

2011

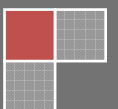
# ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGAS DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO, EN ÁTICO.

Proyecto Final de GRADO.



**ALEJANDRO OLMO GUILLÉN.**

Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación.  
Julio 2011. Departamento de MECANICA DE LOS  
MEDIOS CONTINUOS Y TEORIA DE ESTRUCTURAS.





## AGRADECIMIENTOS

Desearía expresar mis agradecimientos a cuántos, directa o indirectamente, han hecho posible la realización del presente proyecto.

Por un lado a mis tutores Inmaculado y Fernando que me han sabido guiar por el camino adecuado, ayudándome, dándome consejos y por la confianza depositada en mí.

Muy especialmente a mis familiares y en especial a mi novia, por su gran apoyo y sobre todo paciencia.



# INDICE

1.-DATOS GENERALES DEL PROYECTO.....	pág-4
2.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	pág-6
3.- DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DEL EDIFICIO, Y SUS MATERIALES ESTRUCTURALES.....	pág-16
4.- IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, LAS VIGAS.....	pág-45
5.- ESTUDIO DE REFUERZO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.....	pág-62
6.- CONCLUSIONES OBTENIDOS OBJETO DE PROYECTO.....	pág-86
7.-DOCUMENTACIÓN.....	pág-88
8.-ANEXOS.....	pág-90



# 1.- DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

1.1.- DATOS DEL AUTOR

1.2.- DATOS DE LOS DIRECTORES ACADÉMICOS

1.3.- DATOS DE LA ESCUELA



# 1.-DATOS GENERALES DEL PROYECTO.

## 1.1.- Datos del autor.

- Olmo Guillén, Alejandro .

## 2. Datos de los directores académicos

- Fargueta Cerdá, Fernando.
- Tort Ausina, Inmaculada.

## 3.- Datos de la Escuela

Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación.  
Camino de Vera s/n. 46022 VALENCIA. TEL. 963877120  
FAX 963877129 E-mail: [euat@upvnet.upv.es](mailto:euat@upvnet.upv.es)  
Web : [www.arqt.upv.es](http://www.arqt.upv.es)



## 2.- INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

2.1.- EVOLUCIÓN E INTRODUCCIÓN

2.2.- LOS MATERIALES COMPUESTOS

2.3.- LOS OBJETIVOS

## 2.-INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.

### 2.1.- EVOLUCIÓN E INTRODUCCIÓN

La llamada ciencia de los materiales es una rama del conocimiento relativamente reciente y muy activa. Sus equipos de investigación, esencialmente multidisciplinares (físicos, químicos, ingenieros, informáticos, biólogos e incluso médicos), basan su trabajo en el centenar de elementos de la tabla periódica, las piezas químicas que componen la materia del universo. Con este aparente reducido número de elementos el número de combinaciones que se pueden realizar es tan grande que puede considerarse que acabamos de abrir las puertas de un futuro que actualmente sólo podemos imaginar.

En la actualidad, gran parte de lo que anteriormente se fiaba a la intuición o a la buena suerte, se fundamenta en la aplicación de los constantes descubrimientos en física y química básica, algunos de los cuales acaban siendo incluso premios Nóbel. Los diseñadores de nuevos materiales utilizan sistemas de simulación por computadoras para combinar átomos, calcular su estructura molecular y deducir sus propiedades físicas y químicas. A partir de ahí, elaboran los prototipos reales de aquellos modelos que tienen más posibilidades de poseer las propiedades buscadas, y los someten a esfuerzos reales, con el consiguiente ahorro de tiempo y costos.

El desarrollo de nuevos materiales va dejando obsoletas las clasificaciones tradicionales de los materiales, y con esto, las líneas de investigación abiertas y prometedoras son múltiples.

