# MEMORIA DE ESTRUCTURAS

Nicolas Gomez Nuñez
PFG Julio - Universidad Francisco de Vitoria

# ÍNDICE

**1. SISTEMA ESTRUCTURAL** ..... **2**
**2. CIMENTACIÓN** ..... **3**
2.1 Pre-dimensionado de la Cimentación ..... 4
**3. GARAJE** ..... **6**
**4. PLANTA COMERCIAL** ..... **8**
**5. PLANTA TIPO** ..... **9**
**6. CUBIERTA** ..... **11**
**7. MATERIALES** ..... **12**
**8. BASES DE CÁLCULOS** ..... **13**
**9. CÁLCULOS** ..... **14**
9.1 CARGAS PERMANENTES ..... 14
9.2 CARGAS VARIABLES ..... 14
9.3 CARGAS LINEALES ..... 18
COMPARTIMENTACIÓN PESADA ..... 18
CERRAMIENTOS ACRISTALADOS ..... 19
RESUMEN DE CARGAS LINEALES ..... 20
9.4 CARGAS ACCIDENTALES ..... 20
9.5 NIEVE ..... 20
9.6 VIENTO ..... 20
9.7 SISMO ..... 21
9.8 ACCIONES TÉRMICAS ..... 21
9.9 COEFICIENTE DE MAYORACIÓN DE ACCIONES ..... 22
9.10 COMBINACIÓN DE ACCIONES ..... 22
ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (E.L.U) ..... 22
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (E.L.S) ..... 23
9.11 DEFORMACIONES ..... 23
9.12 ESTABILIDAD ANTE EL FUEGO ..... 24
PLANTAS SOBRE RASANTE ..... 24
PLANTAS BAJO RASANTE ..... 24
SISTEMAS DE PROTECCIÓN ..... 24
**10. CUADRO DE PILARES** ..... **26**

# 1. SISTEMA ESTRUCTURAL

En este proyecto, titulado **"Espacios Intermedios"** y ubicado en la parcela de las antiguas cocheras de Cuatro Caminos en Madrid, se plantea una solución estructural diferenciada para dos volúmenes principales (bloque izquierdo y bloque derecho) que responden a un programa mixto de usos públicos, residenciales y de aparcamiento.

El bloque izquierdo cuenta con un programa en altura que comprende dos plantas de sótano destinadas a garaje de uso comunitario para todo el complejo, una planta baja y planta primera de uso público, y desde la planta primera hasta la planta octava, además de la planta de cubierta, destinadas a uso residencial. Por su parte, el bloque derecho carece de plantas bajo rasante, iniciando su cimentación directamente en la planta baja, compartiendo el mismo programa de uso público en sus niveles inferiores y residencial en altura hasta la planta octava.

Para dar respuesta a esta configuración, se ha optado por un sistema estructural general de **losas macizas y pilares de hormigón armado**. La modulación de los pórticos se define mediante una retícula regular con luces contenidas de entre **4,5 y 5 metros** entre apoyos. Esta distancia optimizada reduce drásticamente los esfuerzos de flexión en los forjados, permitiendo cantar o espesores de losa muy eficientes, controlando de manera óptima las deformaciones (flechas) y el peso propio de la estructura, al tiempo que se adapta de forma limpia a la distribución interior tanto de las viviendas como del garaje.

La cimentación del bloque izquierdo se sitúa en la cota del sótano -2, quedando el espacio perimetral contenido mediante **dos muros de contención de hormigón armado a cada lado**, diseñados para soportar los empujes laterales del terreno y las cargas hidrostáticas. En contraposición, la cimentación del bloque derecho arranca a nivel de planta baja al no disponer de sótano, transmitiendo las cargas directamente al terreno competente mediante elementos superficiales o profundos según las directrices del estudio geotécnico.

Un aspecto fundamental de la propuesta arquitectónica es la búsqueda de la transparencia y la permeabilidad a través del paisaje. Por ello, en la planta primera se proyectan unas **pasarelas de conexión realizadas mediante una subestructura metálica combinada con un revestimiento superior de vidrio**. Esta solución mixta se desmarca del hormigón general del edificio para aportar una clara sensación de ligereza, permitiendo el paso de la luz y potenciando la idea de que los elementos vuelan sobre el espacio público. Su diseño ligero minimiza las cargas permanentes introducidas en los puntos de anclaje de la estructura principal de hormigón.

Finalmente, la ordenación general y el dimensionado de los bloques se ha planificado de manera que la longitud de las piezas estructurales continuas **no sobrepase los 40 metros** de longitud en ningún caso. Gracias a esta estrategia de diseño geométrico, se evita la necesidad de disponer juntas de dilatación intermedias dentro de los propios bloques edificados, absorbiendo las deformaciones reológicas y térmicas del hormigón de forma

natural y disponiendo únicamente las juntas estructurales pertinentes en los encuentros y transiciones entre las distintas soluciones de bloques a cada lado.

## 2. CIMENTACIÓN

Parámetros geotécnicos del terreno

Para la definición y dimensionamiento de los elementos de cimentación del proyecto "Espacios Intermedios", se ha caracterizado mecánicamente el terreno de la parcela de Cuatro Caminos (Madrid) adoptando los parámetros geotécnicos de un sustrato altamente competente. A la cota de apoyos, el terreno se compone de un estrato muy consolidado conocido localmente como "Tosco" (arcillas arenosas tosquizas típicas del subsuelo de Madrid). Este nivel presenta unas propiedades mecánicas óptimas para la sustentación del edificio, habiéndose adoptado para el cálculo una tensión admisible de diseño. La elevada capacidad portante y baja compresibilidad de este estrato consolidado garantizan un comportamiento estructural idóneo, minimizando el riesgo de asientos diferenciales.

Sistema de cimentación superficial

Dadas las excelentes condiciones del terreno, se opta por una solución de cimentación superficial mediante elementos independientes de hormigón armado, diferenciando la cota de arranque según la volumetría del conjunto:

Bloque Izquierdo (Con Sótanos): La cimentación se sitúa a la cota de la planta sótano -2. Los soportes verticales interiores transmiten sus cargas de forma puntual mediante zapatas aisladas de hormigón armado. Bajo las zapatas se dispone una capa de hormigón de limpieza (mínimo 3 cm) para asegurar una superficie de trabajo regular y exenta de impurezas. Sobre la cimentación, se ejecuta una solera general apoyada en un encachado de piedra que regulariza el suelo del garaje comunitario.

Bloque Derecho (Sin Sótanos): Al carecer de plantas bajo rasante, las zapatas aisladas arrancan directamente desde el nivel de la planta baja, buscando el estrato competente de "Tosco" a la profundidad mínima de seguridad dictada por la normativa y protegiendo la cimentación frente a ciclos de heladas.

Elementos de contención (Muros de sótano)

El perímetro subterráneo correspondiente a los dos sótanos de garaje del bloque izquierdo se resuelve estructuralmente mediante muros de contención de hormigón armado. De acuerdo con los detalles del proyecto (ejecutados a escala 1:75), el sistema se compone de:

Sección Muro Tipo: Un alzado de muro de espesor constante e coronado por un zuncho perimetral (Z-1) en el encuentro con el forjado superior. El armado base cuenta con barras

verticales cada 20 cm en ambas caras, reforzado en el intradós de la base con barras de cada 20 cm y esperas cada 10 cm para absorber los momentos flectores máximos provocados por el empuje de las tierras.

Zapata de Muro: El muro vierte sus cargas y esfuerzos de vuelco sobre una zapata corrida continua (zapata muro) de canto cada 15 cm. Esta zapata descansa a su vez sobre una base previa de hormigón de limpieza HM-20 de 10 cm de espesor.

Impermeabilización y gestión del agua

Debido a la profundidad de los dos sótanos y para garantizar la estanqueidad y durabilidad de los elementos de hormigón frente a la humedad perimetral, se aplica un tratamiento integral de protección:

Impermeabilización: Las caras exteriores de los muros de contención en contacto con el terreno reciben una membrana impermeabilizante elástica de alta resistencia. Asimismo, las juntas de hormigonado y encuentros críticos se sellan utilizando perfiles hidrófilos o materiales elastoméricos especializados que evitan la penetración de agua por capilaridad o presión.

Drenaje Perimetral: Para evitar la acumulación de presiones hidrostáticas e intersticiales contra el muro, se dispone un sistema de drenaje perimetral compuesto por un filtro de grava clasificada y un tubo drenante perforado en la base, encargado de reconducir las aguas de infiltración de forma controlada hacia la red de saneamiento y sumideros del edificio.

Drenaje bajo solera: Bajo la solera de losa del sótano -2, se extiende una capa drenante de grava gruesa sobre láminas protectoras de polietileno, conectada de forma estratégica a pozos de bombeo o sumideros para mitigar cualquier variación estacional del nivel de humedad del subsuelo.

## 2.1 Pre-dimensionado de la Cimentación

Sistema de cimentación superficial

Dadas las excelentes condiciones del terreno, se opta por una solución de cimentación superficial mediante elementos independientes de hormigón armado, diferenciando la cota de arranque según la volumetría del conjunto:

Bloque Izquierdo (Con Sótanos): La cimentación se sitúa a la cota de la planta sótano -2. Los soportes verticales interiores transmiten sus cargas de forma puntual mediante zapatas aisladas de hormigón armado, cuyos dimensionamientos varían rigurosamente según el área de influencia y la carga axial de los pilares:

Para los pilares de menor sección (30x30 cm, como P11, P12, P13, P20, P21, P22, entre otros).

Para los pilares de mayor sección (50x50 cm, situados en las crujías de mayores luces como P15, P24, P34, P43, P51), las zapatas se incrementan sustancialmente para distribuir las cargas sobre el Tosco, alcanzando dimensiones máximas.

