



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA



REFUERZO DE VIGAS DE HORMIGÓN MEDIANTE RECRECIDO DE HORMIGÓN ARMADO EN UN ÁTICO DE VIVIENDA

Taller PFG: ELASTICIDAD, PLASTICIDAD Y ROTURA DE MATERIALES

AUTOR: VESELINA SABINOVA KENALIEVA

TUTOR: FERNANDO FARGUETA CERDÁ

TUTOR: INMACULADA TORT AUSINA

ÍNDICE

1. Introducción	4
2. Objetivos y conceptos básicos	7
3. Descripción y características generales del edificio	9
3.1 Emplazamiento y situación del edificio	9
3.2 Descripción y características del edificio	11
3.3 Cambio de uso	19
3.3.1 Introducción	19
3.3.2 Características del cambio de uso	20
3.3.3 Plano planta ático con el cambio de uso	22
4. Características de los materiales estructurales	24
4.1 Características de los materiales	24
4.1.1 Tipificación de los componentes del hormigón	24
4.1.2 Tipificación del hormigón	25
4.1.3 Características del acero	26
4.2 Características de los elementos estructurales	27
4.2.1 Características generales	27
4.2.2 Forjados	28
4.2.3 Esquema estructural de la planta ático	30
5. Criterios básicos de seguridad estructural	33
5.1 Introducción	33
5.2 Estados límites y coeficiente de seguridad del hormigón armado	35
5.2.1 Método de los estados límites	35
5.2.2 Coeficiente de seguridad	36

6. Identificación del estado de los elementos estructurales	38
6.1 Introducción	38
6.2 Estudio de los elementos estructurales en el caso inicial, antes del cambio de uso	40
6.3 Momentos últimos	47
6.4 Cortante máximo	55
6.5 Estudio de los elementos estructurales en el caso tras el cambio de uso	58
7. Estudio del refuerzo de vigas con hormigón armado	68
7.1 Introducción	68
7.2 Los diferentes sistemas habituales de refuerzo de estructuras de hormigón	69
7.2.1 Refuerzo mediante recrecido con hormigón armado	70
7.2.2 Refuerzo mediante perfiles metálicos	74
7.2.3 Refuerzo mediante armado exterior	76
7.2.4 Refuerzo mediante materiales compuestos de fibra de carbono	78
7.3 Refuerzo de viga de hormigón mediante recrecido con hormigón armado	80
7.3.1 Introducción	80
7.3.2 Refuerzo de viga	81
7.3.3 Cálculo del refuerzo de viga	86
7.4 Seguimiento del proceso constructivo del refuerzo de viga mediante recrecido con hormigón armado	96
7.4.1 Introducción	96

7.4.2 Preparación de la viga	97
7.4.3 Unión entre hormigón-hormigón	98
7.4.4 Colocación de armadura y hormigonado	103
8. Conclusión	105
9. Referencias bibliográficas	106

1. INTRODUCCIÓN

Cada día son más frecuentes en la edificación las situaciones en que resultan necesarios la rehabilitación, la reparación o refuerzo de una estructura. En la actualidad el material más utilizado para fines estructurales es el hormigón, tanto en masa como armado o como pretensado, debido a su economía y buen comportamiento en servicio, así como a su adaptabilidad a las formas geométricas deseadas. Los síntomas fundamentales de deterioro de las obras de hormigón son la fisuración, la disgregación y el entumecimiento.

Dentro de las intervenciones de rehabilitación, las de refuerzo son sin duda las que presentan una mayor complejidad, tanto a nivel de diseño como de cálculo y ejecución. La principal razón de ello deriva del incremento de la capacidad resistente original que las caracteriza.

El deseo de prolongar la vida útil de la obra más allá de los límites inicialmente previstos, o la necesidad de disponer de un material en perfectas condiciones en las zonas de contacto que permita la satisfactoria transferencia de esfuerzos entre refuerzo y antigua estructura, pueden exigir efectuar refuerzos más o menos generalizados según los esfuerzos a soportar.

Existen varios sistemas de refuerzo de estructuras de hormigón:

- Refuerzo mediante recrecido de hormigón armado
- Refuerzo mediante perfiles metálicos
- Refuerzo mediante materiales compuestos de fibra de carbono (Laminados de fibra de carbono)

Tal y como dice Alfonso del RÍO BUENO en su publicación "Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación".

"Se plantean algunas cuestiones importantes de alcance estructural:

- *El refuerzo de un elemento implica generalmente una alteración importante de la distribución de rigideces en la estructura, que debe ser analizado en todas sus consecuencias.*

- *En el planteamiento y ejecución del refuerzo debe considerarse el carácter evolutivo de la estructura afectada, que modifica su configuración en una etapa intermedia de su vida. En una sección de un elemento reforzado coexisten materiales antiguos y nuevos, con estados tenso-deformacionales diferentes incluso en fibras contiguas.*
- *La operación debe resolver adecuadamente la transferencia de esfuerzos entre pieza original y refuerzo. De poco sirve disponer un refuerzo de gran capacidad resistente si no se garantizan los mecanismos para su entrada en carga. En consecuencia, la unión o interfase entre pieza original y refuerzo (adhesivos, conectadores, juntas, etc.) debe ser especialmente considerada.*
- *Si no se adoptan medidas especiales y no se consideran los efectos reológicos, el refuerzo sólo recogerá una fracción de las cargas que se introduzcan posteriormente a su ejecución (en función de su rigidez relativa y de los mecanismos de transferencia). Por tanto, la descarga parcial del elemento estructural afectado y su posterior entrada en carga han de ser analizados al plantear el proceso.*
- *La introducción de tensiones iniciales en los elementos de refuerzo (refuerzos activos) para mejorar su entrada en carga, puede tener consecuencias importantes sobre la distribución de esfuerzos en la estructura.”¹*

En este trabajo la necesidad de refuerzo de la estructura de hormigón armado se debe a un sobrepeso importante que no estaba previsto en los cálculos de la estructura. El sobrepeso es debido a la colocación de un jacuzzi cubierto en la terraza del ático de vivienda y cambio de pavimento de la misma, así lo desea el propietario del ático de la edificación a analizar. Este sobrepeso se resuelve con un refuerzo de la viga de hormigón armado en la zona de máximo esfuerzo.

El refuerzo de vigas exige generalmente importantes concentraciones de esfuerzos en determinadas zonas de la junta de contacto entre pieza original y

¹ Alfonso del Río Bueno, Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación, Universidad Politécnica de Madrid, pág.5-6

refuerzo. Ello obliga a cuidar de modo especial los mecanismos de transferencia, e implica una mayor dificultad de análisis estructural. Como contrapartida, se trata de intervenciones menos extensas que, por tanto, afectan a menos elementos constructivos.

Resulta conveniente distinguir entre dos grandes grupos de refuerzos: aquellos básicamente destinados a incrementar capacidad flectora y aquellos cuyo fin primordial es mejorar la resistencia a cortante. Evidentemente la frontera entre unos y otros tipos de refuerzos no es siempre clara, existiendo sistemas que mejoran simultáneamente la resistencia a flexión y a cortante.

El refuerzo de la viga de hormigón se realizará mediante recrecido de hormigón armado. Una opción evidente para reforzar un elemento estructural de hormigón consiste en recrecerlo envolviéndolo con una sección adicional de hormigón convenientemente armado. Este sistema presenta la ventaja de una gran compatibilidad entre el material original y el de refuerzo, así como una amplia superficie de contacto entre ambos, que posibilita la necesaria transferencia de esfuerzos. Asimismo, es posible aumentar considerablemente la sección de hormigón e incorporar una considerable cuantía de nuevas armaduras que, en caso necesario, pueden conectarse con las armaduras originales mediante llaves u otro tipo de anclajes. El resultado final es un elemento notablemente monolítico, capaz de incrementar notablemente la resistencia y rigidez del elemento original. Por otra parte, los refuerzos mediante recrecido con hormigón armado presentan un buen comportamiento frente al fuego, algo que no sucede en la mayor parte de los restantes sistemas de refuerzo.

La forma en que se ha organizado el trabajo pretende guiar al lector, de forma ordenada, hacia la solución de un problema de refuerzo de una viga de hormigón. Este estudio se centra, básicamente, en los métodos de cálculo estructural, las técnicas constructivas, haciendo también referencia al tema de la seguridad estructural con suficiente detalle. Se estudian las causas susceptibles de provocar el agotamiento del hormigón.

2. OBJETIVOS Y CONCEPTOS BÁSICOS

El objetivo general es el análisis a los elementos estructurales de un ático en un edificio de viviendas, así como el estudio y aplicación de la técnica de refuerzo a la estructura con recrecido de hormigón armado.

Para ello se hará una recopilación de bibliografía referente al tema de refuerzos con recrecido de hormigón armado y se recopilará información sobre dicho material de refuerzo.

Se realizará un estudio resistente de la estructura en cuanto a la seguridad estructural de la edificación.

Se harán los cálculos necesarios para el refuerzo de la estructura y se estudiará el tema de unión entre el material de los elementos estructurales y el material de refuerzo, que en este caso será de hormigón armado.

Conceptos básicos:

Diagnóstico consiste en analizar el estado actual de la estructura, previa inspección, toma de datos y estudio de los mismos. En general incluye la evaluación de la capacidad residual así como las necesidades de actuación y su urgencia. En caso de existencia de daños, debe determinar la naturaleza, alcance, y causa más probable de los mismos.

Mantenimiento: involucra a cualquier actividad o trabajo, incluyendo la inspección, necesaria para permitir a una estructura continuar cumpliendo la función para la que ha sido concebida, o para mantener su aspecto original. Es un conjunto de actuaciones de reducido alcance, a menudo de índole preventiva, tendentes a corregir errores detectados y a evitar que lleguen a cuestionar la seguridad de la estructura.

Refuerzo es la modificación de una estructura, no necesariamente dañada, con el propósito de aumentar su capacidad portante o su estabilidad, respecto de las condiciones iniciales. También el refuerzo se refiere al caso de estructuras que han de ser adaptadas a cargas mayores que aquellas para las que fueron dimensionadas. No se hace ninguna distinción entre refuerzo y rigidización. El término rigidización se refiere a la realización de mejoras en la funcionalidad (flecha, ancho de fisuras, etc.) de una estructura existente.

Recrecido es el refuerzo consistente en aumentar la sección de elementos de hormigón armado (generalmente pilares y vigas) con el fin de poder soportar cargas superiores a las previstas en el proyecto original.

Estado nominal de una estructura es el correspondiente a los requisitos contractuales y las especificaciones de los reglamentos técnicos reconocidos.

Estado real de una estructura es el correspondiente a un movimiento dado de su vida de servicio.

Desviación es la diferencia entre el estado nominal y el estado real.

Se denomina **Seguridad estructural** a una serie de condiciones que deben cumplir los edificios para considerar que las actividades para los que fueron diseñados pueden realizarse de forma segura. Estas condiciones aplican tanto para el uso previsto del edificio como para su periodo de construcción.

La seguridad estructural contempla dos aspectos distintos:

- Resistencia y estabilidad (que el edificio resista los esfuerzos previstos)
- Condiciones de servicio (que se pueda utilizar con normalidad)

3. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL EDIFICIO

3.1 EMPLAZAMIENTO Y SITUACIÓN DEL EDIFICIO

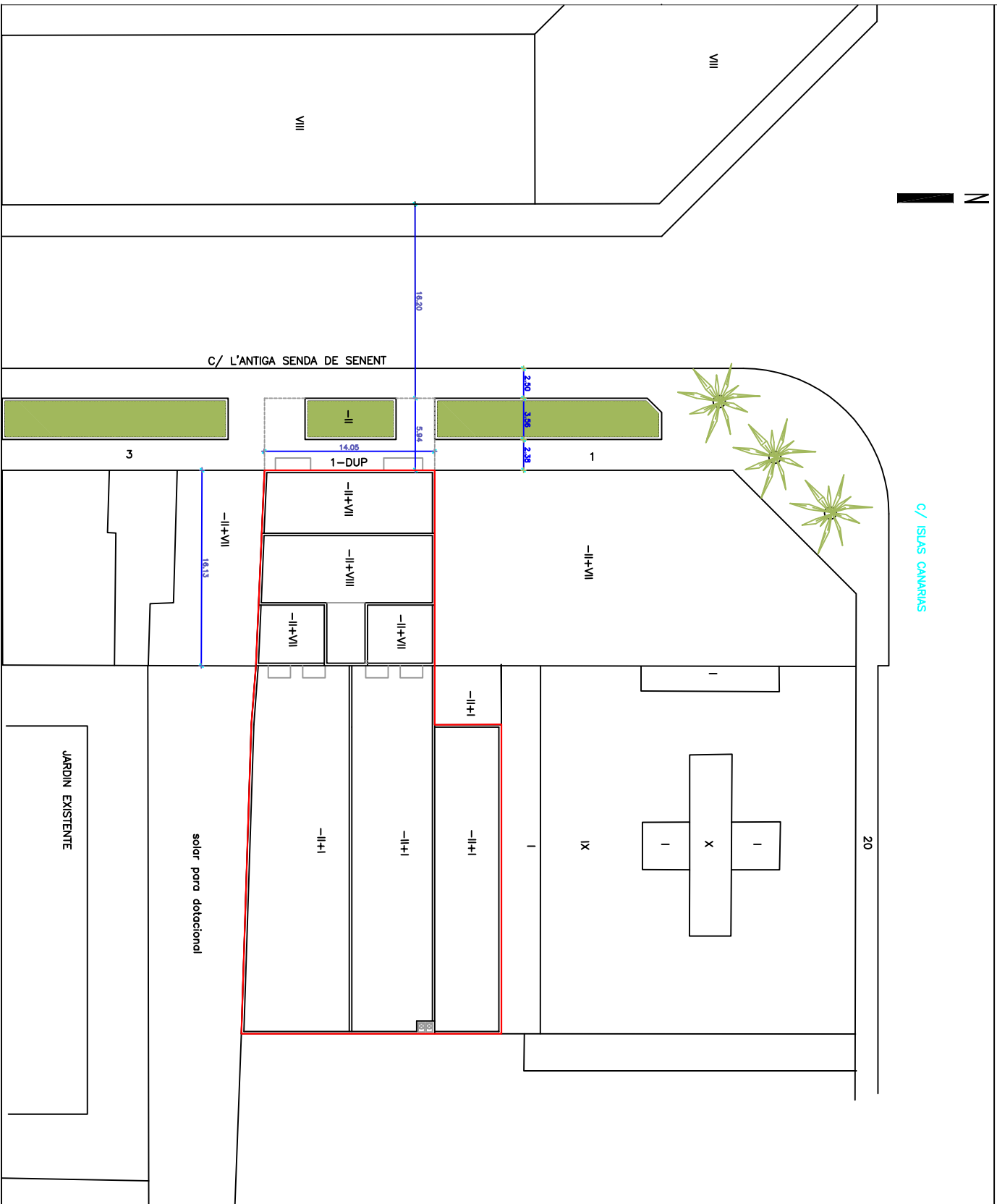
Edificio a estudiar está situado en Valencia capital. La dirección es la siguiente: Calle l´Antiga Senda de Senent, 1-Dup.
46023 Valencia

A continuación se adjunta el plano de situación de la edificación.

PLANO DE SITUACIÓN DE LA EDIFICACIÓN



C/ ISLAS CANARIAS



3.2 DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DEL EDIFICIO

El edificio que se va a estudiar es una edificación residencial que está constituida de 2 plantas subterráneas (Sótano 1 y Sótano 2), de Planta Baja de uso comercial, de 6 Plantas de uso residencial y ático vivienda.

Los sótanos del edificio están destinados a aparcamiento (32 plazas en sótano 2 y 31 en sótano 1) y trasteros (10 en sótano 2 y 5 en sótano 1).

La planta baja se destina a local sin uso específico y a zaguán de acceso a viviendas. Los locales técnicos se disponen en un altillo sobre la rampa del garaje.

Las plantas primera a sexta constan de dos viviendas por planta. La vivienda tipo A es de tres dormitorios y la tipo B de dos.

El núcleo de escalera incorpora los diferentes requerimientos de protección en caso de evacuación, pasos de instalaciones, y ascensor. Existe una escalera independiente de la general para la comunicación del zaguán con el garaje.

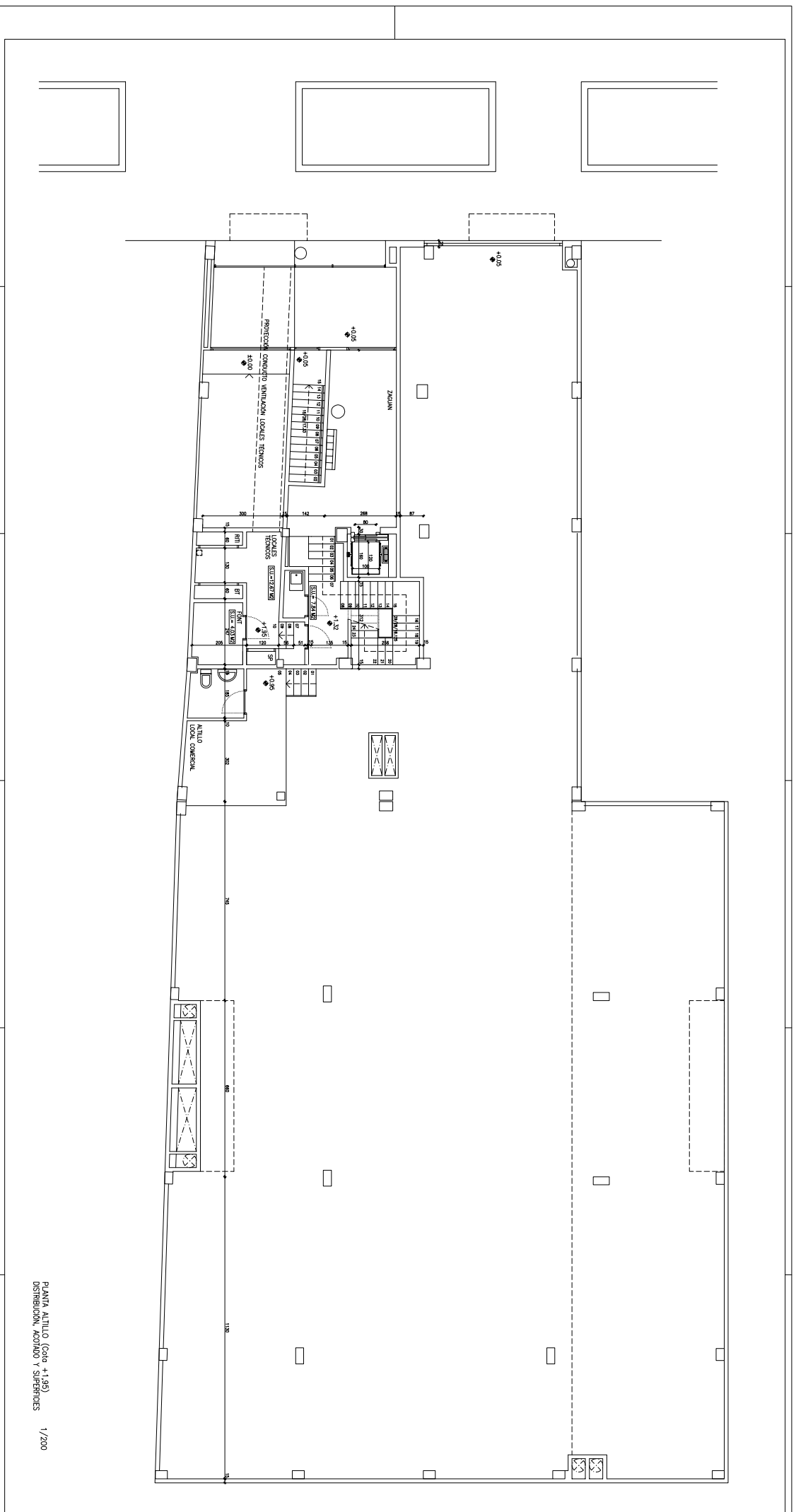
El ático de vivienda consta de una vivienda con una terraza privada.

En total resultan 12 viviendas tipo, 1 vivienda ático, un local comercial, 63 plazas de aparcamiento y 15 trasteros.