Según Emilio Castro Otero, investigador del Departamento de Física de la Materia Condensada de la Universidad de Santiago de Compostela (USC), los nuevos materiales con que conviviremos en nuestra vida diaria durante el siglo XXI se desarrollarán a la medida, con el fin de obtener un material con unas propiedades adecuadas para una aplicación determinada y serán **nanomateriales** (la habilidad para controlar, manipular y diseñar materiales en la escala de tamaños manométrica de 10-9m), **inteligentes** y **biomiméticos** (estos materiales buscan replicar o "mimetizar" los procesos y materiales biológicos, tanto orgánicos como inorgánicos), así como energéticamente más eficientes, reciclables y menos tóxicos a favor del medio ambiente y el desarrollo sostenible. Todos estos materiales se desarrollaran a partir de materiales ordinarios como las cerámicas, metales, polímeros, materiales compuestos, biomateriales, semiconductores, superconductores, materiales magnéticos.....Con estos procesos obtendremos materiales ultraligeros y ultra-duros.

Un elemento que está siendo cada vez más utilizado es el denominado **composite**, un compuesto que une dos o más materiales, normalmente fibras introducidas en una resina polimérica (plásticos).

Los primeros materiales compuestos o "composites" aparecieron durante la Segunda Guerra Mundial. Se trata de materiales heterogéneos, constituidos por una matriz plástica orgánica (polímero) asociada con un refuerzo fibroso, por lo general de vidrio o de carbono, que puede presentarse en forma de partículas, mats, fibras cortas,

largas o continuas. Son termoestables o termoplásticos y su historia se remonta, según los casos, a menos de cincuenta años o apenas una década.

Según las características de la matriz y de los refuerzos, se distinguen generalmente dos grandes familias: los "composites" de gran difusión, poco pesados, que ocupan una cuota importante del mercado, y los "composites" de altas prestaciones. Estos últimos, generalmente reforzados con fibras continuas de carbono o de aramida, están reservados a sectores de alto valor agregado: aeronáutica, medicina, deportes y recreo.

Los materiales compuestos, se les llama de manera general, a los materiales estructurales que están contruidos ó "compuestos" por elementos químicamente dispares. En el lenguaje común actual, los materiales compuestos son aquellos en los que las fibras de unas sustancias, están incorporadas en una matriz de otra sustancia, habitualmente un plástico, para crear un material con propiedades mecánicas especiales.

Comúnmente, también se designa a estos materiales como plásticos de fibra reforzada, pero esta expresión es algo engañosa, porque hace pensar que el material fundamental es el plástico, y que las fibras son elementos accesorios. En realidad son las fibras las que casi siempre soportan la carga de los elementos y las matrices plásticas sirven únicamente para estabilizarlas y repartir las cargas entre ellas. Los materiales compuestos estructurales, según los conceptos actuales difieren por ejemplo de los ladrillos de adobe o de hormigón reforzado con acero, en los que la paja o el acero proporcionan la resistencia a la tracción. En los materiales compuestos sintéticos modernos, tanto la fuerza tensora como la compresión las soporta el "refuerzo" fibroso.

Aún con esta definición, los materiales compuestos no son algo nuevos; la fibra de vidrio y la baquelita reforzada con resina epóxica, han sido utilizadas durante decenas de años en una enorme variedad de productos. Lo que es nuevo actualmente es una gama de materiales compuestos avanzados; materiales que utilizan fibras de gran rendimiento como el carbono, la aramida, o el vidrio "S" en matrices epóxicas (lo más generalizado) y, cada vez más, poliamidas y materiales o termoplásticos exóticos.

Estos materiales superan las aleaciones metálicas en resistencia y rigidez, son mucho más ligeras, tienen características superiores de fatiga y, lo que es muy importante, son prácticamente **inmunes a la corrosión**. Por consiguiente, están sustituyendo a los materiales en muchas aplicaciones.

Por otro lado, en lo referido más a la Edificación, observamos, echando la vista atrás, la gran evolución de sus construcciones y sus infraestructuras. A lo largo del tiempo, las técnicas y los materiales utilizados han sido mejorados de manera vertiginosa. La tarea de hacer diseños duraderos y económicos es la encomendada a los ingenieros. Sin embargo, una vez ha sido realizada una construcción, ésta se deteriora debido a su envejecimiento o es necesaria una adaptación de la estructura debido a nuevos condicionantes de uso. Para hacer frente a estas necesidades, el campo del refuerzo de estructuras ha recibido un énfasis importante en las dos últimas décadas en todo el mundo.



