Ejercicios complementarios

de dimensionamiento frente a E.L.U.

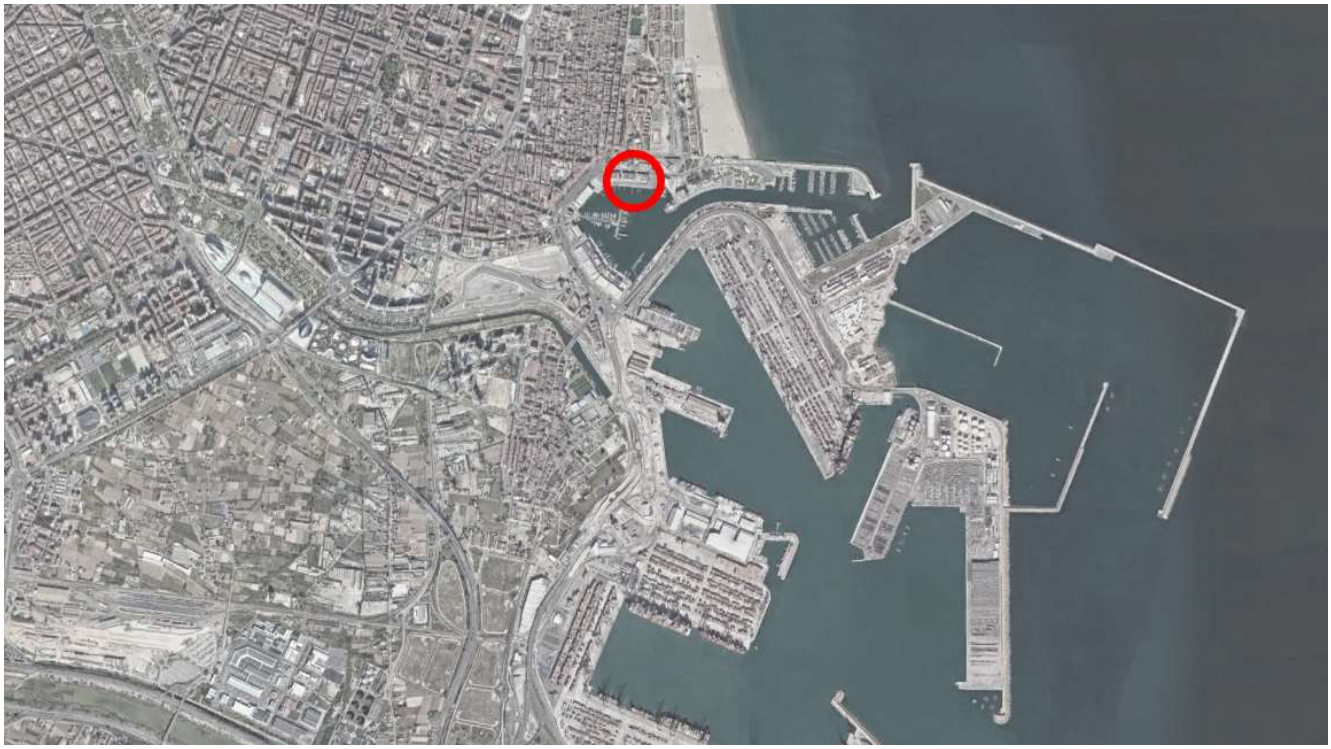
Descripción del edificio y memoria de cargas

ÍNDICE

1. DESCRIPCIÓN GENERAL 2
1.1. Presentación del edificio 2
2. ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO 9
2.1. Diagramas de los pórticos 12
3. ESTIMACIÓN DE CARGAS 17
3.1. Forjado tipo 17
3.2. Losa de escalera 17
3.3. Cubierta ajardinada 18
3.4. Forjado de balcones 18
3.5. Forjado del casetón de escalera 19
3.6. Muro de cerramiento 19
3.7. Muro de cerramiento de medianería 19
3.8. Muro de cerramiento del casetón de cubierta 20
3.9. Muro de cerramiento entre viviendas y caja de escalera 20
3.10. Antepecho de cubierta 20
3.11. Barandillas y cerramiento de lavadero en balcones 20
4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES 21
4.1. Selección del ambiente 21
4.2. Resistencia del hormigón 21
4.3. Recubrimiento de las armaduras 21

1. DESCRIPCIÓN GENERAL

A continuación, se presenta el proyecto estructural de un edificio de siete plantas ubicado en la zona portuaria de Valencia. Como punto de partida, se incluye el plano de emplazamiento, en el que se definen su localización y las condiciones del entorno inmediato que influyen en el diseño estructural, tales como la proximidad al frente marítimo.



Emplazamiento.

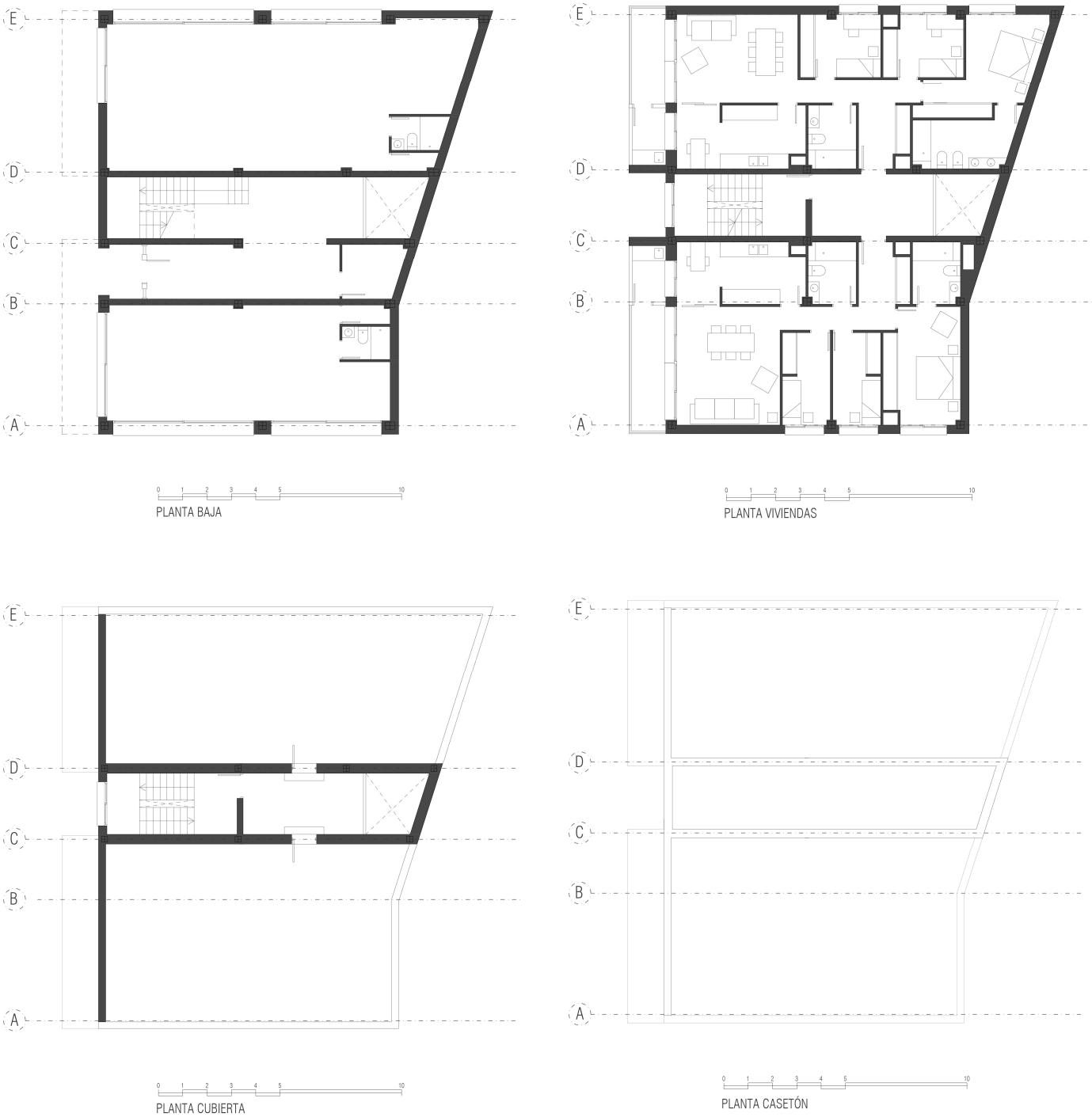
En este documento se incorporan igualmente todas las plantas, secciones y alzados del edificio, además de la memoria de cargas que actúan sobre la estructura. De forma complementaria, se presenta una descripción detallada y la justificación técnica de los materiales empleados, junto con el resto de la documentación necesaria para el desarrollo y verificación del cálculo estructural.