A continuación se adjuntan los planos de la edificación, estos son:

- Planta Sótano 2
- Planta Sótano 1
- Planta Baja
- Planta Tipo
- Planta Ático
- Alzado c/ l` Antita Senda de Senent
- Sección

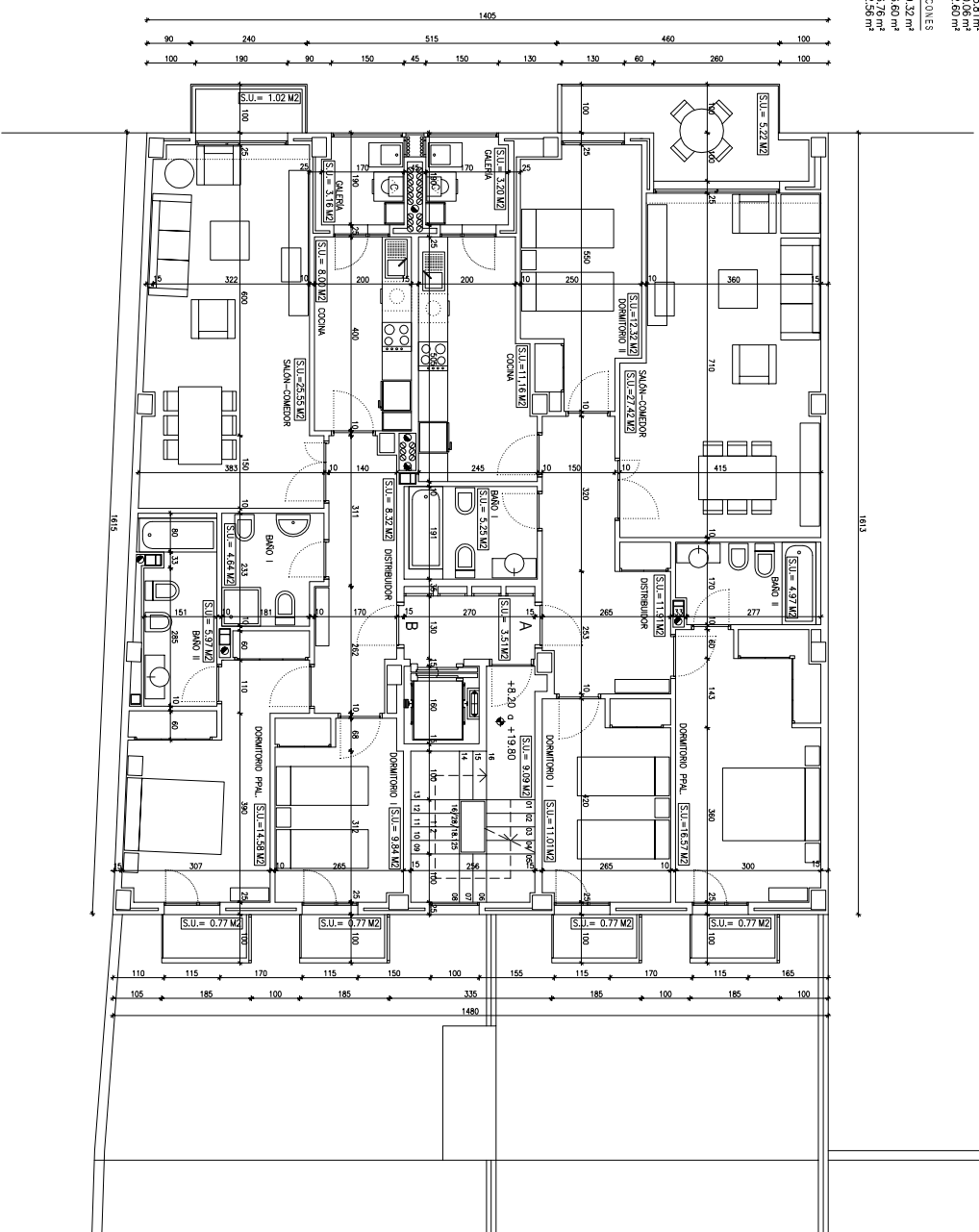
PLANTA BAJA



PLANTA ATILLO (Cota +1.95)
DISTRIBUCION, ACOTADO Y SUPERFICIES 1/200

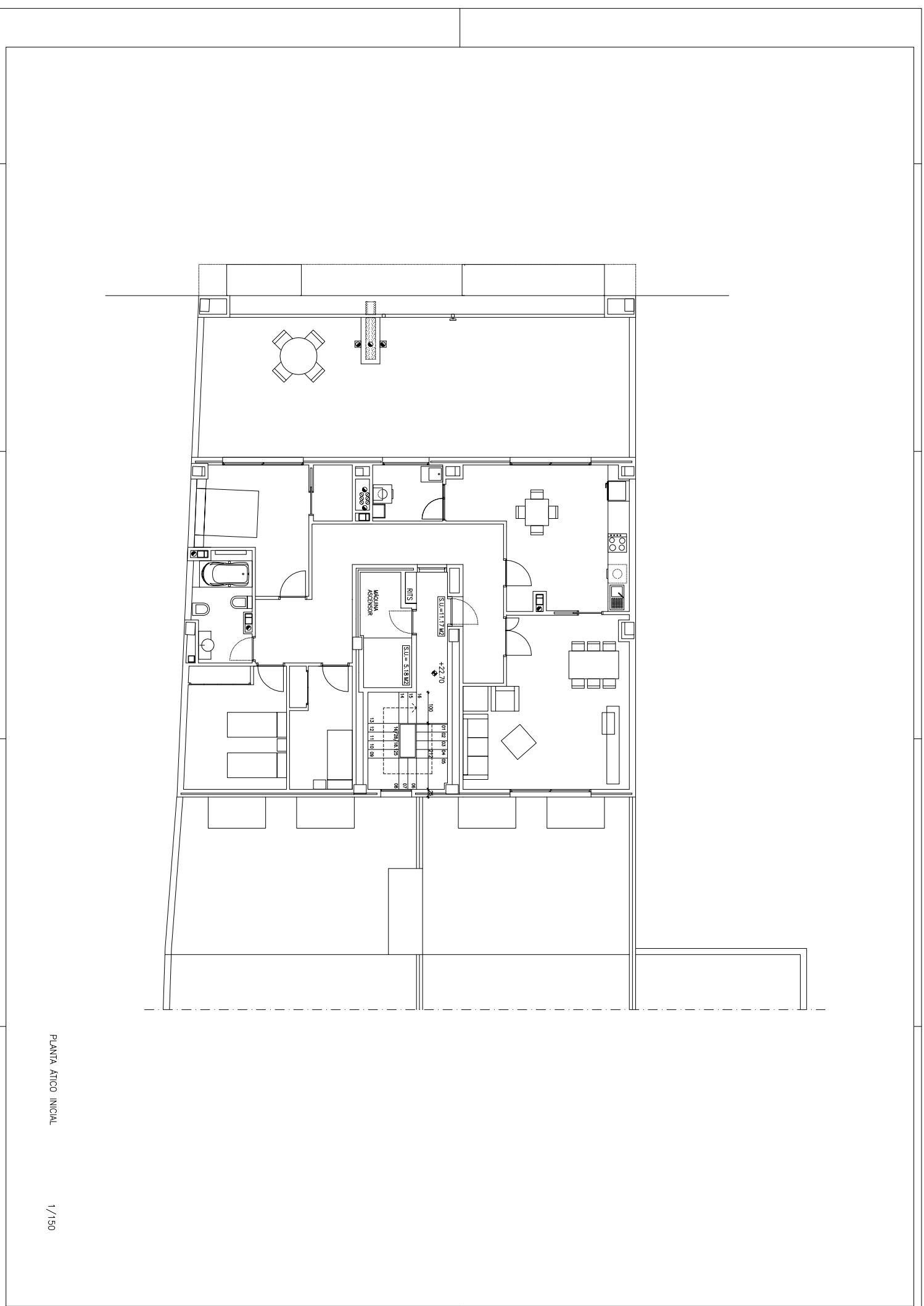
PLANTA TIPO

SUPERFICIES CONSTRUIDAS	
TOTAL PLANTA TIPO	239.55 m ²
TOTAL: Pl. TIPO x 5 PL.	1197.75 m ²
WENDIDA A	124.97 m ²
WENDIDA B	95.55 m ²
ELEMENTOS COMUNES	19.03 m ²
SUPERFICIES UTILES	
TOTAL PLANTA TIPO	196.47 m ²
TOTAL: Pl. TIPO x 5 PL.	982.35 m ²
WENDIDA A	103.81 m ²
WENDIDA B	80.06 m ²
ELEMENTOS COMUNES	12.60 m ²
SUP. UTILES DE TERRAZAS Y BALCONES	
TOTAL PLANTA TIPO	9.32 m ²
TOTAL: Pl. TIPO x 5 PL.	46.60 m ²
WENDIDA A	6.76 m ²
WENDIDA B	2.56 m ²



PLANTA TIPO (PL. 1°, 2°, 3°, 4°, 5°, 6°) 1/150
DISTRIBUCION, ACOTADO Y SUPERFICIES

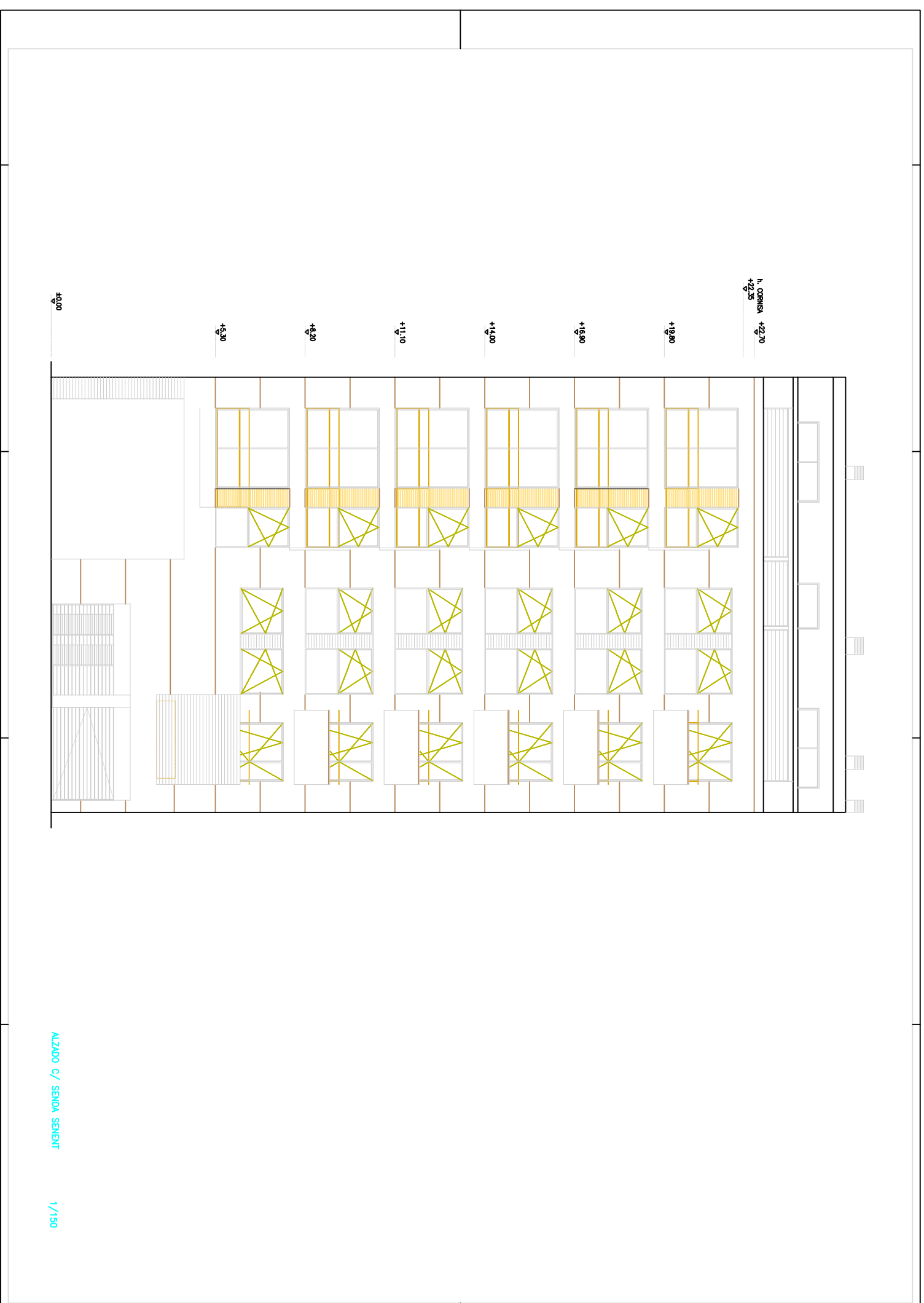
PLANTA ÁTICO INICIAL



PLANTA ÁTICO INICIAL

1/150

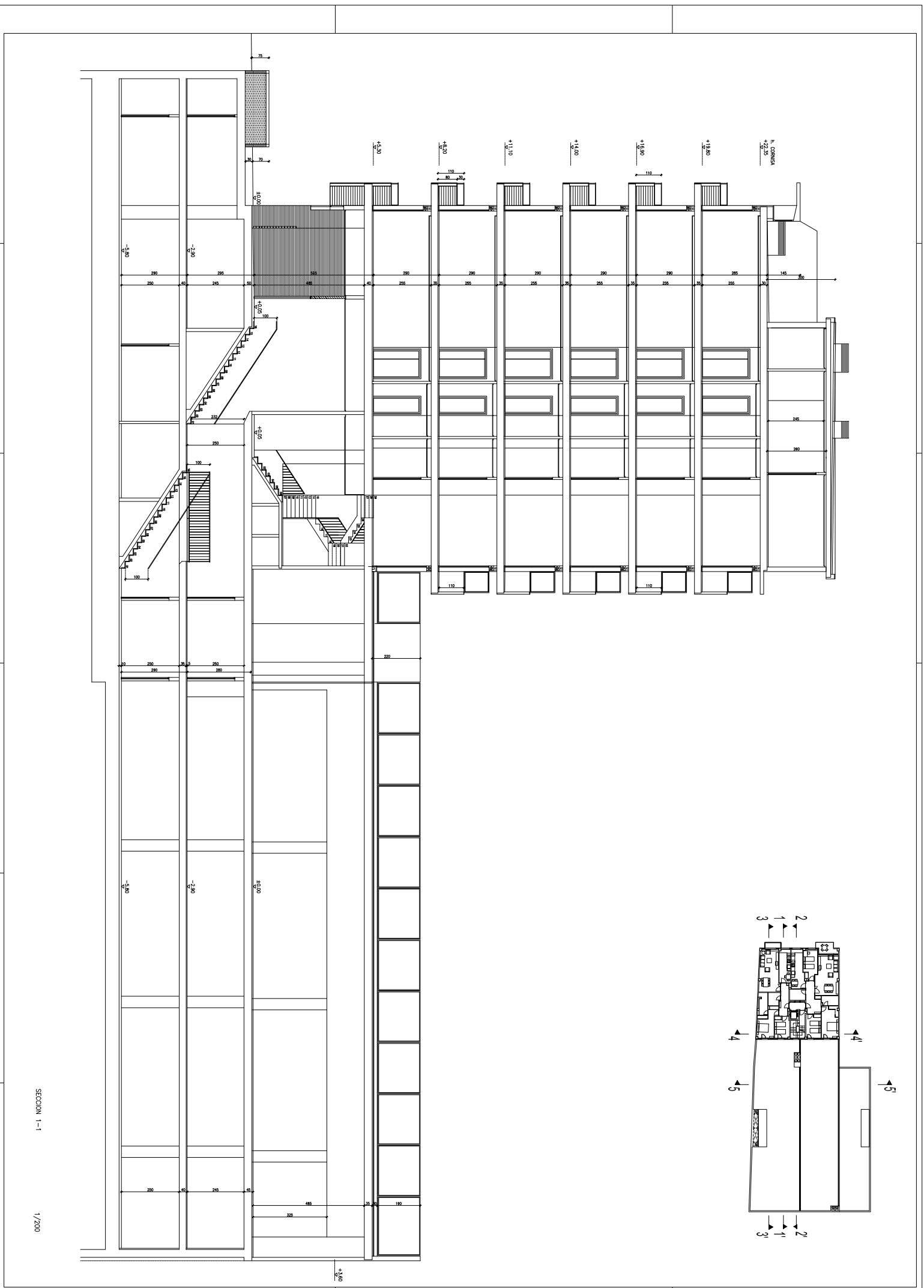
ALZADO C/ SENDA SEÑENT



ALZADO C/ SENDA SEÑENT

1/150

SECCIÓN 1-1'



SECCION 1-1

1/200

3.3 CAMBIO DE USO

3.3.1 INTRODUCCIÓN

En la planta ático del edificio descrito en el apartado anterior se pretende realizar un cambio de uso. El cambio de uso consiste en la colocación de un jacuzzi en la terraza de la planta ático.

El cambio de uso se plantea por motivos íntimos del propietario de la vivienda del ático. Antes de la realización de dicho cambio el propietario lo comunica a la comunidad vecinal y se plantea revisar la estructura portante por un técnico competente para averiguar si la estructura es capaz de soportar la sobrecarga que generaría el cambio de uso.

El estudio, en este trabajo, se va a centrar en la estructura portante de la planta ático y sobretodo en el pórtico más afectado por el cambio de uso. Dicho pórtico es el que está justo en la separación de la vivienda y la terraza.

3.3.2 CARACTERÍSTICAS DEL CAMBIO DE USO

El cambio de uso que el propietario de la vivienda ático pretende realizar consiste en la colocación de un jacuzzi en la terraza perteneciente a dicha vivienda.

Junto con la colocación del jacuzzi el propietario, también quiere cambiar de pavimento en la terraza. El pavimento existente en la terraza es pavimento de gras antideslizante. El pavimento que se quiere colocar es de piedra natural. Este pavimento es mucho más pesado que el ya existente.

La sobrecarga debida al cambio de pavimento en la terraza será de 1,1 KN/m.

El jacuzzi que pretende colocar el propietario tiene las características siguientes:

Dimensiones: 5 x 2,3 x 1,38 m

Peso lleno: 8 500 Kg

Peso en vacía: 1 000 Kg

La colocación del jacuzzi provocaría una sobrecarga total de 19,7 KN/m cuando es jacuzzi se encuentra lleno.

A parte de la colocación del jacuzzi y del cambio de pavimento, el propietario pretende colocar una estructura metálica cerrada con vidrio para la cubrición del jacuzzi.

La sobrecarga provocada por la estructura de cubrición del jacuzzi será de 1,05 KN/m.

En el caso concreto de este trabajo, el hecho de querer realizar un cambio de uso hace obligatorio el estudio de la estructura y la comprobación para ver si llevando a cabo el cambio de uso es preciso reforzar la estructura.

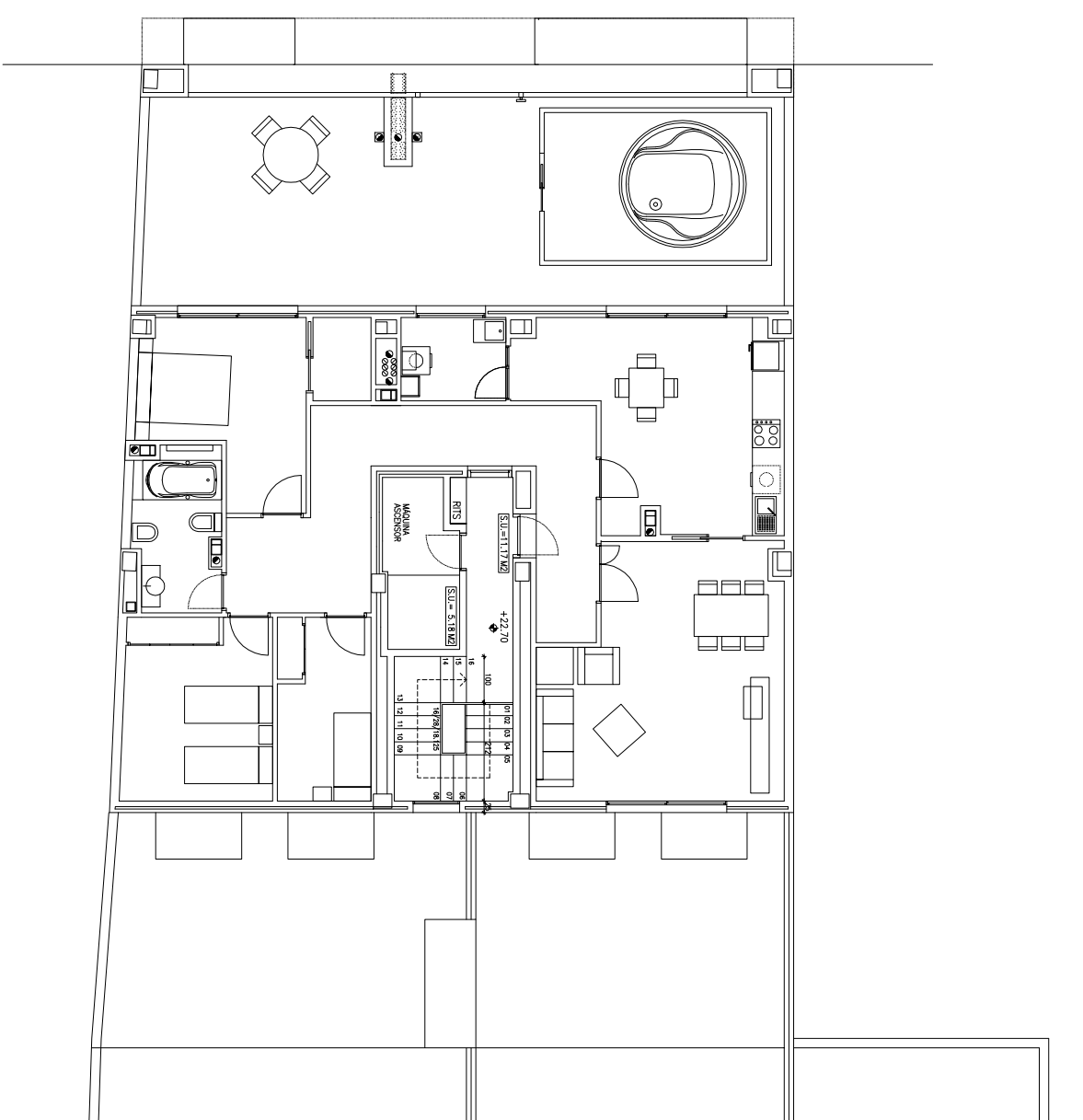
El estudio se centra en el pórtico más afectado, y sobre todo en la viga en el vano que se coloca el jacuzzi y su cubierta, porque es la que debe ser capaz de soportar el sobrepeso que provocará el cambio de uso. Por lo tanto, se estudia a fondo los diferentes tipos de refuerzos y para este caso se eligió el refuerzo mediante recrecido de hormigón armado.

Veselina Sabinova Kenalieva: "Refuerzo de vigas de hormigón mediante recrecido de hormigón armado en un ático de vivienda"

3.3.3 PLANO PLANTA ÁTICO CON EL CAMBIO DE USO

En este apartado se adjunta el plano de la planta ático según las características del cambio de uso.

PLANTA ÁTICO CAMBIO DE USO



PLANTA ÁTICO CON CAMBIO DE USO 1/150

4. CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES ESTRUCTURALES

Los elementos estructurales del edificio estudiado para reforzar están realizados con hormigón armado. Los estudios se van a centrar en la planta ático del edificio.

4.1 CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES

4.1.1 TIPIFICACIÓN DE LOS COMPONENTES DEL HORMIGÓN

Cemento utilizado:

- CEM II/A – M 32.5R (mixto)
- CEM II/A – V 32.5V (ceniza volante)

Áridos:

Árido calizo de machaqueo. Tamaño de 40 mm. en cimentación y 20 mm. resto.

Aditivos:

El uso de aditivos, no prescrito en el proyecto, deberá ir acompañado de Certificado de Garantía del Fabricante.

4.1.2 TIPIFICACIÓN DEL HORMIGÓN

La tipificación del hormigón se realiza según el Art. 39.2 de la Instrucción EHE-08. El tipo de hormigón utilizado en la realización de esta edificación lo podemos clasificar según el tipo de elemento estructural ejecutado:

- Cimentación:
HA / 25 / B / 40 / IIa (árido calizo)

- Alzados de muros de las dos plantas sótano:
HA / 25 / B / 40 / IIa (árido calizo)

- Pilares sótano:
HA / 25 / B / 20 / IIa

- Pilares sobre rasante:
HA / 25 / B / 20 / I

- Vigas y forjados:
HA / 25 / B / 20 / I

- Muro pantalla:
HA / 30 / L / 12 / IIa

4.1.3 CARACTERÍSTICAS DEL ACERO

Las armaduras pasivas, utilizadas en la ejecución de los elementos estructurales del edificio que se está analizando, están constituidas por barras corrugadas. Las armaduras empleadas para cada elemento de la obra son de acero B 500 S.

El acero utilizado para los mallazos es del tipo B 500 T.

4.2 CARACTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

4.2.1 CARACTERÍSTICAS GENERALES

Según la memoria del proyecto de ejecución del edificio la estructura se ajusta a lo prescrito en el artículo 4ª Documentos de Proyecto de la Instrucción EHE.

El sistema estructural está compuesto por soportes y jácenas planas o de cuelgue. El entramado estructural del edificio se ha diseñado con pórticos de nudos rígidos en ambos sentidos para adaptarlo a los requerimientos funcionales y dimensionales de las diferentes plantas y con objeto de conseguir un buen arriostramiento. Se diseña una junta de dilatación coincidente con el cambio de alturas permitidas por el planeamiento en el edificio y con continuidad en la losa de cimentación.

4.2.2 FORJADOS

Según la memoria del proyecto de ejecución los forjados se ajustan a lo prescrito en el artículo 3º Documentos de proyecto y ejecución de la Instrucción EFHE.

Los forjados son unidireccionales de viguetas semirresistentes armadas con armadura básica de celosía y piezas de entrevigado aligerantes de hormigón. Son de varios tipos atendiendo a sus cargas totales y características constructivas:

1. Tipo I: forjado 1 en suelo sótano 1 (sobrecarga de garaje para automóviles)
2. Tipo II: forjados 2 y 3 en suelo de planta baja y altillo (sobrecarga oficinas y tiendas)
3. Tipo III: forjado 4 en suelo de planta primera (canto 35 cm. para dimensionar el mayor número posible de vigas planas y mejorar el comportamiento acústico)
4. Tipo IV: forjados 5 a 9 en suelo de plantas tipo de viviendas
5. Tipo V: forjados 10 y 11, los que resuelven la planta ático del edificio.