Bajo todas las zapatas se dispone una capa de hormigón de limpieza para asegurar una superficie de trabajo regular y exenta de impurezas. Sobre la cimentación, se ejecuta una solera general apoyada en un encachado de piedra que regulariza el suelo del garaje comunitario.

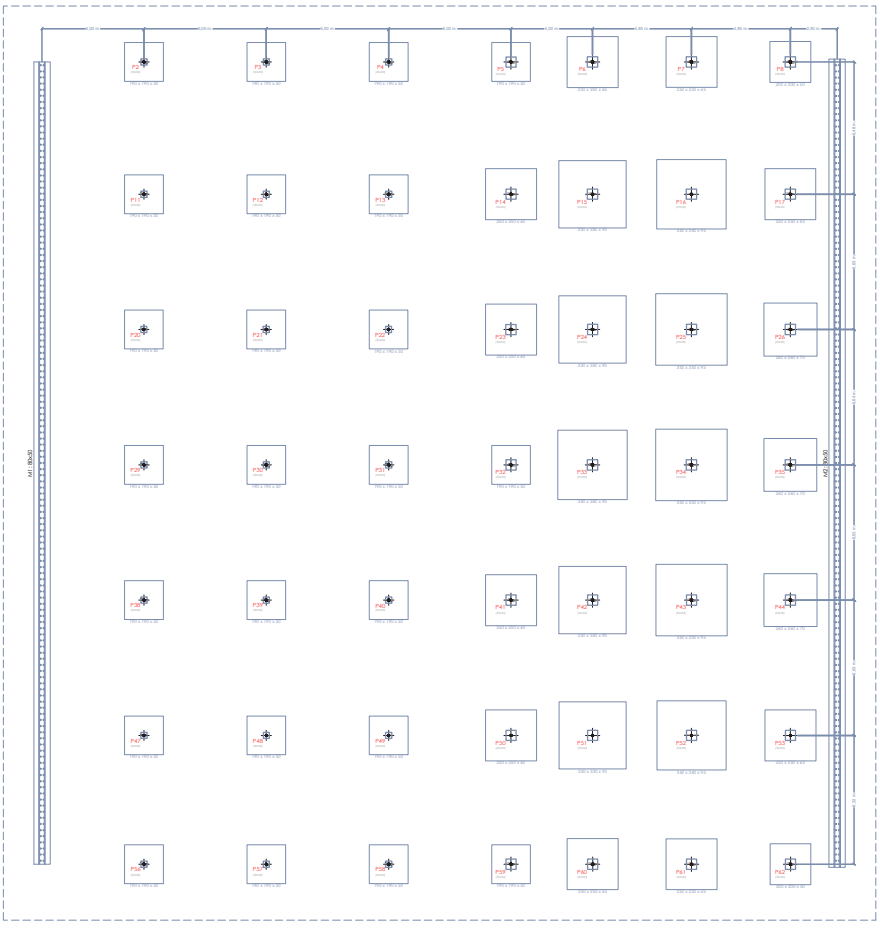
Bloque Derecho (Sin Sótanos): Al carecer de plantas bajo rasante, las zapatas aisladas arrancan directamente desde el nivel de la planta baja, buscando el estrato competente de "Tosco" a la profundidad mínima de seguridad dictada por la normativa.

Elementos de contención (Muros de sótano)

El perímetro subterráneo correspondiente a los dos sótanos de garaje del bloque izquierdo se resuelve estructuralmente mediante dos potentes muros de contención de hormigón armado, denominados M1 y M2.

De acuerdo con las especificaciones técnicas del plano de cimentación, ambos muros se han dimensionado con un espesor constante de 80 cm, garantizando una extraordinaria rigidez torsional y una elevada resistencia estructural frente a los empujes horizontales del terreno y las sobrecargas superficiales del entorno urbano de Cuatro Caminos. Estos muros enrasan lateralmente con los pilares perimetrales (como la alineación P17-P26-P35-P44-P53 junto al muro M2) y se asientan sobre una zapata corrida continua con un canto de 50 cm, asegurando el correcto reparto de presiones y un comportamiento monolítico impecable de todo el vaso del sótano.

Zapatas para la subestructura metálica ligera: En los extremos perimetrales del conjunto —específicamente en el margen derecho de la planta sótano y en el margen izquierdo a nivel de planta baja— se disponen las zapatas de menores dimensiones del proyecto. Estos elementos están destinados en exclusiva a servir de base y anclaje para los soportes de la estructura metálica ligera que sustenta las pasarelas de vidrio de la planta primera. Dado el carácter liviano, la transparencia y la búsqueda de ligereza ornamental de estos elementos de conexión, las cargas gravitatorias que transmiten al terreno son muy reducidas, permitiendo optimizar el tamaño de sus zapatas al mínimo constructivo sobre el estrato de Tosco.



CIMENTACIÓN SÓTANO 2: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/300



CIMENTACIÓN PLANTA BAJA: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/300

# 3. GARAJE

Configuración estructural de los niveles bajo rasante

El espacio de aparcamiento se organiza en dos plantas de sótano (sótano -1 y sótano -2) situadas bajo la huella del bloque izquierdo. Estructuralmente, el suelo del sótano -2 se resuelve mediante una solera de hormigón apoyada directamente sobre el terreno competente, mientras que el forjado intermedio de separación (techo de sótano -2 / suelo de sótano -1) consiste en una losa maciza bidireccional de hormigón armado de $25 \text{ cm}$ de canto.

Esta solución de losa continua garantiza una distribución bidireccional y uniforme de las cargas, permitiendo que el peso propio de los vehículos, los esfuerzos de frenado y las maniobras se transmitan de forma equilibrada hacia la red de pilares y muros perimetrales, evitando concentraciones de tensiones que puedan fisurar el elemento. Asimismo, su intradós completamente liso optimiza la altura libre de paso y simplifica notablemente el trazado de instalaciones colgadas (ventilación, protección contra incendios y saneamiento). La superficie recibe un tratamiento superficial de rodadura con acabados antideslizantes y resinas, idóneo para resistir el uso constante y la exposición a aceites o líquidos hidráulicos.

Modulación y optimización funcional del espacio

A diferencia de los sistemas tradicionales que ensanchan las luces bajo rasante complicando el canto de los forjados, en este proyecto se mantiene una coherencia estructural directa entre las plantas alzadas y el garaje. Los pórticos de hormigón definen una retícula regular con luces contenidas de entre 4,5 y 5 metros entre apoyos.

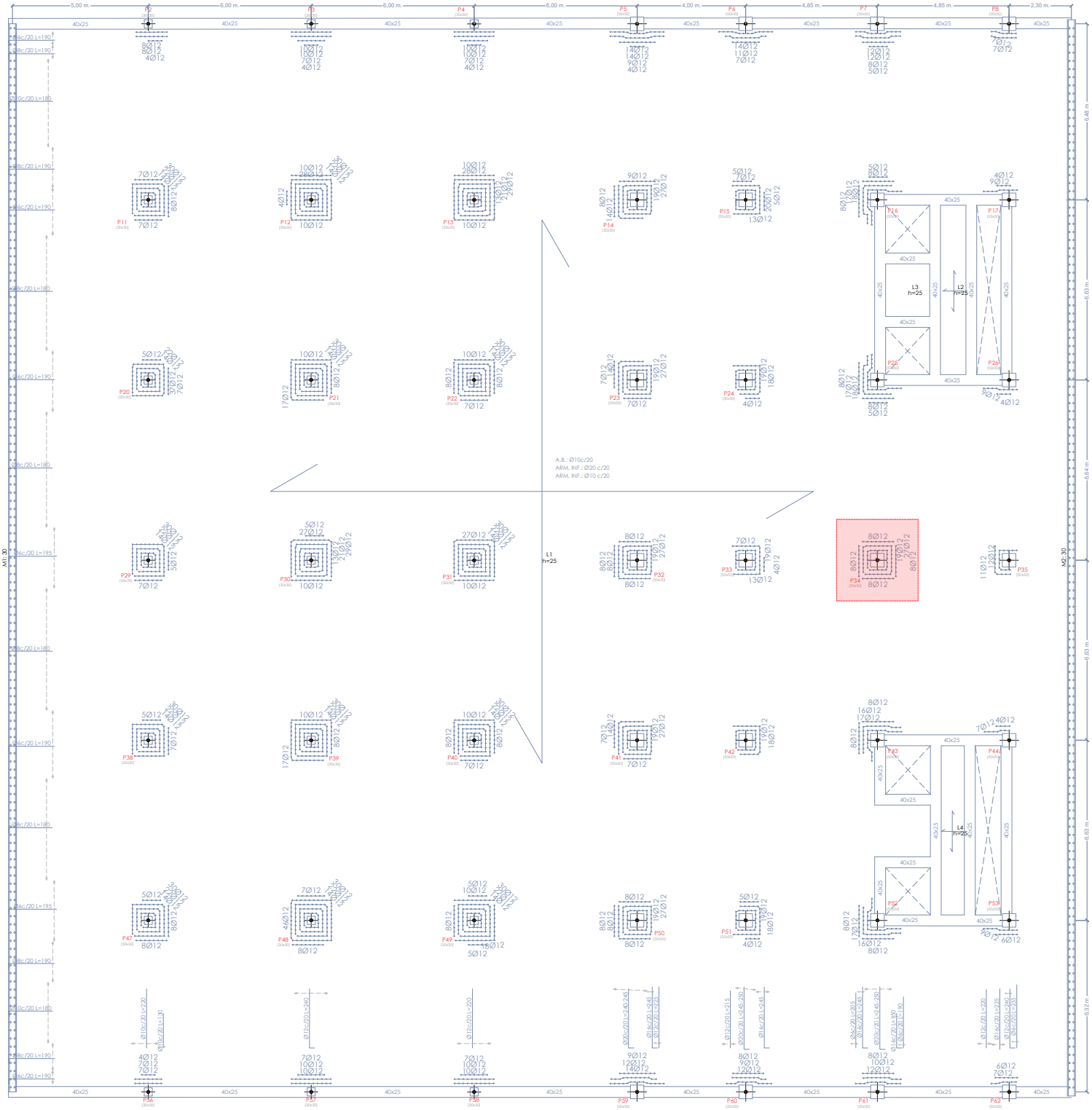
Esta modulación de 4,5 a 5 metros se adapta de manera óptima a las necesidades funcionales del aparcamiento, permitiendo encajar limpiamente las baterías de plazas de estacionamiento estándar y organizar los viales de circulación sin necesidad de recurrir a costosas vigas de transición o apeos que penalicen el gálibo libre de los sótanos. De esta forma, se logra una gran eficiencia estructural que reduce los espesores y pesos propios del hormigón, manteniendo una total correspondencia con los núcleos de comunicación vertical que suben hacia las plantas públicas y residenciales.

