidad de carbonatación haya avanzado. Para comprobar si es así se solicitan unas mediciones de contraste.

Con fecha 11/10/2023 se realizan dos catas adicionales de contraste y los resultados confirman profundidades de carbonatación más similares a las vistas en los taladros. Esto confirma la hipótesis de ADAMAS de que las catas anteriores pudieron haber estado abiertas demasiado tiempo y la profundidad de carbonatación no es fiable.

Por esta razón se descartan los valores de profundidad de carbonatación de las catas iniciales y se emplea únicamente la carbonatación promedio de cada planta medida con taladros para las estimaciones de vida útil.

## RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL HORMIGÓN Y MÓDULO DE ELASTICIDAD

Se han extraído seis testigos de hormigón para comprobar su resistencia a compresión.

Tabla 5-3 Resistencia a compresión del hormigón, en N/mm<sup>2</sup>

Testigo	Resistencia a compresión en laboratorio	Resistencia a compresión de proyecto
	[N/mm <sup>2</sup> ]	[N/mm <sup>2</sup> ]
TC1/S1	16	22.5
TC2/S2	22.4	22.5
TC3/S3	15.2	22.5
T1	18.7	22.5
T2	15.8	22.5
T3	18	22.5
Promedio	17.7	22.5

Las resistencias a compresión obtenidas concuerdan con el valor de resistencia a compresión de proyecto y con los valores habituales en la época de construcción del edificio.

En las zonas de testigos T1-T2-T3 de la losa de cubierta se solicitó también obtener el módulo de elasticidad del hormigón, ya que es un buen indicador para confirmar o descartar la presencia de árido-álcali, posible por el tipo de árido silíceo que se utilizaba habitualmente en Madrid en los años de construcción del edificio. Las reacciones árido-álcali son un proceso químico entre agua externa y áridos con alta cantidad de sílice que produce gel de silicato y resulta en expansión y fisuración del hormigón. A consecuencia de esta fisuración, el módulo de elasticidad se ve reducido.

Tabla 5-4 Módulo secante de elasticidad en compresión, en GPa

Testigo	Resistencia a compresión tras módulo [MPa]	Módulo secante de elasticidad estabilizado [GPa]
T1	35.2	24.4
T2	38.1	26.7
T3	33.3	22.6
Promedio	35.5	24.6

El valor promedio de resistencia a compresión (35.5Mpa) obtenido en T1-T2-T3 durante las pruebas para evaluar el módulo de elasticidad es muy superior al valor promedio de los ensayos de resistencia a compresión (17.7Mpa) y el valor de proyecto (22.5Mpa). Al no obtener explicación a esta discrepancia por parte de ADAMAS, se solicitan tres ensayos adicionales de contraste. Los testigos se extraen con fecha 14.11.2023 y se está a la espera de los resultados de los ensayos a fecha del presente informe.

## 6 ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL RESIDUAL

Se ha llevado a cabo una estimación de la vida útil residual de la estructura basado en la profundidad de carbonatación medida y considerando la vida útil actual de 53 años. Para ello, se aplican los criterios del Anejo 12 del Código Estructural, Volumen 2.

La estimación de la vida útil de la estructura por carbonatación del hormigón puede obtenerse a partir de la siguiente expresión:

$$t_{est} = t_{inic} + t_{prop}$$

Donde:

$t_{inic}$  período de iniciación, definido como el tiempo transcurrido hasta que se inicia el daño

$t_{prop}$  período de propagación, definido como el tiempo desde que se inicia el daño hasta que se alcanza el umbral inadmisibles

Se detalla en tres columnas adicionales la vida útil residual al cabo de 15, 30 y 50 años, marcándose en color en aquellos casos en los que la vida útil se vea superada para una mejor comprensión visual.

Para estimar la vida útil residual se han utilizado los valores promedio de la profundidad de carbonatación obtenida mediante taladro en cada planta.

En la siguiente tabla se reflejan las distintas estimaciones para la armadura más expuesta, es decir la que menor valor de recubrimiento presenta.

Tabla 6-1. Estimación de la vida útil residual por medio de taladros, en años

Cata	Zona (puntual en la cata)	Carbonatación media taladros [mm]	P. Inic.	P. Prop.	Vida residual	En 15 años	En 30 años	En 50 años
S1-C2	Intermedia	21.00	33.92	24.89	5.81	-9.19	-24.19	-44.19
S1-C2-1	Intermedia	21.00	51.55	31.86	30.41	15.41	0.41	-19.59
S1-C3	Seca	21.00	125.77	36.32	109.10	94.10	79.10	59.10
S2-C2	Intermedia	7.00	547.58	42.86	537.43	522.43	507.43	487.43
S2-C2-1	Intermedia	7.00	528.76	53.60	529.36	514.36	499.36	479.36
S2-C2-2	Intermedia	7.00	313.70	41.28	301.98	286.98	271.98	251.98

Cata	Zona (puntual en la cata)	Carbonatación media taladros [mm]	P. Inic.	P. Prop.	Vida residual	En 15 años	En 30 años	En 50 años
S2-C3	Seca	7.00	401.23	28.53	376.76	361.76	346.76	326.76
S3-C2	Intermedia	14.00	72.91	23.46	43.36	28.36	13.36	-6.64
S3-C2-1	Intermedia	14.00	105.37	37.60	89.97	74.97	59.97	39.97
S3-C2-2	Intermedia	14.00	48.12	31.39	26.51	11.51	-3.49	-23.49
S3-C3	Seca	14.00	94.26	35.56	76.82	61.82	46.82	26.82
S4-C2	Intermedia	2.00	11066.53	52.55	11066.08	11051.08	11036.08	11016.08
S4-C2-1	Intermedia	2.00	630.83	18.40	596.23	581.23	566.23	546.23
S4-C3	Seca	2.00	3753.05	30.60	3730.65	3715.65	3700.65	3680.65

\*Nota: se han eliminado de la Tabla 6-1 los resultados de zonas húmeda, como se justifica en apartados sucesivos.

Se observa que:

- En la mayoría de los casos la vida residual de los forjados, atendiendo a criterios de análisis de profundidad de carbonatación, tiene un valor positivo.
- En general, el avance del estado de carbonatación parece muy lento. Esto puede deberse a la capa de acabado y pintura aplicada en la parte inferior de los forjados que actuaba como barrera.
- Sin embargo, de las fotografías tomadas durante las inspecciones se desprende claramente que en todas las catas de la zona húmeda y en buena parte de las catas de la zona intermedia hechas donde claramente ha existido presencia de agua, la corrosión de las barras de refuerzo ya ha comenzado, al contrario de lo que se predice en el análisis realizado.

## 7 VALORACIÓN DEL ESTADO ACTUAL DE LA ESTRUCTURA

Los muros estructurales, los pilares y la solera no presentan signos de daños significativos que puedan requerir acción inmediata. Deberá realizarse un seguimiento periódico (3-5 años) para confirmar que no aparecen patologías en años sucesivos.

Las inspecciones visuales iniciales sugirieron que una parte de los forjados presentaban signos de daño causado por la humedad. La siguiente investigación con catas, pachómetro, taladros y pruebas de laboratorio muestran que en la mayor parte de las zonas de los forjados analizadas la profundidad de carbonatación es baja y no ha llegado al armado.

El estudio adicional sobre la vida residual de los forjados realizado según el Código Estructural confirma que, desde un punto de vista teórico, la mayor parte de los forjados no ha superado la vida útil prevista. Parece ser que las capas bajo el hormigón han actuado de barrera de protección contra la carbonatación por lo que es importante mantener en buen estado esta protección que ha conseguido mantener la armadura en buen estado en las zonas donde no ha llegado el agua.

Sin embargo, en las inspecciones visuales sí se aprecia corrosión de la armadura en algunas zonas. Esta corrosión no es debida a la pérdida de la protección de la armadura por la carbonatación del hormigón, sino al contacto directo con el agua que se ha filtrado al aparcamiento. Por este motivo se recomienda implementar medidas que eviten la entrada de agua a la estructura, como la impermeabilización de la cubierta o la adecuada canalización del agua en las rampas de acceso.

Analizado el estado de la estructura, se proponen a continuación algunas medidas de prevención/repación de los forjados para cada una de las tres zonas identificadas.

## 8 PROPUESTAS DE REPARACIÓN

En líneas generales se definen las siguientes propuestas de **reparación** para cada una de las zonas de forjado identificadas:

- En las zonas clasificadas como “zona HÚMEDA”, en las que la pérdida de sección de la armadura por corrosión es alta y generalizada en toda la zona, se demolerá el forjado y se reconstruirá con losa maciza
- En las zonas identificadas como de “humedad INTERMEDIA”, en las que la pérdida de sección de la armadura por corrosión es media y localizada en puntos concretos, se repondrá el armado dañado soldando barras nuevas a las existentes.
- En las zonas identificadas como de “humedad SECA”, en las que la pérdida de sección del armado es nula o baja, no será necesario actuar.

La clasificación de las distintas zonas del presente informe se basa en la campaña de catas preliminar que se ha realizado. En fases posteriores se requerirá una campaña exhaustiva de apertura de catas e inspección del estado de la armadura para identificar las zonas con daños y acotar las distintas actuaciones.

Adicionalmente a estas medidas de reparación se hacen necesarias actuaciones de **durabilidad** para garantizar la protección de la armadura y prolongar así la vida útil de la estructura que se mantiene. Puesto que la carbonatación no ha llegado a la armadura, las medidas propuestas se centran en impedir el avance del frente de carbonatación, no considerándose en este caso necesario el empleo de productos para la pasivación de la armadura como inhibidores de corrosión. Se proponen las siguientes actuaciones:

- Aplicación de pintura anticarbonatación
- Aplicación de revestimiento de membrana cementosa

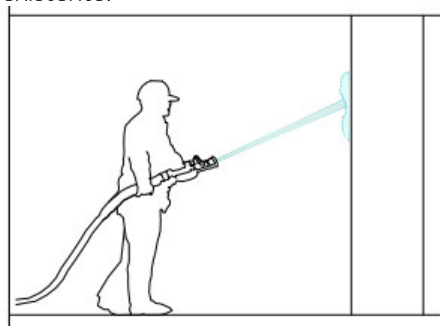
Se describen a continuación las actuaciones en detalle.

### 8.1 ACTUACIONES DE REPARACIÓN

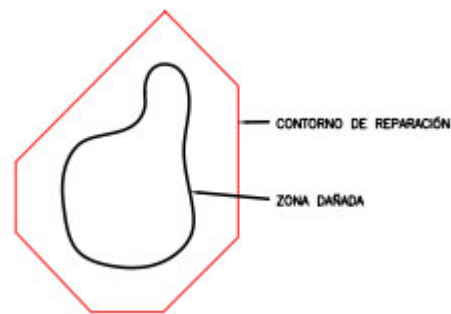
#### 8.1.1 ACTUACIÓN 1: ZONAS INTERMEDIAS

Es necesario hacer las siguientes operaciones en todas las zonas marcadas como “intermedias”:

- Chorreado y limpieza de superficies con agua y arena a presión para retirar el recubrimiento existente.



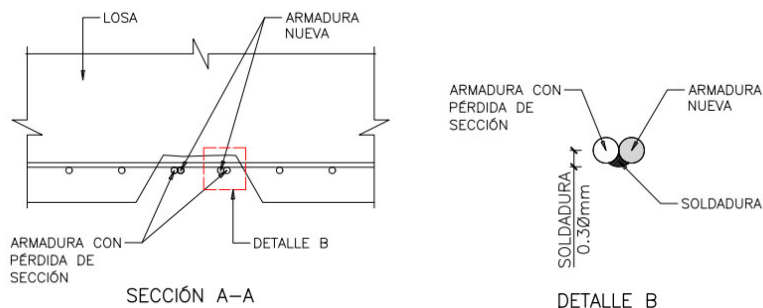
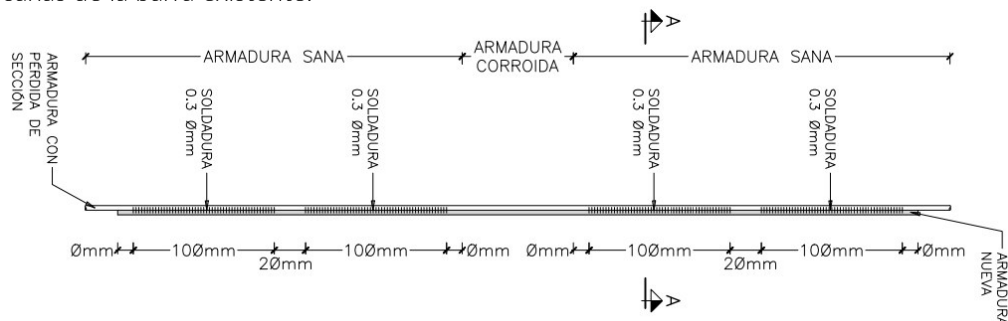
- Comprobación de la superficie de hormigón con martillo para detectar posibles zonas delaminadas.
- Corte con radial del perímetro de las zonas dañadas con resguardo de 5cm.