Los cantos se eligen en función de la no necesidad de comprobación de flechas y también para dimensionar el mayor número posible de vigas planas.

En la tabla 4.1 se recogen las características del forjado tipo V, es decir, el tipo de forjado que pertenece a la planta ático, por lo que nos centramos en estudiar sus características.

FORJADO TIPO V Forjados 10 y 11	
VIGUETAS	SEMIRRESISTENTES ARMADAS CON CELOSIA. ancho de vigueta considerado 10 cm.
CANTO FORJADO	30 cm. (25 + 5 cm. capa comp.)
SEPARACION ENTRE EJES	72 cm.
BOVEDILLAS	ALIGERANTES DE HORMIGÓN
RECUBRIMIENTO Distancia entre la cara inferior de la vigueta y el eje de la armadura más cercana a esta cara	Según EHE: 15 mm para exposición Clase I (art. 37.2.4). Según NBE-CPI, para EF-90: 23 mm sin enlucido inferior.
ARMADURA DE REPARTO	Arm. Mínima Transversal: 1 Ø 5 c./ 20 cm. Arm. Mínima Longitudinal: 1 Ø 5 c./ 30 cm. Acero: B-500 T

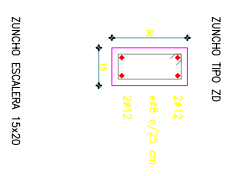
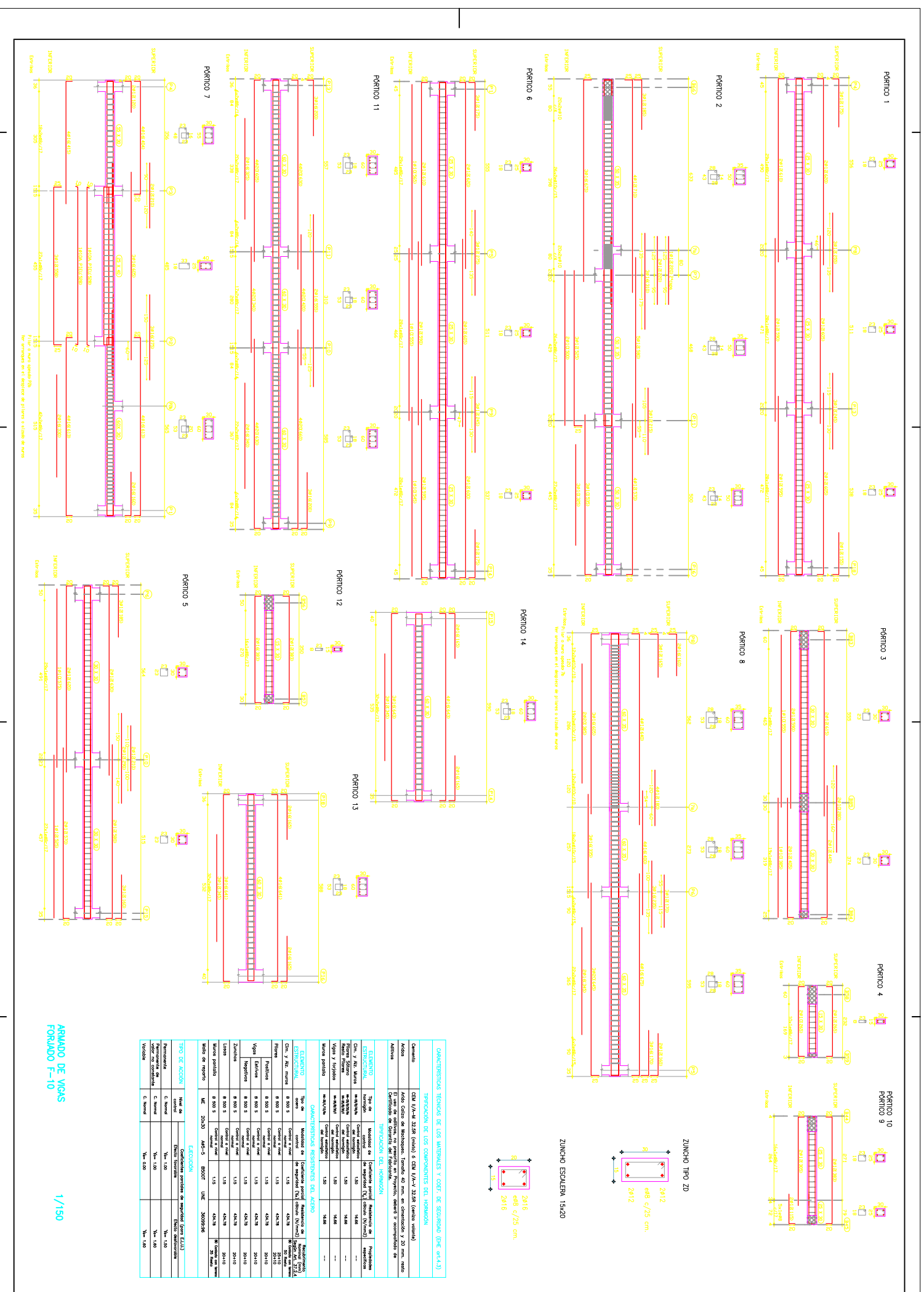
Tabla 4.1

4.2.3 ESQUEMA ESTRUCTURAL DE LA PLANTA ÁTICO

En el primer plano siguiente se presenta la planta estructural del forjado número 10 que corresponde al forjado de la planta ático del edificio que se está analizando.

El otro plano presenta el armado de vigas existentes en el forjado 10.

ARMADO DE VIGAS DEL FORJADO 10



CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MATERIALES Y COEF. DE SEGURIDAD (DNE art.4.5)

Material	Normativa	Clase	Clase	Clase	Clase
Acero	RDN (A-A) 3228 (Ensayo) & RDN (A-A) 3228 (Cálculo)	Acero	Acero	Acero	Acero
Acero	RDN (A-A) 3228 (Ensayo) & RDN (A-A) 3228 (Cálculo)	Acero	Acero	Acero	Acero

CONDICIONES RESISTENTES DEL ACERO

Clase	Modulo de elasticidad (E)	Resistencia característica (f _{yk})	Resistencia de cálculo (f _{cd})
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10

TIPO DE ACERO

Clase	Modulo de elasticidad (E)	Resistencia característica (f _{yk})	Resistencia de cálculo (f _{cd})
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10
Acero	210000	484.78	304.10

ARMADO DE VIGAS FORJADO F-10 1/150

5. CRITERIOS BÁSICOS DE SEGURIDAD ESTRUCTURAL

5.1 INTRODUCCIÓN

Se denomina seguridad estructural a una serie de condiciones que deben cumplir los edificios para considerar que las actividades para las que fueron diseñados pueden realizarse de forma segura. Estas condiciones se aplican tanto para el uso previsto del edificio como para su periodo de construcción.

La seguridad estructural contempla dos aspectos distintos:

- Resistencia y estabilidad (que el edificio resista los esfuerzos previstos)
- Condiciones de servicio (que se pueda utilizar con normalidad)

En España, la seguridad estructural de los edificios está regulada mediante el Código Técnico de la Edificación, (CTE), y concretamente en el Documento Básico de Seguridad Estructural (DB SE), que se subdivide en varios apartados:

- DB-SE-AE: "Acciones en la edificación", que determina las cargas y esfuerzos mínimos que debe soportar un edificio según su uso y situación.
- DB-SE-C: "Cimientos", que determina las condiciones que deben cumplir los cimientos
- DB-SE-A: "Acero", para las estructuras metálicas
- DB-SE-F: "Fábrica", para las estructuras de ladrillos o bloques
- DB-SE-M: "Madera", para las estructuras de madera.

Además, las estructuras de hormigón se regulan por la norma del hormigón estructural (EHE).

Según la Instrucción EHE-08 (Art. 5.1.1), que trata de las exigencias relativas al requisito de seguridad estructural, para satisfacer este requisito, las estructuras deberán proyectarse, construirse, controlarse y mantenerse de forma que cumplan unos niveles mínimos de fiabilidad para cada una de las exigencias que se establecen en los grupos de normas europeas EN 1990 a EN 1999 "Eurocódigos Estructurales".

Se entiende que el cumplimiento de esta Instrucción, complementada por las correspondientes reglamentaciones específicas relativas a acciones, es suficiente para garantizar la satisfacción de este requisito de seguridad estructural. La resistencia y la estabilidad de la estructura serán las adecuadas para que no se generen riesgos inadmisibles como consecuencia de las acciones e influencias previsibles, tanto durante su fase de ejecución como durante su uso, manteniéndose durante su vida útil prevista.

Los procedimientos incluidos en la Instrucción EHE-08 mediante la comprobación de los Estados Límites Últimos, junto con el resto de criterios relativos a ejecución y control, permiten satisfacer la exigencia de resistencia y estabilidad.

Las condiciones al servicio serán conformes con el uso previsto para la estructura, de forma que no se produzcan deformaciones inadmisibles, se limite a un nivel aceptable, en su caso, la probabilidad de un comportamiento dinámico inadmisibile para la confortabilidad de los usuarios y, además, no se produzcan degradaciones o fisuras inaceptables.

5.2 ESTADOS LÍMITES Y COEFICIENTES DE SEGURIDAD DEL HORMIGÓN ARMADO

5.2.1 MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITES

El agotamiento de un material se produce cuando éste no es capaz de absorber y transmitir los esfuerzos a los que está sometido. En este momento deja de tener capacidad resistente por sí mismo.

Ello implica que la capacidad resistente de un material tiene un límite. Este último es el que determinará la correcta situación de servicio del elemento estructural o el agotamiento del material que lo conforma.

El proceso de cálculo propuesto por la Instrucción EHE-08 corresponde al denominado "*método de los estados límites*" y tiene por objeto reducir a un valor suficiente bajo la probabilidad, siempre existente, de que sean alcanzados una serie de estados límites, entendiendo como tales aquellos estados o situaciones de una estructura o de una parte de la misma tales que, de alcanzarse, ponen fuera de servicio la estructura, es decir, que deja de ser capaz para cumplir la función para la que fue construida.

5.2.2 COEFICIENTE DE SEGURIDAD

En el método de los estados límites, expuesto anteriormente, la seguridad se introduce a través de tres coeficientes parciales: dos de minoración de las resistencias mecánicas del hormigón y del acero y otro de ponderación de las acciones. Los valores que toman estos coeficientes de seguridad son distintos según se trate de estudiar los estados límites últimos o los estados límites de servicio de la estructura.

Según la memoria del proyecto de ejecución del edificio, los valores de los coeficientes de seguridad utilizados son los siguientes:

- ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

En situación persistente (uso habitual de la estructura) o transitoria (no accidental), los coeficientes son:

- Efecto favorable: $\gamma_G=1,00$, excepto en acción variable que valdrá $\gamma_Q=0$
- Efecto desfavorable: $\gamma_G = \gamma_Q=1,50$ si la acción es permanente de valor no constante o variable; $\gamma_P=1,00$ si es de pretensado y $\gamma_G =1,35$ si es permanente.

En situación accidental $\gamma_G =1,00$ en todos los casos excepto en acción variable de efecto favorable que valdrá $\gamma_Q =0,00$.

Estos coeficientes se corrigen según el nivel de control tal y como se recoge en la Tabla 5.1. Para el control a nivel normal prescrito para la presente obra tenemos:

TIPO DE ACCIÓN	CONTROL DE EJECUCIÓN A NIVEL NORMAL
Permanente y constante	$\gamma_G = 1,50$ (efecto desfavorable) $\gamma_G = 1,00$ (efecto favorable)
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$ (en todos los casos)
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G'} = 1,60$ (efecto desfavorable) $\gamma_{G'} = 1,00$ (efecto favorable)
Variable	$\gamma_Q = 1,60$ (efecto desfavorable) $\gamma_Q = 1,00$ (efecto favorable)

Tabla 5.1

- ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO.

Para el análisis de los estados límites de servicio se adoptarán los coeficientes parciales de seguridad:

- Acciones variables con efecto favorable: $\gamma_Q = 0,00$
- Acciones permanentes y permanentes de valor no constante con efecto favorable o desfavorable: $\gamma_G = 1,00$

Como coeficientes parciales de seguridad de los materiales para Estados límites últimos se tomarán los valores de la tabla 5.2.

Situación de proyecto	Hormigón	Acero pasivo y activo
	γ_c	γ_s
Persistente o trayectoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

Tabla 5.2

6. IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

6.1 INTRODUCCIÓN

En este apartado del trabajo se van a analizar las características de la planta ático que va a sufrir un cambio de uso. A causa a este cambio de uso nos vemos obligados a realizar comprobaciones de los elementos estructurales que se van a ver afectados.

Lo primero, se van a calcular las cargas iniciales, permanentes y de sobrecarga, que afectan a dichos elementos estructurales antes de realizarse el refuerzo. Con las cargas obtenidas y con la ayuda del programa informático CypeCAD se van a obtener los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector de los elementos estructurales afectados.

Posteriormente, se calcularán los momentos últimos del elemento más afectado por el cambio de uso. Este cálculo se realizará siguiendo el Anejo 7 de la Instrucción EHE-08.

Por último, se van a calcular las cargas, tanto permanentes como de sobrecarga, tras la realización del cambio de uso. Con las cargas obtenidas y con la ayuda del programa informático CypeCAD se van a obtener los diagramas de esfuerzo cortante y momento flector de los elementos estructurales afectados.

Una vez obtenidos los momentos máximos a los que está sometida la estructura, en estado inicial y tras la realización del cambio de uso, se comprobará si es necesaria la intervención con el fin de reforzar los elementos estructurales afectados.

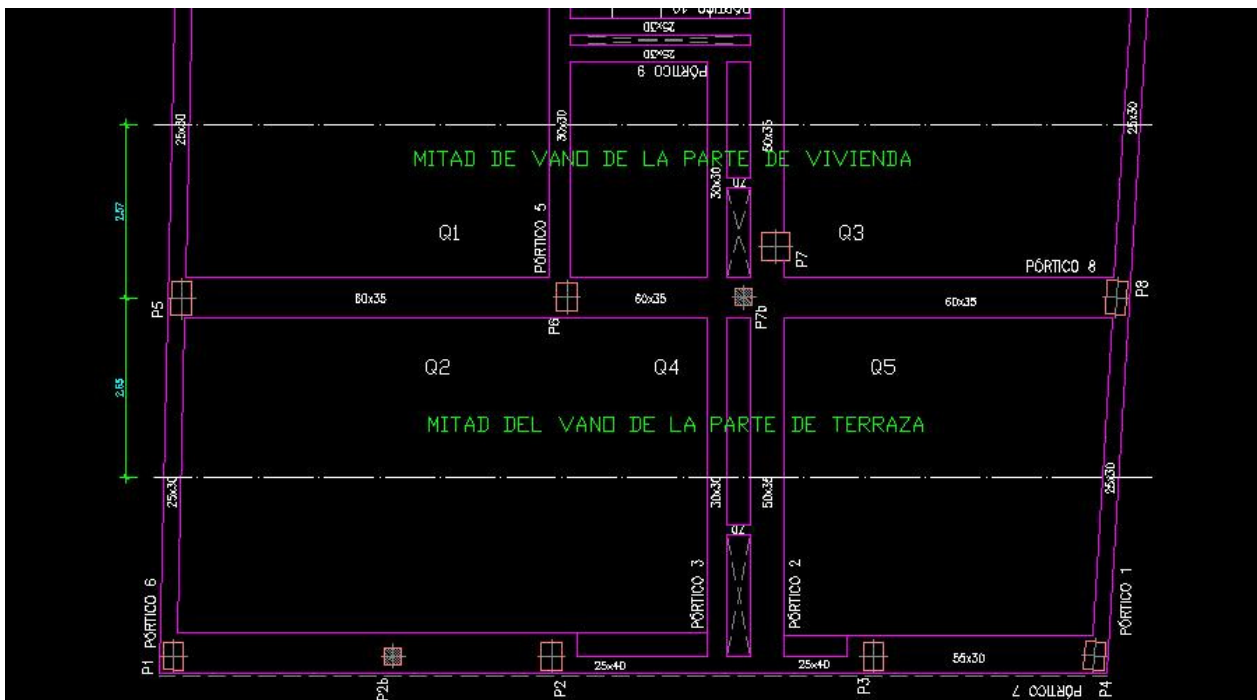
Al igual que con los momentos últimos, también se va a calcular el cortante máximo para el que está calculada la estructura a partir de los cortantes obtenidos con el cálculo del programa CypeCAD en el vano más desfavorable.

6.2 ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL CASO INICIAL, ANTES DEL CAMBIO DE USO

En este apartado los estudios se plantean con las cargas iniciales, es decir, antes de que se produzca el cambio de uso.

En la imagen siguiente se muestra el pórtico que resulta más afectado de la planta de estructuras del forjado 10. Se coge la mitad de los vanos, tanto de la parte de vivienda como de la parte de terraza.

ESQUEMA EN EL PÓRTICO MÁS DESFAVORABLE



En la imagen aparecen indicadas las cargas que existen en cada vano. Estas son:

- Q1: Carga permanente de vivienda
- Q2: Carga permanente de terraza
- Q3: Sobrecarga de uso vivienda
- Q4: Sobrecarga de uso terraza
- Q5: Sobrecarga de nieve

Los valores calculados de dichas cargas, según el DB SE-AE, (Documento Básico de Seguridad Estructural - Acciones en Edificación) del CTE, son los siguientes:

- Carga permanente de vivienda:

$$Q1 = 3,55 \text{ KN/m}^2 + 1 \text{ KN/m}^2 + 1,2 \text{ KN/m}^2 + 0,2 \text{ KN/m}^2 = 5,95 \text{ KN/m}^2$$

Donde:

3,55 KN/m^2 - Peso propio: forjado 25+5 con bloques de hormigón.

1 KN/m^2 - Carga permanente: solado terrazo sobre mortero.

1,2 KN/m^2 - Peso propio tabiquería

0,2 KN/m^2 - Carga permanente: Enlucido inferior yeso $e=15$ mm.

- Carga permanente de terraza:

$$Q2 = 3,55 \text{ KN/m}^2 + 2,9 \text{ KN/m}^2 + 0,2 \text{ KN/m}^2 = 6,65 \text{ KN/m}^2$$

Donde:

3,55 KN/m^2 - Peso propio: forjado 25+5 con bloques de hormigón.

2,9 KN/m^2 - Carga permanente: protección pesada

0,2 KN/m^2 - Carga permanente: Enlucido inferior yeso $e=15$ mm.

- Sobrecarga de uso de vivienda:

$$Q3 = 2 \text{ KN/m}^2$$

- Sobrecarga de uso de terraza (Cubierta transitable accesible sólo privadamente):

$$Q4 = 1 \text{ KN/m}^2$$

- Sobrecarga de nieve (según capitales de provincia)

$$Q5 = 0,2 \text{ KN/m}^2$$

Para calcular la carga existente por cada metro, se multiplica la carga en KN/m^2 por la mitad de la longitud del vano.

En el caso de la vivienda es 2,565 m.

En el caso de la terraza es 2,65 m.

$$Q1 = 5,95 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 15,26 \text{ KN/m}$$

$$Q2 = 6,65 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 17,62 \text{ KN/m}$$

$$Q3 = 2 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 5,13 \text{ KN/m}$$

$$Q4 = 1 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 2,65 \text{ KN/m}$$

$$Q5 = 0,2 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 0,53 \text{ KN/m}$$

Carga permanente total:

$$Q1 + Q2 = 15,26 \text{ KN/m} + 17,62 \text{ KN/m} = \mathbf{32,88 \text{ KN/m}}$$

Sobrecargas de uso total:

Dos posibles valores:

$$Q3 + Q4 = 5,13 \text{ KN/m} + 2,65 \text{ KN/m} = 7,78 \text{ KN/m}$$

$$Q3 + Q4 + Q5 = 5,13 \text{ KN/m} + 2,65 \text{ KN/m} + 0,53 \text{ KN/m} = \mathbf{8,31 \text{ KN/m}}$$

Se elige el valor de la sobrecarga de uso total más desfavorable.

Con la ayuda del programa informático CypeCAD se realizan las tres hipótesis de cálculo estructural, con las cargas permanentes y de sobrecarga, para el pórtico y se cogen los valores máximos de momentos flectores, positivos y negativos. Con estos valores se realizará el cálculo de los momentos de cálculo de la estructura en el estado original de proyecto.

Las tres hipótesis de cálculo estructural consisten en variar la distribución de cargas sobre el pórtico. Estas cargas son las siguientes y se representan:

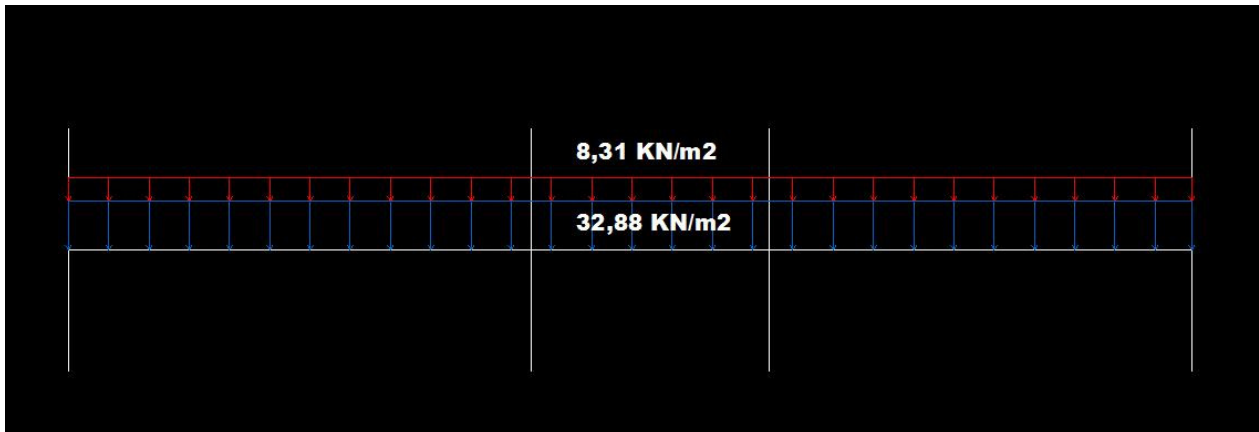
Carga permanente total = 32,88 KN/m² (color azul)

Sobrecarga total = 8,31 KN/m² (color rojo)

Las tres hipótesis son:

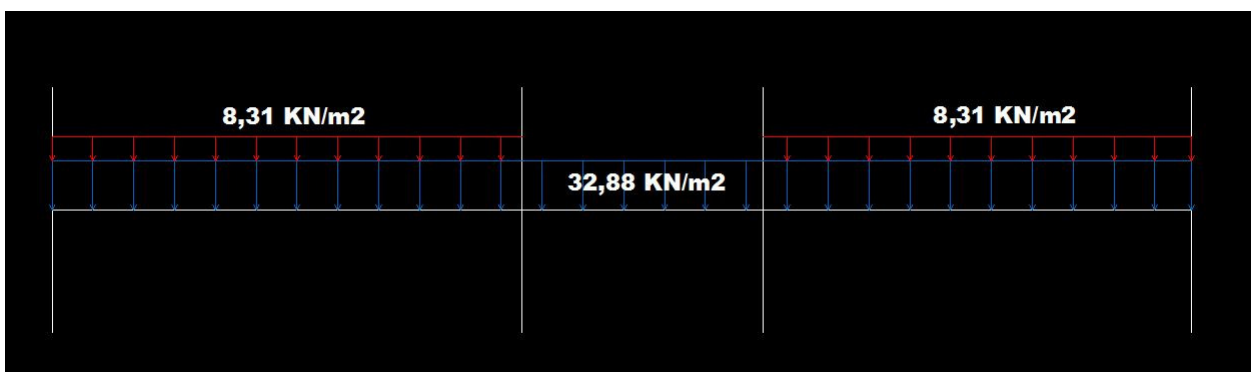
1. Distribución de la carga permanente total y de la sobrecarga total sobre todo el pódico.