Debido a estos deterioros, y ahora más aún, por la rápida y mala ejecución de las construcciones en estos años del Boom Inmobiliario, o también el posible caso, de un cambio de uso de la edificación, la cual implica un incremento de sobrecarga, dichas estructuras han de ser rehabilitadas o reforzadas. Así pues, podemos definir como refuerzo, la modificación de una estructura, no necesariamente dañada, con el propósito de aumentar su capacidad portante en relación a las condiciones iniciales.

La necesidad de refuerzo en un elemento estructural, puede venir motivada por diversas causas: un cambio de uso con un aumento de las solicitaciones previstas en el proyecto original, una disminución de la capacidad resistente provocada por la degradación de los materiales o por una acción de tipo accidental, errores de proyecto o de ejecución que no permiten garantizar la seguridad frente a las solicitaciones previstas....

El refuerzo se puede conseguir añadiendo un material que colabore en soportar las cargas actuantes sobre el elemento estructural en cuestión. Tradicionalmente, los materiales portantes han sido recercados de hormigón, barras de acero, tendones postensados, o platabandas de acero. Hoy en día, el refuerzo exterior con platabandas de acero, permite resolver el problema de carencia de armadura de vigas o forjados para soportar solicitaciones de flexión, cortante y torsión de forma sencilla, rápida y con un bajo coste relativo. Sin embargo, presenta desventajas como son el peso de la platabanda y la posible corrosión de la misma por agentes atmosféricos.

Durante la pasada década, se introdujo el empleo de los materiales compuestos, tradicionalmente vinculados a las industrias aeronáutica y automovilística, como técnica de reparación y refuerzo de estructuras, hoy en día mucho más consolidado en el mundo de la Edificación. Los materiales compuestos están constituidos por una matriz polimérica reforzada con fibras sintéticas (carbono, vidrio, aramida). Se suelen designar con las siglas FRP (fiber reinforced polymer). Esta técnica combina las propiedades de los materiales avanzados con el sistema de instalación empleado para platabandas de acero. El uso creciente de esta técnica se debe a las propiedades que ofrecen estos materiales en términos de rigidez, ligereza, resistencia al ataque químico, y facilidad de colocación, lo que la hace atractiva desde el punto de vista de rápida ejecución y bajo coste de mano de obra.



**Fig1.- Refuerzo exterior con laminados Ibach en Suiza (S&P, 2000)**



**Fig.2.- Refuerzo en pilares, mediante en el puente hoja de fibra de carbono y resina epoxi(BASF)**

Las primeras aplicaciones de materiales compuestos fueron como refuerzo a flexión para puentes de hormigón. La primera estructura con láminas encoladas de fibra de carbono data de 1991 en Suiza: el puente Ibach. En España, la primera aplicación de esta tecnología fue el refuerzo del puente del Dragó en Barcelona, en el año 1996, bajo la dirección de Pulido y Sobrino (Salcedo, 2000). El rango de aplicaciones se ha extendido hasta incluir estructuras de mampostería, madera e incluso estructura metálica.

El número de aplicaciones con materiales compuestos ha crecido en los últimos quince años desde un número reducido hasta varios millares. Son múltiples las tipologías estructurales reforzadas: vigas, losas, pilares, juntas, depósitos, silos, bóvedas, cúpulas, celosías, etc.(Oller, 2002).