1.1. Presentación del edificio

En las figuras siguientes se presentan las distintas plantas, secciones y alzados del edificio objeto de análisis. El conjunto corresponde a un bloque de uso residencial que dispone de una planta baja destinada a uso comercial, compuesta por dos locales independientes con acceso directo desde la vía pública.

Sobre esta se desarrollan seis plantas tipo, cada una de ellas configurada con dos viviendas por planta, organizadas en torno al núcleo central de comunicaciones verticales.

La planta de cubierta aloja dos zonas ajardinadas de uso común, accesibles a través del casetón de cubierta y concebidas como espacios de esparcimiento para los residentes. Estas áreas exteriores se integran en la configuración volumétrica del edificio y se han tenido en cuenta en la definición de las cargas permanentes y de uso que actúan sobre la estructura.



Plantas de distribución.

A continuación, se presentan igualmente las tres fachadas principales del edificio. La fachada sur constituye el alzado principal y alberga el acceso peatonal al inmueble, además de incorporar los miradores que caracterizan la composición volumétrica del conjunto.

Las otras dos fachadas corresponden a las orientaciones este y oeste. La fachada este, de menor desarrollo, se configura como un paramento más compacto debido a la geometría de la parcela y a la menor anchura del frente. Por su parte, la fachada oeste presenta una mayor dimensión en planta, resultado del retranqueo existente en el parcelario urbano, lo que genera un frente más extenso, aunque manteniendo una composición arquitectónica similar a la de la fachada opesta.

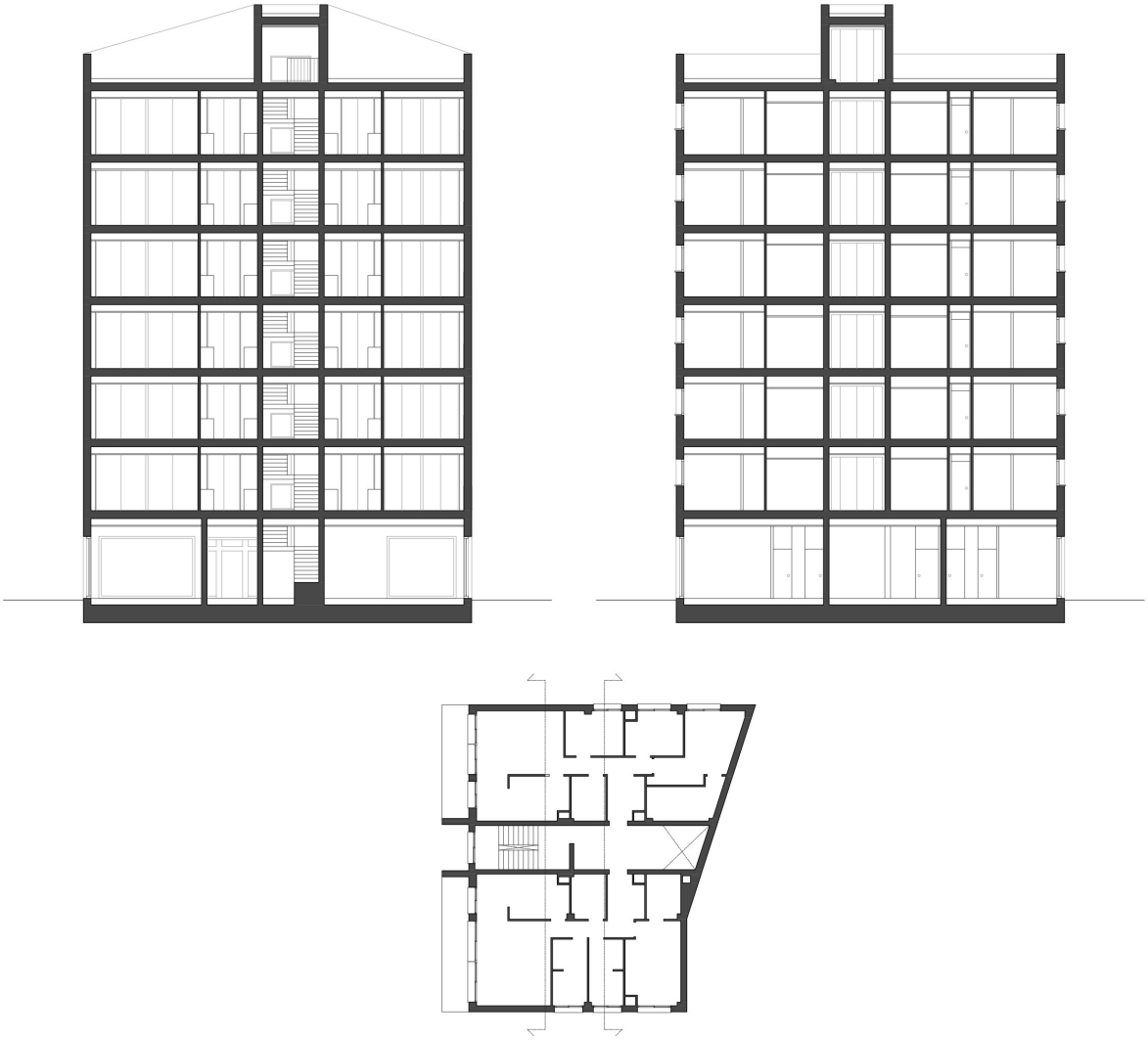
Estas fachadas permiten comprender la envolvente del edificio, la disposición de los huecos y la relación con el entorno, aspectos de relevancia para la definición estructural y constructiva del proyecto.

Alzado principal (fachada sur).

Alzados laterales (fachada este y fachada oeste).

Por otro lado, para comprender de manera completa la geometría y el funcionamiento estructural del edificio, resulta fundamental revisar las secciones constructivas. Estas permiten apreciar la relación vertical entre las distintas plantas, la altura libre de los espacios, la disposición de los elementos resistentes y la interacción entre los componentes arquitectónicos y estructurales.