Justificación normativa y accesos

Para dar estricto cumplimiento a los requerimientos de dotación de aparcamiento en edificación residencial e institucional, se justifica la implantación de dos plantas de sótano. Este desarrollo en dos niveles permite absorber la demanda completa de plazas vinculadas al programa mixto de "Espacios Intermedios" de forma comunitaria para ambos bloques, optimizando el aprovechamiento del subsuelo sin necesidad de extender la huella excavada de manera invasiva por toda la parcela.

Dada la implantación urbana del proyecto en el ámbito de las antiguas cocheras de Cuatro

Caminos, el esquema de accesibilidad vehicular se diseña estratégicamente para favorecer la fluidez del tráfico del entorno. El garaje cuenta con una doble conexión que organiza la circulación interna de forma perimetral y eficiente, minimizando los conflictos de tráfico en superficie, garantizando un funcionamiento óptimo en las horas punta de uso residencial o público, y asegurando las rutas de evacuación exigidas por la normativa de protección contra incendios.



PLANTA SÓTANO 1: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/125

# 4. PLANTA COMERCIAL BAJA Y PRIMERA

La estructura de la planta baja, en concordancia con el diseño general del bloque izquierdo, alberga los vestíbulos de acceso residencial y los espacios destinados a uso público y comercial. Estos usos colectivos introducen sobrecargas de uso variables notablemente más elevadas que las de las plantas residenciales de pisos superiores, derivadas del tránsito continuo de personas, la disposición de mobiliario pesado y las necesidades de compartimentación. Para responder con solvencia a estas solicitaciones sin penalizar el espacio libre, esta planta se resuelve mediante una losa maciza bidireccional de hormigón armado tal como queda definido en los planos de estructura a escala 1:125.

Comportamiento bidireccional y control de deformaciones

El forjado saca el máximo partido a la retícula regular de pilares, cuyas luces contenidas oscilan entre los 4,5 y los 5 metros. Al trabajar con estas distancias optimizadas entre apoyos, la losa maciza de 25 cm de canto exhibe una excelente rigidez intrínseca, limitando de forma drástica las deformaciones y controlando las flechas activas para evitar cualquier tipo de fisuración en los cerramientos perimetrales, mamparas o acabados de los locales públicos.

La regularidad de la malla estructural favorece un comportamiento bidireccional limpio y equilibrado en la transmisión de cargas gravitatorias hacia los soportes. Asimismo, el intradós plano y continuo de la losa simplifica la instalación y el paso cruzado de conductos de climatización, sistemas de protección contra incendios y falsos techos técnicos propios del programa comercial.

Disposición de armaduras y punzonamiento

De acuerdo con las necesidades de refuerzo en zonas de máxima solicitación, el plano de armado de la planta baja detalla la transición de esfuerzos:

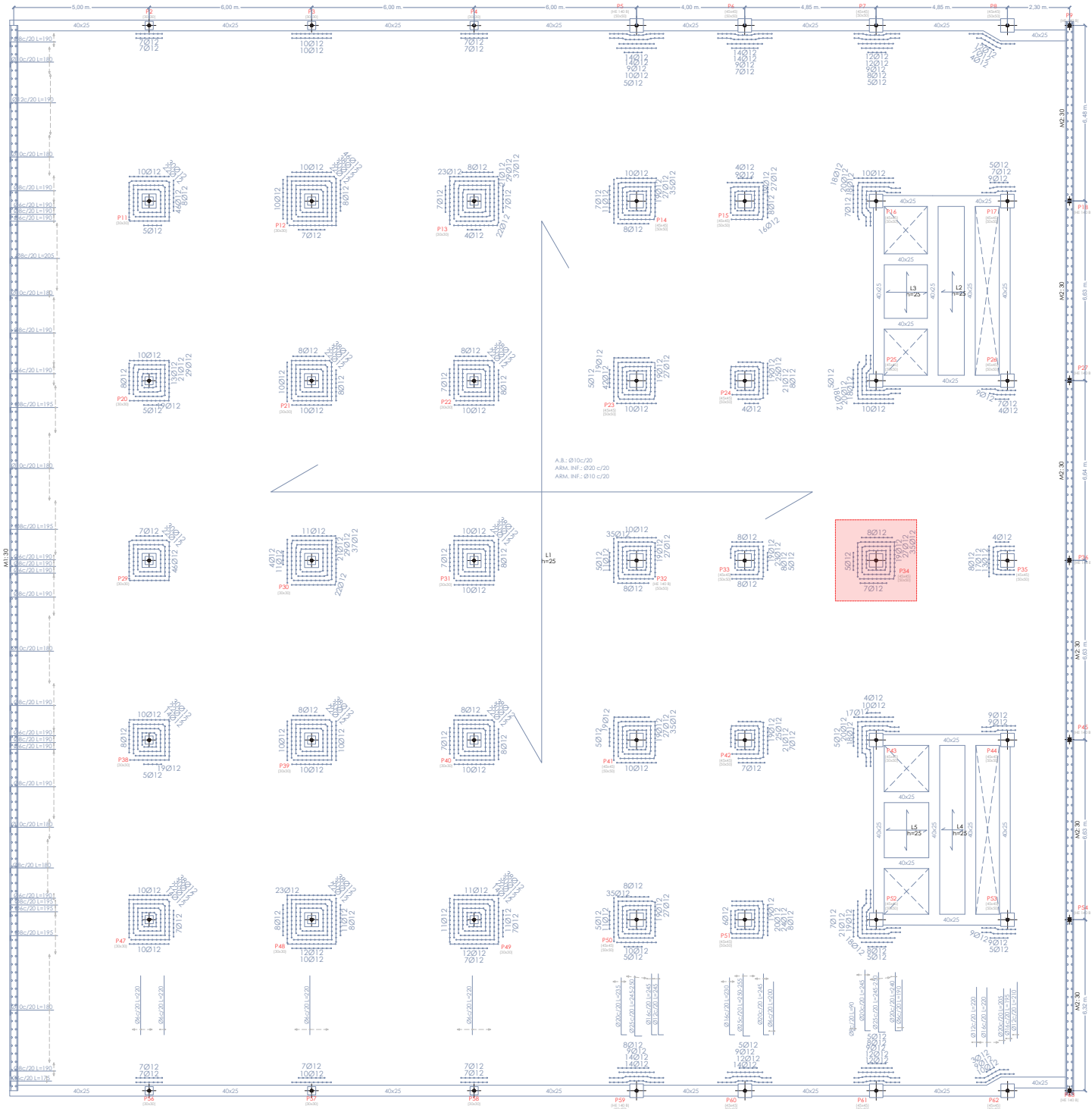
Armado base: Se dispone una malla general homogénea (armadura base superior e inferior) diseñada para absorber los esfuerzos axiles y de flexión ordinarios.

Refuerzos a momentos negativos y punzonamiento: En los encuentros críticos con los pilares, donde se concentran las reacciones verticales de las ocho plantas superiores, se integran refuerzos pasivos en forma de crucetas y paraguas de armadura. Estos paquetes de barras garantizan el cumplimiento de los Estados Límite Últimos (ELU) frente al punzonamiento, asegurando una transmisión segura de las cargas y previniendo fallos frágiles en los nudos.

Confinamiento de huecos: En el cuadrante inferior derecho, donde se concentran los núcleos de comunicación vertical y patinillos técnicos, el perímetro de las perforaciones se confina mediante jácenas y zunchos de borde absorbiendo las discontinuidades del hormigón sin comprometer la rigidez del conjunto.

Durabilidad y ejecución bajo el Código Estructural

En las zonas húmedas o expuestas a vertidos locales (como aseos públicos o áreas de servicio), se prevé la aplicación de láminas impermeabilizantes específicas para proteger el núcleo de hormigón y evitar la corrosión de las armaduras. La ejecución, control de calidad del hormigón, posicionamiento de separadores y mantenimiento de los recubrimientos mínimos de las barras se rigen estrictamente por los criterios de durabilidad y sostenibilidad establecidos por el Código Estructural, garantizando una vida útil prolongada para la estructura del edificio.



PLANTA BAJA: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/125

La planta primera mantiene un programa destinado a uso público y comercial en los núcleos construidos, pero introduce como elemento vertebrador del proyecto el sistema de pasarelas de conexión que recorre la parcela de norte a sur. Estructuralmente, este nivel se resuelve mediante una solución mixta que combina la solidez de las losas macizas de hormigón armado en las zonas interiores con una subestructura metálica ligera vista para los elementos de enlace y circulación exterior.