**Fig.3.- Refuerzo de jacena a cortante, Mediante hoja de fibra de CFRP y resina epoxi(BASF,the Chemical Company)**



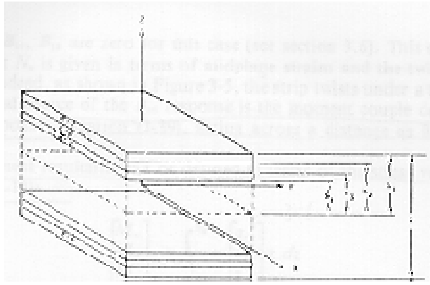
**Fig.4.-Refuerzo a flexión mediante adhesivo laminado CFRP, rehabilitación Barcelona (BASF, the Chemical Company)**

Los Materiales Compuestos, constituidos por fibras de refuerzo embebidas en una matriz de resina, presentan una serie de ventajas que los hacen altamente competitivos frente a los materiales tradicionalmente empleados en la construcción. "Los nuevos materiales se caracterizan por su ligereza, sus densidades oscilan entre 0.03 y 2.0 kg/dm<sup>3</sup>, lo cual aporta enormes ventajas tanto desde el punto de vista de economía y facilidad de transporte, como del de economía y facilidad de montaje. Sin olvidar la disminución significativa de cargas muertas"

## 2.2.-LOS MATERIALES COMPUESTOS

Un compuesto estructural es un sistema material consistente de dos o más fases en una escala macroscópica, cuyo comportamiento mecánico y propiedades están diseñados para ser superiores a aquellos materiales que lo constituyen cuando actúan independientemente. Una de las fases es usualmente discontinua, conocida regularmente como fibra (ver fig. 5), la cual es un material rígido y otra fase débil en continuo que es llamada matriz (ver fig. 6).

Las propiedades de un material compuesto dependen de las propiedades de los elementos, geometría, y distribución de las fases. Uno de los parámetros más importantes es la fracción en volumen o en peso de fibras en el material compuesto.



La distribución del refuerzo determina la homogeneidad o uniformidad del sistema del material. Cuanto menos uniforme es la distribución del refuerzo, y cuanto más heterogéneo sea, causará una alta probabilidad de falla en las áreas débiles. La geometría y orientación del refuerzo afecta la anisotropía del sistema.

Figura 5. Estructura de un material compuesto. Fibra (diagrama de distribución)

## COMPOSITE: MATRIZ + FASE DISPERSA

La **Matriz** es continua y envuelve la otra fase, llamada frecuentemente **Fase Dispersa**.

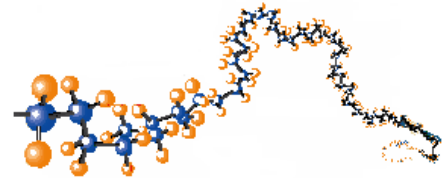
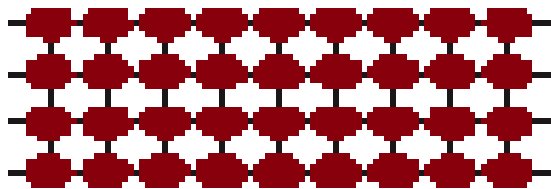


Figura 6. Estructura de un material compuesto. Matriz (diagrama de un plástico con modelos moleculares)

Las fases del sistema compuesto tienen diferentes funciones que dependen del tipo y aplicación del material compuesto. En el caso de un material compuesto de bajo o medio comportamiento, el refuerzo es usualmente en la forma de fibras cortas o partículas, proporcionando alguna rigidez, pero sólo frente a esfuerzos locales del material. La matriz en cierta forma es el principal elemento que soporta cargas gobernando las propiedades mecánicas del material. En el caso de compuestos estructurales de alto comportamiento, son usualmente reforzados con fibra continua, la cual es la columna vertebral del material que determina la rigidez y refuerzo en la dirección de la fibra y los esfuerzos locales se transfieren de una fibra a otra. La interfase a pesar de su corto tamaño, puede jugar un importante rol en controlar el mecanismo de fractura, la fuerza para fracturar y en conjunto el comportamiento, esfuerzo - deformación del material.

El término material compuesto o 'composites' se reserva para aquellos materiales formados por fibras embebidas en una resina o matriz cuyas propiedades son mejores a las que sus componentes presentan por separado. Las fibras aportan resistencia y rigidez, mientras que la matriz transmite los esfuerzos de unas fibras a otras y entre ellas y la superficie sobre la que se adhiere, además de proteger a las fibras de posibles daños mecánicos y ambientales (Oller, 2002).