- Saneado con martillo neumático pequeño de la superficie de hormigón y mortero de protección
- Eliminación dentro del perímetro cajeado con picado mecánico hasta ángulo saliente de 60°. En los casos donde haya armadura vista, se dejará exenta la armadura una distancia de al menos 2 veces el diámetro y libre de productos de corrosión.



- Donde las barras de refuerzo muestran corrosión con pérdida de sección, es necesario descubrir la armadura hasta encontrar tramos sanos en ambo lados de la barra.
- Restaurar la sección original agregando una barra de igual diámetro y soldándolo a las zonas sanas de la barra existente.



- Reposición de la sección con mortero de reparación

### 8.1.2 ACTUACIÓN 2: ZONAS HÚMEDAS

Donde sea necesario, se demolerán los paños de forjados afectados y se reconstruirán como losas macizas mediante el siguiente procedimiento.

- Corte con disco de las zonas afectadas
- Demolición del forjado por medios mecánicos.
- Ejecución de losa maciza de igual canto en la zona demolida, conectando la armadura nueva a la existente mediante soldadura.

## 8.2 ACTUACIONES DE DURABILIDAD

Se proponen las siguientes opciones orientadas a frenar el avance de la carbonatación. Estas actuaciones son necesarias desde el punto de vista estructural en los tramos de forjado que se mantienen, no así en las zonas húmedas que se demuelen y reconstruyen.

### Opción 1: aplicación de pintura anticarbonatación elástica (Elastocolor Pittura SP o equivalente)

Se propone la aplicación de un revestimiento anticarbonatación para pintado de estructuras de hormigón o superficies cementosas en general con una película de pintura elástica cubriente, capaz de protegerlas contra los daños causados por el CO<sub>2</sub>.

Se aplica en espesores de 150µm, que equivalen aproximadamente a 83.9cm de hormigón de buena calidad en cuanto a protección frente a la carbonatación.

Procedimiento:

- Desmontaje de instalaciones en el forjado y retirada de la pintura de recubrimiento con agua y arena a presión
- Regularización de la superficie en zonas puntuales en las que el revestimiento esté dañado.
- Aplicación de pintura anticarbonatación
- Montaje de instalaciones

### Opción 2: aplicación de membrana cementosa deformable (Mapelastic Guard o equivalente)

Se propone la aplicación de una membrana cementosa bicomponente para la protección de infraestructuras de hormigón, a fin de mejorar la protección anticarbonatación y reducir la entrada de cloruros.

Se aplica en espesores de 2mm, que equivalen aproximadamente a 100cm de hormigón de buena calidad en cuanto a protección frente a la carbonatación.

Procedimiento:

- Desmontaje de instalaciones en el forjado y retirada de la pintura de recubrimiento con agua y arena a presión
- Aplicación de membrana cementosa deformable Mapelastic Guard
- Opcionalmente: si no se quiere dejar como acabado esta membrana, se deberá pintar con pintura anticarbonatación,
- Montaje de instalaciones

### Opción 3: revisiones periódicas de mantenimiento para garantizar el buen estado de la armadura

Se definirá en el plan de mantenimiento una campaña de inspecciones para monitorizar el estado de la armadura en los forjados que se mantienen.

Las opciones 1 y 2 generan una protección anticarbonatación equivalente. El mortero tiene la ventaja de regularizar la superficie, aportando un mejor acabado. La pintura anticarbonatación tiene como ventaja su coste más bajo.



### 8.3 VALORACIÓN ECONÓMICA

Se estiman los costes en base a otros proyectos de rehabilitación similares y empleando la base de precios del Ayuntamiento de Madrid. Se valoran aquí únicamente las actuaciones estructurales. Se separan además las actuaciones de durabilidad, ya que se dan varias opciones. Aunque desde el punto de vista estructural no serían necesarias en las zonas con reconstrucción de forjado, se valoran en toda la superficie por la necesidad de dejar un acabado uniforme.

Se subdivide el presupuesto entre el forjado de cubierta y el resto de plantas.

La justificación de los precios considerados se incluye en el anejo nº3.

Tabla 8-1. Valoración económica para el forjado de cubierta

<b>CUBIERTA</b>			
<b>ACTUACIONES DE REPARACIÓN</b>	<b>Coste/m2 (€)</b>	<b>Superficie (m2)</b>	<b>Coste total (€)</b>
Actuación 1. Zonas intermedias	16.43	1,561.70	25,658.73
Actuación 2. Zonas húmedas	319.06	339.72	108,391.06
Campaña de catas	3.30	2,752.33	9,082.69
<b>ACTUACIONES DE DURABILIDAD</b>	<b>Coste/m2 (€)</b>	<b>Superficie (m2)</b>	<b>Coste total (€)</b>
Opción 1: pintura anticarbonatación	19.67	2,752.33	53,973.19
Opción 2: membrana cementosa	41.54	2,752.33	114,331.79
TOTAL SIN ACTUACIONES DE DURABILIDAD			<b>143,132.48</b>
TOTAL CON ACTUACIÓN DE DURABILIDAD 1			<b>197,105.67</b>
TOTAL CON ACTUACIÓN DE DURABILIDAD 2			<b>257,464.27</b>

Tabla 8-2. Valoración económica para el resto de forjados

<b>RESTO DE FORJADOS</b>			
<b>ACTUACIONES DE REPARACIÓN</b>	<b>Coste/m2 (€)</b>	<b>Superficie (m2)</b>	<b>Coste total (€)</b>
Actuación 1. Zonas intermedias	16.43	6,516.60	107,067.74
Actuación 2. Zonas húmedas	319.06	991.51	316,351.18
Campaña de catas	3.30	8,292.04	27,111.11
<b>ACTUACIONES DE DURABILIDAD</b>	<b>Coste/m2 (€)</b>	<b>Superficie (m2)</b>	<b>Coste total (€)</b>
Opción 1: pintura anticarbonatación	19.67	8,292.04	162,606.90
Opción 2: membrana cementosa	41.54	8,292.04	344,451.34

TOTAL SIN ACTUACIONES DE DURABILIDAD	<b>450,782.65</b>
TOTAL CON ACTUACIÓN DE DURABILIDAD 1	<b>613,389.56</b>
TOTAL CON ACTUACIÓN DE DURABILIDAD 2	<b>795,233.99</b>

Antes de proceder a la demolición de las zonas identificadas como zonas húmedas, debe procederse a realizar una campaña exhaustiva de catas que permita delimitar claramente las zonas a demoler y las que habría que reparar. también en las zonas intermedias debe precederse a realizar una campaña de catas complementaria que permita concretar las zonas a reparar. Se han estimado una serie de catas en cada una de las zonas cuyo importe se encuentra incluido en la estimación.

No se incluye en la valoración de las medidas a adoptar para minimizar la entrada de agua, ni los costes de levantamiento y reposición de las instalaciones.

## 9 CONCLUSIONES

De las inspecciones visuales y la campaña de catas realizadas se obtienen las siguientes conclusiones principales:

- Los muros estructurales, los pilares y la solera no presentan signos de daños significativos que puedan requerir acción inmediata
- En los forjados sí se observa corrosión por contacto directo con el agua que se filtra en el aparcamiento. Se clasifican los forjados en tres zonas en función del grado de daño observado y se propone una solución de reparación para estas tres zonas:
  - Zonas húmedas: corrosión alta y generalizada. Se demolerá el forjado y se reconstruirá con losa maciza
  - Zonas intermedias: corrosión media y local. Se repondrá el armado dañado soldando barras nuevas a las existentes.
  - Zonas secas: corrosión inexistente o baja. No será necesario actuar.
- Del estudio sobre la vida residual de los forjados, atendiendo a criterios de análisis de profundidad de carbonatación, se concluye que en la mayoría de los casos no se ha superado la vida útil de la estructura. Se comprueba que el frente de carbonatación no ha llegado hasta la armadura. En base a esto se proponen tres opciones para frenar el avance de la carbonatación y aumentar así la vida útil futura:
  - Aplicación de pintura anticarbonatación
  - Aplicación de revestimiento de tipo membrana cementosa
  - Revisiones periódicas de mantenimiento para monitorizar el avance de la corrosión en la armadura

Adicionalmente, y dado que los daños observados en la estructura han sido provocados por la entrada de agua, se recomiendan medidas para evitar su entrada en el aparcamiento, fundamentalmente la impermeabilización de la cubierta y la canalización del agua que entra por las rampas.



## ANEJO Nº 1. DESCRIPCIÓN DE LA INSPECCIÓN VISUAL

ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS DE REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL APARCAMIENTO SITUADO EN LA PLAZA DE JACINTO BENAVENTE, EN MADRID



**Elaborado por:**

Mirko Russo / Álvaro Hernandez  
*Ingeniero de Proyecto*

**Revisado por:**

Daniel Jiménez Nuero  
*Jefe de Proyecto*

**Aprobado por:**

Eduardo Romero  
*Director División de Edificación*

**Registro de ediciones**

ED.	FECHA	GEN.	REV.	AUT.	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
0	02.10.2023	MKR	DJN	ERR	Emisión para comentar
1	05.10.2023	MKR	DJN	ERR	Actualización tras comentarios EMT
2	09.10.2023	MKR	DJN	ERR	Modificación planos sótano -1
3	15.11.2023	MKR/AHL	DJN	ERR	Actualización tras comentarios EMT

**NOTAS:**

- La copia original firmada de este documento se conserva en SAP.
- Para permitir la mejora continua, se alienta a los integrantes de FHECOR Ingenieros Consultores a notificar al autor de errores, omisiones o cualquier otra oportunidad de mejora.

## *Contenido*

1	DAÑOS OBSERVADOS DURANTE LA INSPECCIÓN .....	4
1.1	MUROS .....	4
1.2	PILARES.....	5
1.3	SOLERA.....	6
1.4	FORJADOS.....	7



## 1 DAÑOS OBSERVADOS DURANTE LA INSPECCIÓN

Las inspecciones visuales iniciales permiten vislumbrar un buen estado general de los muros y pilares y una serie de patologías en los forjados de la estructura, aparentemente ocasionadas por el bajo recubrimiento que posee la armadura, la pérdida de protección que produce el paso del tiempo y por la filtración de agua en el aparcamiento, principalmente.

Como ya se mencionaba en el punto anterior, los forjados reticulares de hormigón cuentan con una capa de mortero inferior y una pintura aparentemente impermeable. Del mismo modo, los pilares se encuentran cubiertos con una capa de protección al fuego y, salvo en zonas localizadas, impedian la inspección.

En consecuencia, en este informe, quedan reflejados aquellos daños que se identifican a simple vista o en las catas realizadas, es decir, se desconoce aquellos daños que hayan podido quedar ocultos, si bien parece lógico pensar que no serán especialmente críticos.

En los siguientes apartados se definen aquellos daños más relevantes encontrados en cada uno de los elementos estructurales:

### 1.1 MUROS

No tenemos mucha información sobre los muros perimetrales, aparte de un plano general de 1970 (ver figura).