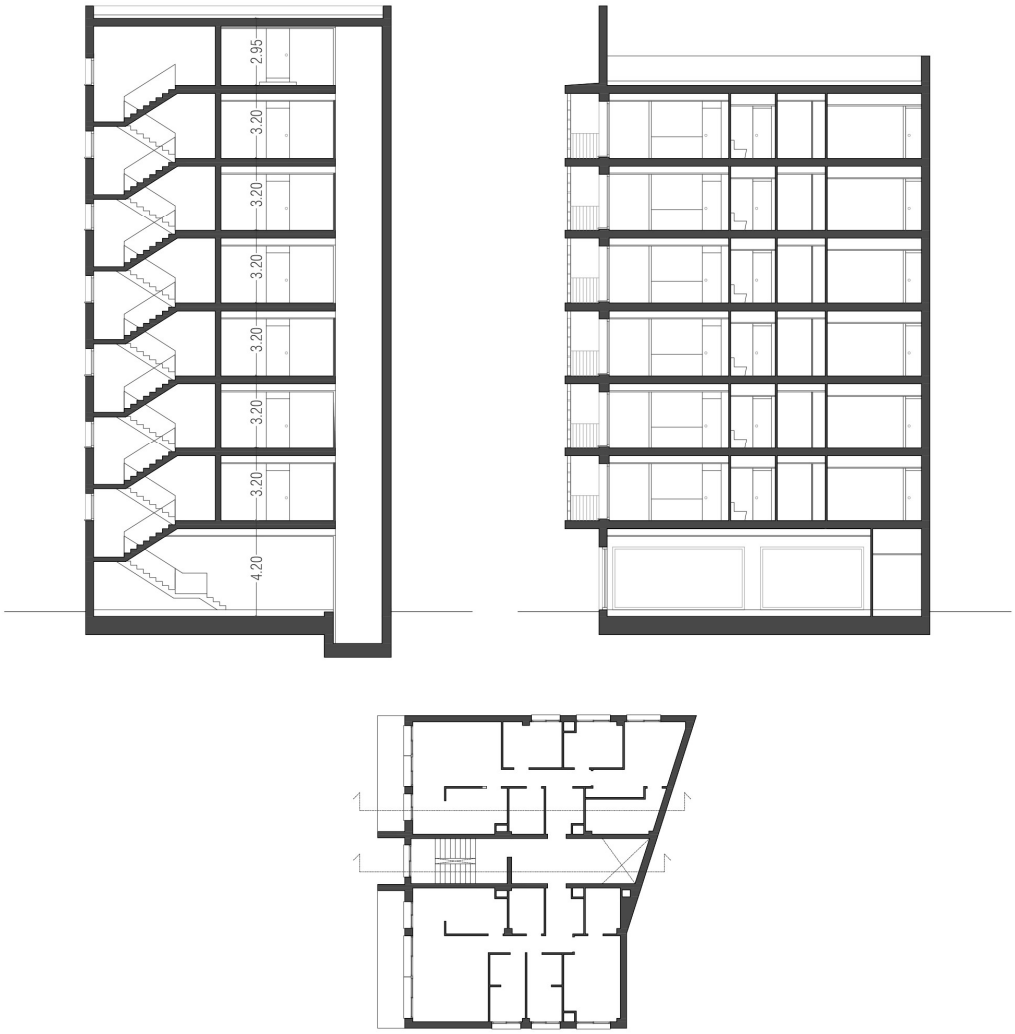
A continuación, se adjuntan algunas de las secciones más relevantes del proyecto, seleccionadas por su capacidad para describir la espacialidad interior, el comportamiento estructural y las conexiones entre los diferentes niveles del edificio. Dichas secciones constituyen un apoyo esencial para la interpretación global del diseño y para la verificación del modelo estructural.



Secciones longitudinales.

Las secciones mostradas permiten apreciar con claridad la organización vertical del edificio y la relación entre los distintos niveles. Se observa un conjunto estructural formado por forjados horizontales regulares y un sistema de pilares alineados que garantizan la transmisión ordenada de cargas hacia la cimentación.

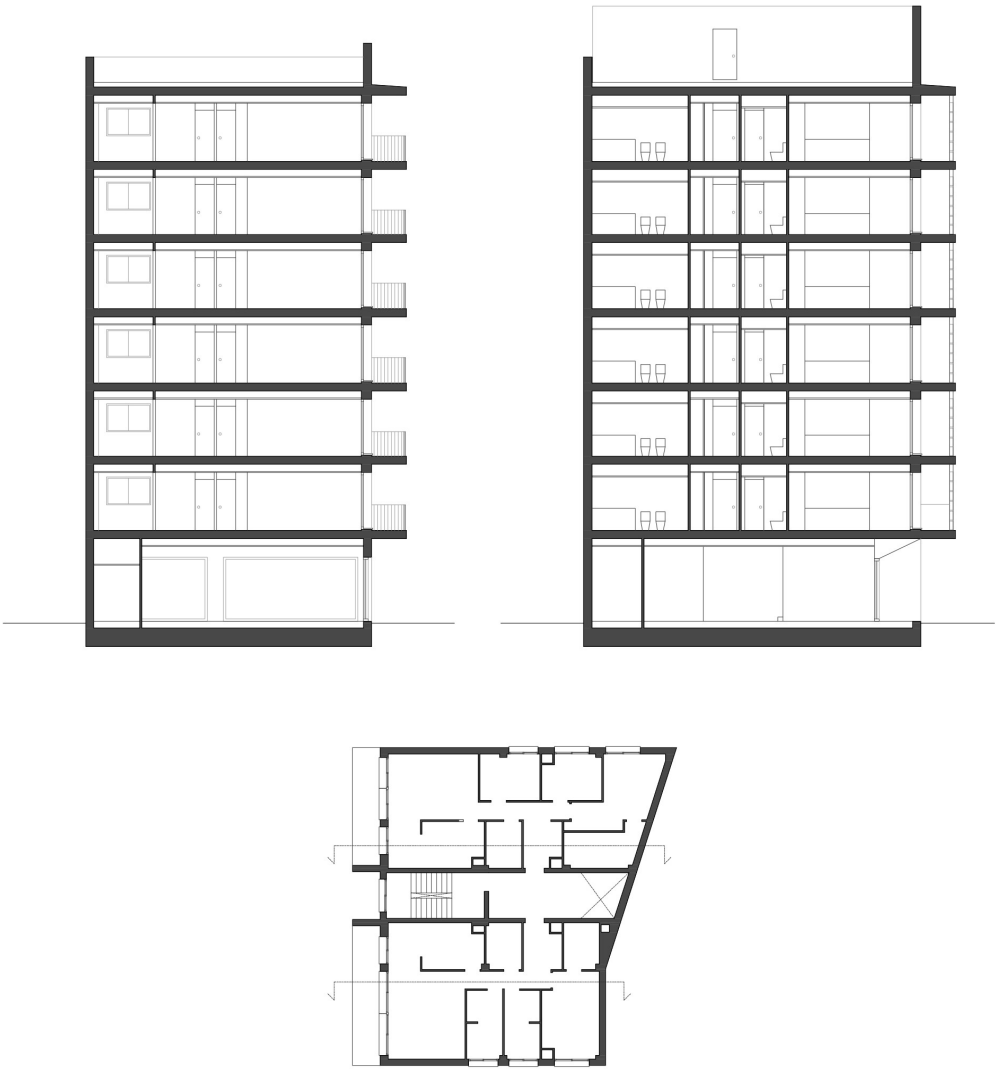
Asimismo, se distingue el núcleo vertical de comunicaciones, compuesto por la caja de escaleras y el hueco de ascensor. El desarrollo continuo de este núcleo desde la planta baja hasta la cubierta evidencia su papel como elemento estructural clave.



Secciones transversales (1).

En la planta baja se identifican espacios con mayor altura libre, destinados a usos comerciales. En los niveles superiores, la repetición de la distribución de viviendas se refleja en la regularidad de los huecos y particiones, lo que contribuye a un comportamiento estructural más eficiente. También se aprecia la presencia de miradores o voladizos en la fachada principal, elementos que requieren especial atención en el diseño de los forjados y en el control de deformaciones.

La sección correspondiente a la cubierta muestra un cambio geométrico en el remate del edificio, asociado al casetón de acceso y a las zonas ajardinadas superiores. Este elemento condiciona la disposición de los últimos apoyos y la continuidad de los elementos verticales



Secciones transversales (2).