Losas macizas en núcleos edificados

En el interior de los bloques, el forjado mantiene de forma continua el sistema de losa maciza, apoyada sobre la retícula regular de pilares. Esta solución asume con plenas garantías las sobrecargas de uso variables ligadas a la concurrencia pública y comercial. El dimensionado del armado base y los refuerzos a momentos negativos en los nudos perimetrales se calculan bajo las directrices del Código Estructural, limitando las flechas activas y garantizando un intradós continuo idóneo para el paso de instalaciones técnicas. Los perímetros de los huecos de ascensores y escaleras quedan rígidamente confinados mediante zunchos de borde.

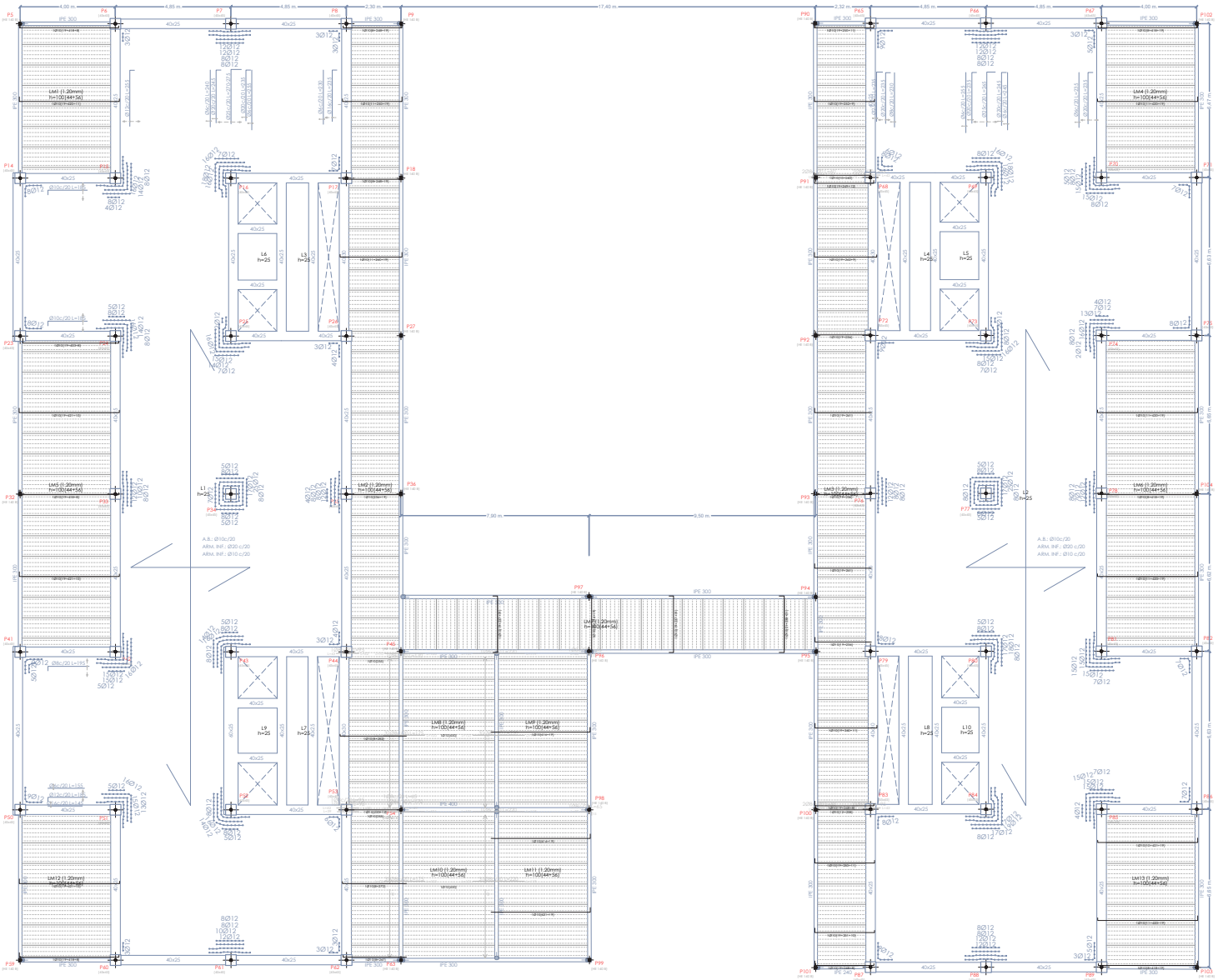
Pasarelas ligeras de estructura metálica y vidrio

Para potenciar la permeabilidad visual, la entrada de luz natural y la sensación arquitectónica de que los caminos vuelan sobre el espacio público, las pasarelas exteriores se desmarcan por completo del hormigón general mediante un diseño de alta ligereza:

Subestructura portante de acero: Tal como se detalla en el plano general a escala 1:125 (image_fb2e02.jpg), las pasarelas se estructuran mediante una retícula de perfiles metálicos laminados de alta resistencia. Se emplean vigas principales del tipo IPE 300 y correas secundarias de reparto IPE 240, empotradas y articuladas estratégicamente a las alineaciones de la estructura principal.

Pavimento de cristal portante: Sobre este entramado metálico se dispone un pavimento continuo de vidrio laminado de seguridad de alta resistencia, diseñado específicamente para soportar las cargas de tránsito peatonal de uso público de forma segura.

Transmisión de cargas optimizada: La ligereza intrínseca del acero y el vidrio minimiza las acciones permanentes introducidas en la estructura global del edificio. Las escasas cargas verticales y los momentos transferidos por el vuelo de las pasarelas se descargan directamente sobre los puntos de anclaje de la estructura principal, cuya cimentación perimetral fue optimizada mediante zapatas específicas de menor tamaño, apoyadas de forma segura sobre el estrato competente de Tosco.



PLANTA PRIMERA Y SEGUNDA: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/200

# 5. PLANTA TIPO

A partir de la planta segunda y hasta la planta octava, el programa arquitectónico se destina íntegramente a uso residencial. Para dar una respuesta homogénea y coherente con el esquema estructural de los niveles inferiores, el forjado de las plantas tipo se resuelve mediante una **losa maciza bidireccional de hormigón armado con un canto constante.**

Esta solución de losa maciza de 25 cm es óptima para el uso de vivienda multifamiliar, proporcionando de manera intrínseca una elevada masa por unidad de superficie que garantiza un excelente aislamiento acústico a ruido aéreo entre distintas propiedades, cumpliendo de forma holgada con las exigencias de protección frente al ruido del CTE DB-HR. Asimismo, su gran rigidez flexional minimiza las deformaciones diferidas (flecha a largo plazo), evitando distorsiones o fisuras en los tabiques de cartón-yeso y pavimentos interiores.

**Configuración volumétrica y modulación de bloques**

A diferencia de los esquemas continuos tradicionales, la implantación de **"Espacios Intermedios"** divide la estructura en **dos bloques residenciales exentos (Bloque Izquierdo y Bloque Derecho)**. Esta fragmentación volumétrica libera el espacio central de la parcela y organiza las plantas de la siguiente manera:

**Plantas Tipo 3 a 7:** Ambos bloques se elevan de forma paralela y simétrica, manteniendo la retícula regular de pilares de hormigón con luces de **4,5 a 5 metros**. El perímetro de cada bloque queda rígidamente confinado mediante zunchos de borde conformando un marco cerrado que absorbe los esfuerzos de torsión y flexión perimetral.

**Planta 8 y Áticos:** En el último nivel residencial (image_fb8b9d.png), la configuración de la losa de 25 cm se adapta a los retranqueos de los espacios habitables. Las zonas que quedan a la intemperie modifican sus hipótesis de carga en el cálculo estructural, pasando de sobrecarga de uso de vivienda a sobrecarga de uso de **terraza privada**, dimensionándose de acuerdo con el CTE DB-SE-AE.

**Planta de Cubierta:** El nivel de coronación (image_fb8f58.png) cierra ambos volúmenes mediante una losa plana de 25 cm destinada a albergar las instalaciones generales del edificio y las pendientes de evacuación de aguas pluviales.