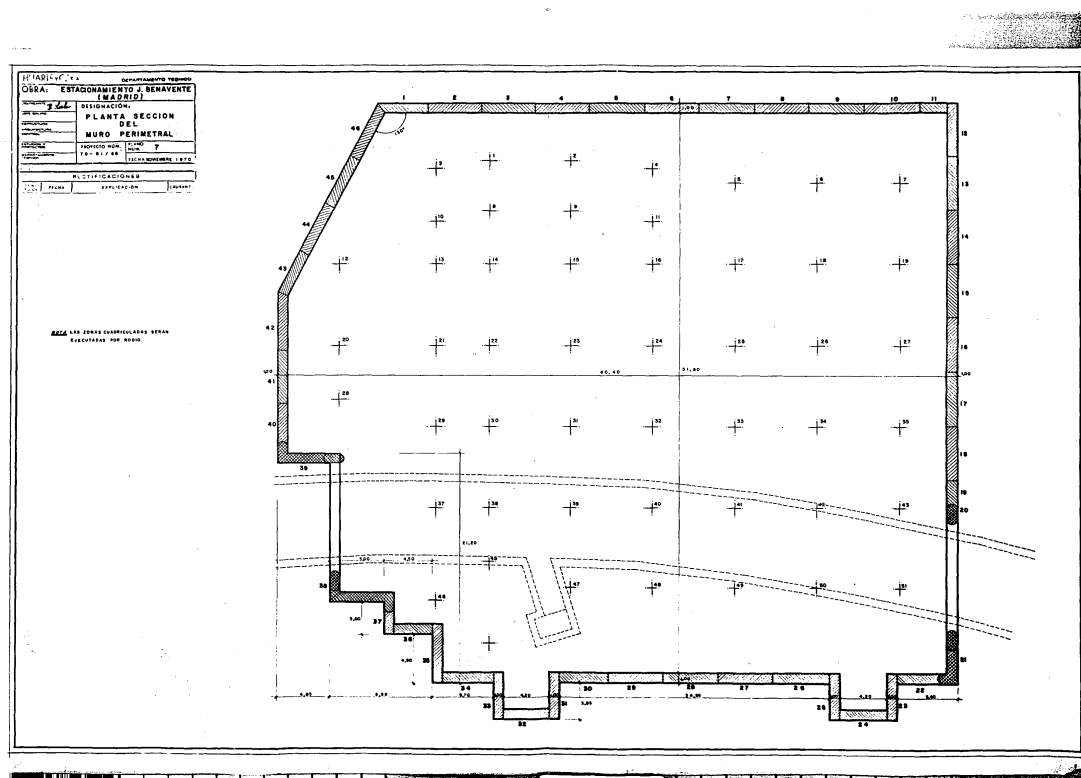


Figura 1-1. Plano muros perimetrales (1970)

Se han realizado dos catas, una en el sótano -3 y otra en el sótano -4. De éstas se pudo observar que las barras de armadura se encuentran en buen estado debido fundamentalmente a que cuentan con un alto recubrimiento. En base a ello y dado que no se han visualizado patologías importantes que se hubieran manifestado en la cara del muro vista, se puede considerar que el estado de conservación de estos elementos es bueno.



Figura 1-2. Catas en muro sótano -3 (izquierda) y muro sótano -4 (derecha)

## 1.2 PILARES

Todos los pilares están recubiertos con una protección intumescente que impide una correcta inspección visual. Sin embargo, sobre un pilar ha caído parte de esta protección permitiendo una inspección visual local. El ancho medido del pilar es 27cm, confirmando lo que dicen los planos de 1970. En este pilar se ha comprobado que la oxidación que se observa es superficial.



Figura 1-3. Pilar metálico sin protección (izquierda) y medida del ancho (derecha)

Adicionalmente se ha solicitado una cata (cata de ADAMA S4-P1) en otro pilar en el que se ha podido comprobar que la protección ignífuga ha protegido bien el acero del pilar como es habitual. No se considera necesario descubrir más pilares para no perder la protección ignífuga.



Figura 1-4. Cata S4-P1

### 1.3 SOLERA

Se ha realizado una cata en la solera confirmándose que las basas de los pilares se encuentran en buen estado. Se confirma que la solera se trata de un elemento de hormigón en masa, no observándose patologías sobre la misma.



Figura 1-5. Cata en solera

## 1.4 FORJADOS

Durante las inspecciones de los forjados se observaron manchas de humedad de forma generalizada y con una mayor concentración cerca de los muros. En estas zonas, es posible encontrar pérdidas de recubrimiento de hormigón que dejan al descubierto las barras de refuerzo. En algunos casos, las manchas de humedad se encuentran activas, con agua que gotea.

Otro de los daños detectados durante la inspección es la fisuración. En la mayoría de los casos, se trata de fisuras localizadas que coincide generalmente con zonas con humedad.

Para facilitar el análisis, y poder extrapolar conclusiones de los paños en los que se ha podido realizar catas a los que no, los forjados se subdividieron en cuadrantes tomando como referencia los pilares. Cada cuadrante se clasificó como zona HÚMEDA, en la que la mayor parte del paño se encuentra con humedades, INTERMEDIA, con variabilidad en el porcentaje de zonas con humedades pero son puntuales en la mayoría de los casos o SECA sin humedad en las inspecciones visuales realizadas.

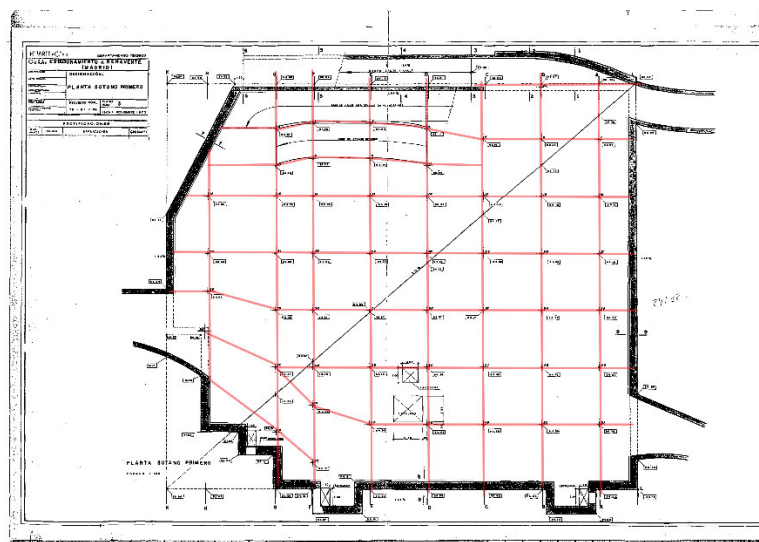


Figura 1-6. Sótano -1: ejemplo de subdivisión en cuadrantes para la identificación de zonas húmedas, intermedias y secas



### 1.4.1 Zonas Húmedas

Estas son las zonas con daños más graves o con manchas de humedad muy extendidas.

En las rampas se puede observar que en ocasiones falta el revestimiento de hormigón mostrando el refuerzo. En algunos lugares también se observaron grietas de longitud preocupante.



Figura 1-7. Pérdidas de recubrimiento en la rampa al sótano -1 (izquierda) y manchas de humedad con fisuración (derecha)

Las mayores manchas de humedad se observaban normalmente cerca de las paredes, especialmente en las esquinas.

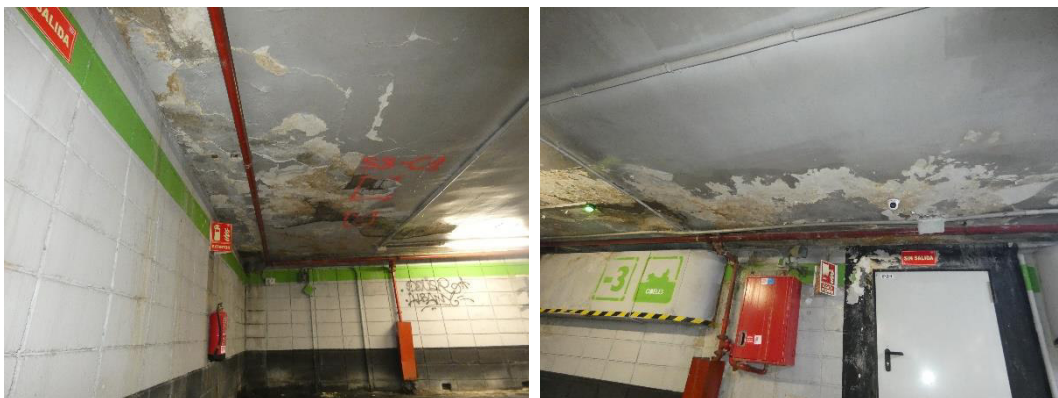


Figura 1-8. Manchas de humedad muy extendidas en el sótano -3

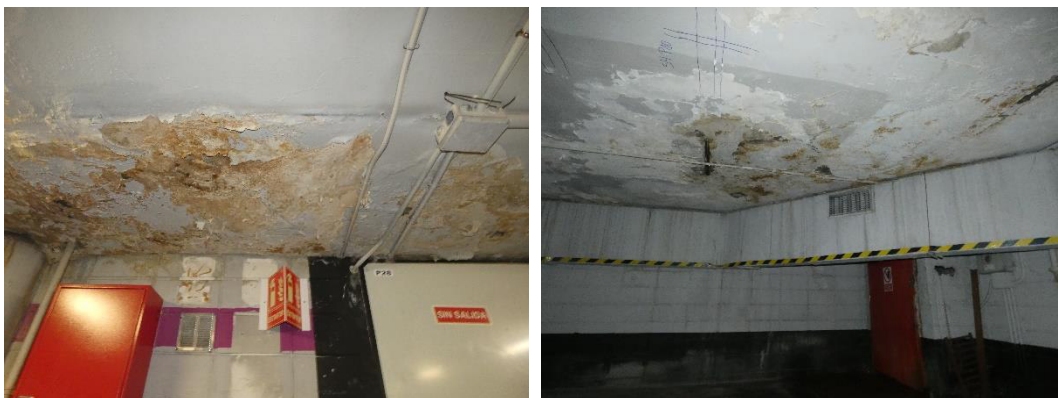
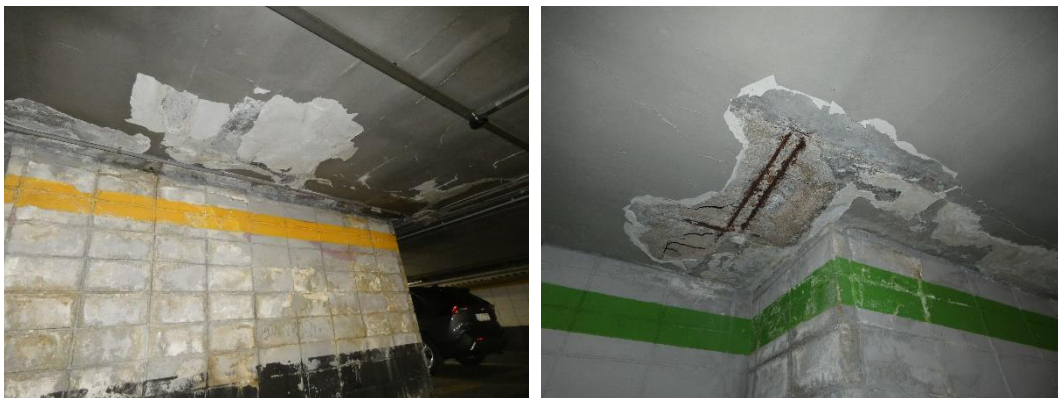


Figura 1-9. Manchas de humedad muy extendidas en el sótano -4

En la escalera cercana al túnel con la calle de Carretas también se observaron importantes daños por humedad.



*Figura 1-10. Humedad en la escalera al sótano -2 (izquierda) y refuerzo descubierto cerca de la escalera al sótano -3 (derecha)*

Otros ejemplos de zonas clasificadas como húmedas son áreas con burbujas visibles en la cubierta de pintura y áreas donde la pintura se está pelando por completo.



*Figura 1-11. burbujas visibles en la cubierta de pintura (izquierda) y pintura que se está pelando (derecha)*

Finalmente, hay algunas zonas donde los daños son tan importantes que ya se han instalado paneles temporales para evitar daños a los coches.



*Figura 1-12. Paneles de protección para los coches*



### 1.4.2 Zonas Intermedias

Estas son zonas donde los signos de humedad son puntuales o apenas empiezan a aparecer.



Figura 1-13. Ejemplos zonas intermedias en el sótano -1



Figura 1-14. Ejemplos zonas intermedias en el sótano -2



Figura 1-15. Ejemplos zonas intermedias en el sótano -3



*Figura 1-16. Ejemplos zonas intermedias en el sótano -4*

Apéndice N° 1.1.