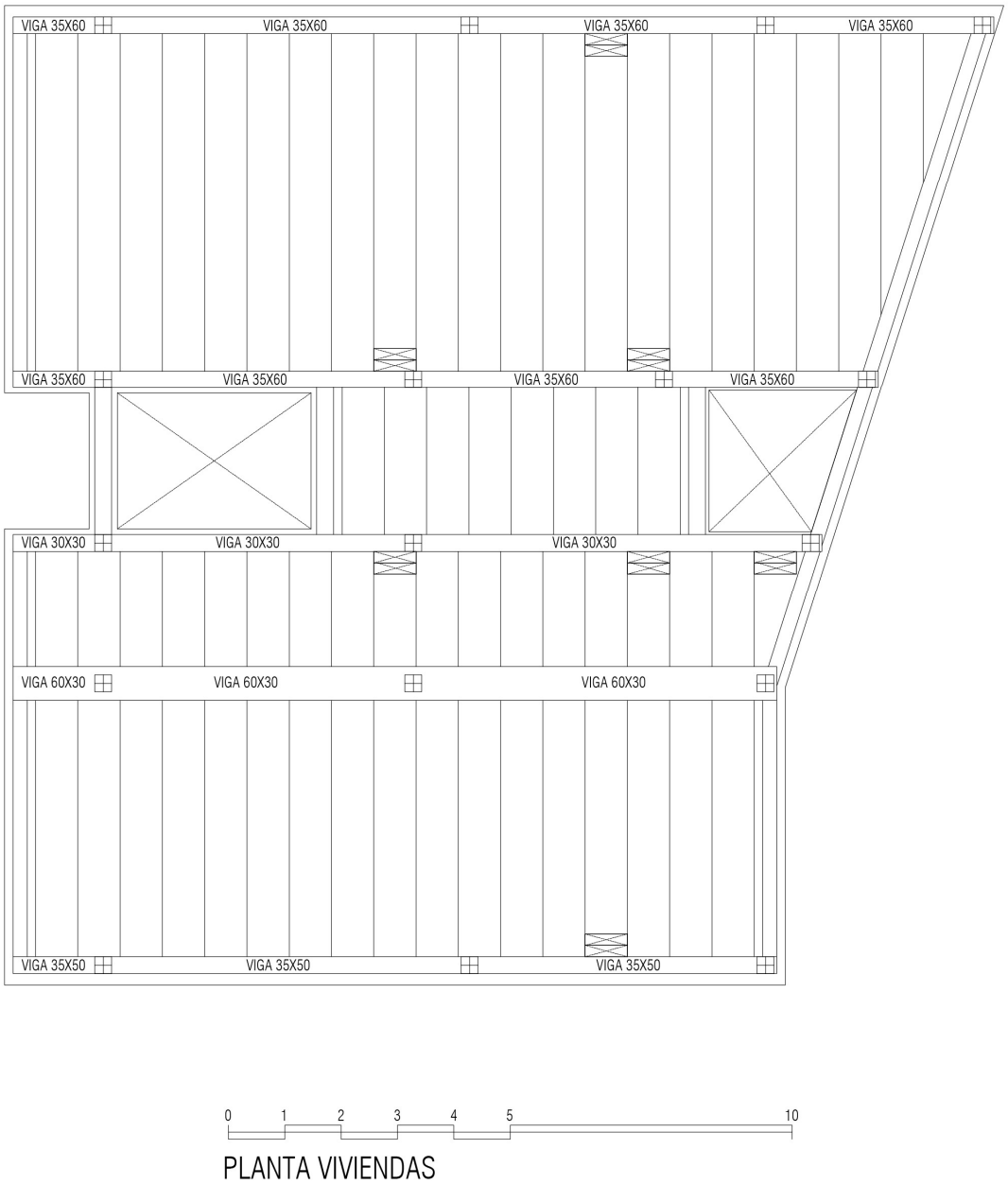
2. ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO

Tras la introducción del edificio a nivel proyectual, resulta necesario revisar también la organización estructural, especialmente la configuración del sistema resistente. En este proyecto se ha optado por emplear un forjado unidireccional formado por viguetas y bovedillas de hormigón, con un canto total de 25 + 5 cm. Este sistema permite cubrir las luces habituales de la edificación residencial y garantiza una ejecución ágil en obra. Las bovedillas, de hormigón armado, proporcionan rigidez y una adecuada capacidad portante, mientras que las viguetas transmiten las cargas hacia la red de vigas principales y secundarias.

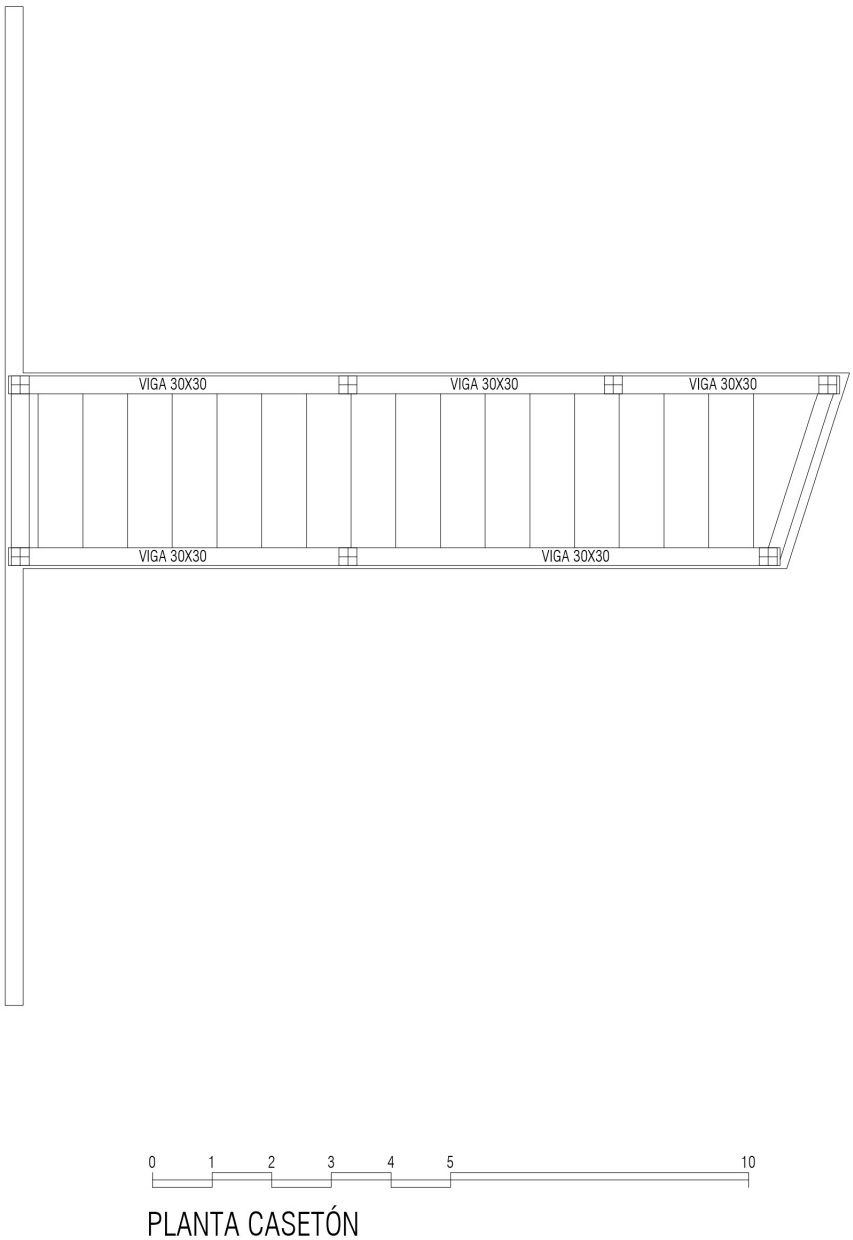
Para completar la estructura horizontal se ha recurrido a una combinación de vigas planas y vigas de mayor canto, adaptadas a las distintas necesidades geométricas del proyecto. Estas vigas presentan diversas secciones según su posición: en los tramos con mayores cargas y luces se ha optado por vigas de canto, mientras que en zonas donde fuera posible, se han dispuesto vigas planas integradas en el espesor del forjado.