ESQUEMA DE GARGAS EN EL PÓDICO SEGÚN HIPÓTESIS 1



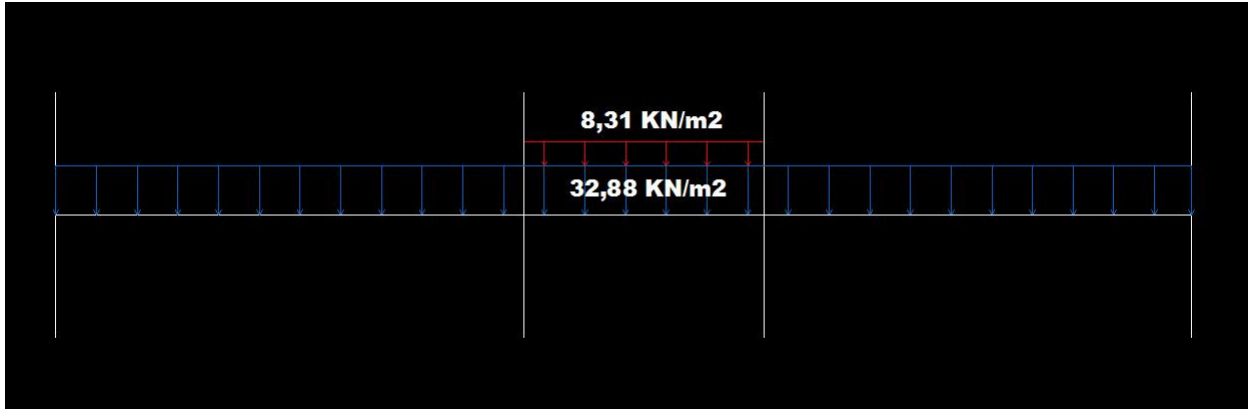
2. Distribución de la carga permanente total sobre todo el pódico y la sobrecarga total sobre los vanos impares.

ESQUEMA DE GARGAS EN EL PÓDICO SEGÚN HIPÓTESIS 2



3. Distribución de la carga permanente total sobre todo el pórtico y la sobrecarga total sobre los vanos pares.

ESQUEMA DE GARGAS EN EL PÓRTICO SEGÚN HIPÓTESIS 3



Los resultados obtenidos a partir del cálculo realizado con el programa informático CypeCAD son los siguientes:

Momento máximo positivo:

$$M_{d1}^+ = 110,66 \text{ KN.m}$$

Momento máximo negativo:

$$M_{d1}^- = 168,19 \text{ KN.m}$$

En cuanto al cortante:

Cortantes máximos a los que está sometida la viga inicialmente:

$$V^+ = 188,26 \text{ KN}$$

$$V^- = 176,81 \text{ KN}$$

6.3 MOMENTOS ÚLTIMOS

En el vano más desfavorable se calcula el momento último que resiste la viga.

El cálculo se realiza siguiendo el Anejo 7 "Cálculo simplificado de secciones en Estado Límite de Agotamiento frente a sollicitaciones normales" de la Instrucción EHE-08. En el Art.2 del Anejo 7 se habla de las hipótesis básicas y de las limitaciones:

"Las fórmulas que se presentan en los apartados siguientes se han deducido a partir de las hipótesis básicas expuestas en 42.1.2 adoptando un diagrama bilineal para el acero de la armadura pasiva y un diagrama parabólico-rectangular para el hormigón comprimido (aproximado para el cálculo de resultantes de tensiones y momentos por un diagrama rectangular, tal como se expone en 39.5).

Asimismo se han tenido en cuenta los dominios de deformación de agotamiento, que identifican el Estado Límite Último de Agotamiento frente a sollicitaciones normales, de acuerdo con los criterios expuestos en 42.1.3.

Las fórmulas expuestas son válidas para los distintos tipos de acero para armadura pasiva, permitidos en esta Instrucción, siempre que se cumpla:

$$\frac{d'}{d} \leq 0,20$$

$$\frac{d}{h} \geq 0,80$$

A continuación, se define el significado de algunas variables utilizadas en las fórmulas de los siguientes apartados.

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$U_o = f_{cd} \cdot b \cdot d$$

$$U_v = 2 \cdot U_o \cdot \frac{d'}{d}$$

$$U_a = f_{cd} \cdot b \cdot h$$

Las ecuaciones de equilibrio constituyen un sistema no lineal debido al comportamiento no lineal de los materiales y a la existencia de tres pivotes para la definición de los dominios de agotamiento.

En la figura A.7.2 se representa, en función de la posición de la fibra neutra x , la evolución de la tensión de las capas de armadura As_1 y As_2 y la evolución del axil y del momento de la resultante del hormigón comprimido respecto a las fibras en las que se sitúan As_1 y As_2 . La definición del momento de la resultante del bloque comprimido utiliza una fibra de referencia a profundidad y .

La figura y las fórmulas de este Anejo han sido obtenidas considerando que la deformación del límite elástico del acero es $\varepsilon_y = 0,002$, que constituye una simplificación razonable y un valor intermedio entre los correspondientes a los aceros disponibles y el coeficiente de minoración del acero definido en 15.3.²

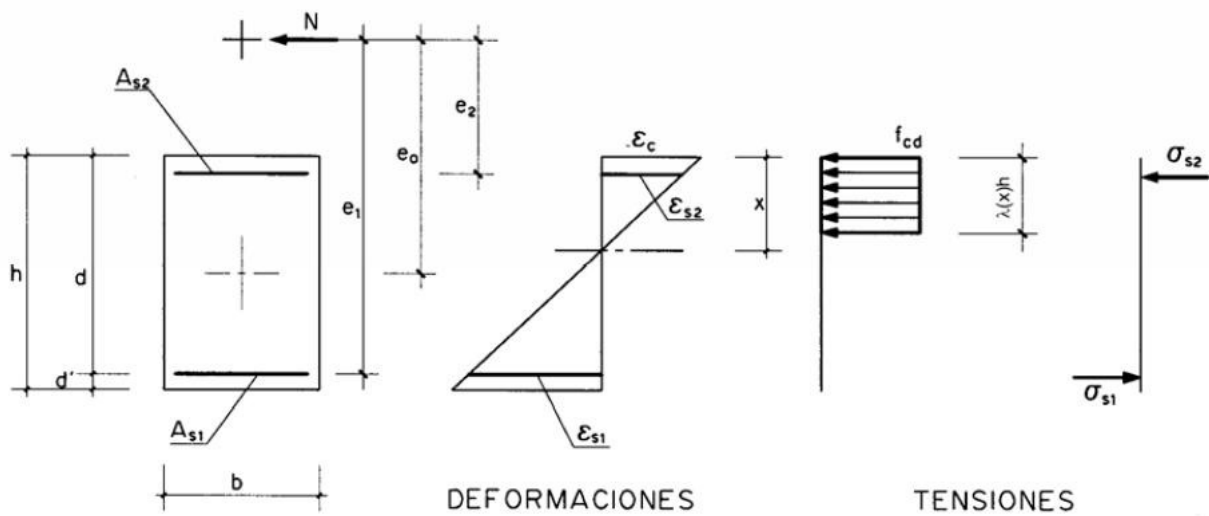
² EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructuras, Gobierno de España, pág. 505-506

Siguiendo el Art.3.2 Comprobación del Anejo 7 de la Instrucción EHE-08 procedemos al cálculo del momento último:

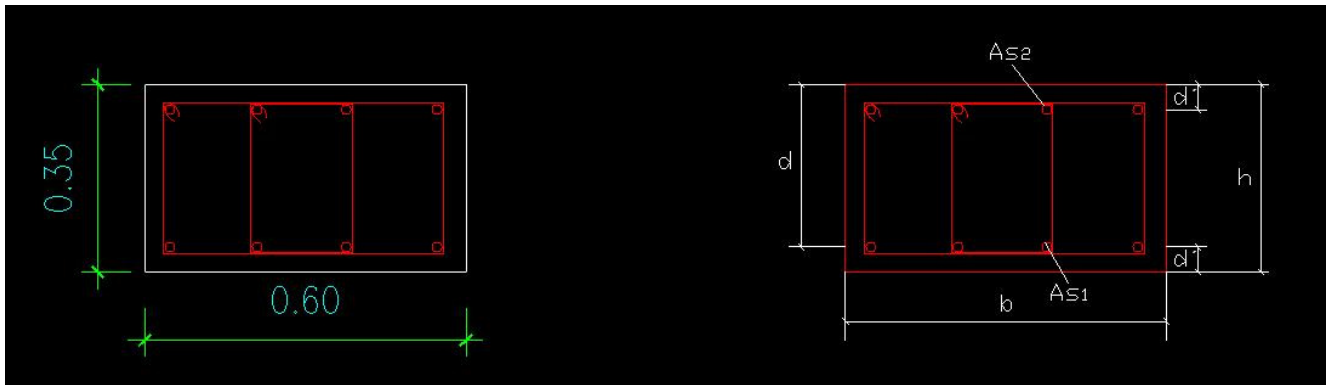
Se indican las características de la viga existente:

- Hormigón utilizado: HA-25
- Acero utilizado: B 500 S
- Coeficiente minoración hormigón: $\gamma_c = 1,5$
- Coeficiente minoración acero: $\gamma_s = 1,15$

ESQUEMA DE DEFORMACIONES DE UNA VIGA DE SECCIÓN RECTANGULAR



SECCIÓN DE LA VIGA



Donde:

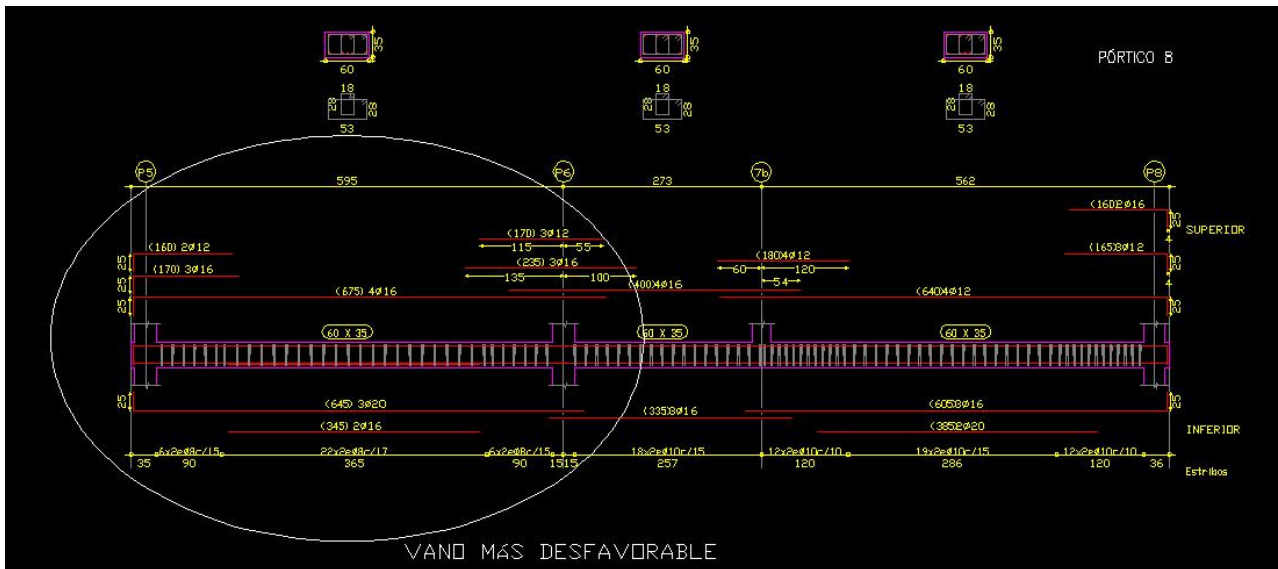
$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d' = 4 \text{ cm}$$

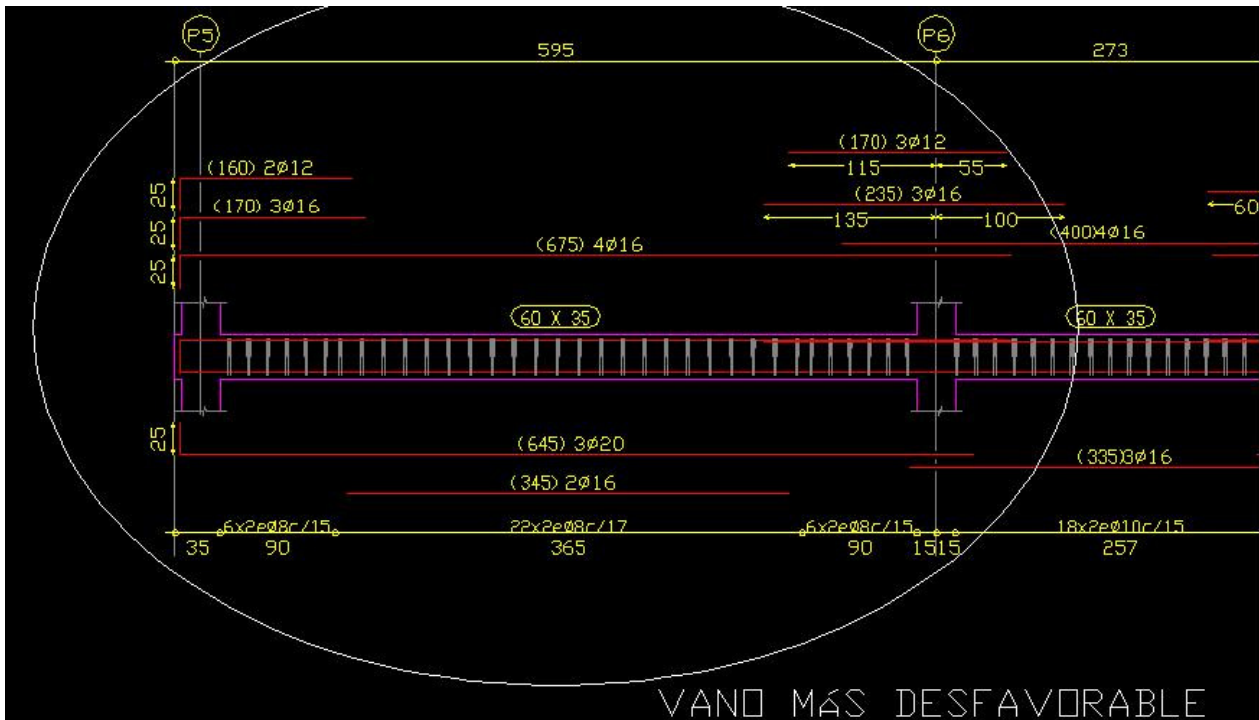
$$d = 31 \text{ cm}$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

ESQUEMA DE ARMADURA DE LA VIGA DEL PÓRTICO MÁS AFECTADO



ESQUEMA DE ARMADURA EN EL VANO MÁS DESFAVORABLE



A partir del esquema de armaduras de la viga obtenemos las cuantías de acero para momentos positivos y negativos:

Momentos positivos:

$$A_{s1} = 3 \cdot 3,14 \text{ cm}^2 + 2 \cdot 2,01 \text{ cm}^2 = 13,44 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 4 \cdot 2,01 \text{ cm}^2 = 8,04 \text{ cm}^2$$

Momentos negativos:

$$A_{s1} = 3 \cdot 1,13 \text{ cm}^2 + 3 \cdot 2,01 \text{ cm}^2 + 4 \cdot 2,01 \text{ cm}^2 = 17,46 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 3 \cdot 3,14 \text{ cm}^2 = 9,41 \text{ cm}^2$$

Empezamos calculando el momento último positivo:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 43,48 \text{ KN/cm}^2$$

$$U_o = f_{cd} \cdot b \cdot d = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 310 \text{ mm} = 3100,62 \text{ KN}$$

$$U_v = 2 \cdot U_o \cdot \frac{d'}{d} = 2 \cdot 3100,62 \text{ KN} \cdot \frac{4 \text{ cm}}{31 \text{ cm}} = 800,16 \text{ KN}$$

$$U_a = f_{cd} \cdot b \cdot h = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 350 \text{ mm} = 3500,7 \text{ KN}$$

$$U_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 43,48 \text{ KN/cm}^2 \cdot 13,44 \text{ cm}^2 = 584,37 \text{ KN}$$

$$U_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 43,48 \text{ KN/cm}^2 \cdot 8,04 \text{ cm}^2 = 349,54 \text{ KN}$$

Siguiendo el Anejo 7 (Art.3.2) de la Instrucción EHE-08:

Comprobación:

$$U_{s1} - U_{s2} = 584,37 \text{ KN} - 349,54 \text{ KN} = 234,79 \text{ KN}$$

$$U_{s1} - U_{s2} < U_v$$

$$M_u = 0,24 \cdot U_v \cdot d' \cdot \frac{(U_v - (U_{s1} - U_{s2})) \cdot (1,5 \cdot U_{s1} + U_{s2})}{(0,6 \cdot U_v + U_{s2})^2} + U_{s1} \cdot (d - d')$$

$$M_u = 0,24 \cdot 800,16 \text{KN} \cdot 0,04 \text{m} \cdot \frac{(800,16 \text{KN} - 234,79 \text{KN}) \cdot (1,5 \cdot 584,37 + 349,54 \text{KN})}{(0,6 \cdot 800,16 \text{KN} + 349,54 \text{KN})^2} +$$

$$+ 584,37 \text{KN} \cdot 0,27 \text{m} = 165,5 \text{KN.m}$$

$$M_u^+ = 165,5 \text{KN.m}$$

Ahora se va calcular el momento último negativo:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 43,48 \text{ KN/cm}^2$$

$$U_o = f_{cd} \cdot b \cdot d = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 310 \text{ mm} = 3100,62 \text{ KN}$$

$$U_v = 2 \cdot U_o \cdot \frac{d'}{d} = 2 \cdot 3100,62 \text{ KN} \cdot \frac{4 \text{ cm}}{31 \text{ cm}} = 800,16 \text{ KN}$$

$$U_a = f_{cd} \cdot b \cdot h = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 350 \text{ mm} = 3500,7 \text{ KN}$$

$$U_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 43,48 \text{ N/cm}^2 \cdot 17,46 \text{ cm}^2 = 759,16 \text{ KN}$$

$$U_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 43,48 \text{ N/cm}^2 \cdot 9,42 \text{ cm}^2 = 409,58 \text{ KN}$$

Siguiendo el Anejo 7 (Art.3.2) de la Instrucción EHE-08:

Comprobación:

$$U_{s1} - U_{s2} = 759,15 \text{ KN} - 409,58 \text{ KN} = 349,58 \text{ KN}$$

$$U_{s1} - U_{s2} < U_v$$

$$M_u = 0,24 \cdot U_v \cdot d' \cdot \frac{(U_v - (U_{s1} - U_{s2})) \cdot (1,5 \cdot U_{s1} + U_{s2})}{(0,6 \cdot U_v + U_{s2})^2} + U_{s1} \cdot (d - d')$$

$$M_u = 0,24 \cdot 800,16 \text{ KN} \cdot 0,04 \text{ m} \cdot \frac{(800,16 \text{ KN} - 349,58 \text{ KN}) \cdot (1,5 \cdot 759,16 + 409,58 \text{ KN})}{(0,6 \cdot 800,16 \text{ KN} + 409,58 \text{ KN})^2} +$$

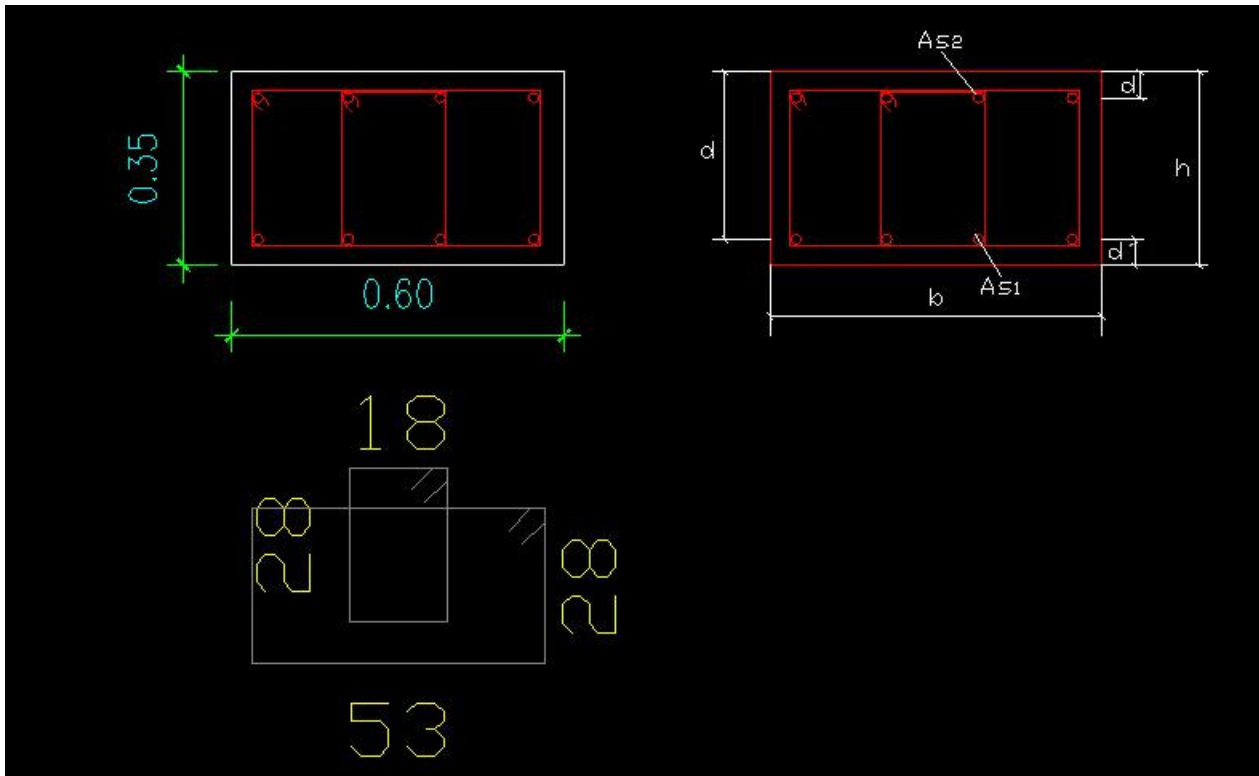
$$+ 759,16 \text{ KN} \cdot 0,27 \text{ m} = 211,74 \text{ KN.m}$$

$$M_u^- = 211,74 \text{ KN.m}$$

6.4 CORTANTE MÁXIMO

El cortante máximo que resiste la viga lo calcularemos siguiendo el Artículo 44 "Estado límite frente a cortante" de la Instrucción EHE-08.

SECCIÓN DE LA VIGA Y SU ARMADURA A CORTANTE



Siguiendo el Artículo 44:

$$V_r \leq V_{u1}$$

$$V_r \leq V_{u2}$$

Donde:

V_r : Esfuerzo cortante de cálculo.