## Zonas húmedas, intermedias, y secas

En este apéndice se puede ver cómo se ha subdividido cada sótano en cuadrantes, siguiendo los ejes de los pilares. A cada cuadrante se le ha asignado un color en función de la cantidad de humedad observada durante las inspecciones visuales, de la siguiente manera:

- naranja: zona húmeda
- azul: zona intermedia
- verde: zona seca

Este apéndice muestra también 40 fotos adicionales de zonas húmedas y zonas intermedias, 10 cada sótano. El lugar donde se tomaron las fotos se muestra en los planos adjuntos.

## SOTANO -1

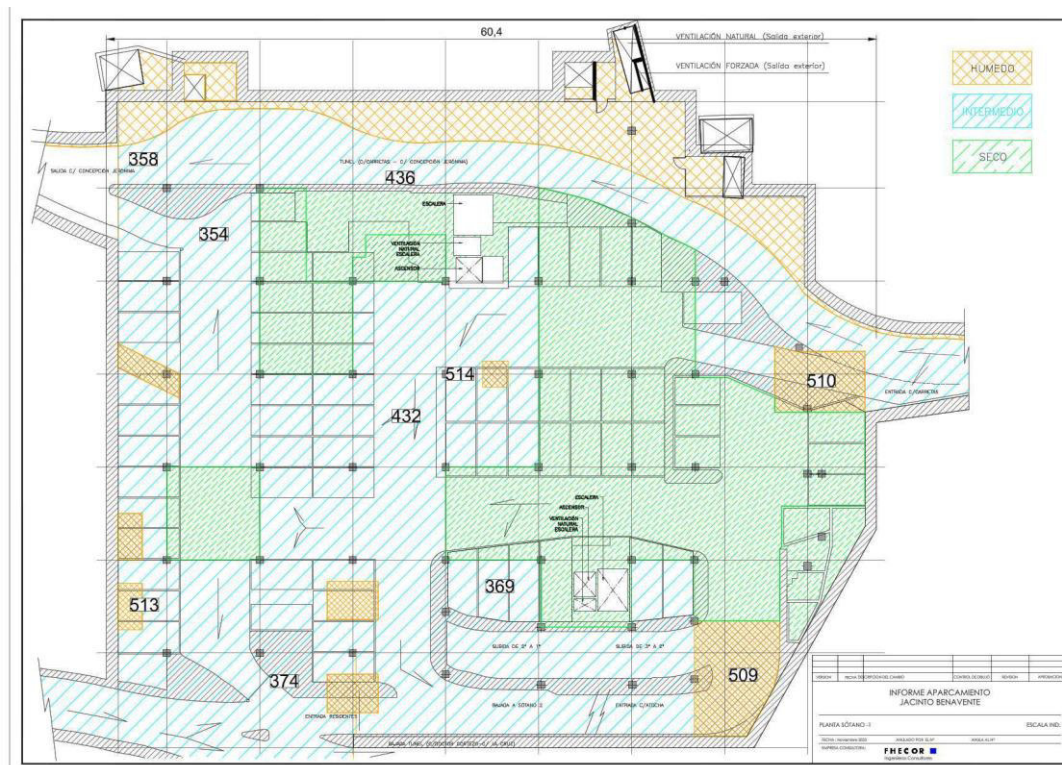


Figura 1-17 Plano que muestra las diferentes zonas por colores y la ubicación de las fotografías tomadas (sótano -1)





Foto 374

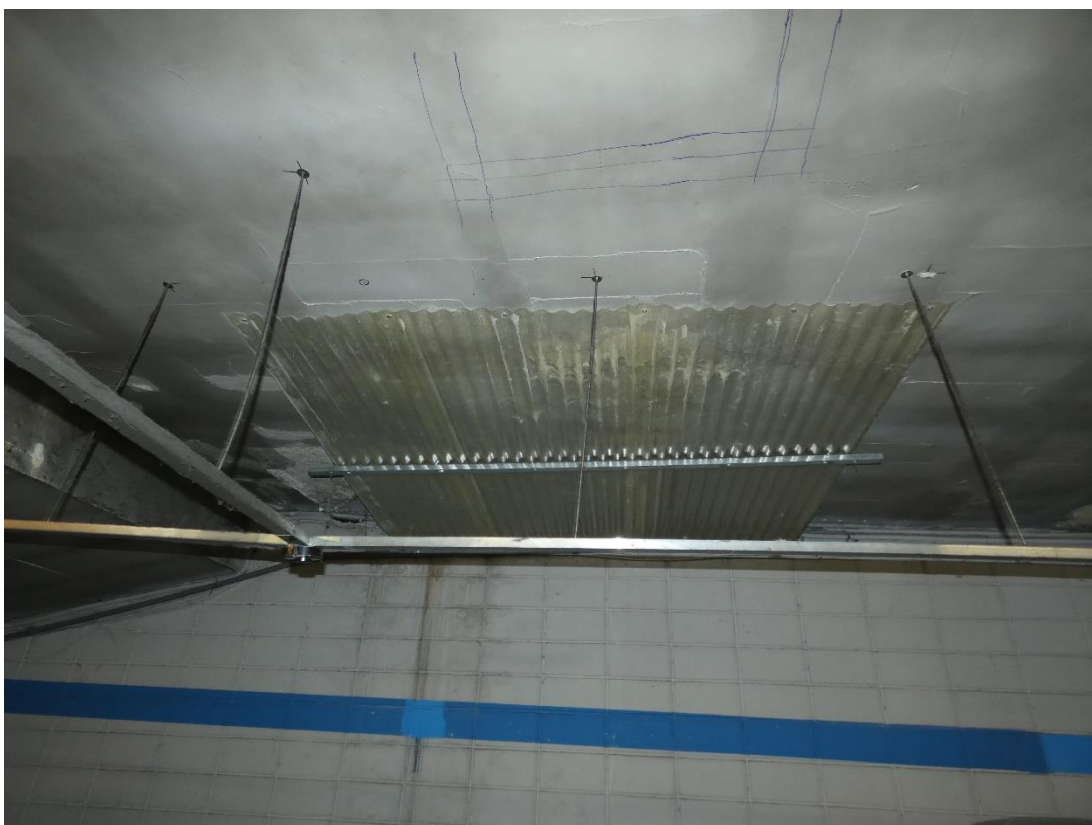


Foto 513





Foto 432



Foto 354





Foto 358



Foto 369





Foto 510



Foto 509



Foto 514



Foto 436



## SOTANO -2



Figura 1-18 Plano que muestra las diferentes zonas por colores y la ubicación de las fotografías tomadas (sótano -2)





Foto 454



Foto 455

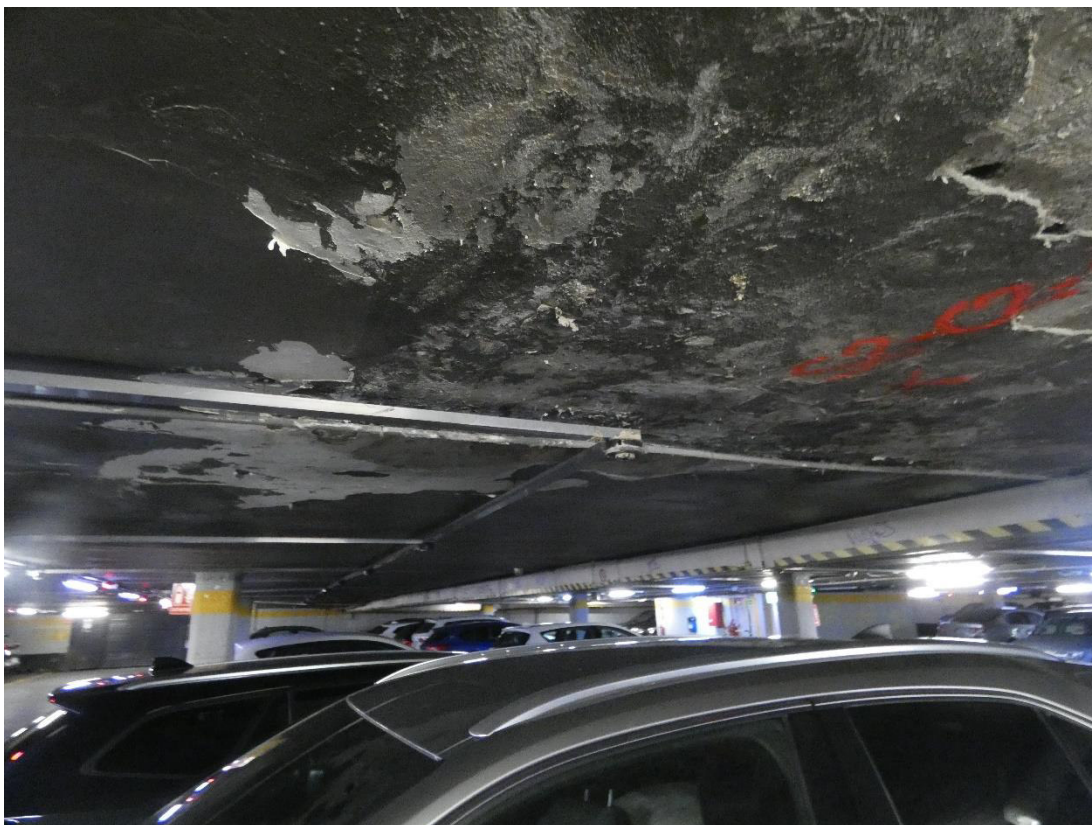


Foto 389



Foto 518





Foto 392



Foto 517



Foto 442



Foto 516





Foto 515



Foto 451



## SOTANO -3



Figura 1-19 Plano que muestra las diferentes zonas por colores y la ubicación de las fotografías tomadas (sótano -3)