En cuanto a los elementos verticales, tal y como se aprecia en los diagramas lineales incluidos a continuación, la mayor parte de los pilares se resuelven con secciones cuadradas de 30 × 30 cm. No obstante, en algunos puntos estratégicos de la planta baja, se ha optado por trabajar con pilares de 30 × 40 cm, optimizando su comportamiento frente a cargas axiles y momentos flectores.

Por último, todo el sistema estructural descarga sobre una cimentación resuelta mediante una losa maciza de hormigón armado de 80 cm de canto. Esta solución proporciona una base continua y rígida, adecuada para las condiciones del terreno donde se ubica de acuerdo con el estudio geotécnico, garantizando una distribución uniforme de tensiones y un correcto control de asientos.

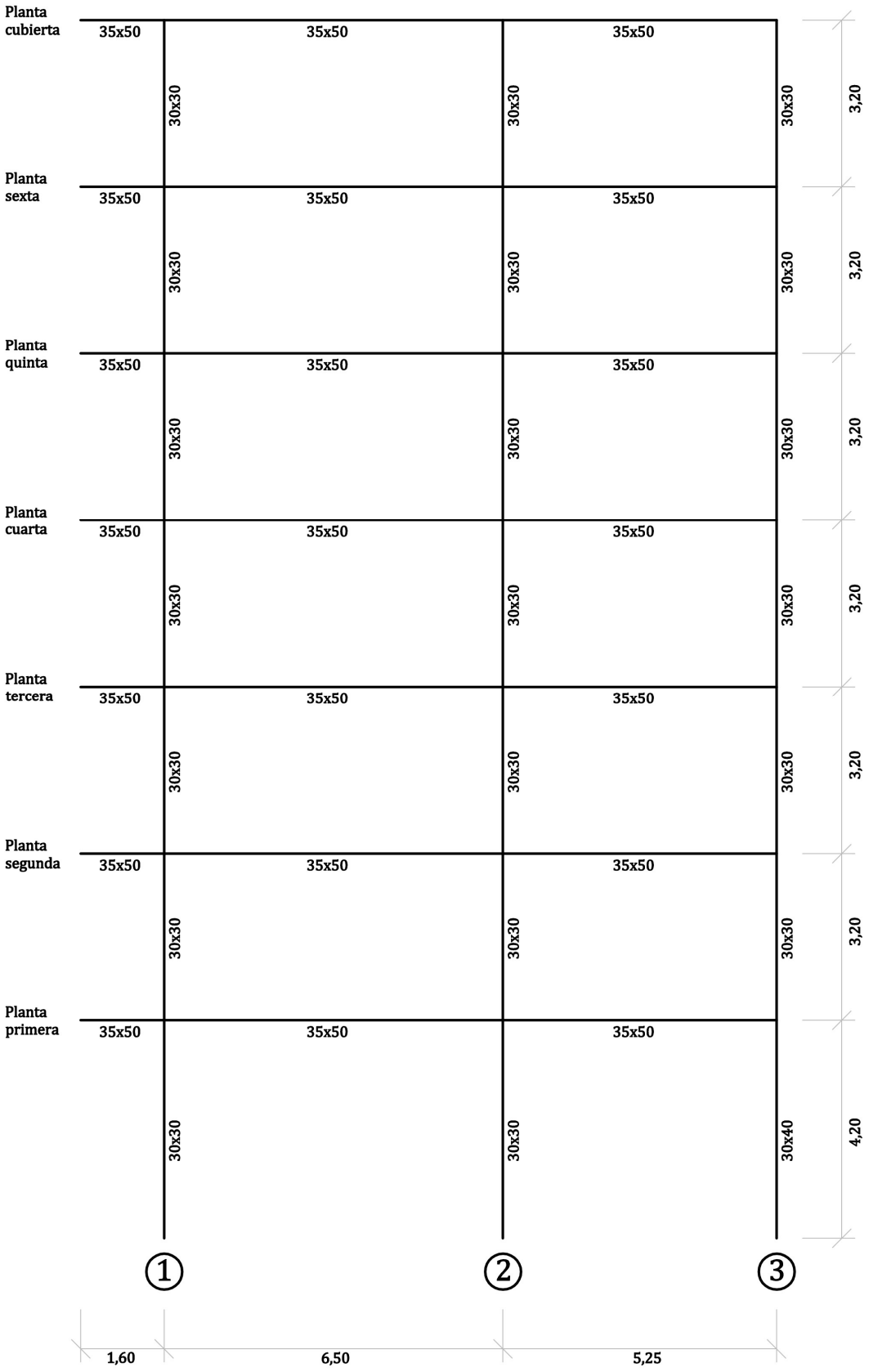


Distribución estructural de los forjados intermedios.