Las fibras más empleadas son las de vidrio, aramida y carbono presentando todas ellas un comportamiento elástico hasta rotura. Las de vidrio presentan un alargamiento último y resistencias últimas muy elevadas, pero su rigidez es relativamente baja y son vulnerables a ataques alcalinos. Las fibras de aramida (como por ejemplo, el producto

comercial Kevlar) presentan resistencias a tracción muy buenas, pero el comportamiento no es satisfactorio frente a sollicitaciones de compresión y bajo cargas mantenidas.

Finalmente, las fibras de carbono constituyen un material idóneo para el refuerzo de estructuras de hormigón armado, por la inalterabilidad de las características mecánicas de las fibras ante la humedad, disolventes, ácidos o bases y otros agentes atmosféricos, lo que permite un contacto directo con el hormigón durante periodos de tiempo prolongados (Oller, 2002). Además presenta unas elevadas resistencias a largo plazo en relación a los valores obtenidos a corto, incluso bajo carga sostenida, una resistencia a tracción y compresión elevadas, un módulo de rigidez similar al acero y un comportamiento a fatiga excelente (Meier, 1995). En la Tabla I.1 se pueden observar las características principales de los materiales descritos comparadas con las del acero y el aluminio.

Material	Densidad (T/m <sup>3</sup> )	Módulo de elasticidad (GPa)	Resistencia última (MPa)
Grafito	1.80	230.00	2067.00
Aramida	1.40	124.00	1379.00
Vidrio	1.60	85.00	1550.00
Grafito/epoxi unidireccional	1.80	181.00	1500.00
Vidrio/epoxi unidireccional	1.60	38.60	1062.00
Grafito epoxi cross-ply (0-90)	1.80	95.98	373.00
Vidrio epoxi cross-ply (0-90)	1.60	23.58	88.25
Grafito epoxi casi –isotrópico	1.80	69.64	276.48
Vidrio epoxi casi – isotrópico	1.60	18.96	73.08
Acero	7.80	206.84	648.10
Aluminio	2.60	68.95	275.80

**Tabla I.1: Valores típicos para propiedades de los materiales compuestos (Oller, 2002)**

En cuanto a la matriz, las resinas habitualmente utilizadas en ingeniería estructural son poliésteres, vinylésteres y epoxies. Todas ellas son resinas termoestables que se polimerizan a las temperaturas normales. En cuanto a sus características, las resinas epoxídicas constituyen uno de los materiales de mayor aplicación principalmente por su excelente adherencia a las fibras, fruto de su baja viscosidad, y de la baja retracción que experimentan durante el proceso de curado. Además cabe destacar su elevada dureza, resistencia a la humedad y a la fatiga (Oller, 2002).

Material	Densidad (T/m <sup>3</sup> )	Módulo de elasticidad (GPa)	Resistencia última (MPa)
Epoxi	1.20	3.40	72.00
Aluminio	2.70	71.00	276.00
Poliamida	1.20	3.50	54.00

**Tabla I.2: Valores típicos para propiedades de las matrices (Oller, 2002)**

De la combinación de fibras orgánicas o inorgánicas con resina y con las cargas, resultan los materiales compuestos. En función de las fibras que contienen: vidrio,

carbono o aramida surgen los llamados GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer), CFRP (Carbon Fiber Reinforced Polymer) y AFRP (Aramid Fiber Reinforced Polymer).

El comportamiento final de un FRP depende en gran medida de los materiales que lo constituyen, de la interacción entre los mismos y del proceso de fabricación. Entre los factores que intervienen en su comportamiento se hallan la orientación, longitud, forma y composición de las fibras, las propiedades mecánicas de la matriz, así como la adhesividad o unión entre los componentes.