Foto 463



Foto 461



Foto 459



Foto 520





Foto 429



Foto 468

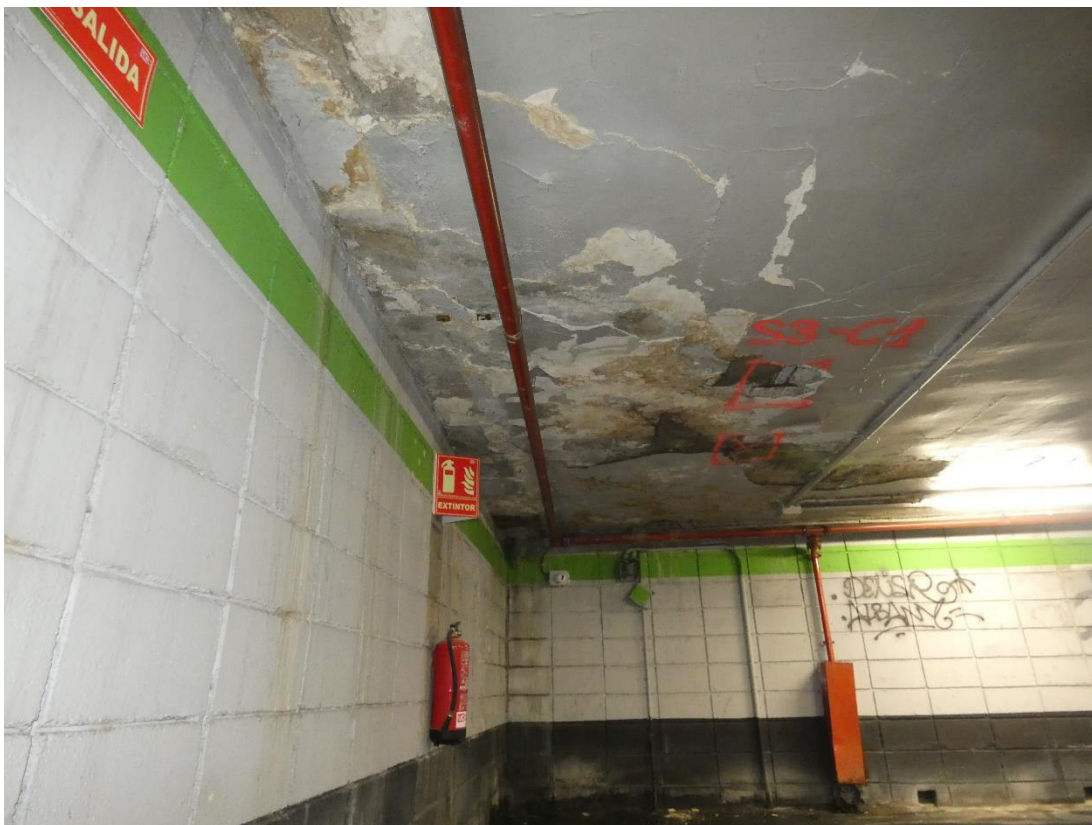


Foto 524



Foto 525





Foto 526



Foto 413







Foto 484



Foto 480



Foto 486

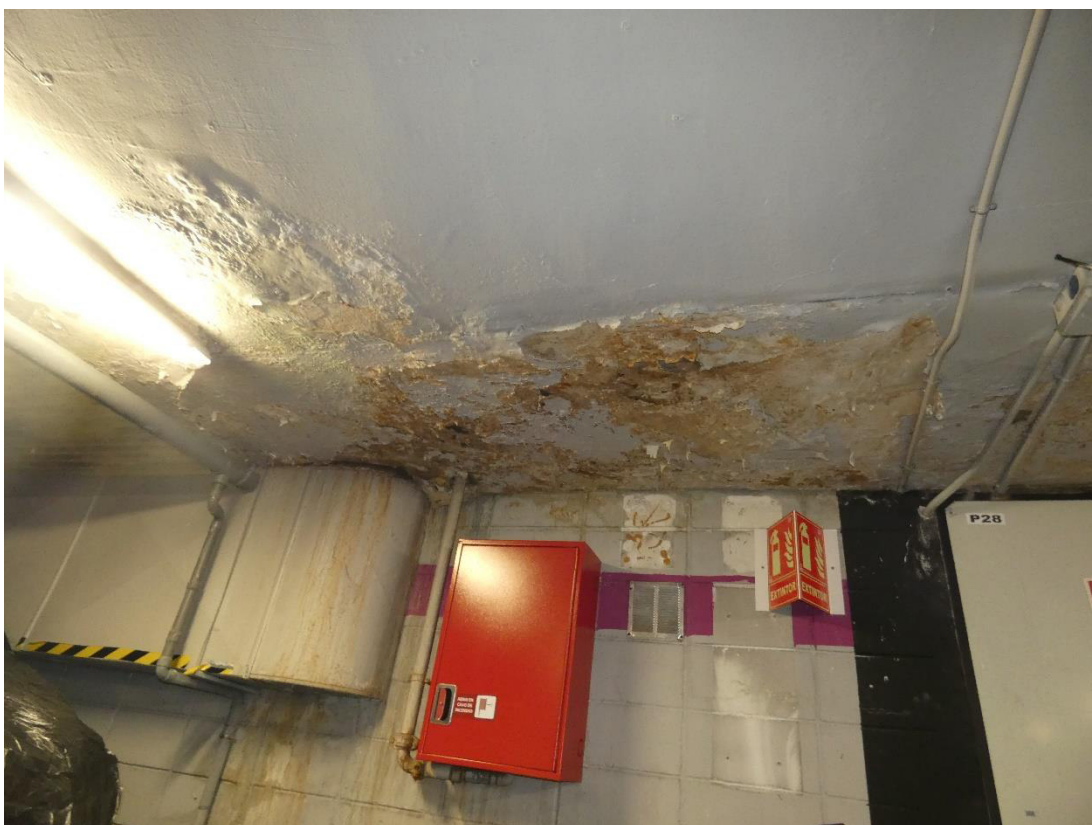


Foto 533





Foto 491



Foto 503





Foto 530



Foto 529



Foto 528



Foto 507



## ANEJO Nº 2. ESTUDIO DE DURABILIDAD

ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS DE REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL APARCAMIENTO SITUADO EN LA PLAZA DE JACINTO BENAVENTE, EN MADRID



**Elaborado por:**

Mirko Russo / Álvaro Hernandez  
*Ingeniero de Proyecto*

**Revisado por:**

Daniel Jiménez Nuero  
*Jefe de Proyecto*

**Aprobado por:**

Eduardo Romero  
*Director División de Edificación*

**Registro de ediciones**

ED.	FECHA	GEN.	REV.	AUT.	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
0	02.10.2023	MKR	DJN	ERR	Emisión para comentar
1	05.10.2023	MKR	DJN	ERR	Actualización tras comentarios EMT
2	09.10.2023	MKR	DJN	ERR	Modificación planos sótano -1
3	15.11.2023	MKR/AHL	DJN	ERR	Actualización tras comentarios EMT

**NOTAS:**

- La copia original firmada de este documento se conserva en SAP.
- Para permitir la mejora continua, se alienta a los integrantes de FHECOR Ingenieros Consultores a notificar al autor de errores, omisiones o cualquier otra oportunidad de mejora.

## Contenido

1	TRABAJOS REALIZADOS.....	4
2	RESULTADOS DE ENSAYO .....	5
	2.1 INSPECCIÓN CON PACHÓMETRO .....	5
	2.2 REALIZACIÓN DE CATAS .....	7
	2.3 TALADROS EN ESTRUCTURA DE HORMIGÓN .....	9
	2.4 CATAS DE CONTRASTE .....	11
	2.5 EXTRACCIÓN DE TESTIGOS DE HORMIGÓN.....	11
3	ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL RESIDUAL.....	13



## 1 TRABAJOS REALIZADOS

Durante los trabajos realizados entre los días 25/07/2023 y 11/08/2023, ADAMAS ha procedido a la realización de ensayos tanto destructivos (catas, taladros y testigos) como no destructivos (inspección con pachómetro) para obtener información de la estructura existente en el Aparcamiento Jacinto Benavente.

- 25 catas en estructura de hormigón (losas, muros y forjados) para descubrir las armaduras existentes y poder medir dimensiones de estas (diámetros, separaciones, recubrimientos y profundidad de carbonatación).
- 40 taladros en estructura de hormigón (forjados) para medir in situ la profundidad de carbonatación.
- 64 inspecciones con pachómetro para determinar la localización de la armadura y espesor de recubrimiento en elementos de hormigón armado.
- 2 medidas del espesor de un pilar metálico existente mediante ultrasonidos.
- 10 medidas espesores de forjado.
- 3 extracciones de testigos de hormigón para comprobar su resistencia a compresión y medida de profundidad de carbonatación.
- 3 extracción de testigos para cálculo de módulo de elasticidad.

## 2 RESULTADOS DE ENSAYO

### 2.1 INSPECCIÓN CON PACHÓMETRO

Se ha realizado una inspección con el pachómetro en 64 zonas repartidas por las plantas del aparcamiento, con el fin de determinar la localización de la armadura y su espesor de recubrimiento, por aplicación de técnicas no destructivas.

El ensayo se realiza por desplazamiento manual de un cabezal de exploración, de tipo electromagnético, sobre la superficie de los elementos de hormigón estudiados.

Los resultados de los ensayos realizados se recogen en la siguiente tabla:

*Tabla 2-1 Recubrimientos en forjados de techos y rampas, en mm*

Planta	Pachómetro	Recubrimiento [mm]
Sótano -1	S1-P1	12
	S1-P2	24
	S1-P3 (C2-1)	22
	S1-P4	12
	S1-P5	20
	S1-P6	30
	S1-P7	19
	S1-P8	28
	S1-P9	19
	S1-P10	28
	P-S1-C1	13
	P-S1-C2	23
	P-S1-C3	25
Rampa de bajada S1-S2	PR-1	21
	PR-2	24
Sótano -2	S2-P1	13
	S2-P2	14
	S2-P3	29
	S2-P4	8
	S2-P5	22
	S2-P6	22
	S2-P7	25
	S2-P8	14
	S2-P9	6
	S2-P10	17

	P-S2-C1	14
	P-S2-C2	23
	P-S2-C2-1	39
	P-S2-C2-2	13
	P-S2-C3	18
Rampa de bajada S2-S3	PR-3	16
	PR-4	12
Sótano -3	S3-P1	19
	S3-P2	23
	S3-P3	20
	S3-P4	30
	S3-P5	19
	S3-P6	25
	S3-P7	20
	S3-P8	25
	S3-P9	17
	S3-P10	22
	P-S3-C1	18
	P-S3-C2	20
	P-S3-C2-1	22
	P-S3-C2-2	26
	P-S3-C3	18
Rampa de bajada S3-S4	TR5	16
	TR6	12
Sótano -4	S4-P1	32
	S4-P2	24
	S4-P3	18
	S4-P4	20
	S4-P5	20
	S4-P6	27
	S4-P7	23
	S4-P8	25
	S4-P9	25
	S4-P10	23
	P-S4-C1	21
	P-S4-C2	20

	P-S4-C3	23
Rampa de subida S4-S3	TR7	8,10
	TR8	2,06

## 2.2 REALIZACIÓN DE CATAS

Al objeto de contrastar la precisión de las medidas de recubrimiento efectuadas con el pachómetro, se procedió a la apertura de una serie de catas en el hormigón. Se aprovechó también para comprobar el diámetro de las armaduras, así como la profundidad de carbonatación.

Se han realizado 25 catas en la estructura de hormigón hasta descubrir nudo de armaduras (longitudinal y transversal). Los resultados de las medidas y ensayos realizados en cada una de las catas se muestran a continuación.

### DETERMINACIÓN DEL ESPESOR DE RECUBRIMIENTO

En primer lugar, se efectuó un barrido con pachómetro deslizándolo por la superficie de hormigón para localizar las posiciones de las armaduras. Una vez detectadas, se fue marcando la correspondiente cuadrícula sobre el hormigón y se procedió al registro de los espesores de recubrimiento. Realizada la cata, se midió el espesor de recubrimiento con el pie de rey.

Los resultados que se obtuvieron de recubrimiento según elemento estructural y posición se representan en las siguientes tablas.

Tabla 2-2 Recubrimientos en forjados de techos, en mm

Cata	Localización	Armadura Longitudinal		Armadura Transversal	
		Recubrimiento [mm]		Recubrimiento [mm]	
		In situ	Pachómetro	In situ	Pachómetro
S1-C1	Sótano 1 - Forjado de techo	1.79	13		
S1-C2	Sótano 1 - Forjado de techo			16.8	23
S1-C2-1	Sótano 1 - Forjado de techo	20.71	22		
S1-C3	Sótano 1 - Forjado de techo	32.35	25		
S2-C1	Sótano 2 - Forjado de techo			15.7	14
S2-C2	Sótano 2 - Forjado de techo	22.5	23		
S2-C2-1	Sótano 2 - Forjado de techo			22.11	39
S2-C2-2	Sótano 2 - Forjado de techo			17.03	13
S2-C3	Sótano 2 - Forjado de techo	19.26	18		
S3-C1	Sótano 3 - Forjado de techo			19.82	18
S3-C2	Sótano 3 - Forjado de techo	16.42	20		

S3-C2-1	Sótano 3 - Forjado de techo	19.74	21		
S3-C2-2	Sótano 3 - Forjado de techo			13.34	26
S3-C3	Sótano 3 - Forjado de techo	18.67	18		
S4-C1	Sótano 4 - Forjado de techo	15.55	21		
S4-C2	Sótano 4 - Forjado de techo	28.9	20		
S4-C2-1	Sótano 4 - Forjado de techo			6.9	
S4-C3	Sótano 4 - Forjado de techo	16.83	23		

Tabla 4-3. Recubrimientos en forjados de suelo y solera, en mm

Cata	Localización	Armadura Longitudinal		Armadura Transversal	
		Recubrimiento [mm]		Recubrimiento [mm]	
		In situ	Pachómetro	In situ	Pachómetro
S2-S1	Sótano 2 - Forjado de suelo			18.8	
S3-S1	Sótano 3 - Forjado de suelo			31.22	
S4-S1	Sótano 4 - Solera	36.32			

Tabla 2-3 Recubrimientos en muros, en mm

Cata	Localización	Armadura Longitudinal		Armadura Transversal	
		Recubrimiento [mm]		Recubrimiento [mm]	
		In situ	Pachómetro	In situ	Pachómetro
S3-M1	Sótano 3 - Muro	85.12			
S4-M1	Sótano 4 - Muro	86.4			

## DETERMINACIÓN DE LA PROFUNDIDAD DE CARBONATACIÓN

Los resultados de carbonatación que se obtuvieron aparecen en las siguientes tablas:

Tabla 2-4 Profundidad de carbonatación en forjados de techo, en mm

Cata	Localización	Carbonatación [mm]
S1-C1	Sótano 1 - Forjado de techo	21
S1-C2	Sótano 1 - Forjado de techo	51.18
S1-C2-1	Sótano 1 - Forjado de techo	75.53
S1-C3	Sótano 1 - Forjado de techo	totalidad de la cata
S2-C1	Sótano 2 - Forjado de techo	totalidad de la cata