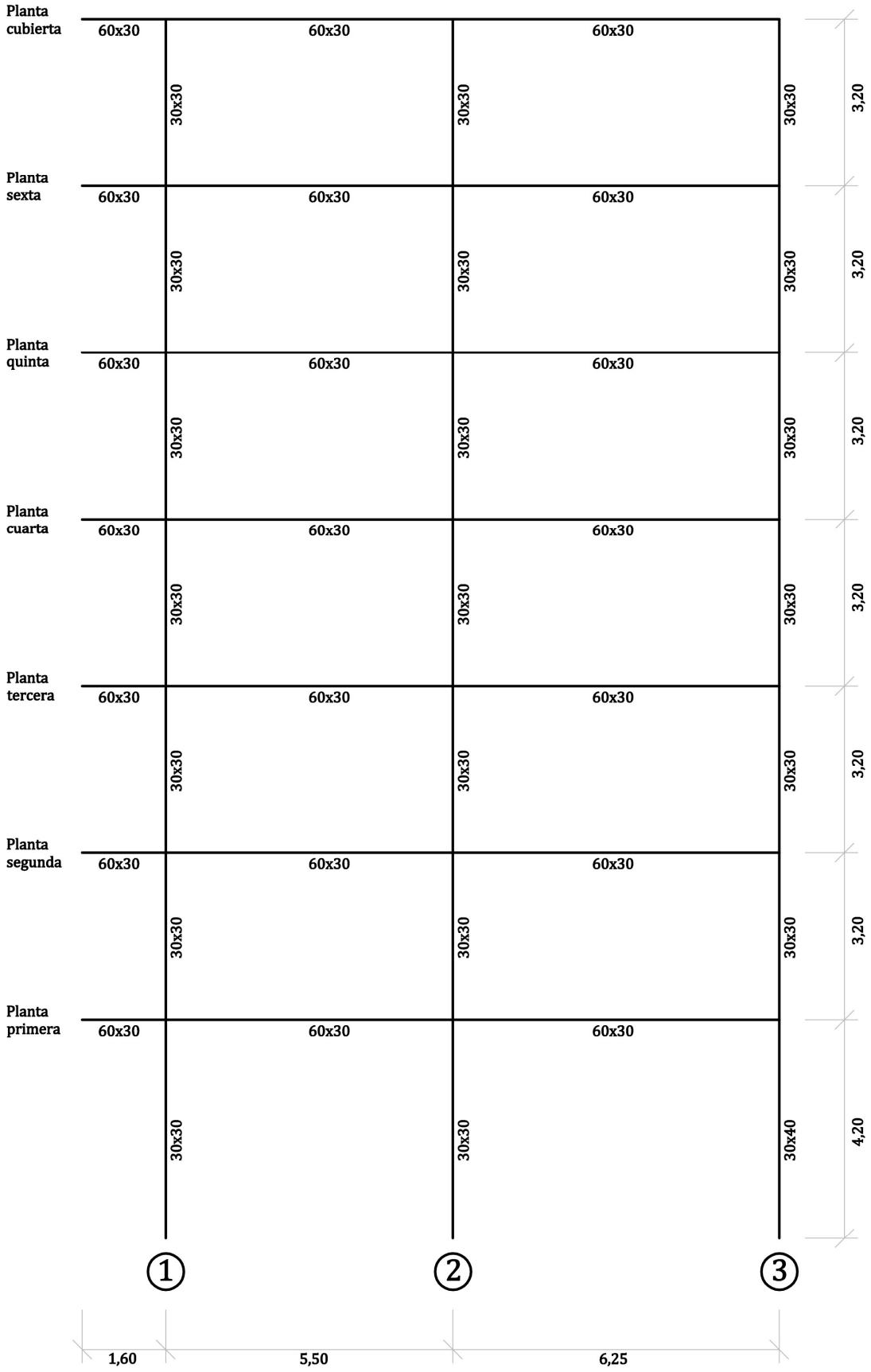


Distribución estructural del forjado de casetón de cubierta.

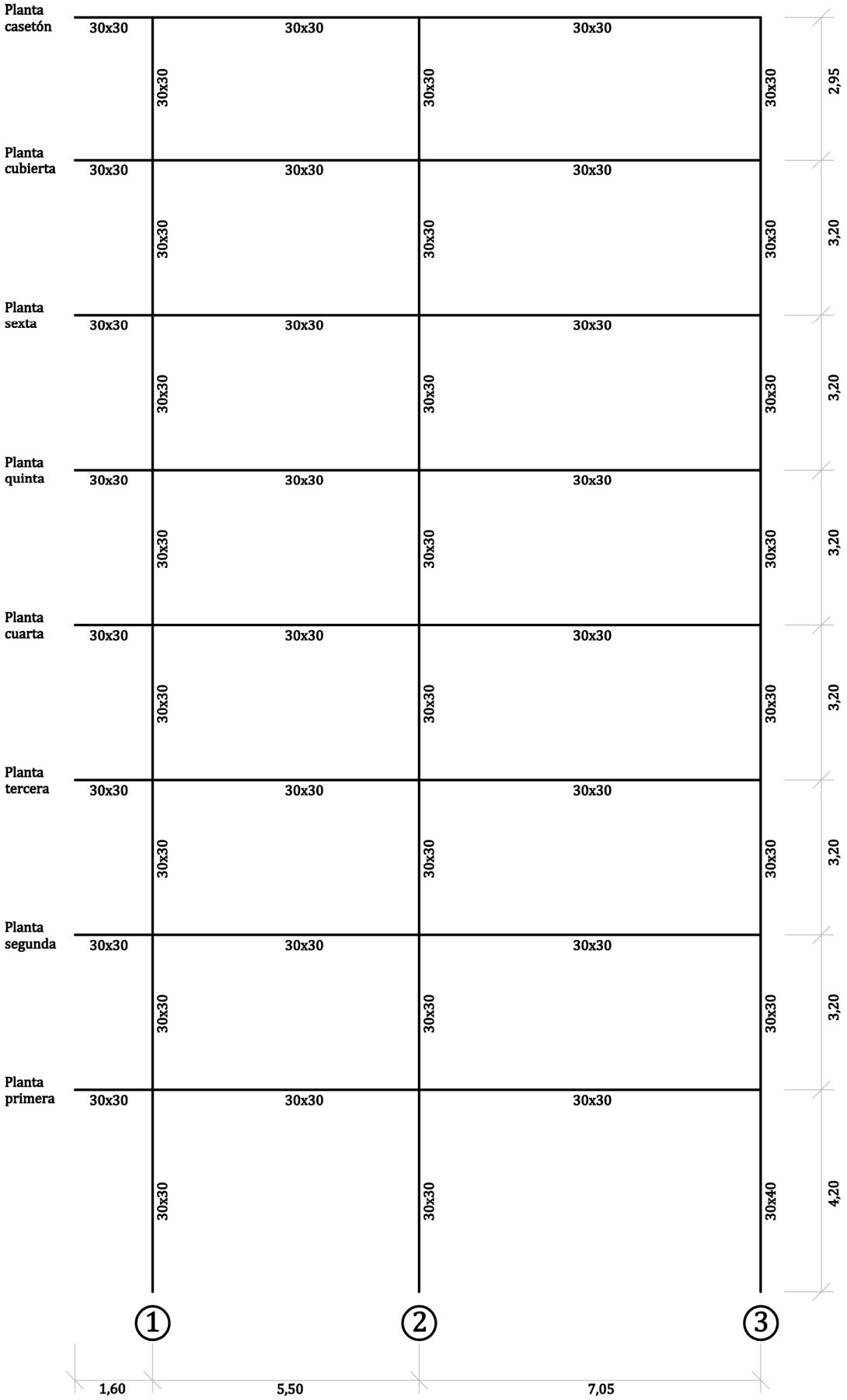
2.1. Diagramas de los pórticos



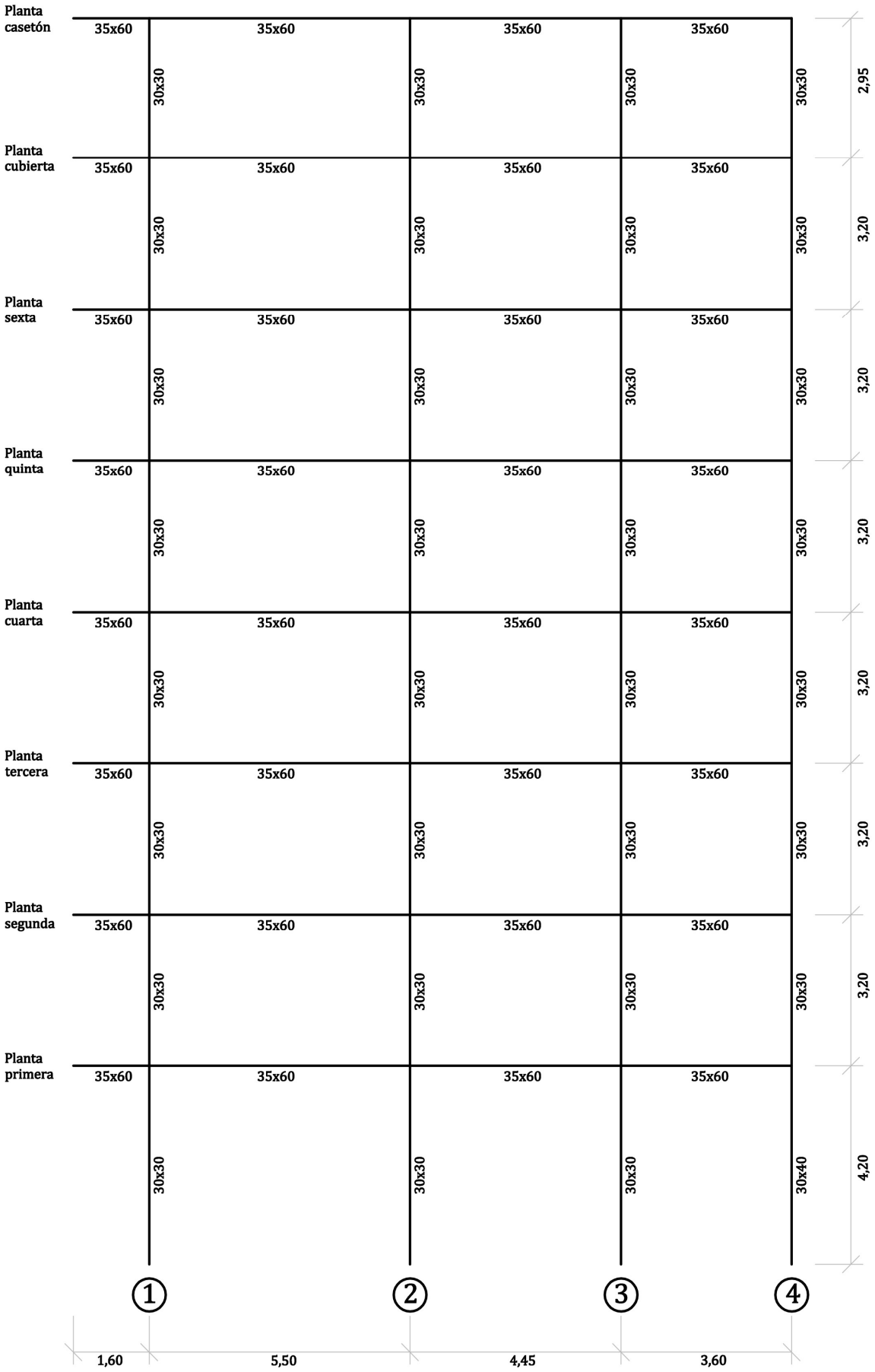
Geometría del pórtico A.