V_{u1} : Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

V_{u2} : Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma.

Obtención de V_{u1} :

$$V_{u1} = 0,30 \cdot f_{cd} \cdot b_0 \cdot d$$

Donde:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$b_0 = 60 \text{ cm}$$

$$d = 31 \text{ cm}$$

$$V_{u1} = 0,30 \cdot 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 310 \text{ mm} = \mathbf{930,18 \text{ KN}}$$

Obtención de V_{u2} :

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

$$V_{cu} = (0,15 / \gamma_c) \cdot \zeta \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} b_0 \cdot d$$

$$\zeta = 1,861$$

$$\rho_1 = \frac{As1}{b_0 \cdot d} = \frac{13,44}{60 \cdot 30} = 7,22 \cdot 10^{-3} \leq 0,02$$

$$V_{cu} = (0,15 / 15) \cdot 1,861 \cdot (100 \cdot 7,22 \cdot 10^{-3} \cdot 25)^{1/3} \cdot 60 \cdot 31 = 90,80 \text{ KN}$$

$$V_{su} = 0,90 \cdot d \cdot A_a \cdot f_{y\alpha,d}$$

$$A_a = 4 \cdot \frac{3,1416 \cdot 0,4^2}{15} = 0,134$$

$$f_{y\alpha,d} \leq 400 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{su} = 0,90 \cdot 31 \cdot 0,134 \cdot 40 = 149,54 \text{ KN}$$

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su} = 90,80 + 149,54 = \mathbf{240,34 \text{ KN}}$$

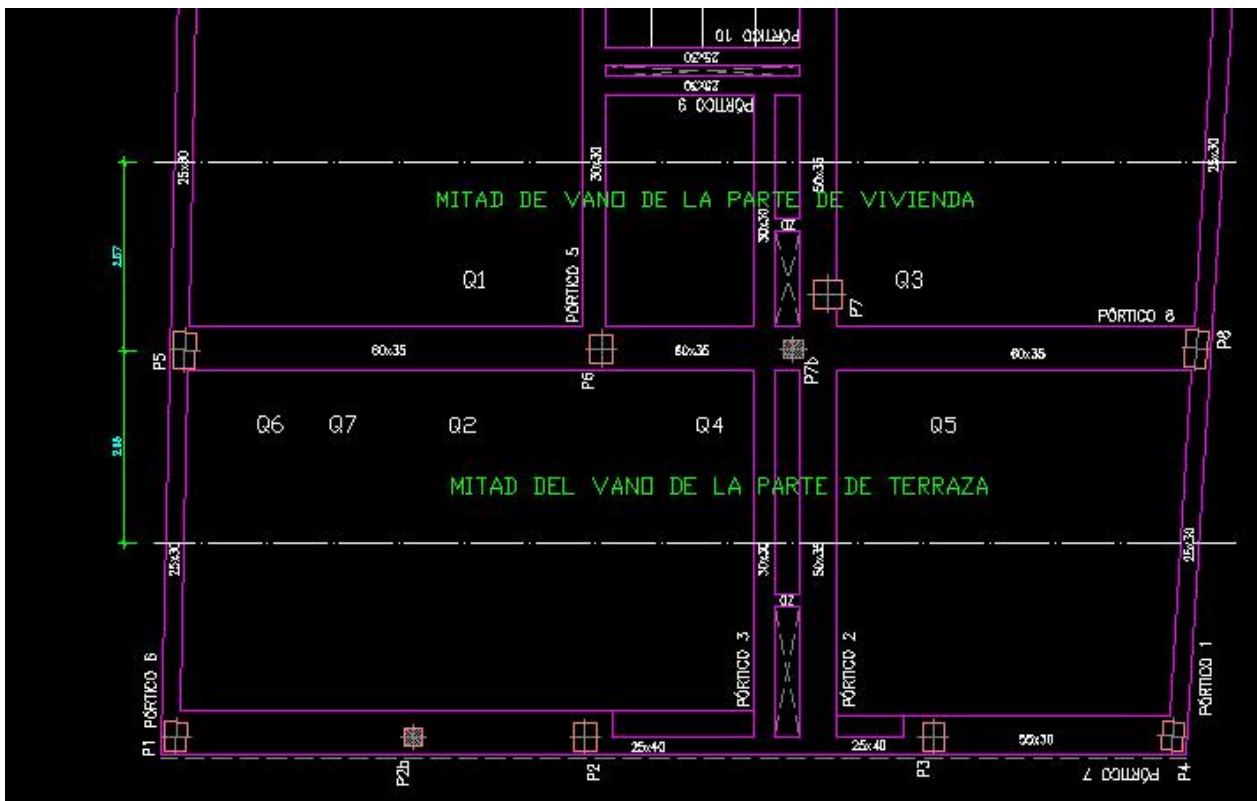
Para que la estructura pueda cumplir con las exigencias y resistir las tensiones que soporta sin que se produzcan daños, los valores de los cortantes máximos a los que está sometida la viga deben ser menores a los obtenidos más arriba.

6.5 ESTUDIO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES EN EL CASO TRAS EL CAMBIO DE USO

En este apartado se van a centrar los estudios en las características de los elementos estructurales más afectados por el cambio de uso.

En la imagen siguiente se muestra el pórtico que resulta más afectado de la planta de estructuras del forjado 10. Se coge la mitad de los vanos, tanto de la parte de vivienda como de la parte de terraza.

ESQUEMA EN EL PÓRTICO MÁS DESFAVORABLE



Donde:

- Q1: Carga permanente de vivienda
- Q2: Carga permanente de terraza
- Q3: Sobrecarga de uso vivienda
- Q4: Sobrecarga de uso terraza

Q5: Sobrecarga de uso nieve

Q6: Carga permanente del cambio uso (jacuzzi y complementos)

Q7: Sobrecarga de uso del cambio uso (jacuzzi)

Los valores calculados de dichas cargas, según el DB SE-AE, (Documento Básico de Seguridad Estructural – Acciones en Edificación) del CTE, son los siguientes:

- Carga permanente de vivienda:

$$Q1 = 3,55 \text{ KN/m}^2 + 1 \text{ KN/m}^2 + 1,2 \text{ KN/m}^2 + 0,2 \text{ KN/m}^2 = 5,95 \text{ KN/m}^2$$

Donde:

3,55 KN/m² - Peso propio: forjado 25+5 con bloques de hormigón.

1 KN/m² - Carga permanente: solado terrazo sobre mortero.

1,2 KN/m² - Peso propio tabiquería

0,2 KN/m² - Carga permanente: Enlucido inferior yeso e=15 mm.

- Carga permanente de terraza:

$$Q2 = 3,55 \text{ KN/m}^2 + 2,9 \text{ KN/m}^2 + 0,2 \text{ KN/m}^2 + 1,1 \text{ KN/m}^2 = 7,75 \text{ KN/m}^2$$

Donde:

3,55 KN/m² - Peso propio: forjado 25+5 con bloques de hormigón.

2,9 KN/m² - Carga permanente: protección pesada

0,2 KN/m² - Carga permanente: Enlucido inferior yeso e=15 mm.

1,1 KN/m² - Carga permanente: Cambio de pavimento

- Sobrecarga de uso de vivienda:

$$Q3 = 2 \text{ KN/m}^2$$

- Sobrecarga de uso de terraza (Cubierta transitable accesible sólo privadamente):

$$Q4 = 1 \text{ KN/m}^2$$

- Sobrecarga de nieve (según capitales de provincia)

$$Q5 = 0,2 \text{ KN/m}^2$$

- o Carga permanente del cambio de uso (jacuzzi y complementos)

$$Q6 = 0,9 \text{ KN/m}^2 + 0,4 \text{ KN/m}^2 = 1,3 \text{ KN/m}^2$$

Donde:

0,9 KN/m² - Peso propio del jacuzzi vacío

0,4 KN/m² - Peso propio del cerramiento de vidrio del jacuzzi

- o Sobrecarga de uso del cambio de uso (jacuzzi)

$$Q7 = 6,53 \text{ KN/m}^2$$

Donde:

6,53 KN/m² - Sobrecarga del jacuzzi lleno

Para calcular la carga existente por cada metro, se multiplica la carga en KN/m² por la mitad de la longitud del vano.

En el caso de la vivienda es 2,565 m.

En el caso de la terraza es 2,65 m.

$$Q1 = 5,95 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 15,26 \text{ KN/m}$$

$$Q2 = 7,75 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 20,55 \text{ KN/m}$$

$$Q3 = 2 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 5,13 \text{ KN/m}$$

$$Q4 = 1 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 2,65 \text{ KN/m}$$

$$Q5 = 0,2 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 0,53 \text{ KN/m}$$

$$Q6 = 1,3 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 3,4 \text{ KN/m}$$

$$Q7 = 6,53 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 17,31 \text{ KN/m}$$

Carga permanente total:

$$Q1 + Q2 = 15,26 \text{ KN/m} + 20,55 \text{ KN/m} = \mathbf{35,81 \text{ KN/m}}$$

Esta carga total se aplica a todo el pórtico.

$$\mathbf{Q6 = 3,4 \text{ KN/m}}$$

Esta carga se aplica sólo a la parte del vano donde está colocado el jacuzzi.

Sobrecargas de uso total:

$$Q3 + Q4 = 5,13 \text{ KN/m} + 2,65 \text{ KN/m} = \mathbf{7,78 \text{ KN/m}}$$

Esta suma de sobrecargas se aplica en todo el pórtico.

$$\mathbf{Q7 = 17,31 \text{ KN/m}}$$

Esta sobrecarga se aplica sólo a la parte del vano donde está colocado el jacuzzi.

Con la ayuda del programa informático CypeCAD se realizan las tres hipótesis de cálculo estructural, con las cargas permanentes y de sobrecarga, para el pórtico y se cogen los valores máximos de momentos flectores, positivos y negativos, y también los valores de cortantes máximos. Con estos valores se comprueba si la viga es capaz de soportar las tensiones debidas al cambio de uso. Si los valores obtenidos son superiores a los valores de los momentos últimos, positivo y negativo, y al valor del cortante máximo será necesario reforzar.

Las tres hipótesis de cálculo estructural consisten en variar la distribución de cargas sobre el pórtico. Estas cargas son las siguientes y se representan:

Carga permanente (aplicada a todo el pórtico) = 35,85 KN/m² (color azul)

Sobrecarga (aplicada a todo el pórtico) = 7,78 KN/m² (color rojo)

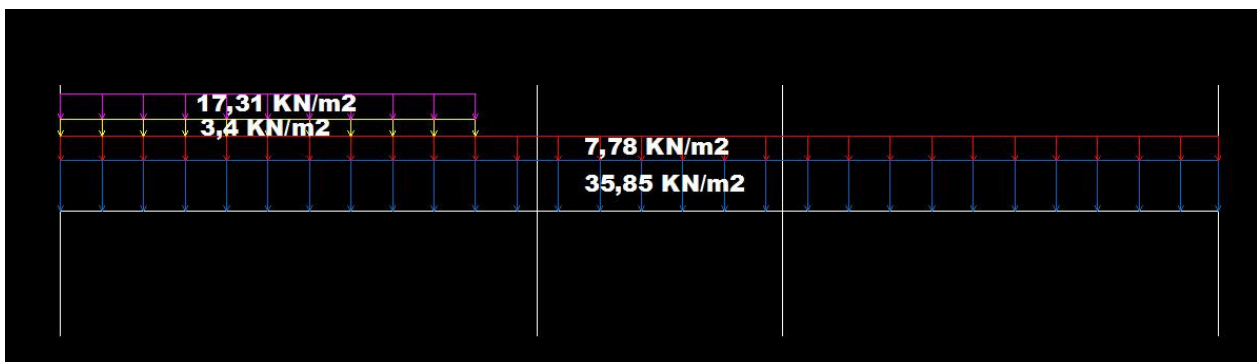
Carga permanente del jacuzzi y complementos (aplicada en el lugar de colocación del jacuzzi) = 3,4 KN/m² (color amarillo)

Sobrecarga del jacuzzi (aplicada en el lugar de colocación del jacuzzi) = 17,31 KN/m² (color violeta)

Las tres hipótesis son:

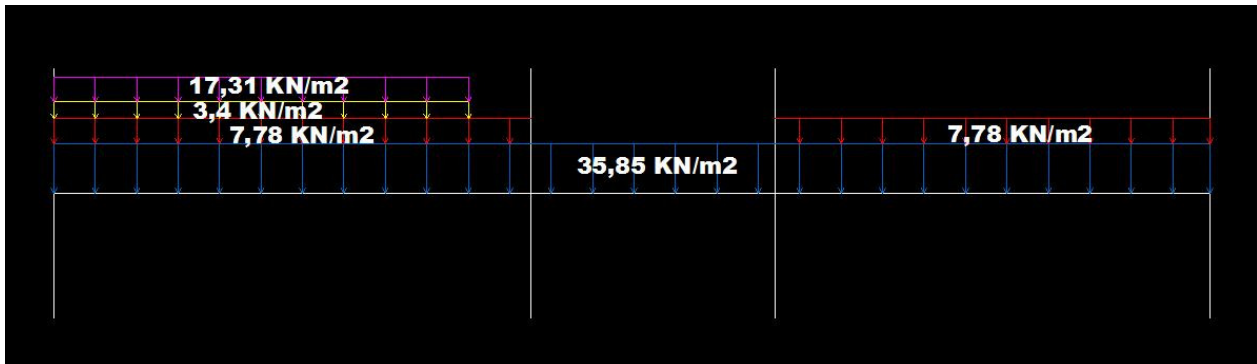
1. Distribución de la carga permanente total y de la sobrecarga total sobre todo el pórtico.

ESQUEMA DE GARGAS EN EL PÓRTICO SEGÚN HIPÓTESIS 1



2. Distribución de la carga permanente total sobre todo el pórtico y la sobrecarga total sobre los vanos impares.

ESQUEMA DE GARGAS EN EL PÓRTICO SEGÚN HIPÓTESIS 2



3. Distribución de la carga permanente total sobre todo el pórtico y la sobrecarga total sobre los vanos pares.

ESQUEMA DE GARGAS EN EL PÓRTICO SEGÚN HIPÓTESIS 3

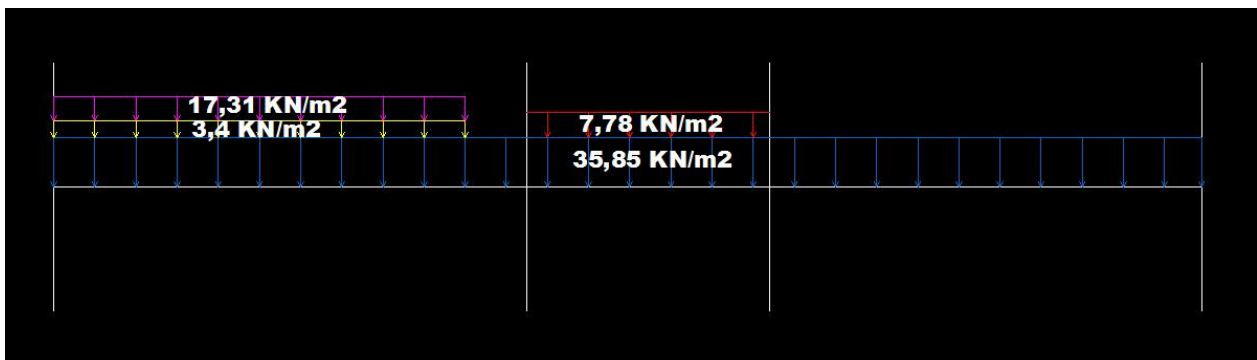
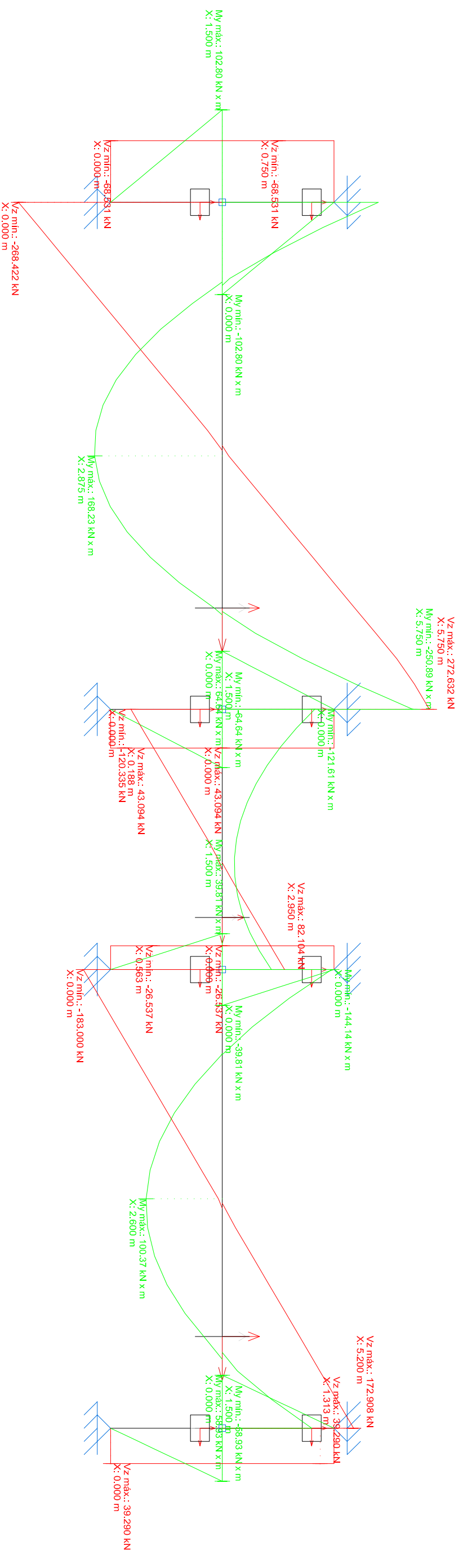


DIAGRAMA DE MOMENTOS Y CORTANTES.

ESTADO CAMBIO DE USO



Los resultados obtenidos a partir del cálculo realizado con el programa informático CypeCAD son los siguientes:

Momento máximo positivo:

$$M_{d2}^{+} = 168,23 \text{ KN.m}$$

Momento máximo negativo:

$$M_{d2}^{-} = 250,89 \text{ KN.m}$$

En cuanto al cortante:

Cortantes máximos a los que está sometida la viga tras el cambio de uso:

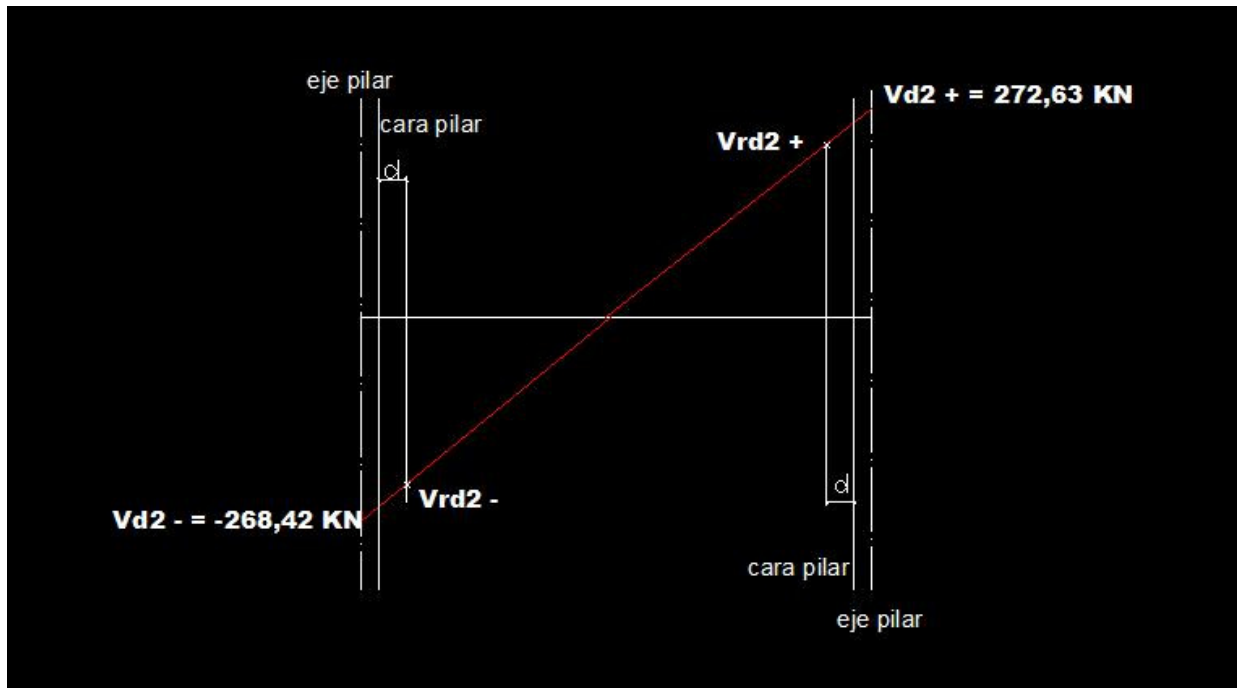
$$V_{d2}^{+} = 272,63 \text{ KN}$$

$$V_{d2}^{-} = 268,42 \text{ KN}$$

Para poder realizarse la comparación y comprobar si la viga resiste los esfuerzos a cortante a los que está sometida se debe calcular el cortante máximo a un canto útil del apoyo. El cálculo se realiza de la siguiente manera:

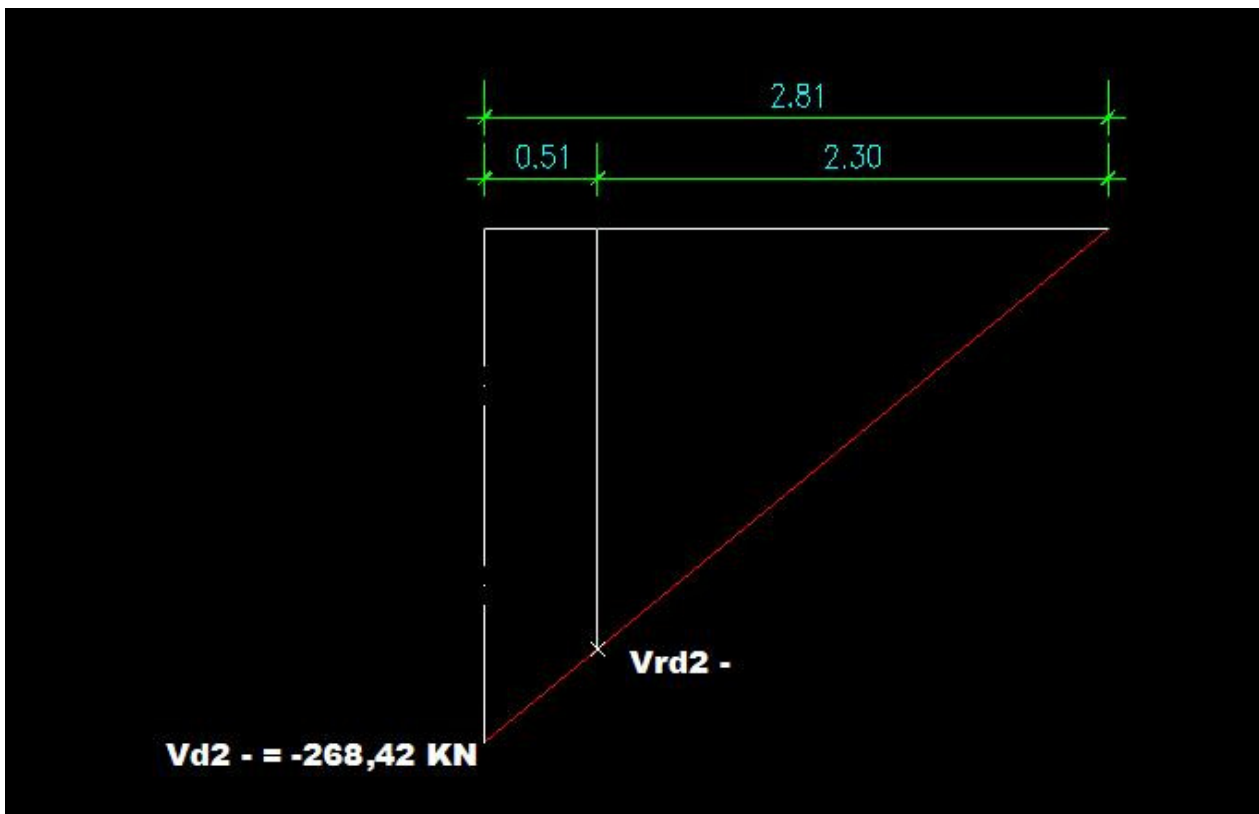
- 1) Los valores de cortante máximos que se han obtenido con el programa informático CypeCAD son a eje de pilar. Por lo tanto para calcular el cortante a un canto útil del pilar lo primero se indica la cara del pilar a una distancia de 20 cm (la mitad del pilar).
- 2) Se indica la distancia de 31 cm que pertenece al canto útil de la viga, d .
- 3) A esta distancia con la ayuda de la teoría de semejanza de triángulos se calculan los valores del cortante V_{rd2}^{-} y V_{rd2}^{+} .