**Disposición de armaduras, punzonamiento y control de ejecución**

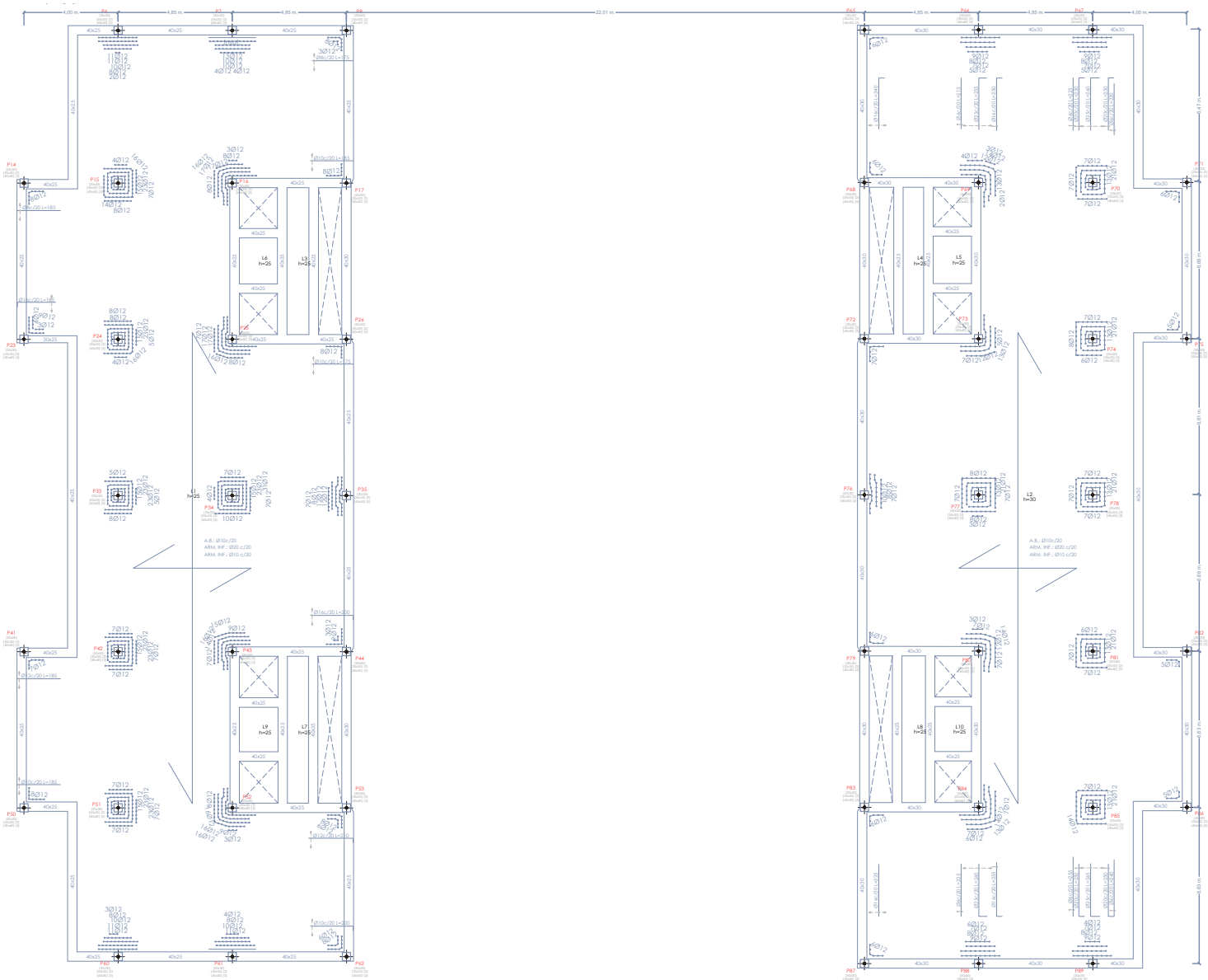
El diseño del armado pasivo de las losas se calcula atendiendo a las solicitaciones mecánicas de las luces del proyecto, empleando acero B 500 S y rigiéndose por el **Código Estructural**:

**Armado de refuerzo:** En correspondencia con los planos a escala 1:200, la malla base general se complementa con paquetes de armaduras de refuerzo a momentos negativos ("paraguas") sobre los pilares y en los encuentros con los núcleos de comunicación vertical.

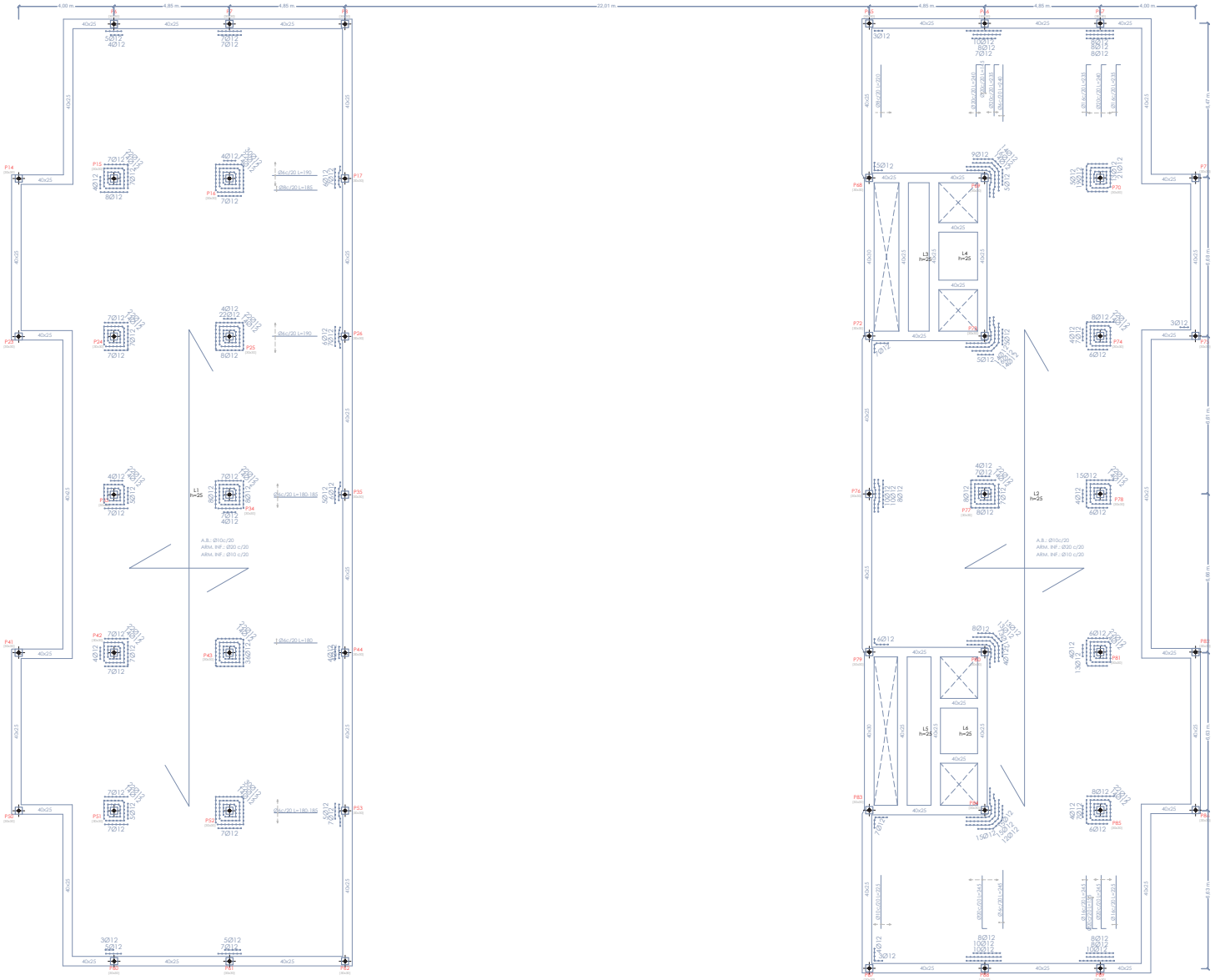
**Resistencia al corte:** La concentración de reacciones sobre los pilares se soluciona mediante el correcto dimensionado del canto de 25 cm combinado con armadura de refuerzo a punzonamiento en los nudos críticos, impidiendo cualquier tipo de rotura frágil.

**Patinillos e instalaciones:** El paso de conductos verticales se concentra en las proximidades de los núcleos de ascensores, reforzándose perimetralmente con zunchos de hormigón

para no alterar las zonas traccionadas ni interrumpir las cuantías principales de la losa. Durante la ejecución se exige un control exhaustivo del posicionamiento de los separadores para garantizar los recubrimientos mínimos normativos, preservando las armaduras contra la corrosión y asegurando la durabilidad del conjunto.



PLANTA TIPO 3 a 7: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/200



PLANTA 8: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/200

# 6. CUBIERTA

Continuidad del sistema portante

La cubierta del edificio se resuelve mediante el mismo sistema estructural empleado en las plantas inferiores, basado en una losa maciza bidireccional de hormigón armado tal como queda reflejado en el plano de armado correspondiente (image_fb979b.png). Esta solución garantiza una total continuidad estructural en todo el conjunto edificatorio, permitiendo que las cargas gravitatorias de la coronación del edificio se transmitan de manera limpia y directa hacia los soportes verticales sin necesidad de introducir elementos de transición singulares. Este enfoque asegura un comportamiento monolítico uniforme ante acciones horizontales (viento y sismo) y optimiza tanto la fase de ejecución en obra como el mantenimiento a largo plazo de la estructura.

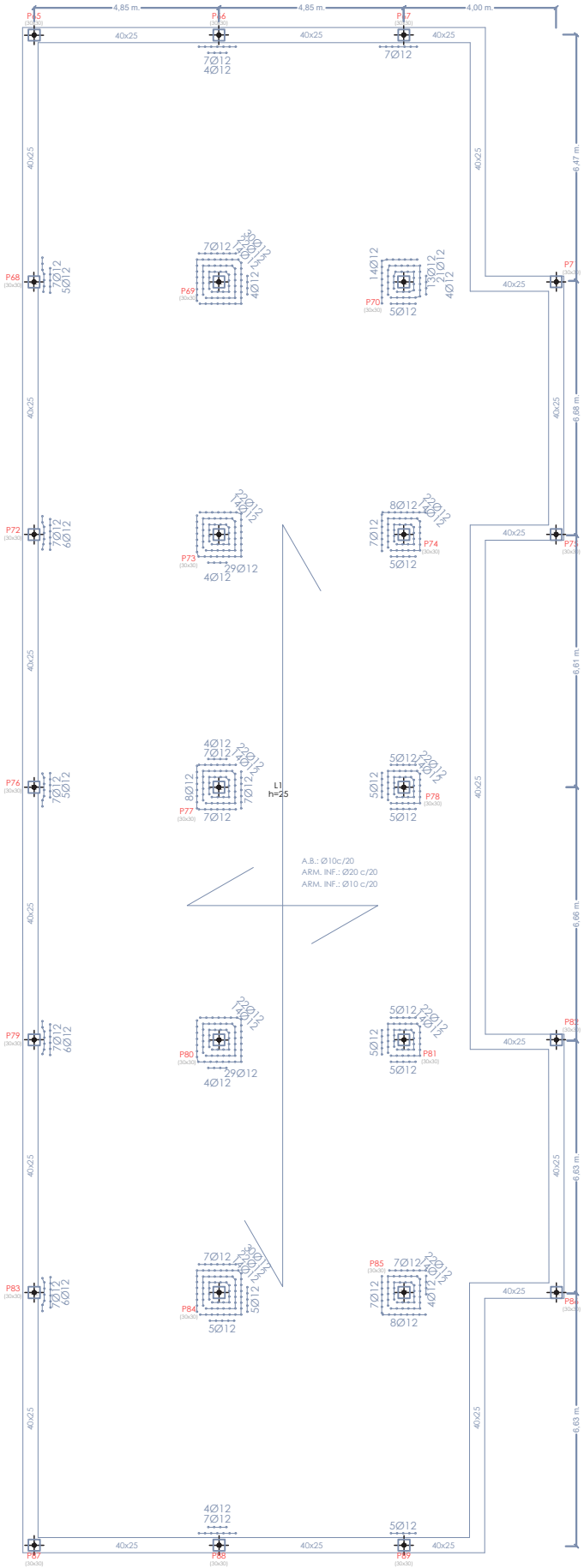
Consideraciones de carga y acciones climáticas