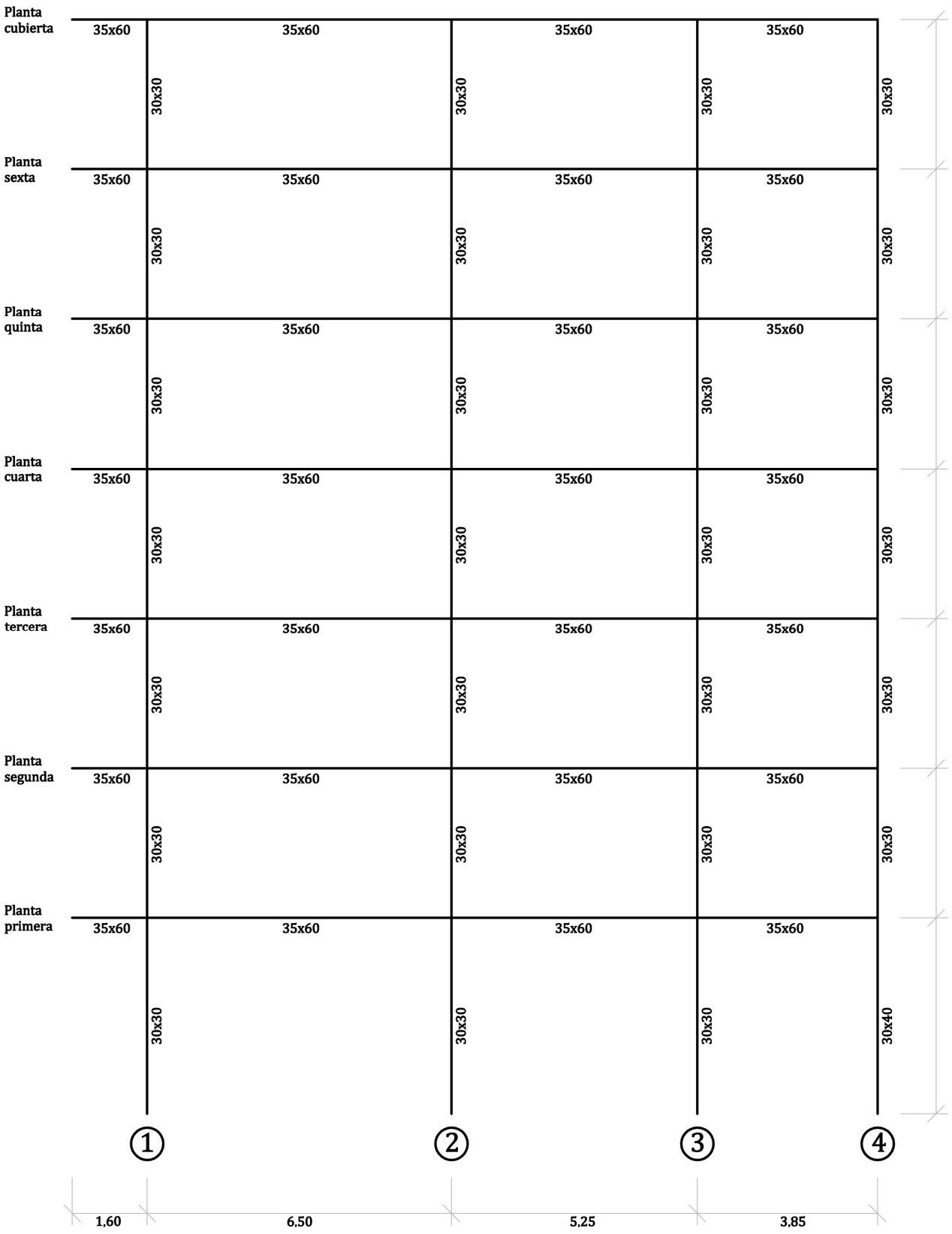
Geometría del pórtico B.



Geometría del pórtico C.



Geometría del pórtico D.



Geometría del pórtico E.

3. ESTIMACIÓN DE CARGAS

A continuación, se presenta la estimación de cargas considerada para el dimensionamiento estructural del edificio. Esta memoria constituye un elemento fundamental dentro del proceso de cálculo, ya que permite determinar con precisión las acciones que actúan sobre la estructura y comprobar su comportamiento frente a los distintos estados límite.

En los siguientes apartados se describen las cargas permanentes derivadas del peso propio de los elementos constructivos, las sobrecargas de uso asociadas a la función de cada planta, así como las acciones climáticas y accidentales que deben tenerse en cuenta según la normativa vigente. Cada una de estas acciones ha sido evaluada conforme a los criterios establecidos en dicha normativa.

La definición y cuantificación adecuadas de estas cargas resultan esenciales para el dimensionamiento de forjados, vigas, pilares y cimentación, así como para la verificación de la estabilidad global del conjunto estructural.

3.1. Forjado tipo

Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla de hormigón (25+5 cm), pavimento cerámico de menos de 8 cm de espesor y falso techo de paneles de yeso laminado.

- P.P. del forjado ..... 4,50 kN/m^2
- Solado ..... 1,00 kN/m^2
- Falso techo ..... 0,20 kN/m^2
- Tabiquería ..... 1,00 kN/m^2
- **Total carga permanente en forjados ..... 6,70 kN/m^2**
- Sobrecarga de uso ..... 2,00 kN/m^2
- **Total carga variable en forjados ..... 2,00 kN/m^2**

3.2. Losa de escalera

Losa de escalera de espesor inferior a 20 cm, con barandilla ligera, peldaño cerámico y pavimento cerámico de menos de 8 cm de espesor y enlucido en la cara inferior.

- P.P. de la losa (20 cm) ..... 4,80 kN/m^2
- Solado ..... 1,00 kN/m^2
- Enlucido ..... 0,20 kN/m^2

- **Total carga permanente en forjados ..... 6,00 kN/m²**
- Sobrecarga de uso ..... 3,00 kN/m²
- **Total carga variable en forjados ..... 3,00 kN/m²**

3.3. Cubierta ajardinada

Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla de hormigón (25+5 cm), con falso techo de placa de yeso laminado por la cara inferior. La cubierta sobre forjado se compone de lámina protectora contra raíces, manta separadora y de protección, capa drenante, fieltro de protección de la capa drenante, capa de sustrato para cubierta extensiva de 10-15 cm, y cubierta vegetal.