De la combinación de estos parámetros resulta un material no homogéneo y marcadamente anisótropo, cuyas propiedades se caracterizan experimentalmente según ensayos normalizados. Existen dos formatos de material compuesto para el refuerzo de estructuras: los sistemas curados in situ y los prefabricados. En el primero, se fabrica el material compuesto in situ, mediante láminas o tejidos de fibra de carbono preimpregnados o no y añadiendo la matriz en capas sucesivas. El segundo, se fabrica mediante un proceso de pultrusión y se adhiere al soporte mediante un adhesivo. La calidad del primer producto depende más de la habilidad de los operarios y requiere más mano de obra que el segundo producto.

El refuerzo de estructuras de hormigón armado y pretensado aplicando laminados compuestos a base de fibras sintéticas y resinas adheridos externamente al sustrato a reforzar ha llegado a una realidad en numerosos países, tanto a flexión como a cortante fundamentalmente. Las razones por las cuales los materiales compuestos se vienen usando en mayor medida como refuerzo de elementos estructurales de hormigón armado se listan a continuación: sus características mecánicas específicas de dichos materiales, su resistencia a la corrosión, su resistencia a los agentes químicos, su reducido peso (alrededor de una cuarta parte del acero) lo que facilita su transporte, manejo y puesta en obra (empleando medios auxiliares ligeros durante cortos periodos de tiempo), gran capacidad de deformación antes de rotura, la posibilidad de presentarse en cualquier longitud, etc, han convertido a estos materiales en una auténtica alternativa frente a otros más convencionales como el acero. Por todo ello, resulta interesante obtener criterios de diseño de este tipo de refuerzos de fácil aplicación ingenieril teniendo en cuenta su comportamiento constitutivo, el comportamiento seccional y estructural de elementos de hormigón así reforzados así como criterios de ejecución.

En los últimos años el aumento de la capacidad de carga de estructuras de hormigón existentes mediante el refuerzo con laminados de material compuesto se está planteando cada vez más como una alternativa a los materiales y técnicas tradicionales a causa de sus ventajosas propiedades. Como consecuencia de este creciente interés se están desarrollando en diferentes países y continentes, guías y recomendaciones de diseño que faciliten la aplicación de esta técnica aunque todavía se requiere mucho desarrollo hasta que estas guías puedan considerarse como norma ya que todavía hay muchas cuestiones abiertas. En este trabajo se plantea el estado de conocimiento actual con respecto al uso de esta técnica como sistema de refuerzo a flexión de vigas según las recomendaciones publicadas actualmente.

Por otro lado cabe destacar las dos empresas más importantes a nivel nacional e internacional en este sector como son Sika, y Basf, en las cuales podemos encontrar una gran diversidad de laminados, tanto de tamaño como de clases.

También cabría destacar, una asociación que surgió en 1986, denominada CLUB DIR, la cual la forman más de 35 empresas por toda la península. Esta unión es de un grupo de empresas especializadas en la aplicación de productos químicos para la construcción, entorno a la empresa BETTOR MBT, la cual dio lugar a la formación de este club, con el objetivo de asegurar una adecuada puesta en obra de sistemas y productos químicos para la construcción. El grupo inicial de empresas se ha ido desarrollando hasta convertirse en una amplia red de técnicos especialistas aplicadores.





El Club DIR se constituyó a primeros del año 2000 en Asociación y, actualmente, goza de un reconocido prestigio en el sector de la aplicación de productos químicos. Un prestigio avalado por ser la primera Asociación de Aplicadores de productos químicos Certificada por ECA según la Norma ISO 9001:2000.

La Asociación Club DIR colabora estrechamente en proyectos y obras desde las fases iniciales de diagnóstico hasta la proposición de la solución óptima al problema suscitado.

La formación continuada en productos y sistemas de aplicación, una constante información y apoyo por parte del equipo comercial y servicio técnico de BASF Construction Chemicals España, S.L., permite a las empresas del Club DIR estar al día en las últimas innovaciones tecnológicas en el campo del tratamiento de las patologías del hormigón, la realización de pavimentos, la impermeabilización, el aislamiento, los recubrimientos cerámicos, etc.