ESQUEMA DE CORTANTE A UN CANTO ÚTIL



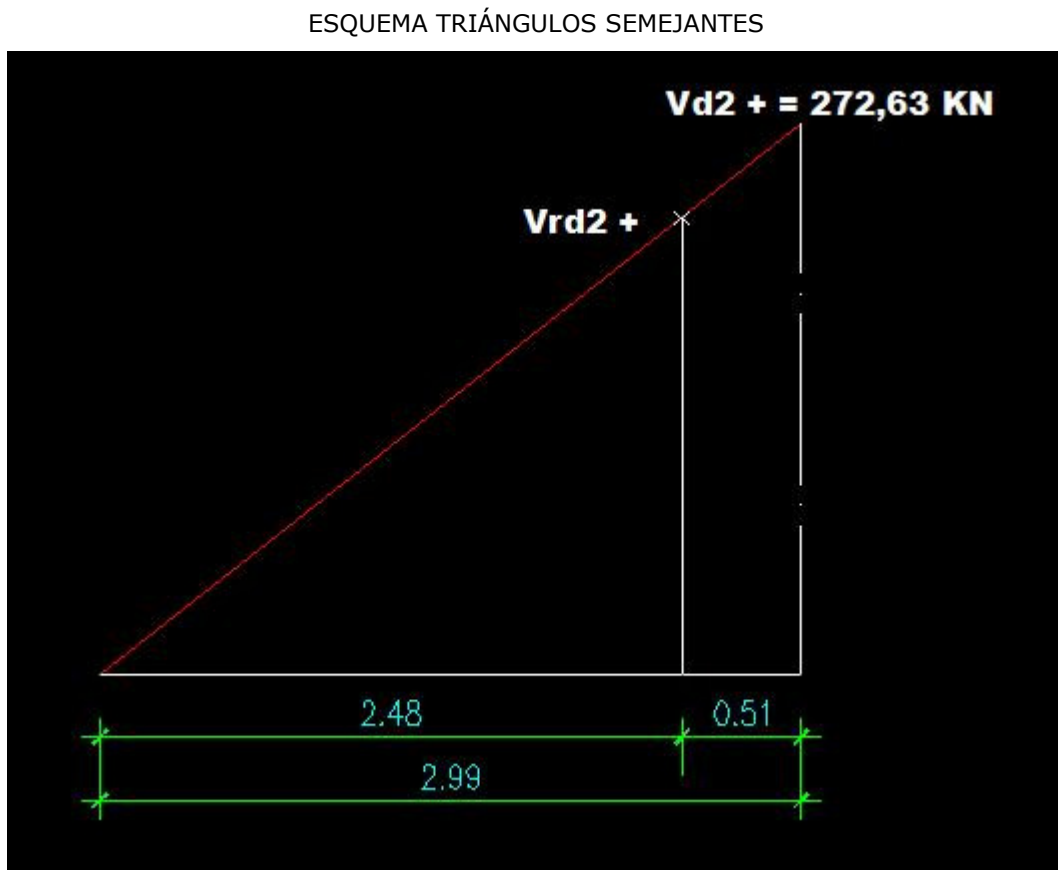
Cálculo de V_{rd2}^- :

ESQUEMA TRIÁNGULOS SEMEJANTES



$$V_{rd2}^- = \frac{268,42 \text{ KN} \cdot 2,30 \text{ m}}{2,81 \text{ m}} = 219,70 \text{ KN}$$

Cálculo de V_{rd2}^+ :



$$V_{rd2}^+ = \frac{272,63 \text{ KN} \cdot 2,48 \text{ m}}{2,99 \text{ m}} = 226,12 \text{ KN}$$

En resumen, el cortante máximo calculado a un canto útil del apoyo, después del cambio de uso:

$$V_{rd2}^+ = 226,12 \text{ KN}$$

$$V_{rd2}^- = 219,70 \text{ KN}$$

7. ESTUDIO DEL REFUERZO DE VIGAS CON HORMIGÓN ARMADO

7.1 INTRODUCCIÓN

Las estructuras portantes deben proporcionar, durante su vida de servicio, seguridad contra los fallos y funcionalidad en las condiciones de trabajo previamente establecidas.

La necesidad de refuerzo de elementos estructurales se produce cuando el elemento estructural tiene, prácticamente, agotada su capacidad portante. Este hecho puede tener su origen en causas muy diversas de las que se podrían nombrar algunas como un mal diseño, una mala construcción, un mantenimiento pobre, el infradimensionado de las cargas actuales, modificación de las cargas de uso, modificación en la distribución de viviendas – práctica común que suele realizarse sin la supervisión de un técnico- con la consiguiente redistribución de esfuerzos, etc.

En los apartados que siguen, se describen algunos sistemas usuales de refuerzo de estructuras de hormigón armado, exponiéndose los criterios fundamentales sobre su concepción, diseño, cálculo y ejecución. Las diferencias formales y de sollicitación entre los elementos estructurales básicos de la edificación convencional (forjados, vigas y soportes), aconsejan estudiar separadamente los sistemas de refuerzo aplicables a cada uno de ellos.

7.2 LOS DIFERENTES SISTEMAS HABITUALES DE REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

El refuerzo de elementos estructurales pueden conseguirse reemplazando un material pobre o con defectos por un material de mejor calidad, mediante el añadido de un material que colabore en el soporte de las cargas, y mediante redistribución de las sollicitaciones a través de deformaciones impuestas al sistema estructural.

Se puede hablar, en líneas generales, de tres grandes alternativas para el refuerzo de elementos estructurales de hormigón:

- Refuerzo mediante recrecido con hormigón armado.
- Refuerzo mediante adosado de perfiles metálicos (generalmente de acero).
- Refuerzo mediante disposición de armadura exterior (generalmente encolada).

A continuación se analizan las características generales y las principales aplicaciones de estos sistemas de refuerzo.

7.2.1 REFUERZO MEDIANTE RECRECIDO CON HORMIGÓN ARMADO

Una de las opciones para reforzar un elemento estructural de hormigón armado consiste en recrecerlo envolviéndolo con una sección adicional de hormigón convenientemente armado. Este sistema presenta la ventaja de una gran compatibilidad entre el material original y el de refuerzo, así como una amplia superficie de contacto entre ambos, que posibilita la necesaria transferencia de esfuerzos. Asimismo, es posible aumentar considerablemente la sección de hormigón e incorporar una considerable cuantía de nuevas armaduras que, en caso necesario, pueden conectarse con las armaduras originales mediante algún tipo de anclaje. El resultado final es un elemento notablemente monolítico, capaz de incrementar notablemente la resistencia y rigidez del elemento original.

Por otra parte, los refuerzos mediante recrecido con hormigón armado presentan un buen comportamiento frente al fuego, algo que no sucede en la mayor parte de los restantes sistemas de refuerzo. Debido a su baja conductividad térmica el hormigón hace que los daños producidos por las exposiciones al fuego, o por temperaturas extremas, se limiten a las zonas superficiales del hormigón, ofreciendo un suficiente aislamiento térmico para las armaduras, siempre que se dispongan los recubrimientos adecuados.

Cabe destacar, como inconvenientes fundamentales de esta técnica de refuerzo, la necesidad de aumentar de modo considerable las dimensiones originales de la pieza, una elevada dificultad constructiva y, consecuentemente, un coste elevado. En términos estructurales hay que indicar que el incremento de rigidez que este sistema conlleva puede alterar la distribución de esfuerzos en el conjunto de la estructura.

El correcto funcionamiento del refuerzo mediante recrecido con hormigón armado pasa por aprovechar los mecanismos de transferencia de cargas entre la pieza pre-existente y el refuerzo.

Tal y como los describe en su libro "Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación" el Dr. arquitecto Alfonso del Río Bueno:

"Estos mecanismos de transferencia han sido ampliamente estudiados y son los siguientes:

▪ **Compresión directa hormigón-hormigón:**

La compresión directa a través de la superficie de contacto es la forma más eficaz de transferencia de esfuerzos entre dos hormigones. Un adecuado diseño del refuerzo, evitando "holguras" por retracción, disponiendo "cajeados", eliminando todo material deteriorado y tratando adecuadamente la superficie de hormigón original, son esenciales para aprovechar este mecanismo de transferencia.

▪ **Rozamiento hormigón-hormigón:**

Las fuerzas de rozamiento entre la superficie del hormigón original y la de refuerzo son en general considerables dada la extensión de la superficie de contacto. Para aprovecharlas debidamente conviene tratar la superficie de contacto de modo que se lo más rugosa e irregular posible. (El "cajeado" de la superficie es una opción límite en este sentido). El rozamiento se incrementa considerablemente si se aprovecha la presión entre ambas superficies como consecuencia de la retracción del hormigón de refuerzo en aquellos casos en que éste "envuelve" suficientemente al hormigón original. Un conveniente armado transversal del refuerzo genera un efecto de confinamiento que igualmente mejora el rozamiento. Asimismo la disposición de barras pasantes a través de la junta, que entran en tracción al moverse ésta, incrementa el rozamiento.

▪ **Adherencia hormigón-hormigón:**

Aparece en caso de disponer un adhesivo o "puente de adherencia" entre hormigón original y de refuerzo. Las tensiones tangenciales de

adherencia oscilan típicamente entre 0,6 y 2,4 N/mm², para deslizamientos comprendidos entre 0,05 y 0,2 mm.

▪ **Pasadores:**

La disposición de barras ancladas en el hormigón original y embebidas en el de refuerzo, generalmente conocidas como "pasadores", permiten una considerable transferencia de esfuerzos entre el elemento original y el refuerzo. El comportamiento mecánico de éstas barras, basado en lo que se conoce como efecto pasador ha sido ampliamente estudiado y puede seguirse resumidamente en el ya citado boletín del C.E.B.

▪ **Transferencia armadura-armadura:**

La conexión directa de la armadura original y la de refuerzo constituye una posibilidad más de transferencia de esfuerzos. Para ello hay que eliminar localmente el recubrimiento y colocar barras intermedias que mediante soldadura o solape permitan dicha transferencia. El armado transversal del refuerzo tiene gran importancia en la eficacia de este tipo de conexión.³

Además del refuerzo mediante recrecido con hormigón armado existen otros tipos de recrecido. Los tres tipos de recrecido son:

1. Recreido con hormigón armado:

Consiste en colocar, en espesor superior a 7 cm, un hormigón convencional de adecuada resistencia y armaduras de cuantía similar a las existentes.

Para aumentar su trabajabilidad y por tanto facilitar la puesta en obra, este hormigón deberá llevar incorporado uno de los dos aditivos

³ Alfonso del Río Bueno, Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación, Universidad Politécnica de Madrid, pág.39-40

superfluidificantes. Tener las características de fluidez y consistencia adecuadas.

2. Recrecido con microhormigón de cemento polimérico (mortero hidráulico polimérico de alta resistencia).

Consiste en colocar, en espesor comprendido entre 3 cm y 7 cm, un microhormigón confeccionado a partir del mortero polimérico y una mezcla de áridos de granulometría entre 3 mm y 10 mm. Este microhormigón podrá ir armado o no.

3. Con mortero de cemento polímero (mortero hidráulico polimérico de alta resistencia)

Consiste en colocar, en espesor comprendido entre 1 cm y 3 cm, mortero polimérico de dos componentes. Este recrecido no suele ir armado.

7.2.2 REFUERZO MEDIANTE PERFILES METÁLICOS

Otro método habitual de refuerzo consiste en unir uno o varios perfiles metálicos al elemento original de hormigón armado de modo que se transforme en un elemento mixto. Es el caso de algunos tipos de refuerzo ampliamente utilizados, como por ejemplo el refuerzo de soportes mediante angulares empresillados, o el refuerzo de vigas o losas mediante el adosado inferior de perfiles doble T, convirtiéndolas así en vigas mixtas.

Al igual que el recrecido mediante hormigón armado, se trata de un sistema de refuerzo muy eficaz en términos estructurales que permite incrementar considerablemente la rigidez y resistencia del elemento original.

Constructivamente, el refuerzo mediante perfiles metálicos presenta menos dificultades que el recrecido con hormigón. Por ello, los costes de los refuerzos mediante perfiles son generalmente inferiores a los realizados mediante recrecido con hormigón armado.

Como inconveniente de este sistema de refuerzo podemos nombrar el diferente comportamiento del material original y el de refuerzo que puede generar problemas de compatibilidad. Asimismo, la transferencia de esfuerzos al refuerzo está necesariamente más concentrada y puede plantear problemas que reduzcan la eficacia del sistema o compliquen gravemente su ejecución. En general la transferencia tangencial de esfuerzos por adherencia y rozamiento es insuficiente para hacer entrar en carga este tipo de refuerzos, siendo normalmente necesario disponer anclajes de tipo mecánico o conectar directamente los nuevos perfiles metálicos a los nudos o a elementos estructurales inmediatos a través de piezas específicas (capiteles, collarines, etc).

A lo que se refiere a la resistencia al fuego, este sistema presenta un comportamiento que podría calificarse como intermedio. Por una parte, es necesaria la protección ignífuga de los perfiles de acero, como si se tratase de una estructura metálica. Por otra parte, al utilizarse frecuentemente anclajes mecánicos, éstos no son tan vulnerables como los adhesivos.

Merece mención aparte el caso de refuerzos mediante perfiles encolados con resina epoxi que son extremadamente vulnerables. Tal es el caso de soportes reforzados mediante angulares empresillados usando resina epoxi en la junta entre el soporte original y los perfiles de refuerzo.

7.2.3 REFUERZO MEDIANTE ARMADO EXTERIOR

El último método que queda por nombrar es el refuerzo de las estructuras de hormigón consistente en añadir armadura exteriormente al elemento original. Esta nueva armadura generalmente se conecta al elemento original mediante adhesivos, aunque también pueden plantearse conexiones a base de anclajes mecánicos.

Tal y como lo describe en su libro "*Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación*" el Dr. arquitecto Alfonso del Río Bueno:

"El refuerzo de estructuras de hormigón mediante la disposición exterior de armadura adicional (generalmente en la cara de tracción) se inicia a partir de 1960 coincidiendo con el desarrollo de los adhesivos epoxi. La potencia de estos adhesivos permitió encolar bandas de acero, incrementándose la resistencia y disminuyendo la deformabilidad y la fisuración del elemento correspondiente.

El primer ejemplo documentado de un refuerzo estructural mediante bandas de acero encoladas data de 1964, en un edificio de apartamentos de Durban (Sudáfrica). Desde entonces, esta técnica de refuerzo ha sido ampliamente utilizada en todo el mundo, fundamentalmente para reforzar vigas o forjados a flexión o cortante. Asimismo las bandas de acero encoladas han sido utilizadas para confinar hormigones comprimidos, incrementando así su resistencia y ductilidad. Esta última posibilidad es particularmente aplicable en el refuerzo local de soportes."⁴

El refuerzo mediante bandas de acero encoladas, en comparación con el refuerzo mediante recrecido de hormigón o mediante perfiles metálicos, presenta la indudable ventaja de su mayor facilidad de ejecución, así como de sus pocas necesidades de incremento de dimensiones. En cambio, los niveles de refuerzo que

⁴ Alfonso del Río Bueno, Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación, Universidad Politécnica de Madrid, pág.41

se alcanzan mediante este sistema son generalmente más reducidos, ya que nos limitamos a incrementar la armadura (usualmente sólo la de tracción), sin aumentar la sección del elemento.

En cuanto a la resistencia al fuego, un problema importante de los refuerzos mediante armaduras adheridas es la casi nula resistencia al fuego de los adhesivos epoxi, que pierden sus características resistentes a temperaturas en torno a los 80°C. Ello obliga en muchos casos a disponer una protección ignífuga, con el consiguiente incremento de dimensiones. Asimismo, la posible corrosión de las bandas de acero influye en la durabilidad del refuerzo y obliga a su protección y mantenimiento.

7.2.4 REFUERZO MEDIANTE MATERIALES COMPUESTOS DE FIBRAS DE CARBONO

En los últimos años, los materiales compuestos a base de polímeros reforzados con fibras (generalmente fibras de carbono) se han introducido como alternativa al método de refuerzo mediante armado exterior sustituyendo las bandas de acero.

Los materiales compuestos son materiales formados por una fibra que aporta rigidez y resistencia y una matriz flexible y poco resistente que envuelve y protege a las fibras, al tiempo que transmite los esfuerzos entre unas fibras y otras a su superficie. Las fibras empleadas pueden ser de carbono, vidrio, cerámica, metal, poliéster, etc. En el ámbito de la construcción, los materiales compuestos más utilizados son a base de fibras de carbono con matrices orgánicas (generalmente resinas epoxi).

Tal y como lo describe en su libro "*Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación*" el Dr. arquitecto Alfonso del Río Bueno:

"...el refuerzo de estructuras de hormigón a base de materiales compuestos de fibra de carbono se basa en el pegado externo de los mismos sobre la superficie del hormigón original mediante resinas epoxi.

Dada su considerable resistencia a tracción, los materiales compuestos actúan como una armadura externa que complementa a la armadura interna de acero. Sin embargo, para que el refuerzo de fibra de carbono sea eficaz como armadura externa, y no se produzca su arrancamiento o despegue, debe tenerse en cuenta las siguientes recomendaciones:

- *El hormigón original debe tener unas mínimas propiedades resistentes para soportar la adhesión de las bandas. Una resistencia característica mínima en torno a 17 ó 20 N/mm² se considera en general necesaria para aplicar este sistema con garantías.*
- *En caso de que el hormigón superficial se encuentre deteriorado, debe procederse previamente a sanearlo y repararlo. Asimismo, en caso de*

existencia de fisuras importantes, las mismas deben previamente repararse.

- *La superficie de contacto debe estar limpia y libre de incrustaciones e imperfecciones. En caso de cavidades, coqueras, o pequeñas irregularidades superficiales debe aplicarse una masilla epoxi de nivelación.*
- *Es conveniente aplicar previamente una mano de imprimación de resina epoxi de baja viscosidad, que al penetrar en el hormigón mejore sus características resistentes superficiales y mejore la adherencia.*
- *Se debe evitar la aplicación sobre esquinas "vivas", siendo recomendable chaflanes con un radio mínimo de 30-40 mm. Esta recomendación es fundamental en caso de refuerzos por confinamiento. "⁵*

⁵ Alfonso del Río Bueno, Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación, Universidad Politécnica de Madrid, pág.42-43

7.3 REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN MEDIANTE RECRECIDO CON HORMIGÓN ARMADO

7.3.1 INTRODUCCIÓN

El refuerzo de vigas exige, normalmente, importantes concentraciones de esfuerzos en determinadas zonas de la junta de contacto entre pieza original y refuerzo. Ello obliga a cuidar de modo especial los mecanismos de transferencia e implica una mayor dificultad de análisis estructural. Sin embargo, se trata de intervenciones menos extensas que, por tanto, afectan a menos elementos constructivos.

Resulta conveniente distinguir entre dos grandes grupos de refuerzos:

- Aquellos básicamente destinados a incrementar capacidad flectora.
- Aquellos cuyo fin primordial es mejorar la resistencia a cortante.

La frontera entre unos tipos y otros de refuerzos, evidentemente, no es siempre clara, existiendo sistemas que mejoran simultáneamente la resistencia a flexión y a cortante.

Más adelante se describen los principales sistemas de refuerzo aplicables a vigas de hormigón agrupados según las categorías señaladas.

7.3.2 REFUERZO DE VIGA

El refuerzo de vigas de hormigón armado puede clasificarse en:

I. Refuerzo de vigas a flexión

El refuerzo de vigas a flexión, en general, se realiza incrementando fundamentalmente su capacidad flectora frente a momentos positivos. Tal incremento se traduce en un refuerzo global a flexión en base a criterios de redistribución plástica de la ley de momentos de la viga en cuestión.

El motivo para actuar preferentemente frente a momentos positivos se debe a las dificultades constructivas que se plantean para dar continuidad a través del nudo viga-soporte a un refuerzo dispuesto frente a momentos negativos. En determinados casos, como las vigas de cubierta, vigas planas de ancho suficientemente superior al del soporte, etc., dichas dificultades pueden ser salvadas y actuar simultáneamente frente a flexión negativa y positiva.

Para este tipo de refuerzo se pueden realizar los tres tipos de refuerzo descritos anteriormente:

- Refuerzo mediante recrecido con hormigón armado
- Refuerzo mediante bandas de acero encoladas
- Refuerzo mediante bandas de fibras de carbono encoladas

En este caso, sólo vamos a desarrollar el refuerzo de vigas a flexión mediante recrecido con hormigón armado, ya que es el método que se va a utilizar para resolver el caso del refuerzo de la viga en el edificio estudiado.

Para el refuerzo a flexión, un método muy eficaz es el consistente en recrecer la viga original mediante una sección adicional de hormigón convenientemente armado. En general, el refuerzo se efectúa recreciendo inferiormente la viga original. La armadura adicional que se dispone permite incrementar considerablemente la capacidad frente a flexión positiva. Además, si el recrecido se prolonga hasta los apoyos, se incrementa también la capacidad

frente a flexión negativa al aumentar el brazo mecánico de la armadura superior originalmente existente.

El refuerzo mediante recrecido inferior es más efectivo en vigas de canto, ya que es posible envolver la sección original tanto por la base como por los laterales lo que permite, dependiendo de la proporción del cuelgue, incremental la resistencia a cortante y no solo la capacidad flectora.