- P.P. del forjado ..... 4,50 kN/m²
- Falso techo ..... 0,20 kN/m²
- P.P. de las láminas y capas que componen el forjado, más el sustrato ..... 2,25 kN/m²
- **Total carga permanente en forjados ..... 6,95 kN/m²**
- Sobrecarga de uso ..... 1,00 kN/m²
- Sobrecarga de nieve ..... 0,20 kN/m²
- **Total carga variable en forjados ..... 1,20 kN/m²**

3.4. Forjado de balcones

Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla de hormigón (25+5 cm), con falso techo de placa de yeso laminado apta para exteriores, y acabado sobre forjado de pavimento cerámico, con protección e impermeabilización.

- P.P. del forjado ..... 4,50 kN/m²
- Solado ..... 0,20 kN/m²
- Falso techo ..... 1,15 kN/m²
- **Total carga permanente en forjados ..... 5,85 kN/m²**
- Sobrecarga de uso ..... 1,00 kN/m²
- Sobrecarga de nieve ..... 0,20 kN/m²
- **Total carga variable en forjados ..... 1,20 kN/m²**

3.5. Forjado del casetón de escalera

Forjado unidireccional de vigueta y bovedilla de hormigón (25+5 cm), con falso techo de placa de yeso laminado. La cubierta sobre forjado es una cubierta plana, no transitable invertida con acabado de grava compuesta de imprimación sobre forjado, doble impermeabilización, capa separadora, aislamiento y capa de protección, y por último, relleno de grava.

- P.P. del forjado ..... 4,50 kN/m^2
- Falso techo ..... 0,20 kN/m^2
- P.P. de las láminas y capas que componen el forjado, más la grava ..... 1,10 kN/m^2
- **Total carga permanente en forjados ..... 5,80 kN/m^2**
- Sobrecarga de uso ..... 1,00 kN/m^2
- Sobrecarga de nieve ..... 0,20 kN/m^2
- **Total carga variable en forjados ..... 1,20 kN/m^2**

3.6. Muro de cerramiento

Cerramiento en fachada compuesto por tabicón de 12 cm (ladrillo perforado), con enfoscado de mortero y revestimiento SATE, y acabado interior con doble aislamiento y panel doble de yeso.

- Tabicón de 12 cm de ladrillo perforado ..... 1,60 kN/m^2
- Enfoscado de mortero + revestimiento SATE ..... 0,70 kN/m^2
- Doble aislamiento y panel doble de yeso ..... 0,40 kN/m^2
- **Total carga ..... 2,70 kN/m^2**

3.7. Muro de cerramiento de medianería

Cerramiento de medianería compuesto por tabicón de 12 cm (ladrillo perforado), con enfoscado interior de mortero, y acabado interior con doble aislamiento y panel doble de yeso.

- Tabicón de 12 cm de ladrillo perforado ..... 1,60 kN/m^2
- Enfoscado de mortero ..... 0,20 kN/m^2
- Doble aislamiento y panel doble de yeso ..... 0,40 kN/m^2
- **Total carga ..... 2,20 kN/m^2**

3.8. Muro de cerramiento del casetón de cubierta

Cerramiento del casetón de cubierta compuesto por una hoja de medio pie de ladrillo perforado, con enfoscado interior y exterior.

- Tabicón de 12 cm de ladrillo perforado ..... 1,50 kN/m^2
- Enfoscado de mortero..... 0,20 kN/m^2
- Enfoscado de mortero..... 0,20 kN/m^2
- **Total carga ..... 1,90 kN/m^2**

3.9. Muro de cerramiento entre viviendas y caja de escalera

Cerramiento de la caja de escalera y medianeras compuesto por una hoja de medio pie de ladrillo perforado, con guarnecido de yeso por ambas caras, pero con capa de aislamiento y doble panel de yeso en interior de vivienda.

- Tabicón de 12 cm de ladrillo perforado ..... 1,50 kN/m^2
- Guarnecido de yeso..... 0,10 kN/m^2
- Guarnecido de yeso..... 0,10 kN/m^2
- Aislamiento y panel doble de yeso..... 0,20 kN/m^2
- **Total carga ..... 1,90 kN/m^2**

3.10. Antepecho de cubierta

Continuación del cerramiento de fachada, pero con enfoscado interior de mortero.

- Tabicón de 12 cm de ladrillo perforado ..... 1,60 kN/m^2
- Enfoscado de mortero + revestimiento SATE ..... 0,70 kN/m^2
- Enfoscado de mortero..... 0,20 kN/m^2
- **Total carga ..... 2,60 kN/m^2**

3.11. Barandillas y cerramiento de lavadero en balcones

Barandilla metálica con peso de 0,3 kN por metro lineal, mientras que en la zona de lavadero se emplea una celosía fija de suelo a techo con piezas de gran formato y con peso de 0,60 kN por metro lineal.

4. PROPIEDADES DE LOS MATERIALES

4.1. Selección del ambiente

Antes de iniciar el proyecto, es necesario identificar la clase de exposición que determinará el nivel de agresividad al que estarán sometidos los distintos elementos estructurales. En primer lugar, se establece que la estructura se encontrará mayoritariamente en un ambiente XC1, correspondiente a elementos secos ubicados en recintos cerrados con baja humedad.

Por otra parte, aunque la estructura estará protegida mediante los acabados interiores, se opta de forma preventiva por considerar también la clase de exposición XS1, aplicable a elementos de hormigón armado que pueden estar expuestos a aerosoles marinos, aunque sin contacto directo con el agua de mar. Esta medida aumenta la seguridad frente a posibles agentes agresivos, aun cuando se prevé que todos los elementos permanecerán correctamente protegidos por los acabados interiores.

En consecuencia, y suponiendo el empleo de un hormigón de consistencia blanda y con un tamaño máximo de árido de 20 mm, la tipificación del hormigón será:

HA–30/B/20/XC1+XS1

Asimismo, el acero considerado en el proyecto será de tipo:

B500SD

4.2. Resistencia del hormigón

En el apartado anterior, se ha señalado una resistencia a compresión característica del hormigón de 30 MPa. Este valor se ajusta a los requisitos mínimos definidos en el Código Estructural (Capítulo 9, Artículo 43.2.1.) para un ambiente XS1, en este caso, el más restrictivo.

4.3. Recubrimiento de las armaduras

De acuerdo con la selección de ambientes definida anteriormente, es necesario determinar el recubrimiento adecuado para las armaduras. Considerando que se trata de un edificio con una vida útil de 50 años y tomando como referencia la clase de exposición más restrictiva (XS1), el recubrimiento mínimo para cementos habituales —por ejemplo, un CEM II/A-D— debe ser de 25 mm.

No obstante, el Código Estructural establece que este recubrimiento debe incrementarse con un margen adicional de seguridad. Para obras ejecutadas in situ y sin un control exhaustivo de la

ejecución, dicho margen debe ser de 10 mm. En consecuencia, el recubrimiento nominal de las armaduras resulta ser de 35 mm.

Sin embargo, para el dimensionamiento de los distintos elementos estructurales se debe emplear el recubrimiento mecánico. Adoptando un criterio conservador, se considerará un valor de 55 mm[1].

[1] De acuerdo con los requisitos de durabilidad, el recubrimiento nominal es $c_{nom} = c_{min} + \Delta c = 25 + 10 = 35$ mm. En consecuencia, el recubrimiento mecánico que se va a considerar es: $c_{mec} = c_{nom} + \varnothing_{estr} + 0{,}5 \cdot \varnothing_{arm\ long} = 35 + 6 + 0{,}5 \cdot 20 = 51$ mm ≈ 55 mm.