Al tratarse de una superficie exterior expuesta a la intemperie en la zona de Madrid, el cálculo estructural de la losa de 25 cm contempla las combinaciones específicas de acciones climáticas y de mantenimiento de acuerdo con el CTE DB-SE-AE:

Carga de nieve: Se dimensiona para resistir de manera segura la sobrecarga de nieve correspondiente a la altitud y condiciones climáticas de Madrid. Esta previsión garantiza que la estructura soporte acumulaciones eventuales sin comprometer su estabilidad, evaluando tanto la hipótesis de carga uniforme como las posibles acumulaciones asimétricas inducidas por la acción del viento en los paramentos verticales o desniveles de los bloques residenciales.

Acciones térmicas y mantenimiento: Al ser la última planta del edificio, la losa experimenta mayores gradientes térmicos. Su espesor de 25 cm, combinado con una cuantía de armado base repartido (armadura superior e inferior en ambas direcciones, detallada en image_fb979b.png), confiere a la losa la capacidad necesaria para absorber las tensiones internas por dilatación y retracción, previniendo la fisuración del hormigón.

Zunchado perimetral: Todo el contorno de la losa de cubierta se remata con vigas perimetrales de atado lo que rigidiza los bordes frente a los esfuerzos de torsión y proporciona una base sólida para el correcto anclaje de los sistemas de impermeabilización y aislamiento térmico de la envolvente.




PLANTA CUBIERTA: ARMADO BASE Y DE REFUERZO
E: 1/200

# 7. MATERIALES

## HORMIGONES

| Elemento | Hormigón | fck (MPa) | yc | Árido | | Ec (MPa) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Naturaleza | Tamaño máximo (mm) | |
| Vigas y losa de cimentación | HA-30 | 30 | 1.50 | Cuarcita | 15 | 30279 |
| Forjados de losa | HA-30 | 30 | 1.50 | Cuarcita | 15 | 30279 |
| Pilares y muros | HA-35 | 35 | 1.50 | Cuarcita | 15 | 32837 |
| Muros | HA-30 | 30 | 1.50 | Cuarcita | 15 | 30279 |

## ACEROS

### ACEROS EN BARRAS

| Elemento | Acero | fyk (MPa) | ys |
|---|---|---|---|
| Todos | B 500 S | 500 | 1.15 |

### ACEROS EN PERFILES

| Tipo de acero para perfiles | Acero Límite elástico (MPa) | Módulo de elasticidad (GPa) |
|---|---|---|
| Acero conformado | S275 275 | 210 |
| Acero laminado | S275 275 | 210 |

# 8. BASES DE CÁLCULOS

La estructura del edificio se diseña y ejecuta conforme a las normativas, instrucciones y recomendaciones aplicables, garantizando el cumplimiento de los requisitos técnicos y de seguridad. Entre las principales normas de referencia se encuentran el CTE-DB-SE (Documento Básico de Seguridad Estructural), el CTE-DB-AE (Acciones en la Edificación), el CTE-DB-C (Cimientos), la NCSE-02 (Norma de Construcción Sismorresistente) y la EHE-08 (Instrucción de Hormigón Estructural). Las acciones consideradas en el diseño estructural siguen los criterios establecidos en el Código Técnico de la Edificación (CTE-DB-AE), que define las cargas permanentes, variables y accidentales que afectan al edificio.

El hormigón empleado en la estructura es de tipo HA-30 para vigas, losas de forjado y losas de cimentación, y HA-35 para pilares y muros. El HA-30 presenta una resistencia característica a compresión (fck) de 30 MPa, mientras que el HA-35 tiene una resistencia de 35 MPa. La resistencia mínima se define según el ambiente de exposición elegido, de acuerdo con la tabla 37.3.2b de la EHE-08.

En las cimentaciones, se consideran las siguientes características y condiciones: exposición relativa a la corrosión de armaduras clasificada como IIa, según la tabla 8.2.2 de la EHE-08; hormigón HA-30 con resistencia característica de 30 MPa, tamaño máximo de árido de 15 mm y consistencia blanda; recubrimiento mínimo de las armaduras entre 40 y 70 mm, según el artículo 37 de la EHE-08, para piezas hormigonadas directamente contra el terreno o sobre hormigón de limpieza.

Para el dimensionado de la cimentación, se tendrán en cuenta los Estados Límite Últimos (ELU), asociados al colapso parcial o total del terreno o al fallo estructural de la cimentación, considerando aspectos como la estabilidad global y el hundimiento, y los Estados Límite de Servicio (ELS), relacionados con requisitos de deformación del terreno por razones estéticas y de servicio, como movimientos excesivos de la cimentación.Además de los documentos básicos del CTE mencionados, se consideran de aplicación el CTE-DB-SE-AE (Acciones en la Edificación) y el CTE-DB-SI (Seguridad en caso de incendio). Estas normativas aseguran que la estructura cumpla con los estándares de seguridad, funcionalidad y durabilidad establecidos para su correcta ejecución.

# 9. CÁLCULOS

En los cálculos estructurales, el primer paso es determinar las cargas que afectarán a la estructura. Estas se clasifican en cargas permanentes o muertas, que incluyen el peso propio de los elementos estructurales y acabados; cargas variables o vivas, asociadas al uso previsto del edificio; y cargas accidentales, como viento, sismo o nieve, dependiendo de la ubicación del proyecto. Los datos necesarios para estas evaluaciones se han obtenido de las tablas 3.1, C, C.3, C.4 y C.5 del Código Técnico de la Edificación (CTE). Posteriormente, las acciones consideradas se han dividido en distintos grupos según su naturaleza, permitiendo combinar correctamente los esfuerzos que generan en los distintos elementos estructurales, de acuerdo con las directrices establecidas en las normas EHE-08 y CTE.

## 9.1 CARGAS PERMANENTES

Las cargas permanentes incluyen el peso propio de todos los elementos estructurales y no estructurales que forman parte del edificio y vienen definidos en las normativas de las Tablas C, C.3, C.4 y C.5 del CTE. Para cada nivel: Parking (peso de las losas y elementos de acabado), Planta comercial (peso propio de los elementos estructurales y acabados), Plantas de viviendas (forjado, tabiques divisorios, revestimientos, instalaciones) y Cubierta (peso propio del forjado y cubierta plana).

## 9.2 CARGAS VARIABLES

Las cargas variables dependen del uso específico de cada planta y están definidas según la Tabla 3.1 del CTE. Parking (2-4 kN/m²), Comercio (3-5 kN/m²), Viviendas (2 kN/m²) y Cubierta (1 kN/m²).

PARKING

| | |
|---|---|
| CARGA PERMANENTE | |
| Pavimento | 2,4 kN/m² |

| | |
|---|---|
| Peso propio de la losa | 5 kN/m² |
| CARGA VARIABLE | |

| | |
|---|---|
| | 2 kN/m² |

TRASTERO

| | |
|---|---|
| CARGA PERMANENTE | |
| Pavimento | 2,4 kN/m² |
| Peso propio de la losa | 5 kN/m² |
| Tabiquería | 1 kN/m² |
| CARGA VARIABLE | |
| | 3 kN/m² |

COMERCIAL

| | |
|---|---|
| CARGA PERMANENTE | |
| Pavimento | 1,8 kN/m² |
| Peso propio de la losa | 5 kN/m² |

| | |
|---|---|
| Tabiquería | 1 kN/m² |
| CARGA VARIABLE | |

| | |
|---|---|
| | 5 kN/m² |

VIVIENDA

| | |
|---|---|
| CARGA PERMANENTE | |
| Pavimento | 1,8 kN/m² |
| Peso propio de la losa | 5 kN/m² |
| Tabiquería | 1 kN/m² |
| Falso techo | 0,2 kN/m² |
| CARGA VARIABLE | |
| | 2 kN/m² |

VESTÍBULO

| | |
|---|---|
| CARGA PERMANENTE | |
| Pavimento | 1,8 kN/m² |

| | |
|---|---|
| Peso propio de la losa | 5 kN/m² |
| Tabiquería | 1 kN/m² |

| | |
|---|---|
| CARGA VARIABLE | |
| | 5 kN/m² |

TERRAZA/PASARELA

| | |
|---|---|
| CARGA PERMANENTE | |
| Pavimento | 1,8 kN/m² |
| Peso propio de la losa | 5 kN/m² |
| CARGA VARIABLE | |
| | 3 kN/m² |

CUBIERTA

| | |
|---|---|
| CARGA PERMANENTE | |
| Cubierta plana | 1,5 kN/m² |
| Peso propio de la losa | 5 kN/m² |

| | |
|---|---|
| CARGA VARIABLE | |
| | 1 kN/m² |

## 9.3 CARGAS LINEALES

Las cargas lineales son aquellas distribuidas a lo largo de una línea y que afectan a los elementos estructurales de una manera diferente a las cargas uniformemente distribuidas en una superficie. Este tipo de cargas es común en elementos lineales como vigas, barras, columnas o muros, y se utilizan para modelar situaciones en las que la carga no se distribuye uniformemente sobre un área, sino a lo largo de una longitud.