La transferencia de esfuerzos entre la viga original y el refuerzo se confía, en muchos casos, a la junta hormigón-hormigón con algún tipo de tratamiento, dado que la superficie de contacto entre ambas partes es de cierta importancia. Esta actuación puede resultar peligrosa cuando la viga no queda suficientemente empotrada en sus extremos, o la cuantía del refuerzo es considerable. En estos casos se pueden disponer adhesivos epoxi, e incluso picar parcialmente el recubrimiento de la viga original, para conectar sus armaduras con las del refuerzo. El procedimiento de picar parcialmente el recubrimiento de la viga originaria para la conexión de las armaduras bien planteado y ejecutado reduce al mínimo los problemas de transferencia y permite alcanzar importantes niveles de refuerzo, incluso en vigas planas.

Eventualmente, el sistema puede complementarse introduciendo armadura de compresión de refuerzo. Para conseguir esto existen tres opciones:

- Encolar bandas de acero
- Recreer la viga con hormigón armado
- Picar el recubrimiento para introducir la armadura adicional.

En este último caso, debe analizarse el alcance de la operación ya que, salvo descarga o apeo, el picado del recubrimiento afecta a una zona comprimida de hormigón y, consecuentemente, reduce (temporalmente) la seguridad de la zona afectada. Normalmente no será posible descargar totalmente la viga, con lo que la armadura existente estará sometida a tensión.

Tal y como lo describe el Dr. arquitecto Alfonso del Río Bueno en su libro *"Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación"*:

*"Algunos de los trabajos experimentales realizados sobre este sistema de refuerzo concluyen que es posible alcanzar incrementos de capacidad flectora superiores al 60%. Sin embargo, las dificultades de ejecución de este tipo de refuerzos en la realidad son muy superiores a las que existen en laboratorio. "*⁶

En términos de diseño, este sistema tiene el problema de exigir un incremento considerable de las dimensiones de la viga original.

A nivel de análisis estructural, debe estudiarse en primer lugar las necesidades de refuerzo en función de las posibilidades de redistribución de la ley de momentos. También se debe comprobar la capacidad resistente de la viga original frente a cortante para determinar si es necesario intervenir en ese sentido. Después ha de procederse al análisis de las secciones determinantes. Los problemas de transferencia de esfuerzos entre la viga original y el refuerzo o el despegue de la junta no suelen ser importantes dada la gran superficie de contacto existente y la posibilidad, en su caso, de efectuar cajeados y/o conectar armaduras.

A nivel constructivo, el hormigonado del refuerzo presenta cierta complejidad a la hora de su colocación. Una alternativa consiste en realizar taladros en el forjado desde los que se inyecta el hormigón, y otra alternativa es proyectar hormigón. La dosificación del mismo debe ser muy cuidada, garantizando una buena adherencia con el material original, y evitando la formación de coqueas.

⁶ Alfonso del Río Bueno, Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado en edificación, Universidad Politécnica de Madrid, pág.56

II. Refuerzo de vigas a cortante o flexión y cortante

Existen algunos casos en los que la actuación de refuerzo de una viga original se encamina básicamente a mejorar su resistencia a cortante, aunque no es muy habitual. Más normal resulta la necesidad de ejecutar refuerzos simultáneos a flexión y cortante.

Para este tipo de refuerzo es importante que las caras laterales de la viga sean accesibles, como sucede en vigas de cuelgue considerable, o cuando no existen macizados laterales.

En los casos de vigas planas con forjados aligerados que no se encuentren macizados en las zonas inmediatas a la viga, un sistema que puede resolver gran número de situaciones es, precisamente, macizar dichas zonas en las regiones críticas a cortante.

Algo parecido sucede si se trata de vigas de borde con una de sus caras accesibles. En tales circunstancias podría aplicarse el sistema de refuerzo a flexión y cortante que consistente en disponer lateralmente chapas de acero encoladas en las zonas inmediatas a los apoyos.

Lo más usual es que los laterales de la viga no sean accesibles por encontrarse macizados y para conseguir que el refuerzo transversal envuelva la viga original, las chapas de acero encoladas pueden completarse con pasadores soldados a ellas que, taladrando el forjado inmediatamente adyacente, alcancen la cara superior.

En vigas planas o de canto pero con un cuelgue reducido, una posible solución, para este tipo de refuerzo, consiste en disponer bridas formadas por dos pasadores verticales y dos chapas horizontales una en la cara inferior y otra en la cara superior.

Finalmente, hay que destacar el sistema de refuerzo de vigas mediante el adosado inferior de un perfil tipo doble T, convirtiendo la viga original en una

viga mixta. Esta técnica permite el refuerzo simultáneo a flexión y cortante en cuantía considerable. El inconveniente que se encuentra está relacionado con el factor de diseño y, en particular, por las posibilidades de incremento sustancial del cuelgue.

7.3.3 CÁLCULOS DEL REFUERZO DE VIGA

El refuerzo que resulta necesario realizar es sobre la viga del vano en el que se encuentra colocado el jacuzzi. Tal y como se ha visto en los cálculos realizados anteriormente, que consisten en comprobar si la viga existente podrá soportar las cargas que recibirá con la colocación del jacuzzi, se observa que la viga necesita refuerzo a flexión. La necesidad de refuerzo a flexión negativa resulta más restrictiva que la necesidad de refuerzo a flexión positiva, ya que la diferencia entre el momento último calculado para que soporte la viga y el momento que debe soportar debido al cambio de uso es mayor. Por lo visto en los cálculos no resulta necesario el refuerzo a cortante.

Estos son los resultados obtenidos y los que nos indican la necesidad de refuerzo:

Momentos positivos:

$$M_{d1}^+ = 110,66 \text{ KN.m}$$

$$M_u^+ = 165,5 \text{ KN.m}$$

$$M_{d2}^+ = 168,23 \text{ KN.m}$$

Momentos negativos:

$$M_{d1}^- = 168,19 \text{ KN.m}$$

$$M_u^- = 211,74 \text{ KN.m}$$

$$M_{d2}^- = 250,89 \text{ KN.m}$$

Donde:

M_{d1} : Momento máximo de cargas existentes inicialmente

M_{d2} : Momento máximo de cargas existentes con el cambio de uso

M_u : Momento último para el que está calculada la viga

Al ser:

$$M_{d2}^+ > M_u^+$$

y

} **Es necesario refuerzo a flexión, tanto en positivos como en negativos.**

$$M_{d2}^- > M_u^-$$

En cuanto al cortante:

Cortantes máximos a los que está sometida la viga inicialmente:

$$V^+ = 188,26 \text{ KN}$$

$$V^- = 176,81 \text{ KN}$$

Cortante calculado para agotamiento por tracción en el alma de la viga:

$$V_{u2} = 240,34 \text{ KN}$$

Cortante máximo calculado a un canto útil del apoyo, después del cambio de uso:

$$V_{rd2}^+ = 226,12 \text{ KN}$$

$$V_{rd2}^- = 219,70 \text{ KN}$$

Al ser:

$$V_{rd2}^+ < V_{u2}$$

y

} **No es necesario refuerzo a cortante.**

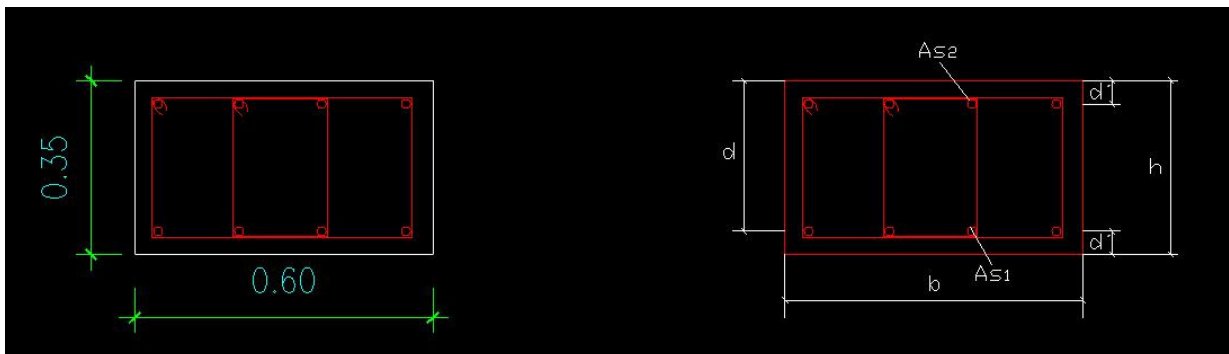
$$V_{rd2}^- < V_{u2}$$

El cálculo del refuerzo se va a realizar siguiendo el Anejo 7 de la Instrucción EHE-08.

Se vuelven a indicar las características de la viga existente:

- Hormigón utilizado: HA-25
- Acero utilizado: B 500 SD
- Coeficiente minoración hormigón: $\gamma_c = 1,5$
- Coeficiente minoración acero: $\gamma_s = 1,15$

SECCIÓN DE LA VIGA Y DIMENSIONES PARA EL CÁLCULO



Donde:

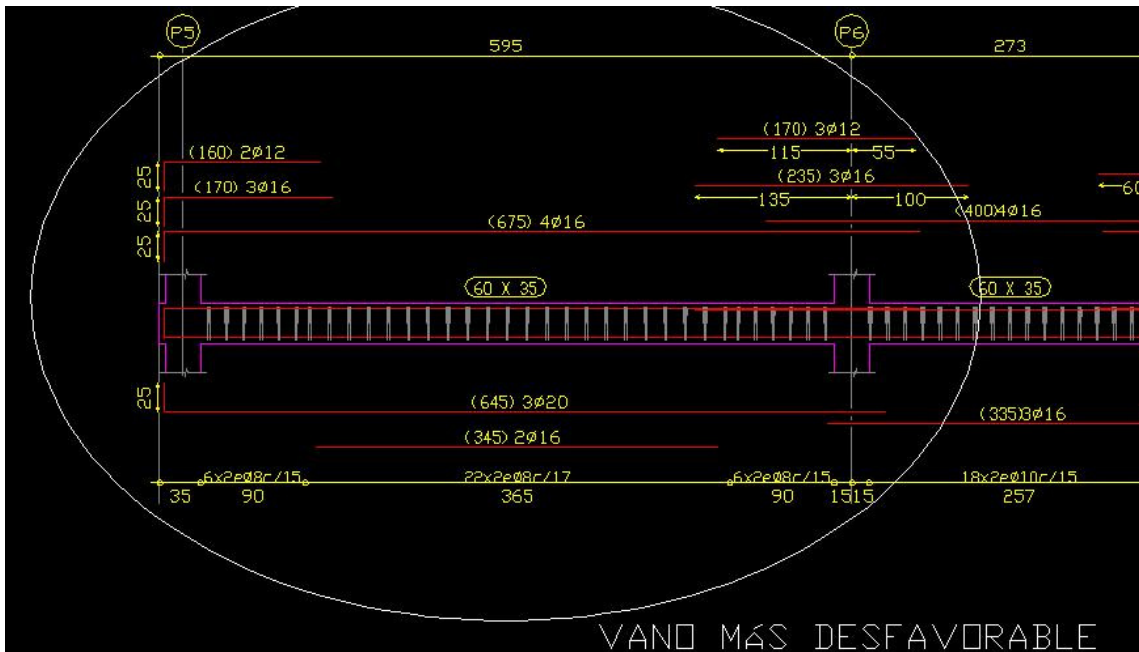
$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d' = 4 \text{ cm}$$

$$d = 31 \text{ cm}$$

$$h = 35 \text{ cm}$$

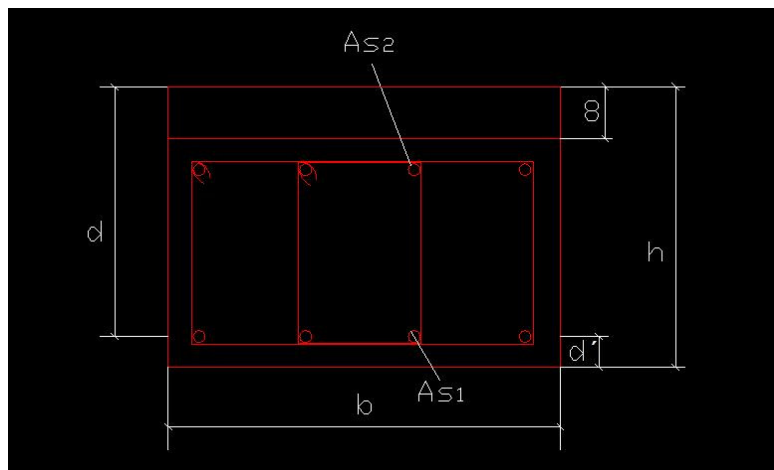
ESQUEMA DE ARMADURA EN EL VANO MÁS DESFAVORABLE



Al ser más restrictivo el refuerzo de flexión negativa, comenzamos con la búsqueda del canto necesario de la viga para el cuál el canto útil de la misma cumpliría con los esfuerzos de momento negativo. Esto se consigue aumentando el canto de la viga.

Comenzamos comprobando si el canto útil, al aumentar en 8 cm, cumple los esfuerzos de momento negativo:

SECCIÓN DE LA VIGA CON AUMENTO DE CANTO



Donde:

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d' = 4 \text{ cm}$$

$$d = 31 + 8 = 39 \text{ cm}$$

$$h = 35 + 8 = 43 \text{ cm}$$

$$A_{s1} = 3 \cdot 1,13 \text{ cm}^2 + 3 \cdot 2,01 \text{ cm}^2 + 4 \cdot 2,01 \text{ cm}^2 = 17,46 \text{ cm}^2$$

$$A_{s2} = 3 \cdot 3,14 \text{ cm}^2 = 9,41 \text{ cm}^2$$

Según la Instrucción EHE-08 Anejo 7:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 43,48 \text{ KN/cm}^2$$

$$U_o = f_{cd} \cdot b \cdot d = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 390 \text{ mm} = 3900,78 \text{ KN}$$

$$U_v = 2 \cdot U_o \cdot \frac{d'}{d} = 2 \cdot 3900,78 \text{ KN} \cdot \frac{4 \text{ cm}}{39 \text{ cm}} = 800,16 \text{ KN}$$

$$U_a = f_{cd} \cdot b \cdot h = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 430 \text{ mm} = 4300,86 \text{ KN}$$

$$U_{s1} = f_{yd} \cdot A_{s1} = 43,48 \text{ KN/cm}^2 \cdot 17,46 \text{ cm}^2 = 759,16 \text{ KN}$$

$$U_{s2} = f_{yd} \cdot A_{s2} = 43,48 \text{ KN/cm}^2 \cdot 9,42 \text{ cm}^2 = 409,58 \text{ KN}$$

Siguiendo el Anejo 7 (Art.3.2) de la Instrucción EHE-08:

Comprobación:

$$U_{s1} - U_{s2} = 759,15 \text{ KN} - 409,58 \text{ KN} = 349,58 \text{ KN}$$

$$U_{s1} - U_{s2} < U_v$$

$$M_u = 0,24 \cdot U_v \cdot d' \cdot \frac{(U_v - (U_{s1} - U_{s2})) \cdot (1,5 \cdot U_{s1} + U_{s2})}{(0,6 \cdot U_v + U_{s2})^2} + U_{s1} \cdot (d - d')$$

$$M_u = 0,24 \cdot 800,16 \text{ KN} \cdot 0,04 \text{ m} \cdot \frac{(800,16 \text{ KN} - 349,58 \text{ KN}) \cdot (1,5 \cdot 759,16 + 409,58 \text{ KN})}{(0,6 \cdot 800,16 \text{ KN} + 409,58 \text{ KN})^2} +$$

$$+ 759,16 \text{ KN} \cdot 0,35 \text{ m} = 272,47 \text{ KN.m}$$

Por lo tanto el momento último con el canto útil incrementado en 8 cm tras hacer el recrecido de hormigón es:

$$M_u = 272,47 \text{ KN.m}$$

$$M_{d2}^- = 250,89 \text{ KN} - \text{Momento máximo negativo tras cambio de uso}$$

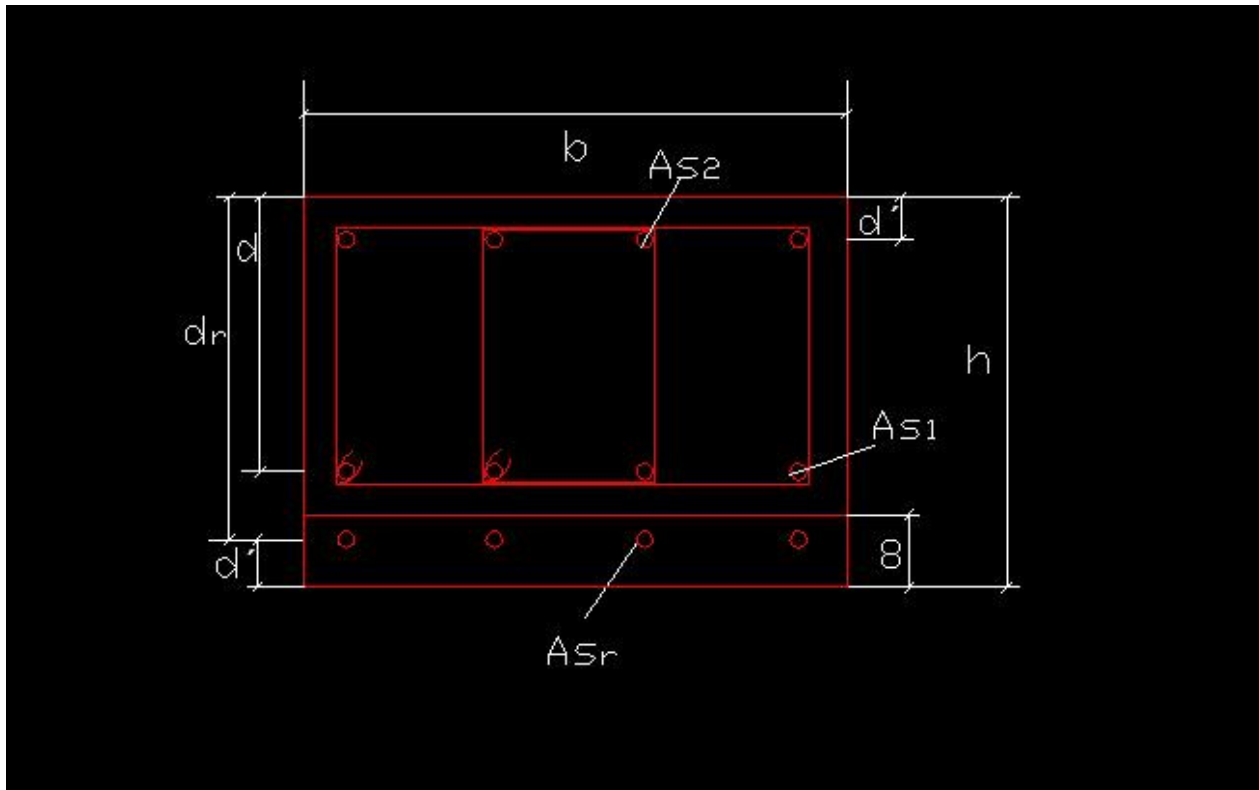
Comprobamos que el momento último calculado con el recrecido de 8 cm es superior al momento máximo al que estará sometida la viga tras el cambio de uso.

$$M_u > M_{d2}^-$$

Por lo tanto, **el recrecido de hormigón será de 8 cm.**

Una vez comprobado que con un recrecido de 8 cm la viga soportará las cargas a causa del cambio de uso, se dimensiona el armado del recrecido siguiendo el Anejo 7 de la Instrucción EHE-08:

SECCIÓN DE LA VIGA CON RECRECIDO DE HORMIGÓN ARMADO



Donde:

$$h = 43 \text{ cm}$$

$$b = 60 \text{ cm}$$

$$d' = 4 \text{ cm}$$

$$d = 31 \text{ cm (canto útil de la viga existente)}$$

$$d_r = 39 \text{ cm (canto útil de la viga reforzada)}$$

$$A_{sr} = \text{cuantía de acero del refuerzo para calcular}$$

Según la Instrucción EHE-08 Anejo 7:

$$f_{cd} = \frac{f_{ck}}{\gamma_c} = \frac{25}{1,5} = 16,67 \text{ N/mm}^2$$

$$f_{yd} = \frac{500}{1,15} = 43,48 \text{ KN/cm}^2$$

$$U_o = f_{cd} \cdot b \cdot d_r = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 390 \text{ mm} = 3900,78 \text{ KN}$$

$$U_v = 2 \cdot U_o \cdot \frac{d'}{d_r} = 2 \cdot 3900,78 \text{ KN} \cdot \frac{4 \text{ cm}}{39 \text{ cm}} = 800,16 \text{ KN}$$

$$U_a = f_{cd} \cdot b \cdot h = 16,67 \text{ N/mm}^2 \cdot 600 \text{ mm} \cdot 430 \text{ mm} = 4300,86 \text{ KN}$$

Siguiendo el Anejo 7 (Art.3.1) de la Instrucción EHE-08:

Dimensionado:

$$x_l = 0,625 \cdot d_r = 0,625 \cdot 390 \text{ mm} = 243,75 \text{ mm} = x_f$$

$$M_f = 0,8 \cdot U_o \cdot x_f \cdot \left(1 - 0,4 \cdot \frac{x_f}{d_r}\right)$$

$$M_f = 0,8 \cdot 3900,78 \text{ KN} \cdot 0,2438 \text{ m} \cdot \left(1 - 0,4 \cdot \frac{0,2438 \text{ m}}{0,39 \text{ m}}\right) = 570,57 \text{ KN.m}$$

$$M_{d2}^+ = 168,23 \text{ KN.m} - \text{Momento máximo positivo tras cambio de uso}$$

1º $M_{d2}^+ < M_f$

Por lo tanto:

$$U_{s2} = 0$$

$$U_{s1} = U_0 \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot Md_2^+}{U_0 \cdot d_r}\right)} \right] = 3900,78 \text{ KN} \cdot \left[1 - \sqrt{\left(1 - \frac{2 \cdot 168,23 \text{ KN.m}}{3900,78 \text{ KN} \cdot 0,39\text{m}}\right)} \right]$$

$$U_{s1} = 458,28 \text{ KN}$$

A partir del valor de U_{s1} se va obtener la cuantía de acero necesaria para soportar el esfuerzo debido al cambio de uso. El valor obtenido será la cuantía total de acero que debe haber en la viga reforzada, es decir, la cuantía de acero de la viga existente y la cuantía de acero del refuerzo.

$$U_{s1} = f_{yd} \cdot A_{sr}$$

$$A_{sr} = \frac{458,28 \text{ KN}}{43,48 \text{ KN/cm}^2} = 10,54 \text{ cm}^2$$

$$A_{sr} = 10,54 \text{ cm}^2$$

Por lo tanto se van a colocar, como armadura de refuerzo los siguientes redondos:

$$2\phi 20 \text{ mm y } 3\phi 16 \text{ mm}$$

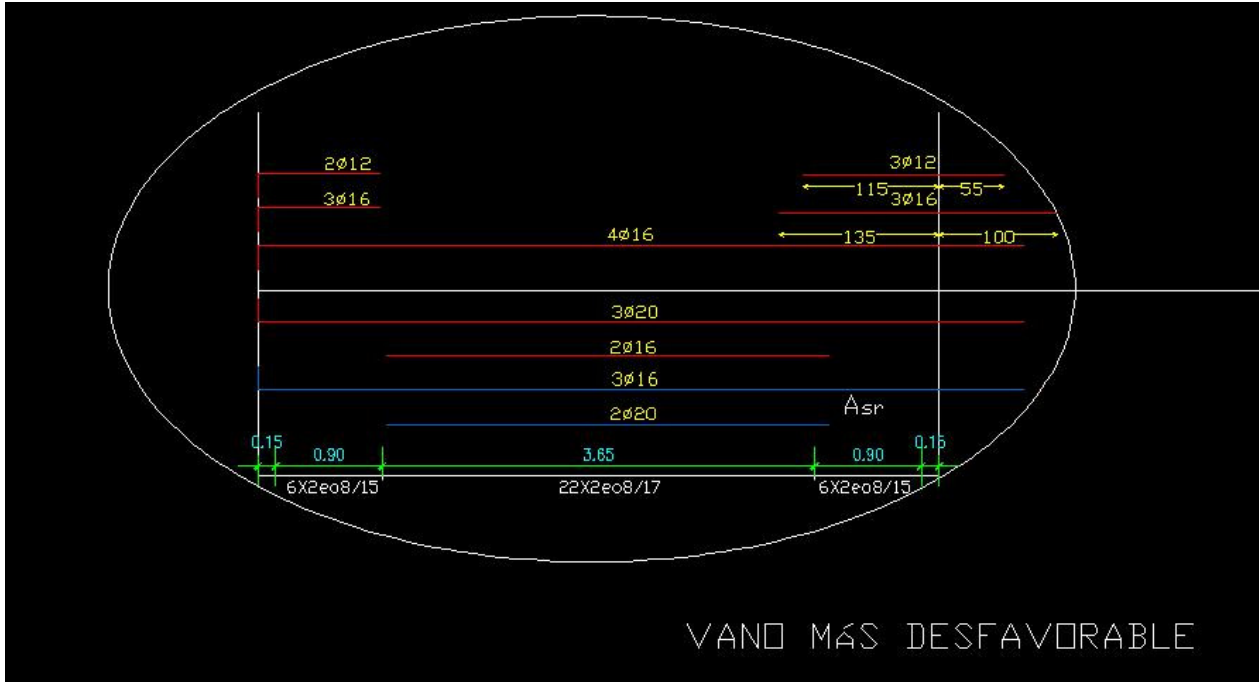
Cuya área es:

$$A_{sr} (2\phi 20 + 3\phi 16) = 2 \cdot 3,14 \text{ cm}^2 + 3 \cdot 2,01 \text{ cm}^2 = 12,31 \text{ cm}^2$$

$$A_{sr} = 12,31 \text{ cm}^2 > 10,54 \text{ cm}^2$$

El esquema de armadura de la viga tras el refuerzo quedaría de la siguiente manera:

ESQUEMA DE ARMADURA TRAS EL REFUERZO EN EL VANO MÁS DESFAVORABLE



7.4 SEGUIMIENTO DEL PROCESO CONSTRUCTIVO DEL REFUERZO DE VIGA MEDIANTE RECRECIDO CON HORMIGÓN ARMADO

7.4.1 INTRODUCCIÓN

Cuando se refuerzan vigas de hormigón armado con recrecido de hormigón armado, generalmente se recomienda que el espesor de la nueva capa de hormigón no exceda la tercera parte del espesor del hormigón existente.