S2-C2	Sótano 2 - Forjado de techo	31.22
S2-C2-1	Sótano 2 - Forjado de techo	41.45
S2-C2-2	Sótano 2 - Forjado de techo	71.23
S2-C3	Sótano 2 - Forjado de techo	totalidad de la cata
S3-C1	Sótano 3 - Forjado de techo	43.21
S3-C2	Sótano 3 - Forjado de techo	35.06
S3-C2-1	Sótano 3 - Forjado de techo	27.7
S3-C2-2	Sótano 3 - Forjado de techo	23.14
S3-C3	Sótano 3 - Forjado de techo	17.21
S4-C1	Sótano 4 - Forjado de techo	54.18
S4-C2	Sótano 4 - Forjado de techo	totalidad de la cata
S4-C2-1	Sótano 4 - Forjado de techo	19.09
S4-C3	Sótano 4 - Forjado de techo	totalidad de la cata

Tabla 2-5 Profundidad de carbonatación en forjados de suelo y solera, en mm

Cata	Localización	Carbonatación [mm]
S2-S1	Sótano 2 - Forjado de suelo	13.6
S3-S1	Sótano 3 - Forjado de suelo	totalidad de la cata
S4-S1	Sótano 4 - Solera	totalidad de la cata

Tabla 2-6 Profundidad de carbonatación en muros, en mm

Cata	Localización	Carbonatación [mm]
S3-M1	Sótano 3 - Muro	32.43
S4-M1	Sótano 4 - Muro	76.41

## 2.3 TALADROS EN ESTRUCTURA DE HORMIGÓN

Para obtener más resultados de profundidad de carbonatación y realizar un análisis más preciso, se realizaron taladros sobre el hormigón. A medida que se avanzaba con el taladro, se iba pulverizando con fenolftaleína hasta que se observa el cambio de color, de incoloro a magenta.

Tabla 2-7 Profundidad de carbonatación, en mm

Planta	Taladro	Carbonatación [mm]
Sótano -1	T1	25,00

	T2	11,90
	T3	10,03
	T4	5,10
	T5	11,00
	T6	7,17
	T7	9,50
	T8	89,00
Rampa de bajada S1-S2	TR1	15,00
	TR2	0,00
Sótano -2	T1	0,00
	T2	13,15
	T3	9,90
	T4	0,00
	T5	0,00
	T6	1,15
	T7	6,17
	T8	4,90
Rampa de bajada S2-S3	TR3	10,50
	TR4	19,20
Sótano -3	T1	0,00
	T2	4,60
	T3	0,00
	T4	26,00
	T5	8,80
	T6	35,00
	T7	5,70
	T8	2,00
Rampa de bajada S3-S4	TR5	4,70
	TR6	7,30
Sótano -4	T1	2,00
	T2	0,00
	T3	1,80
	T4	1,85
	T5	2,50
	T6	4,10
	T7	2,20

	T8	0,20
	TR7	8,10
Rampa de subida S4-S3	TR8	2,06

## 2.4 CATAS DE CONTRASTE

Dada la disparidad de resultados entre la profundidad media de carbonatación de catas y la de los taladros, se solicita a ADAMAS una explicación de tales discrepancias, respondiendo éstos que, al haberse abierto las catas unos días antes de realizar los ensayos, es posible que la profundidad de carbonatación haya avanzado. Para comprobar si es así se solicitan unas mediciones de contraste.

Con fecha 11/10/2023 se realizan dos catas adicionales de contraste y los resultados confirman profundidades de carbonatación más similares con las profundidades vistas en los taladros. Esto confirma la hipótesis de ADAMAS de que las catas anteriores pudieron haber estado abiertas por demasiado tiempo y la profundidad de carbonatación medida no fue confiable.

Por esta razón se descartan los valores de profundidad de carbonatación de las catas iniciales y se emplea únicamente la carbonatación promedio de cada planta medida con taladros para las estimaciones de vida útil.

Tabla 4-3. Profundidad de carbonatación en catas de contraste, en mm

Cata de Contraste	Localización	Recubrimiento [mm]
1	Sótano 3	10-12
2	Sótano 1	7-8

## 2.5 EXTRACCIÓN DE TESTIGOS DE HORMIGÓN

Se extraen seis testigos de hormigón para comprobar su resistencia a compresión y carbonatación. En tres testigos se calcula también el módulo de elasticidad en compresión.

Tabla 2-8 Resistencia a compresión del hormigón, en N/mm<sup>2</sup>, y profundidad de carbonatación, en mm

Testigo	Longitud tallada [cm]	Diámetro [cm]	Resistencia a compresión [N/mm <sup>2</sup> ]	Carbonatación [mm]
TC1/S1	11	7.4	16	26
TC2/S2	15.2	7.4	22.4	20
TC3/S3	9.2	7.4	15.2	29
T1	7.3	6.8	18.7	0
T2	9.4	6.8	15.8	22
T3	6.3	6.8	18	15

Tabla 2-9 Módulo secante de elasticidad en compresión, en GPa

Testigo	Resistencia a compresión tras módulo [MPa]	Módulo secante de elasticidad inicial [GPa]	Módulo secante de elasticidad estabilizado [GPa]
T1	35.2	17.2	24.4
T2	38.1	15.4	26.7
T3	33.3	12.4	22.6

### 3 ANÁLISIS DE LA VIDA ÚTIL RESIDUAL

Se ha llevado a cabo una estimación de la vida útil residual de la estructura basado en la profundidad de carbonatación medida y considerando la vida útil actual de 53 años. Para ello, se aplican los criterios del Anejo 12 del Código Estructural, Volumen 2.

La estimación de la vida útil de la estructura por carbonatación del hormigón puede obtenerse a partir de la siguiente expresión:

$$t_{est} = t_{inic} + t_{prop}$$

Donde:

$t_{inic}$  período de iniciación, definido como el tiempo transcurrido hasta que se inicia el daño

$t_{prop}$  período de propagación, definido como el tiempo desde que se inicia el daño hasta que se alcanza el umbral inadmisibles

Se detalla en tres columnas adicionales la vida útil residual al cabo de 15, 30 y 50 años, marcándose en color en aquellos casos en los que la vida útil se vea superada para una mejor comprensión visual.

Para estimar la vida útil residual se han utilizado los valores promedio de la profundidad de carbonatación obtenida mediante taladro en cada planta.

En la siguiente tabla se reflejan las distintas estimaciones para la armadura más expuesta, es decir la que menor valor de recubrimiento presenta.

Tabla 3-1. Estimación de la vida útil residual por medio de taladros, en años

Cata	Zona (puntual en la cata)	Carbonatación media taladros [mm]	P. Inic.	P. Prop.	Vida residual	En 15 años	En 30 años	En 50 años
S1-C2	Intermedia	21.00	33.92	24.89	5.81	-9.19	-24.19	-44.19
S1-C2-1	Intermedia	21.00	51.55	31.86	30.41	15.41	0.41	-19.59
S1-C3	Seca	21.00	125.77	36.32	109.10	94.10	79.10	59.10
S2-C2	Intermedia	7.00	547.58	42.86	537.43	522.43	507.43	487.43
S2-C2-1	Intermedia	7.00	528.76	53.60	529.36	514.36	499.36	479.36
S2-C2-2	Intermedia	7.00	313.70	41.28	301.98	286.98	271.98	251.98
S2-C3	Seca	7.00	401.23	28.53	376.76	361.76	346.76	326.76
S3-C2	Intermedia	14.00	72.91	23.46	43.36	28.36	13.36	-6.64
S3-C2-1	Intermedia	14.00	105.37	37.60	89.97	74.97	59.97	39.97
S3-C2-2	Intermedia	14.00	48.12	31.39	26.51	11.51	-3.49	-23.49
S3-C3	Seca	14.00	94.26	35.56	76.82	61.82	46.82	26.82
S4-C2	Intermedia	2.00	11066.53	52.55	11066.08	11051.08	11036.08	11016.08
S4-C2-1	Intermedia	2.00	630.83	18.40	596.23	581.23	566.23	546.23
S4-C3	Seca	2.00	3753.05	30.60	3730.65	3715.65	3700.65	3680.65

\*Nota: se han eliminado de la Tabla 3-1 los resultados de zonas húmeda, como se justifica en apartados sucesivos.

Se observa que:

- En la mayoría de los casos la vida residual de los forjados, atendiendo a criterios de análisis de profundidad de carbonatación, tiene un valor positivo.



- En general, el avance del estado de carbonatación parece muy lento. Esto puede deberse a la capa de acabado y pintura aplicada en la parte inferior de los forjados que actuaba como barrera.
- Sin embargo, de las fotografías tomadas durante las inspecciones se desprende claramente que en todas las catas de la zona húmeda y en buena parte de las catas de la zona intermedia hechas donde claramente ha existido presencia de agua, la corrosión de las barras de refuerzo ya ha comenzado, al contrario de lo que se predice en del análisis realizado.

### PRINCIPIOS APLICADOS A LA ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL

La garantía de la seguridad en un proyecto se fundamenta en la relación existente entre las solicitaciones (S) a las que está sometida la estructura y la respuesta (R) que experimenta ésta. La diferencia entre S y R se conoce como la “fiabilidad” que presenta la estructura frente a dicha sollicitación, Figura 3-1.

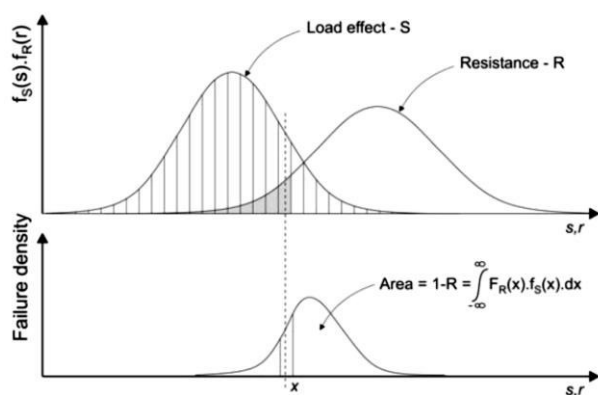


Figura 3-1 Fiabilidad

Normalmente, se admite que tanto la sollicitación como la respuesta se comportan como variables aleatorias, cuyo tipo depende del parámetro del que se trate. Esto es válido para el proyecto mecánico-estructural, pero también lo es para el planteamiento del proyecto de durabilidad, en cuyo caso:

- las sollicitaciones representan la agresividad del ambiente a la que está sometido un elemento concreto y
- la respuesta es la resistencia que opone el elemento a que se produzca una situación inadmisibles, que se identifica previamente como su “estado límite”.

A diferencia del planteamiento tradicional de la seguridad, la fiabilidad en el proyecto de durabilidad se basa en la hipótesis de que las variables aleatorias que representan (S) y (R) no son constantes a lo largo del tiempo, sino que experimentan una evolución con el mismo, tal y como refleja la Figura 3-2.

La diferencia entre la agresividad y la respuesta evoluciona a lo largo del tiempo, dando origen a distintas fiabilidades para diversas edades de la estructura. Por lo tanto, la vida útil de la misma vendrá definida por el momento en el que se alcanza la fiabilidad admisible establecida para cualquiera de los estados límite definidos.

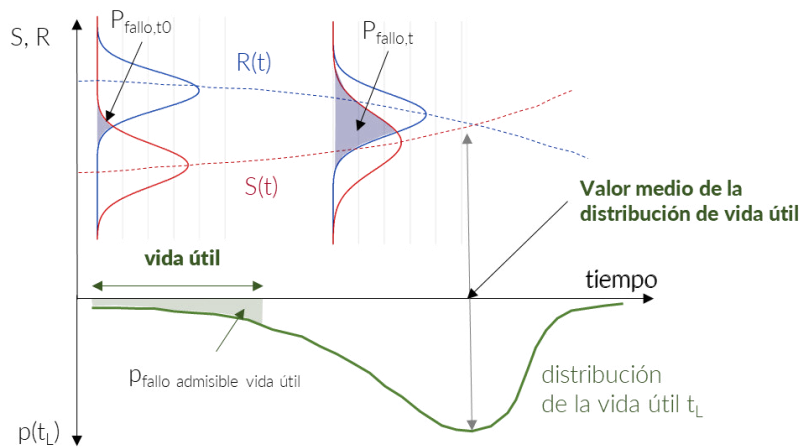


Figura 3-2 Evolución de las solicitaciones y las prestaciones con el tiempo

Como (S) y (R) varían con el tiempo, en cada momento de la vida de servicio de la estructura puede definirse una “probabilidad de fallo” (pf) de que no se cumpla un determinado estado límite.