Para el cálculo de cargas lineales en una estructura, se consideran los elementos de las compartimentaciones y cerramientos utilizados, sacando sus datos específicos de las tablas C, C.3, C.4 y C.5 del CTE. Una vez determinado su peso, lo multiplicamos por la altura del elemento afectado por la carga.

Se divide en cerramientos de compartimentación pesada para ascensores y escaleras, tabiques interiores y cerramientos acristalados como muros con ventanas.

### COMPARTIMENTACIÓN PESADA

Composición:

1. Hormigón armado HA-30
2. Aislante XPS 50mm (λ=0,032 W/mK)
3. Doble placa de pladur (15mm + 13mm) con enlucido de yeso
4. Rodapié invisible empotrado

Cálculo por altura de planta:

| Material | Espesor | Peso específico | Carga (kN/m²) |
|---|---|---|---|
| Hormigón armado HA-30 | 200mm* | 25 kN/m³ | 5,00 |
| Aislante XPS | 50mm | 0,35 kN/m³ | 0,02 |
| Pladur doble capa | 28mm | 10 kN/m³ | 0,28 |
| Enlucido de yeso | 5mm | 15 kN/m³ | 0,08 |

| | | | |
|---|---|---|---|
| TOTAL por m² | | | 5,38 kN/m² |

Carga lineal por altura:

- Planta Tipo (h=3,0m): 5,38 × 3,0 = 16,14 kN/m

TABIQUES INTERIORES

Composición:

1. Pladur doble capa (15mm + 13mm) sobre estructura metálica
2. Lana mineral 40mm entre montantes
3. Medio pie ladrillo perforado

Cálculo por altura de planta:

| Material | Espesor | Peso específico | Carga (kN/m²) |
|---|---|---|---|
| Pladur doble capa | 28mm | 10 kN/m³ | 0,28 |
| Lana mineral | 40mm | 0,30 kN/m³ | 0,01 |
| 1/2 pie ladrillo perforado | 115mm | 13 kN/m³ | 1,50 |
| Estructura metálica | - | - | 0,10 |
| TOTAL por m² | | | 1,89 kN/m² |

Carga lineal por altura:

- Planta Tipo (h=3,0m): 1,89 × 3,0 = 5,67 kN/m

CERRAMIENTOS ACRISTALADOS

Composición parte maciza:

- Pladur doble capa (28mm): 0,28 kN/m²
- Lana mineral (40mm): 0,01 kN/m²
- 1/2 pie ladrillo perforado (115mm): 1,50 kN/m²
- Subtotal muro: 1,79 kN/m²

Composición parte acristalada:

- Carpintería de aluminio: 0,25 kN/m²
- Doble acristalamiento 4/12/4: 0,25 kN/m²
- Subtotal cristal: 0,50 kN/m²

Cálculo ponderado (40% muro + 60% cristal):

- Carga por m²: (1,79 × 0,40) + (0,50 × 0,60) = 1,02 kN/m²

Carga lineal por altura:

- Planta Tipo (h=3,0m): 1,02 × 3,0 = 3,06 kN/m

## 9.4 CARGAS ACCIDENTALES

En el caso de las cargas accidentales, los coeficientes parciales de seguridad y los coeficientes de simultaneidad utilizados corresponden a los valores establecidos en las tablas 4.1 y 4.2 del Código Técnico de la Edificación (CTE).

## 9.5 NIEVE

En regiones donde las nevadas son frecuentes, se calcula la carga por acumulación de nieve en la cubierta. Edificios altos pueden requerir un análisis más detallado debido a los efectos dinámicos. Según la tabla E.2 CTE-DB-SE-AE para una altitud de 650m y en zona climática 4, la sobrecarga de nieve será 0,5 kN/m².

## 9.6 VIENTO

La manera en que el viento afecta a un edificio, tanto en la distribución como en la magnitud de las presiones y fuerzas generadas, depende de diversos aspectos, como la geometría y dimensiones de la estructura, la permeabilidad de sus superficies, y las características del viento, incluyendo su dirección, intensidad y presencia de ráfagas. Por lo general, las construcciones convencionales no presentan sensibilidad significativa a los efectos dinámicos del viento, a excepción de aquellas con una esbeltez superior a 6, en las que estos factores deben considerarse cuidadosamente.

Cálculo de la presión dinámica del viento:

Para el cálculo del coeficiente de exposición Ce, siendo:

- H = 25m (altura del edificio)
- D = 85m (dimensión del edificio)
- d = 25m (dimensión perpendicular)
- k = 0,22 (coeficiente según grado de aspereza V)
- L = 0,3 (longitud de rugosidad)

Para la base del edificio (z = 5m):

$F = k \cdot \ln(z/L) = 0,22 \cdot \ln(5/0,3) = 0,62$

$Ce = F(F + 7k) = 0,62(0,62 + 7 \times 0,22) = 1,33$

$qe = qb \cdot ce \cdot cp = 0,42 \times 1,33 \times 0,8 = 0,45$ kN/m²

Succiones en la base:

- Zona A: -1,2 → -0,67 kN/m²
- Zona B: -0,8 → -0,45 kN/m²
- Zona C: -0,5 → -0,28 kN/m²
- Zona E: -0,7 → -0,39 kN/m²

Para la coronación del edificio (z = 25m):

$F = k \cdot \ln(z/L) = 0,22 \cdot \ln(25/0,3) = 0,97$

$Ce = F(F + 7k) = 0,97(0,97 + 7 \times 0,22) = 2,43$

$qe = qb \cdot ce \cdot cp = 0,42 \times 2,43 \times 0,8 = 0,82$ kN/m²

Succiones en la coronación:

- Zona A: -1,2 → -1,22 kN/m²
- Zona B: -0,8 → -0,82 kN/m²
- Zona C: -0,5 → -0,51 kN/m²
- Zona E: -0,7 → -0,71 kN/m²

## 9.7 SISMO

No se calcularán acciones sísmicas en este proyecto debido a que Madrid se encuentra en una zona de baja actividad sísmica según la Norma de Construcción Sismorresistente (NCSE-02). Las probabilidades de que se produzcan movimientos sísmicos significativos en esta región son extremadamente reducidas, lo que hace innecesario incorporar este tipo de análisis en el diseño estructural del edificio.

## 9.8 ACCIONES TÉRMICAS

Las acciones generadas por la agresión térmica en caso de incendio se encuentran reguladas en el DB-SI. En las áreas destinadas al tránsito de vehículos de servicios de emergencia y protección contra incendios, se debe considerar una carga de 20 kN/m² distribuida sobre una superficie de 3 metros de ancho por 8 metros de largo, que puede ubicarse en cualquier posición dentro de una banda de 5 metros de ancho destinada a maniobras y desplazamientos.

Además, para la comprobación puntual de estas zonas, se considera de manera independiente una carga de 100 kN aplicada sobre una superficie circular de 20 cm de diámetro, en cualquier punto del pavimento terminado, sin superposición con las cargas anteriormente mencionadas.

## 9.9 COEFICIENTE DE MAYORACIÓN DE ACCIONES

Según DBSE, Tabla 4.1, teniendo la verificación a resistencia como Estado Límite Último (ELU) y la estabilidad como Estado Límite de Servicio (ELS). Por lo general redondearemos las cifras por debajo de 1 a 1.

Para ELU:

- Acciones permanentes → FAVORABLE γG = 1,00 ; DESFAVORABLE γG = 1,35
- Empujes del terreno → FAVORABLE γG = 1,00 ; DESFAVORABLE γG = 1,50
- Acciones variables → FAVORABLE γQ = 0,00 ; DESFAVORABLE γQ = 1,50

Para ELS:

- Acciones permanentes → FAVORABLE γG = 1,00 ; DESFAVORABLE γG = 1,00
- Empujes del terreno → FAVORABLE γG = 1,00 ; DESFAVORABLE γG = 1,00
- Acciones variables → FAVORABLE γQ = 0,00 ; DESFAVORABLE γQ = 1,00

## 9.10 COMBINACIÓN DE ACCIONES

### ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (E.L.U)

Según el artículo 4.2.2 del Documento Básico DB-SE de Seguridad Estructural, las combinaciones de acciones deben establecerse siguiendo los criterios que se detallan a continuación:

1. Situaciones persistentes o transitorias:

El cálculo de los efectos de las acciones se determina utilizando combinaciones de acciones, siguiendo la expresión:

$$\Sigma \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

- $G_{k,j}$: Valor característico de las acciones permanentes
- $P_k$: Valor característico de la acción del pretensado
- $Q_{k,1}$: Valor característico de la acción variable determinante
- $Q_{k,i}$: Valor característico de las acciones variables concomitantes
- $\gamma_G$, $\gamma_P$, $\gamma_Q$: Coeficientes parciales de seguridad
- $\psi_{0,i}$: Coeficientes de combinación