Los procedimientos que se deben seguir para la realización del refuerzo de viga mediante recrecido de hormigón armado, en cuanto al proceso constructivo, son:

1. Preparación de la viga de hormigón para el refuerzo
2. Unión entre hormigón existente y hormigón nuevo
3. Colocación de armadura y hormigonado

Antes de empezar cualquier trabajo sobre el refuerzo de debe apear el pórtico del cual se va reforzar la viga. De esta forma se consigue la descarga de la viga, aunque nunca será una descarga total.

7.4.2 PREPARACIÓN DE LA VIGA

Para que la viga que debe reforzarse pueda recibir con éxito el refuerzo mediante el recrecido de hormigón armado de debe proceder de la siguiente forma:

- Debe prepararse la superficie que va a estar en contacto con el nuevo hormigón.
- Para este fin se debe descarnar la capa inferior de la viga, picando la misma.
- Se dejan al descubierto las armaduras de la viga de hormigón.
- Se limpia la superficie que va a estar en contacto con el hormigón del recrecido.

7.4.3 UNIÓN ENTRE HORMIGÓN-HORMIGÓN

La unión entre el hormigón existente y el hormigón nuevo del recrecido es muy punto importante.

El propósito es conseguir que las partes de obra compuestas por diferentes elementos funcionen como si se tratara de una estructura de elementos estructurales homogéneos. Para lograrlo, la unión entre el hormigón existente y el hormigón nuevo debe ser capaz de transferir las tensiones rasantes sin movimientos relativos de tal magnitud que el comportamiento estático quede afectado significativamente. Además, la unión debe ser durable en el ambiente en cuestión, es decir, los elementos estructurales compuestos no deben cambiar su modo de acción con el tiempo.

La diferencia en las propiedades de fluencia y de retracción entre los elementos existentes y nuevos precisa de cuidadosas evaluaciones. Pueden aparecer fisuras como consecuencia del incremento potencial de las fuerzas de coacción. Será necesario disponer y anclar las armaduras correctamente. Para aplicar las medidas de refuerzo, será necesario emplear hormigones adecuados, con baja fluencia y retracción, así como un mínimo de calor de hidratación.

Para una unión entre hormigones exitosa se va a utilizar un adhesivo de dos componentes a base de resinas epoxi. Este adhesivo se utiliza como puente de unión entre hormigón endurecido y hormigón fresco.

En este caso vamos a utilizar el adhesivo de la casa comercial SIKADUR. El adhesivo, en concreto, es Sikadur®-33 es un adhesivo estructural, tixotrópico, de dos componentes, a base de resina epoxi que se presenta en cartuchos. La ficha técnica del adhesivo se adjunta a continuación.

Sikadur®-33

Adhesivo estructural de dos componentes a base de resina epoxi

Descripción del Producto	Sikadur®-33 es un adhesivo estructural, tixotrópico, de dos componentes, a base de resina epoxi que se presenta en cartuchos.
Usos	<p><i>Como adhesivo estructural para:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Elementos de hormigón. ■ Piedra natural dura. ■ Cerámica, fibrocemento. ■ Mortero, ladrillo, bloque, mampostería, enlucido, etc. ■ Acero, hierro, aluminio. ■ Madera. ■ Poliéster, epoxi. <p><i>Para reparación de hormigón. Interior, vertical y techos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Esquinas y bordes. ■ Huecos y relleno de agujeros. ■ Juntas, aristas. <p><i>Reperfilado de juntas y sellado de grietas:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Relleno y sellado de juntas sin movimiento. <p><i>Trabajos en metal y carpintería:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Fijación y sujeción de barandillas, pasamanos, balaustradas y soportes. ■ Fijación de precercos, marcos de puertas y ventanas. <p><i>Para los siguientes usos:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> ■ Hormigón. ■ Piedra natural dura. ■ Rocas sólidas. ■ Huecos y mampostería sólida. ■ Acero. ■ Madera.
Características/Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> ■ Puede ser utilizado en hormigón húmedo. ■ Excelente adherencia al soporte. ■ No descuelga incluso en techos. ■ Alta capacidad de carga. ■ Endurece sin retracción. ■ Libre de estireno.
Datos del Producto	
Apariencia/Colores	<p>Componente A: Blanco</p> <p>Componente B: Gris</p> <p>Componente A+B: Gris</p>
Presentación	<p>Cartuchos de 250 ml. 12 cartuchos por caja.</p> <p>Palet: 60 cajas de 12 cartuchos</p>
Almacenamiento	

Condiciones de Almacenamiento/Conservación 12 meses desde su fecha de fabricación en sus envases de origen bien cerrados y no deteriorados, a temperaturas comprendidas entre +10° C y +30° C. Proteger de la acción directa del sol.

En cada cartucho de SikaDur®-33 está impresa la fecha de caducidad.

Datos Técnicos

Densidad De la mezcla fresca aprox. 1,35 kg/l

Velocidad de curado	Temperatura	Tiempo Abierto	Tiempo de Curado
	+10°C	210 minutos	3 días *
	+20°C	90 minutos	2 días*
	+35°C	45 minutos	1 día*

* para conseguir aproximadamente el 80% del desarrollo

Temperatura mín. del cartucho +10° C

Descuelgue No descuelga, apto para aplicación en techos

Espesor de capa Mín. 0,5 mm / Máx. 10 mm

Propiedades Mecánicas/ Físicas

Resistencia a compresión 50 N/mm² (14 días, +23° C)

Resistencia a flexotracción 20 N/mm² (14 días, +23° C)

Resistencia a tracción 10-15 N/mm² (14 días, +23° C)

Adherencia	Tiempo	Soporte	Adherencia
	Después de 3 días	Hormigón seco	> 5 N/mm ² *
	Después de 3 días	Hormigón húmedo	> 5 N/mm ² *
	Después de 3 días	Acero chorreado	> 10 N/mm ²
	Después de 3 días	Ladrillo seco	> 1,5 N/mm ² **

* 100% rompe el hormigón

** 100% rompe el ladrillo

Información del Sistema

Detalles de Aplicación

Calidad del soporte Los soportes de hormigón o mortero deben tener una edad mínima de 28 días. Se debe comprobar la resistencia del soporte (hormigón, mampostería, piedra natural)

Condiciones de Aplicación/Límites

Temperatura del soporte Mín. +10° C / Máx. +35° C.

Temperatura ambiente Mín. +10° C / Máx. +35° C.

Humedad del soporte Puede estar húmedo pero no "encharcado". No puede haber agua permanente durante la aplicación y curado.

Humedad relativa del aire 85% máx. (a +25° C)

Punto de rocío ¡Cuidado con la condensación!

La temperatura ambiente durante la aplicación debe ser al menos de 3 °C por encima del punto de rocío.

Detalles de Aplicación

Mezclado Componente A : Componente B = 1 : 1 en volumen

Herramientas de mezclado

Preparación del cartucho



Desenroscar y quitar la tapa



Tirar del tapón



Atornillar la boquilla mezcladora



Introducir el cartucho en la pistola y comenzar la aplicación

Nota importante:

Cuando se interrumpa el trabajo, el producto puede permanecer en el cartucho después de haber comenzado la aplicación. Si en la boquilla hay resina y endurecedor, cuando se reanude el trabajo, ésta debe cambiarse por una nueva.

Modo de Aplicación/ Herramientas

Advertencia general



Limpiar el soporte (libre de aceites, grasas y suciedad, eliminar las partículas sueltas y lechadas superficiales)



Desechar la primera tongada hasta que la mezcla sea homogénea. No utilizar este material. Dejar de ejercer presión con la pistola y limpiar el final de la boquilla con un paño.



Aplicar el adhesivo. Tener en cuenta el tiempo de abierto.



Durante el curado / endurecimiento el producto no debe tocarse. Tener en cuenta el tiempo de curado. Limpiar las herramientas inmediatamente con Sika® Colma Limpiador. Lavarse las manos y la piel con agua tibia y jabón después de los trabajos.

Hormigón, piedra natural, mortero de cemento y enlucidos:

Eliminar restos de aceite y grasas, partículas sueltas y lechadas superficiales. La edad del hormigón debe ser al menos de 3 a 6 semanas (dependiendo del diseño de la mezcla y del ambiente)

Preparación: Limpiar mediante chorreado o granallado.

Acero de construcción 37, acero V2 A:

Eliminar restos de aceites, grasas, óxido y escamas. Preparación: Chorreado o granallado. Trabajar por encima del punto de rocío. Si el acero preparado no se usa inmediatamente, la superficie debe recubrirse con SikaGuard®-62 para su protección.

Políéster, epoxi, cerámica:

Eliminar restos de grasas y aceites. Políéster, epoxi: Lijar, utilizando una lija abrasiva. Vidrio, materiales cerámicos: Lijar, no aplicar en soportes siliconados.

Construcción

Limpieza de Herramientas	Los útiles y herramientas se limpiarán inmediatamente después de su empleo con Sika® Colma Limpiador, pues una vez endurecido, el Sikadur®-33 sólo puede ser eliminado por medios mecánicos.
Vida de mezcla	60 minutos (+23° C)
Notas	Todos los datos técnicos indicados en esta Hoja de Datos de Producto están basados en ensayos de laboratorio. Las medidas reales de estos datos pueden variar debido a circunstancias más allá de nuestro control.
Instrucciones de Seguridad e Higiene	Para cualquier información referida a cuestiones de seguridad en el uso, manejo, almacenamiento y eliminación de residuos de productos químicos, los usuarios deben consultar la versión más reciente de la Hoja de Seguridad del producto, que contiene datos físicos, ecológicos, toxicológicos y demás cuestiones relacionadas con la seguridad.
Notas Legales	Esta información y, en particular, las recomendaciones relativas a la aplicación y uso final del producto, están dadas de buena fe, basadas en el conocimiento actual y la experiencia de Sika de los productos cuando son correctamente almacenados, manejados y aplicados, en situaciones normales, dentro de su vida útil. En la práctica, las posibles diferencias en los materiales, soportes y condiciones reales en el lugar de aplicación son tales, que no se puede deducir de la información del presente documento, ni de cualquier otra recomendación escrita, ni de consejo alguno ofrecido, ninguna garantía en términos de comercialización o idoneidad para propósitos particulares, ni obligación alguna fuera de cualquier relación legal que pudiera existir. Los derechos de propiedad de terceras partes deben ser respetados. Todos los pedidos se aceptan de acuerdo a los términos de nuestras vigentes Condiciones Generales de Venta y Suministro. Los usuarios deben de conocer y utilizar la versión última y actualizada de las Hojas de Datos de Productos, copia de las cuales se mandarán a quien las solicite, o también se puede conseguir en la página "www.sika.es".



Sika®

**OFICINAS CENTRALES
Y FABRICA**

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
Carretera de Fuencarral, 72
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38

**OFICINAS CENTRALES
y Centro Logístico**

Madrid 28108 - Alcobendas
P. I. Alcobendas
C/ Aragoneses, 17
Tels.: 916 57 23 75
Fax: 916 62 19 38



7.4.4 COLOCACIÓN DE ARMADURA Y HORMIGONADO

Esta solución requiere la conexión directa de las armaduras longitudinales originales y las armaduras longitudinales de refuerzo, para lo cual deben disponerse horquillas convenientemente soldadas a unas y otras.

Esta es la razón por la que se habían picado la parte inferior de la viga y se han dejado al descubierto las armaduras de la misma.

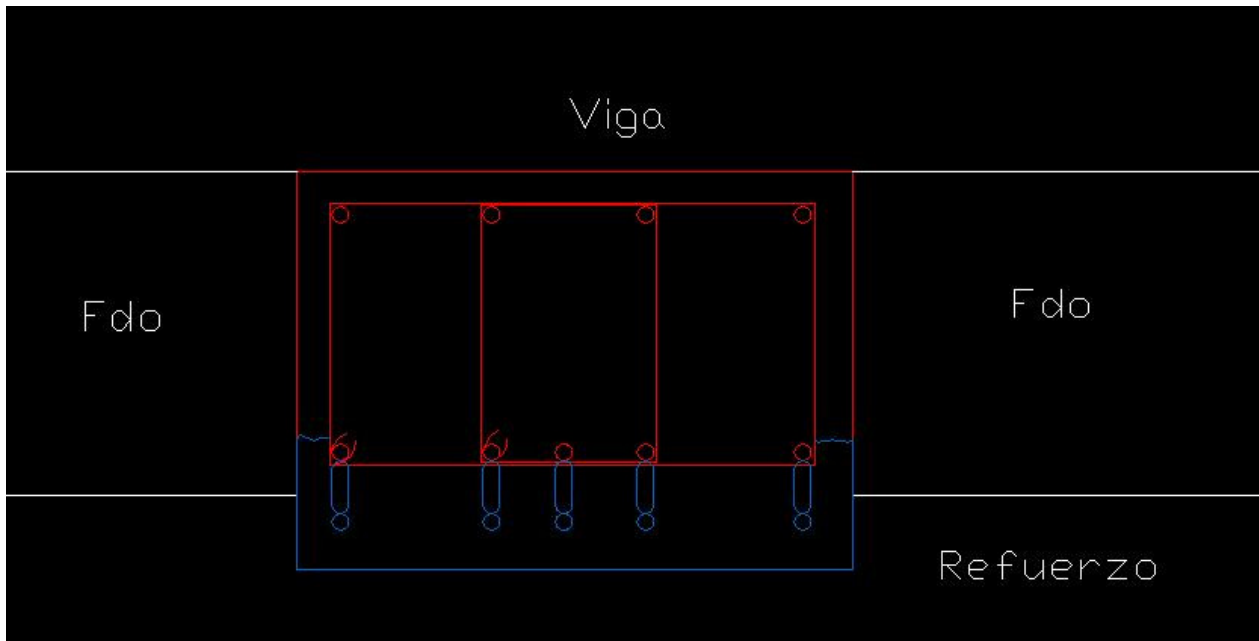
Los procedimientos para la colocación de las armaduras y el hormigonado serán los siguientes:

- Colocación de las horquillas de conexión entre las armaduras existentes y las armaduras de refuerzo.
- Soldadura de las mismas a las armaduras longitudinales existentes.
- Colocación de las armaduras longitudinales de refuerzo y soldadura de las mismas a las horquillas de conexión.
- Hormigonado con hormigón proyectado.

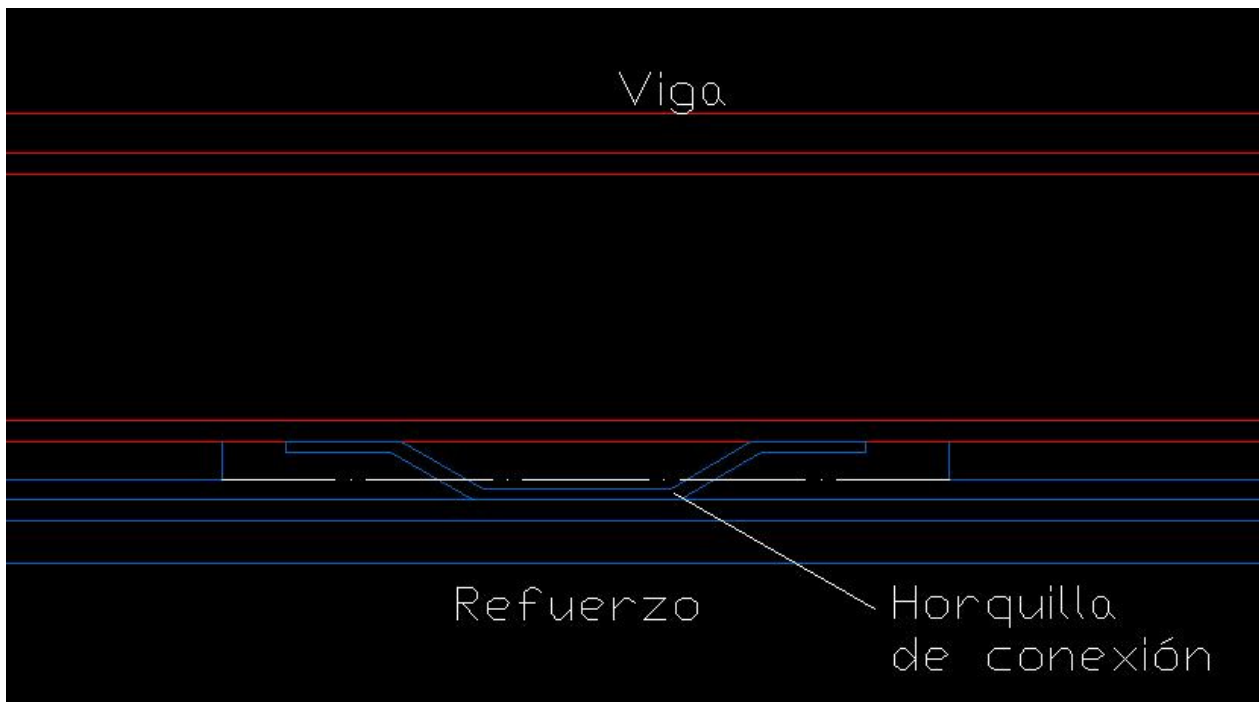
El apeo de la estructura reforzada no se quitará hasta que no haya endurecido el hormigón y no haya entrado en carga.

Más adelante se muestra cómo quedará la viga tras el refuerzo. También se ve en detalle la realización del refuerzo mediante recrecido de hormigón armado.

SECCIÓN DE LA VIGA REFORZADA



DETALLE DE LA CONEXIÓN ENTRE LAS ARMADURAS



8. CONCLUSIÓN

La realización del trabajo sobre el tema del que se ha tratado me ha servido para aprender muchas cosas. Este trabajo me ha hecho reflexionar y darme cuenta que antes de realizar cualquier cambio de uso importante en una edificación ha de comprobarse si su estructura existente es capaz de soportar la sobrecarga que generaría dicho cambio. Al tratarse de un estudio de la estructura de un edificio, el trabajo me ha hecho comprender que los elementos estructurales son los esenciales para cumplir con la seguridad estructural de una edificación.

La necesidad de realizar cálculos estructurales sobre el pórtico más afectado por el cambio de uso me ha servido para aprender a utilizar programas informáticos como CypeCAD y Sap2000e.

También ha aprendido todo lo relacionado con el tema de refuerzos, está claro que mi aprendizaje es mas profundo sobre el refuerzo mediante recrecido de hormigón armado.

En conclusión voy a decir que he disfrutado mucho realizando este trabajo ya que el tema tratado me ha encantado y lo he hecho todo con mucho entusiasmo. Tengo que dar las gracias a mis tutores porque todo esto a sido posible gracias a sus conocimientos, ayuda y apoyo.

9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Comisión Permanente del Hormigón. "EHE-08 Instrucción de Hormigón Estructural". Madrid: Ministerio de Fomento. Centro de Publicaciones, 2008. 704 p. ISBN 9788449808258
2. "Reparación y Refuerzo de Estructuras de hormigón". Guía FIP de Buena Práctica. Colegio de ingenieros de caminos, canales y puertos. ISBN: 84-380-0079-7
3. "Código Técnico de la Edificación". Cizur Menor (Navarra): Thomson Aranzadi, 2006. 978 p. ISBN 8497676890
4. Alfonso del Río Bueno. "Patología, reparación y refuerzo de estructuras de hormigón armado de edificación". Universidad Politécnica de Madrid
5. Sirvent Casanova, Ismael. "Tecnología y terapéutica del hormigón armado". Alicante: Instituto Técnico de la Construcción, 1997. ISBN 8492301619
6. Calavera Ruiz, José. "Patología de estructuras de hormigón armado y pretensado". 2ª ed. Madrid: INTEMAC, 2005. ISBN 8488764219
7. "Evaluación de estructuras existentes: XVI Curso de Estudios Mayores de la Construcción". Curso de Estudios Mayores de la Construcción (16º. 2004. Madrid). Madrid: IETCC, 2004.
8. Martínez Gascó, Pedro. "Durabilidad del hormigón armado, patologías, análisis y refuerzos estructurales". PFC de ETSIE. Universidad Politécnica de Valencia.
9. Pérez Úbeda, Javier. "Materiales y técnicas de reparación y refuerzo del hormigón". PFC de ETSIE. Universidad Politécnica de Valencia.
10. Aguilar Jiménez, José María. "Refuerzo de soportes de hormigón armado afectados por agotamiento resistente". PFC de ETSIE. Universidad Politécnica de Valencia.
11. Giménez Carbó, Ester. "Estudio experimental y numérico de soportes de hormigón armado reforzados con perfiles metálicos sometidos a esfuerzos de compresión simple". Departamento de Ingeniería de la Construcción y de Proyectos de Ingeniería Civil. Universidad Politécnica de Valencia.