Como ya se ha comentado, a los efectos de este proyecto, se ha considerado como Estado Límite únicamente el de fisuración del recubrimiento debido a la corrosión de las armaduras, que se trata como un estado límite de servicio (ELS) de acuerdo con los criterios de tratamiento de la fisuración en la Instrucción de hormigón estructural vigente, así como en los Eurocódigos EN 1992-1-1 y EN 1992-2.

El estado límite definido se “agotará” cuando se alcance una determinada probabilidad de fallo,  $P_f$ , cuyo valor depende de las consecuencias que el referido fallo puede acarrear para el usuario. Para facilitar el manejo de las probabilidades de fallo, normalmente de valor muy pequeño (en el rango de  $10^{-1}$  a  $10^{-4}$ ), se emplea el llamado “índice de fiabilidad” ( $\beta$ ), relacionado con  $P_f$  a través de la siguiente expresión:

$$\beta = \frac{\mu_z}{\sigma_z} \Rightarrow P_f = \Phi\left(\frac{\mu_z}{\sigma_z}\right) = \Phi(-\beta)$$

donde  $\Phi(-\beta)$  representa la probabilidad asociada al valor  $-\beta$  en la función de distribución normal  $N[0,1]$ .

Los valores de  $\beta$  o los de pf vienen definidos por la normativa estructural, en este caso por los Eurocódigos estructurales. Así, la tabla B.2 del Eurocódigo EN 1990, establece las siguientes probabilidades de fallo e índices de fiabilidad, para un período de referencia de 50 años, en función de que se trate de un estado límite último (ELU) o estado límite de servicio (ELS).

Tabla 3-2 Índices de fiabilidad  $\beta$  según EN 1990

Estado límite	Índice objetivo de fiabilidad	
	1 año	50 años
último	4,7	3,8
de fatiga	–	1,5 a 3,8 <sup>2)</sup>
de servicio (irreversible)	2,9	1,5

1) Véase el anexo B.  
2) Depende del grado de aptitud a la inspección, a la reparación y de la tolerancia a los daños.

## ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN

La estimación de la vida útil de la estructura puede obtenerse a partir de la siguiente expresión:

$$t_{est} = t_{inic} + t_{prop}$$

Donde:

$t_{inic}$  período de iniciación, definido como el tiempo transcurrido hasta que se inicia el daño

$t_{prop}$  período de propagación, definido como el tiempo desde que se inicia el daño hasta que se alcanza el umbral inadmisibles

$$t_{inic} = \left( \frac{c}{k_{ap \text{ carb}}} \right)^2$$

Donde:

$c$  recubrimiento mínimo, en mm

$k_{ap \text{ carb}}$  coeficiente de carbonatación aparente, expresado en  $\text{mm/año}^{1/2}$

$$t_{prop} = \frac{80 \cdot c}{\emptyset \cdot v_{corr}}$$

donde:

$t_{prop}$  tiempo desde el inicio de la corrosión hasta la fisuración de recubrimiento, en años

$c$  espesor del recubrimiento de hormigón, expresado en mm

$\emptyset$  diámetro de la armadura, expresado en mm

$v_{corr}$  velocidad de corrosión, expresado en  $\mu\text{m/año}$

## ENSAYOS DE TESTIGOS DE HORMIGÓN

### “APARCAMIENTO EN PLAZA JACINTO BENAVENTE - MADRID”

#### PETICIONARIO: SERANCO, S.A.

C/ Vía de las Dos Castillas 9 A – portal 2  
28224 Pozuelo de Alarcón (Madrid)

Nº INFORME: 0612-CC-2024	Referencia ensayo: 00447/2024
Nº OBRA: 230727	

ADAMAS, CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L. Declaración Responsable incluida en el Registro General de Laboratorios de ensayos para el Control de Calidad de la Edificación-Lecce, inscripción MAD-L-066 de fecha 19/01/2015, en los grupos de ensayo y pruebas indicados a continuación:

- GT Ensayos de geotecnia
- VS Ensayos de viales
- PS Pruebas de servicio
- EH Ensayos de hormigón estructural
- EA Ensayos de estructuras de acero estructural
- EFA Ensayos de obras de fábrica y albañilería
- EM Ensayos de estructuras de madera
- Otros ensayos de materiales e instalaciones



ADAMAS, CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L. dispone de un sistema de gestión de la calidad certificado de acuerdo con la norma UNE-EN ISO 9001:2015 por OCA CERT (certificado n.º 34/5200/20/4003 de fecha 08/04/2020) aplicable a la realización de ensayos de construcción en las áreas GT, VS, PS, EH, EA, EFA, EM y otros ensayos de materiales e instalaciones.

## ÍNDICE

1. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS.
2. ENSAYOS REALIZADOS.
3. RESULTADOS DE ENSAYOS.

ANEJO DE RESULTADOS.

APARCAMIENTO EN PLAZA JACINTO BENAVENTE - MADRID

Nº Informe: 0612-CC-2024

Nº Obra: 230727

Página 1 de 3



## 1. IDENTIFICACIÓN DE LAS MUESTRAS

Referencia muestra: 00447/2024 (muestra entregada por personal de Seranco en instalaciones laboratorio Euroconsult en San Sebastián de los Reyes).

Fecha entrega: 05/02/2024

## 2. ENSAYOS REALIZADOS

- Ensayos de áridos. Determinación de la reactividad potencial álcali-silice u álcali-silicato de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero.

## 3. RESULTADO DE LOS ENSAYOS

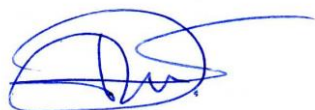
Ver anejo

APARCAMIENTO EN PLAZA JACINTO BENAVENTE - MADRID		<div><div><b>ADAMAS</b> CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L.</div><div>NIF: B-87002929 adamas@adamascyg.es TEL: 630 626 772 / 635 546 386</div></div>	
Nº Informe: 0612-CC-2024	Página 2 de 3		
Nº Obra: 230727			

Este informe consta de tres páginas numeradas y selladas y un anejo.

Madrid, 04 de marzo de 2024

Vº Bº



Fdo.: Diana Hernández Santos  
Ingeniero Técnico de Obras Públicas  
Jefe de Área EH



Fdo.: Belén González Nieto  
Lda. en C.C. Químicas  
Director Técnico

El presente Informe solo afecta a las muestras sometidas a estudio. .Prohibida la reproducción parcial de este documento sin la aprobación expresa de ADAMAS CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L.

**ADAMAS CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L. – Parque Industrial de Pinto. Nave D-8, Carretera de Pinto a San Martín de la Vega, P.K. 0,500.  
28320 Pinto. Madrid. Tel 91 691 61 63**

APARCAMIENTO EN PLAZA JACINTO BENAVENTE - MADRID		<div><p><b>ADAMAS</b> CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L.</p><p>NIF: B-87002929 adamas@adamascyg.es TEL: 630 626 772 / 635 546 386</p></div>
Nº Informe: 0612-CC-2024	Página 3 de 3	
Nº Obra: 230727		

## ANEJO DE RESULTADOS

LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD CON DECLARACIÓN RESPONSABLE SEGÚN R.D. 410/2010 INCLUIDO EN EL REGISTRO GENERAL DE LABORATORIOS DEL C.T.E. CON Nº MAD-L-004

**DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD  
POTENCIAL ÁLCALI-SÍLICE Y ÁLCALI-SILICATO  
DE LOS ÁRIDOS. MÉTODO ACELERADO EN  
PROBETAS DE MORTERO  
UNE 146508:2018****Laboratorio de:** MADRID  
**Informe / Ensayo Nº.** 5354/24-2012/24-4844  
**Fecha informe:** 04/03/2024  
**Hoja:** 1 de 2**PETICIONARIO:** ADAMAS CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L.  
Ctra. Pinto-San Martín de la Vega Pk 0+500 - P.I. de pinto. Nave D-8  
28320 Pinto - Madrid**OBRA:** ENSAYOS DE LABORATORIO DE MATERIALES**FECHA Y SITIO DE LA TOMA DE MUESTRA:** 05/02/2024 - Muestra facilitada por SERANCO con referencia: Parking Jacinto Benavente <sup>(1)</sup>**Nº PARTE EUROCONSULT:** M403581**TIPO DE MUESTRA:** Hormigón endurecido

Referencia de muestra	-	M403581
Tipo de muestra	-	Hormigón endurecido
Método preparación	-	Machacado
RESULTADOS		
<b>PROBETA</b>	<b>UNIDADES</b>	<b>EXPANSIÓN LINEAL A LOS 14 DÍAS DE TRATAMIENTO ALCALINO (%)</b>
Probeta nº 1	%	0,035
Probeta nº 2	%	0,036
Probeta nº 3	%	0,034
Expansión lineal media	%	0,04
Árido no reactivo (Expansión ≤ 0,10%)		

**OBSERVACIONES:** <sup>(1)</sup> Datos de identificación de la muestra facilitados por el cliente, quedando el laboratorio exento de toda responsabilidad generada, como consecuencia de los mismos

JEFE DE ÁREA



FCO JAVIER NIETO RUBIO

DIRECTOR DE LABORATORIO



JOSÉ A. HERGUETA LÁZARO

LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD CON DECLARACIÓN RESPONSABLE SEGÚN R.D. 410/2010 INCLUIDO EN EL REGISTRO GENERAL DE LABORATORIOS DEL C.T.E. CON Nº MAD-L-004

**DETERMINACIÓN DE LA REACTIVIDAD  
POTENCIAL ÁLCALI-SÍLICE Y ÁLCALI-SILICATO  
DE LOS ÁRIDOS. MÉTODO ACELERADO EN  
PROBETAS DE MORTERO  
UNE 146508:2018**

**Laboratorio de:** MADRID  
**Informe / Ensayo Nº.** 5354/24-2012/24-4844  
**Fecha informe:** 04/03/2024  
**Hoja:** 2 de 2

**PETICIONARIO:** ADAMAS CONTROL Y GEOTECNIA, S.L.L.  
Ctra. Pinto-San Martín de la Vega Pk 0+500 - P.I. de pinto. Nave D-8  
28320 Pinto - Madrid

**OBRA:** ENSAYOS DE LABORATORIO DE MATERIALES

**FECHA Y SITIO DE LA TOMA DE MUESTRA:** 05/02/2024 - Muestra facilitada por SERANCO con referencia: Parking Jacinto Benavente <sup>(1)</sup>

**Nº PARTE EUROCONSULT:** M403581

**TIPO DE MUESTRA:** Hormigón endurecido



**OBSERVACIONES:** <sup>(1)</sup> Datos de identificación de la muestra facilitados por el cliente, quedando el laboratorio exento de toda responsabilidad generada, como consecuencia de los mismos

JEFE DE ÁREA

FCO JAVIER NIETO RUBIO

DIRECTOR DE LABORATORIO

JOSÉ A. HERGUETA LÁZARO





## ANEJO Nº 3. JUSTIFICACIÓN DE PRECIOS

ESTUDIO DEL ESTADO ACTUAL Y PROPUESTAS DE  
REPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DEL  
APARCAMIENTO SITUADO EN LA PLAZA DE  
JACINTO BENAVENTE, EN MADRID



**Elaborado por:**

Mirko Russo / Álvaro Hernandez  
*Ingenieros de Proyecto*

**Revisado por:**

Daniel Jiménez Nuero  
*Jefe de Proyecto*

**Aprobado por:**

Eduardo Romero  
*Director División de Edificación*

**Registro de ediciones**

ED.	FECHA	GEN.	REV.	AUT.	DESCRIPCIÓN DE LA REVISIÓN
0	15.11.2023	MKR/AHL	DJN	ERR	Emisión para comentar

**NOTAS:**

- La copia original firmada de este documento se conserva en SAP.
- Para permitir la mejora continua, se alienta a los integrantes de FHECOR Ingenieros Consultores a notificar al autor de errores, omisiones o cualquier otra oportunidad de mejora.