2. Situaciones extraordinarias:

El valor del cálculo de los efectos de las acciones asociadas a una situación extraordinaria se determina mediante combinaciones de acciones, utilizando la expresión:

$$\Sigma G_{k,j} + P_k + A_d + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

Donde:

- Ad: Valor de cálculo de la acción accidental

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (E.L.S)

Según el artículo 4.3.2 del Documento Básico DB-SE de Seguridad Estructural:

1. Combinación característica (efectos de corta duración, irreversibles):

$\Sigma G_{k,j} + P_k + Q_{k,1} + \Sigma \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$

2. Combinación frecuente (efectos de corta duración, reversibles):

$\Sigma G_{k,j} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

3. Combinación casi permanente (efectos de larga duración):

$\Sigma G_{k,j} + P_k + \Sigma \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$

## 9.11 DEFORMACIONES

De acuerdo con el artículo 4.3.3 del Documento Básico DB-SE de Seguridad Estructural. Cuando se evalúa la integridad de los elementos constructivos, se considera que la estructura horizontal de un piso o cubierta es adecuadamente rígida si, para cada una de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, y tomando en cuenta únicamente las deformaciones que ocurren después de la instalación del elemento, la flecha relativa no supera los siguientes valores:

a) 1/500 en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones o placas) o pavimentos rígidos sin juntas

b) 1/400 en pisos con tabiques comunes o pavimentos rígidos con juntas

c) 1/300 en los demás casos

## 9.12 ESTABILIDAD ANTE EL FUEGO

Según se establece en la sección 6, tabla 3.1 del DB-SI, que trata sobre las condiciones de protección contra incendios en los edificios, la estructura debe cumplir con los siguientes requisitos de estabilidad al fuego:

PLANTAS SOBRE RASANTE

Plantas residenciales (altura de evacuación < 28 metros):

- Resistencia al fuego requerida: R-90

Locales comerciales en planta baja:

- Resistencia al fuego requerida: R-90

PLANTAS BAJO RASANTE

Aparcamiento en sótanos (evacuación ascendente):

- Resistencia al fuego requerida: R-90

SISTEMAS DE PROTECCIÓN

Para el sótano bajo rasante:

La resistencia R-90 se garantiza mediante:

- Recubrimientos de hormigón: 30-40 mm según elemento estructural
- Falsos techos o acabados en yeso: 15 mm
- Total protección efectiva que asegura 90 minutos de resistencia al fuego

Para las plantas sobre rasante:

La resistencia de 90 minutos se asegura mediante:

- Recubrimiento de hormigón en elementos estructurales: 30 mm (mínimo según EHE-08 para ambiente I)
- Acabado adicional de yeso en vigas y soportes: 15 mm
- Las losas de forjado con su canto de 25+5 cm (forjado unidireccional) o espesor variable (losas macizas) cumplen sobradamente con la resistencia requerida

Elementos de hormigón armado:

Según la tabla 3.1 del DB-SI Anejo C, para conseguir R-90 en elementos de hormigón armado:

| Elemento | Recubrimiento mínimo | Dimensión mínima |
|---|---|---|
| Pilares | 30 mm al eje de armaduras | 250 mm (lado menor) |
| Vigas | 30 mm al eje de armaduras | 120 mm (ancho) |
| Losas macizas | 20 mm al eje de armaduras | 100 mm (espesor) |
| Muros portantes | 25 mm al eje de armaduras | 140 mm (espesor) |

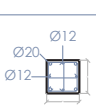
Verificación del cumplimiento:

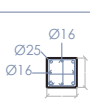
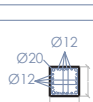
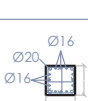
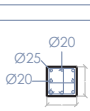
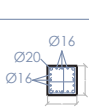
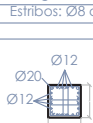
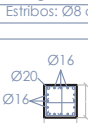
En este proyecto se cumplen los requisitos mediante:

1. Uso de hormigón HA-30 y HA-35 con recubrimientos según EHE-08:
    - Ambiente I (interiores): 30 mm
    - Ambiente IIa (exteriores protegidos): 35 mm
2. Dimensiones de elementos estructurales superiores a las mínimas requeridas:
    - Pilares: 30×30 cm (planta baja) y 40×40 cm (plantas tipo)
    - Losas: espesor de 20-25 cm según zona
    - Muros: 20-30 cm de espesor
3. Acabados adicionales en elementos vistos:
    - Falso techo de yeso laminado en zonas habitables
    - Enlucido de yeso en elementos estructurales vistos

Por tanto, todos los elementos estructurales del edificio cumplen con la resistencia al fuego R-90 requerida por el DB-SI, tanto en su configuración geométrica como en los recubrimientos de hormigón y acabados de protección.

# 10. CUADRO DE PILARES

| P2=P56=P58 | P3=P4=P57 | P5 | P6=P44 | P7=P8=P14=P17=P23<br>P26=P35=P41=P50=P53<br>P60=P61=P62 | P9 | P11=P21=P31=P39=P47 | P12 | P13=P48 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | P.CUBIERTA |
| | | | <br>Arm. Long.: 4Ø16<br>Estribos: Ø8 c/20 | <br>Arm. Long.: 4Ø16<br>Estribos: Ø8 c/20 | | | | | P.OCTAVA |
| | | | <br>Arm. Long.: 4Ø20<br>Estribos: Ø8 c/30 | <br>Arm. Long.: 4Ø16<br>Estribos: Ø8 c/20 | | | | | P.SEPTIMA |
| | | | <br>Arm. Long.: 4Ø20<br>Estribos: Ø8 c/30 | <br>Arm. Long.: 4Ø16<br>Estribos: Ø8 c/20 | | | | | P.SEXTA |
| | | | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | | | | | P.QUINTA |
| | | | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | | | | | P.CUARTA |
| | | | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | | | | | P.TERCERA |
| | | H<br>HE 140 B | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | H<br>HE 140 B | | | | P.SEGUNDA |
| | | H<br>HE 140 B | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | H<br>HE 140 B | | | | P.PRIMERA |
| <br>Arm. Long.: 4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16<br>Estribos: Ø8 c/20 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | | <br>Arm. Long.: 4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | P.BAJA |
| <br>Arm. Long.: 4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16<br>Estribos: Ø8 c/20 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | | <br>Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | <br>Arm. Long.: 8Ø20<br>Estribos: Ø8 c/30 | <br>Arm. Long.: 4Ø20+8Ø12<br>Estribos: Ø8 c/15 | P.SOTANO 1<br>CIMENTACION |

| P15 | P16=P52 | P18 | P20=P29=P38 | P22=P40 | P24=P42=P51 | P25 | P27 | P30=P49 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | P.CUBIERTA |
|  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | P.OCTAVA |
|  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | P.SEPTIMA |
|  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | P.SEXTA |
|  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | P.QUINTA |
|  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | P.CUARTA |
|  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 16Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | |  Arm. Long.: 4Ø25+4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 16Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | P.TERCERA |
|  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 16Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | H HE 140 B | | |  Arm. Long.: 4Ø25+4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 16Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | H HE 140 B | | P.SEGUNDA |
|  Arm. Long.: 4Ø20+16Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | H HE 140 B | | |  Arm. Long.: 4Ø25+4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | H HE 140 B | | P.PRIMERA |
|  Arm. Long.: 4Ø20+16Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø25+4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.BAJA |
|  Arm. Long.: 4Ø20+16Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø25+4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | |  Arm. Long.: 4Ø25 Estribos: Ø8 c/30 | P.SOTANO 1 |
| | | | | | | | | | CIMENTACION |

| P32 | P33=P43 | P34 | P36 | P45 | P54 | P59 | P63 | P65=P82=P86=P87 | P66=P67=P68=P71=P72 P75=P79=P83=P88 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | P.CUBIERTA |
| |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | | | |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.OCTAVA |
| |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | | | |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.SEPTIMA |
| |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | | | |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.SEXTA |
| |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | | | |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.QUINTA |
| |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | | | |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.CUARTA |
| |  Arm. Long.: 16Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø25+8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | | | |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.TERCERA |
| HE 140 B |  Arm. Long.: 16Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø25+8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | HE 140 B | HE 140 B | HE 140 B | HE 140 B | HE 140 B |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.SEGUNDA |
| HE 140 B |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | HE 140 B | HE 140 B | HE 140 B | HE 140 B | HE 140 B |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.PRIMERA |
|  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | | P.BAJA |
|  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø25+16Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | | | |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | | | | P.SOTANO 1 |
| | | | | | | | | | | CIMENTACION |

| P69=P70=P74=P81 | P73=P80 | P76=P89 | P77 | P78 | P84 | P85 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 8Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.CUBIERTA |
|  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.OCTAVA |
|  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.SEPTIMA |
|  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.SEXTA |
|  Arm. Long.: 8Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20+8Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 8Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20+8Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.QUINTA |
|  Arm. Long.: 8Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20+8Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+12Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø20+4Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 8Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø20+8Ø12 Estribos: Ø8 c/15 | P.CUARTA |
|  Arm. Long.: 12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø16+4Ø12 Estribos: Ø8 c/15 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 4Ø25+8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 8Ø25 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 | P.TERCERA |
|  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 16Ø25 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 12Ø25 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.SEGUNDA |
|  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 16Ø25 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 12Ø25 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.PRIMERA |
|  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 8Ø16 Estribos: Ø8 c/20 |  Arm. Long.: 16Ø25 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 16Ø25 Estribos: Ø8 c/30 |  Arm. Long.: 4Ø25+12Ø20 Estribos: Ø8 c/30 | P.PRIMERA |

| P90 | P91 | P92 | P93 | P94 | P95 | P96 | P97 | P98 | P99 | P100 | P101 | P102 | P103 | P104 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | P.SEGUNDA |
| I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | I HE 140 B | P.PRIMERA |