## *Contenido*

1	DETALLES DE VALORACIÓN ECONOMICA.....	4
---	---------------------------------------	---

# 1 DETALLES DE VALORACIÓN ECONOMICA

En el presente anejo se incluye la justificación de los precios considerados para cada actuación.

La validación económica se realiza considerando un paño genérico entre 4 pilares, con lados de 7,3m x 7,3m y un área total de 53,29m.

## PRESUPUESTO

### REPARACIÓN ESTRUCTURAL DEL APARCAMIENTO DEL PASEO DE RECOLETOS, MADRID

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>C2</b>	<b>ACTUACIÓN 1 - REPOSICIÓN DE ARMADO</b>			
m21E01DEC060	m2 PICADO ENFOSCADOS CEMENTO PARAMENTOS HORIZONTALES C/MARTILLO ELÉCTRICO  Picado de enfoscados de cemento en paramentos horizontales, con martillo eléctrico, eliminándolos en su totalidad y dejando la fábrica soporte al descubierto, para su posterior revestimiento, incluso limpieza y retirada de escombros a pie de carga, sin transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares, sin medidas de protección colectivas. Según RD 105/2008. Medición de superficie realmente ejecutada.	3.50	22.90	80.15
m21U01D140	m2 PICADO Y SANEADO DEL HORMIGÓN EN SECCIONES CORROIDAS  Picado y saneado de hormigón en secciones corroídas, hasta liberar las armaduras en todo su contorno, incluida la reposición de armadura cuando la pérdida de sección sea superior al 20%, el cepillado y limpieza de armaduras, p.p. de pasivación de armaduras vistas mediante pintura específica a base de cemento y resina epoxi y la carga y transporte a lugar autorizado del producto picado. Según RD 105/2008.	3.50	34.19	119.67
APUI.0000	h INCREMENTO SOLDADURA DE ACERO CORRUGADO B500S	2.00	54.38	108.76
m21U04WBB300	m2 RECONSTRUCCIÓN VIGA FRATASADO 4 cm MORTERO R3  Reconstrucción de viga con mortero R3 sulfurresistente de reparación estructural, tixotrópico, reforzado con fibras y de retracción compensada, con marcado CE según la Norma UNE-EN 1504-3, en un espesor medio de 4 cm, incluye saturación con agua del paramento y acabado fratasado manual con las aristas perfiladas.	3.50	120.00	420.00
m21E08PKC020	m2 REVESTIMIENTO DECORATIVO CAL AÉREA  Revestimiento decorativo para paramentos verticales con mortero de cal aérea de 10 mm de espesor medio. Color según carta, aplicado manualmente y regleado, aplicado directamente sobre enfoscado. Varios acabados, raspado medio, fratasado y liso, i/p.p. de medios auxiliares, según NTE-RPR-07, se descontarán huecos mayores de 3 m2 y se medirán mochetas. Mortero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	3.50	37.05	129.68
mE01DTW030	ud ALQUILER CONTENEDOR 4 m3.  Servicio de entrega y recogida de contenedor de 4 m3. de capacidad, colocado a pie de carga y considerando una distancia no superior a 10 km.	0.12	54.98	6.60
mG02B140	ud TRAN.PLAN.<50km.CONTENEDOR RCD 4m3  Servicio de entrega y recogida por transportista autorizado, de contenedor de RCD de 4 m3, colocado a pie de carga y considerando una distancia de transporte al centro de reciclaje o de transferencia no superior a 50 km. No incluye alquiler del contenedor ni el canon de la planta.	0.12	72.15	8.66
mG02B250	m3 CANON DE RCD A VERTEDERO  Descarga en vertedero de los productos resultantes de excavación y demolición (RCD), incluyendo el canon y el extendido.	0.15	13.39	2.01
<b>TOTAL C2 .....</b>				<b>875.53</b>

## PRESUPUESTO

## REPARACIÓN ESTRUCTURAL DEL APARCAMIENTO DEL PASEO DE RECOLETOS, MADRID

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>C1</b>	<b>ACTUACIÓN 2 - DEMOLICIÓN Y RECONSTRUCCIÓN</b>			
R04ROD010	m CORTE HORMIGÓN CON DISCO e=30 cm Corte en hormigón mediante equipo de corte de disco diamantado, para un espesor máximo de corte de 30 cm, con refrigeración de disco con agua; válido para soportes en vertical o inclinados; incluyendo replanteo de corte, implantación del equipo, preparación de la zona de trabajo y ejecución del corte; i/p.p. de transporte de maquinaria, desmontaje y limpieza del tajo y retirada de escombros a pie de carga.	29.20	110.78	3,234.78
m21E01DSH030	m2 DEMOLICIÓN FORJADO RETICULAR <35cm. C/COMPRESOR Demolición de forjados reticulares, de hasta 35 cm. de espesor, realizado por medios manuales y mecánicos con martillo neumático, incluso limpieza y retirada de escombros a pie de carga, sin transporte al vertedero y con p.p. de medios auxiliares, sin medidas de protección colectivas. Según RD 105/2008 y NTE-ADD. Medición de superficie realmente ejecutada.	53.29	78.89	4,204.05
m21E05HLE030	m2 ENCOFRADO MADERA LOSAS VISTO Encofrado y desencofrado de losa armada con tablero formado por tabla machihembrada de madera de pino de 22 mm., confeccionados previamente, considerando una postura. Conforme EHE-08 y NTE-EME. Materiales con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.	53.29	50.33	2,682.09
m21E05HLM030	m3 HORMIGÓN PARA ARMAR HA-30/B/20/IIa LOSAS PLANAS Hormigón para armar HA-30/B/20/IIa, elaborado en central, en losas planas, incluso vertido con grúa, vibrado y colocado. Según normas EHE-08 y CTE DB-SE. Componentes del hormigón con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	15.99	124.58	1,992.03
AV03VT070	M3 VERTIDO DE HORMIGÓN EN TUBERÍA EN FORJADOS Vertido de hormigón suministrado de planta de fabricación, realizado por medio de camión-bomba con tubería (hasta 80 m) en forjados. Totalmente realizado; i/p.p. de vibrado y colocación. Conforme a CTE DB SE, EHE-08, NTE-EAF y EFHE si procede	15.99	40.45	646.80
m21E04AB020	kg ACERO CORRUGADO B 500 S Acero corrugado B 500 S, cortado, doblado, armado y colocado en obra, incluso p.p. de despuntes. Según EHE-08 y CTE-SE-A. Barras de acero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento Europeo (UE) 305/2011.	1,332.25	1.93	2,571.24
mE05AM050	ud ANCL.QUÍMICO D=12 L=110 HIT-RE 500 Anclaje químico diseñado para transmitir grandes cargas al hormigón como material base. En primer lugar se realizará un taladro, con martillo a rotopercusión, de 115 mm. de profundidad y 14 mm. de diámetro en el elemento de hormigón de espesor mínimo 140 mm. A continuación se procederá a la correcta limpieza del taladro para, seguidamente, inyectar la resina HIT-RE 500 hasta los 2/3 de la profundidad del taladro. Posteriormente se introducirá la varilla roscada de 12 mm de diámetro y 110 mm de longitud con un leve movimiento de rotación. Se esperará el tiempo de fraguado correspondiente. Para finalizar se colocará la pieza a fijar y se dará el par de apriete correspondiente según la ficha técnica del producto. Este anclaje se calcula según la normativa europea ETAG, en su anexo C.	58.40	6.71	391.86
APUI.0000	h INCREMENTO SOLDADURA DE ACERO CORRUGADO B500S	4.00	54.38	217.52
mE01DTW030	ud ALQUILER CONTENEDOR 4 m3. Servicio de entrega y recogida de contenedor de 4 m3. de capacidad, colocado a pie de carga y considerando una distancia no superior a 10 km.	6.00	54.98	329.88
mG02B140	ud TRAN.PLAN.<50km.CONTENEDOR RCD 4m3 Servicio de entrega y recogida por transportista autorizado, de contenedor de RCD de 4 m3, colocado a pie de carga y considerando una distancia de transporte al centro de reciclaje o de transferencia no superior a 50 km. No incluye alquiler del contenedor ni el canon de la planta.	6.00	72.15	432.90
mG02B250	m3 CANON DE RCD A VERTEDERO Descarga en vertedero de los productos resultantes de excavación y demolición (RCD), incluyendo el canon y el extendido.	22.38	13.39	299.67
<b>TOTAL C1 .....</b>				<b>17,002.82</b>



**PRESUPUESTO****REPARACIÓN ESTRUCTURAL DEL APARCAMIENTO DEL PASEO DE RECOLETOS, MADRID**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>C5</b>	<b>ACTUACIÓN 3 - PINTURA ANTICARBONATACIÓN</b>			
m21U01D050	m2 CHORREADO PARAMENTOS HORMIGÓN CON ARENA Chorreado y limpieza con arena de paramentos de hormigón y protección ambiental precisa contra la contaminación de polvo. Arena con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	53.29	7.08	377.29
m21E08PKC010	m2 REVESTIMIENTO C/MORTERO CAL ÁREA ENFOSCADO Revestimiento de paramentos verticales con mortero de cal aérea, espesor según soporte, mínimo 10 mm. Color gris, aplicado manualmente y regleado, directamente sobre el soporte, i/p.p. de medios auxiliares, según NTE-RPE, se descontarán huecos mayores de 3 m2 y se medirán moquetas. Mortero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	5.33	34.46	183.67
m21E27SH010	m2 PINTURA ANTICARBONATACIÓN PROTECCIÓN HORMIGÓN Tratamiento anticarbonatación y anticloruros para elementos de hormigón expuestos a la intemperie o al ataque de gases ácidos, iones cloruros, oxígeno y agua; formado por revestimiento de pintura en base agua aplicado en 2 manos. Revestimiento resistente al hielo, a la polución y los rayos ultravioleta. Transpirable, permite el paso del vapor del agua del interior al exterior; y flexible (con capacidad de absorber pequeñas fisuras). Totalmente aplicado; i/p.p. de preparación superficial del soporte (sin imprimación) y medios auxiliares (excepto elevación y/o transporte). Producto certificado según UNE-EN 1504-2:2005 con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	53.29	9.14	487.07
<b>TOTAL C5 .....</b>				<b>1,048.03</b>

**PRESUPUESTO**

**REPARACIÓN ESTRUCTURAL DEL APARCAMIENTO DEL PASEO DE RECOLETOS, MADRID**

CÓDIGO	RESUMEN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
<b>C6</b>	<b>ACTUACIÓN 4 - MEMBRANA CEMENTOSA</b>			
m21U01D050	m2 CHORREADO PARAMENTOS HORMIGÓN CON ARENA Chorreado y limpieza con arena de paramentos de hormigón y protección ambiental precisa contra la contaminación de polvo. Arena con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	53.29	7.08	377.29
m21E08PKC010	m2 REVESTIMIENTO C/MORTERO CAL ÁREA ENFOSCADO Revestimiento de paramentos verticales con mortero de cal aérea, espesor según soporte, mínimo 10 mm. Color gris, aplicado manualmente y regleado, directamente sobre el soporte, i/p.p. de medios auxiliares, según NTE-RPE, se descontarán huecos mayores de 3 m2 y se medirán mochetas. Mortero con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	53.29	34.46	1,836.37
m21E27SH010	m2 PINTURA ANTICARBONATACIÓN PROTECCIÓN HORMIGÓN Tratamiento anticarbonatación y anticloruros para elementos de hormigón expuestos a la intemperie o al ataque de gases ácidos, iones cloruros, oxígeno y agua; formado por revestimiento de pintura en base agua aplicado en 2 manos. Revestimiento resistente al hielo, a la polución y los rayos ultravioleta. Transpirable, permite el paso del vapor del agua del interior al exterior; y flexible (con capacidad de absorber pequeñas fisuras). Totalmente aplicado; i/p.p. de preparación superficial del soporte (sin imprimación) y medios auxiliares (excepto elevación y/o transporte). Producto certificado según UNE-EN 1504-2:2005 con marcado CE y DdP (Declaración de prestaciones) según Reglamento (UE) 305/2011.	53.29	9.14	487.07
<b>TOTAL C6.....</b>				<b>2,700.73</b>
<b>TOTAL.....</b>				<b>21,627.11</b>