Una extensa experiencia profesional y una elevada cualificación técnica convierte a las empresas del Club DIR en auténticas especialistas en:

- Saneamiento, reparación y protección del hormigón.
- Reparación estructural y superficial del hormigón.
- Reparación de fisuras y grietas por inyección.
- Restauración de fachadas.
- Rehabilitación de edificios.
- Realización de revoques.
- Sellado de juntas.
- Impermeabilización de depósitos, balsas y piscinas.
- Impermeabilización de terrazas y cubiertas.
- Impermeabilización de cimentaciones y estructuras subterráneas.
- Realización de pavimentos industriales, antiácidos y decorativos.
- Reparación de pavimentos.
- Pinturas para acabado de pavimentos.
- Colocación de cerámica, gres y azulejos.
- Cimentaciones y anclajes de estructuras.
- Aislamientos.
- Drenajes.
- Sistemas para la construcción subterránea

## 2.3.- OBJETIVOS

Una vez realizada la introducción, sobre materiales compuestos, como técnica de refuerzo de estructuras a flexión, o a cortante, por sus grandes características, procederemos a describir el objetivo de este Proyecto Final de Grado.

En particular en este proyecto, vamos a tratar el "Estudio y Refuerzo de vigas de Hormigón Armado, mediante laminados compuestos, debido al cambio de uso, en ático", el cual estará dirigido por Fernando Fargueta Cérda e Inmaculada Tort Ausina, del Departamento de MECANICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS Y TEORIA DE ESTRUCTURAS.

El refuerzo de la viga mediante laminados compuestos, es debido al cambio de uso que vamos a realizar de la terraza del ático, por el incremento de sobrecarga, tras la colocación de un SPA y demás elemento, en esta. El edificio consta de 12 viviendas, 1 ático, 1 local comercial, 63 plazas de aparcamiento y 15 trasteros.

En primer lugar, pasaremos a analizar el estado actual de la estructura, después calcularemos y analizaremos el estado futuro con el cambio de uso, y una vez realizado ambos cálculos, pasaremos a realizar un análisis comparativo, y estudiaremos, si es o no, viable, la colocación de dicho SPA, sin el refuerzo de la viga. Por último, una vez obtenido y estudiado los casos, pasaremos a la obtención del material de refuerzo, que para ello deberemos de obtener, las cualidades de estos, y una vez así, elegir el más adecuado.

Debido al escaso uso que antes se hacía en España de estos compuestos, aunque cada vez, es más corriente la utilización, no disponemos de normativa vigente que regule este tema, por lo que en ausencia de la normativa, en el siguiente Proyecto, nos basaremos en normativa ACI 440.2R-02, por un lado, y también tendremos en cuenta la EN 1504, parte 4, refuerzo estructural, además de la EHE-08, de donde obtendremos todos los cálculos necesarios, para las cargas, así, como las comprobaciones necesarias tanto a cortante como a momentos. También tendremos en cuenta el CTE-DB-SE y CTE-DB-SE-AE.

En él pretendemos analizar y estudiar:

- El edificio del proyecto.
- La Resistencia y análisis del Estado actual de la estructura.
- Resistencia y análisis debido al nuevo cambio de uso.
- Recopilar información , tanto académicamente, como a nivel profesional (Empresas).
- Aplicación y uso de diferentes programas, para el cálculo y refuerzo de estructuras.
- Cálculo del refuerzo y elección de este.
- Estudio y análisis de los materiales a utilizar.
- Estudio de las diferentes resistencia según el tipo de material compuesto.
- Realizar una recopilación bibliográfica



---

## 3.-DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DEL EDIFICIO, Y SUS MATERIALES ESTRUCTURALES.

3.1.-CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA Y SUS MATERIALES.

3.2.-VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES ACTUALES.

3.2.1.-RESULTADO DEL ESTUDIO DE LAS CARGAS ACTUALES.

3.3.-VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES DEBIDAS AL CAMBIO DE USO.

3.3.1.-RESULTADO DEL ESTUDIO DE LAS CARGAS DEBIDAS AL CAMBIO DE USO.



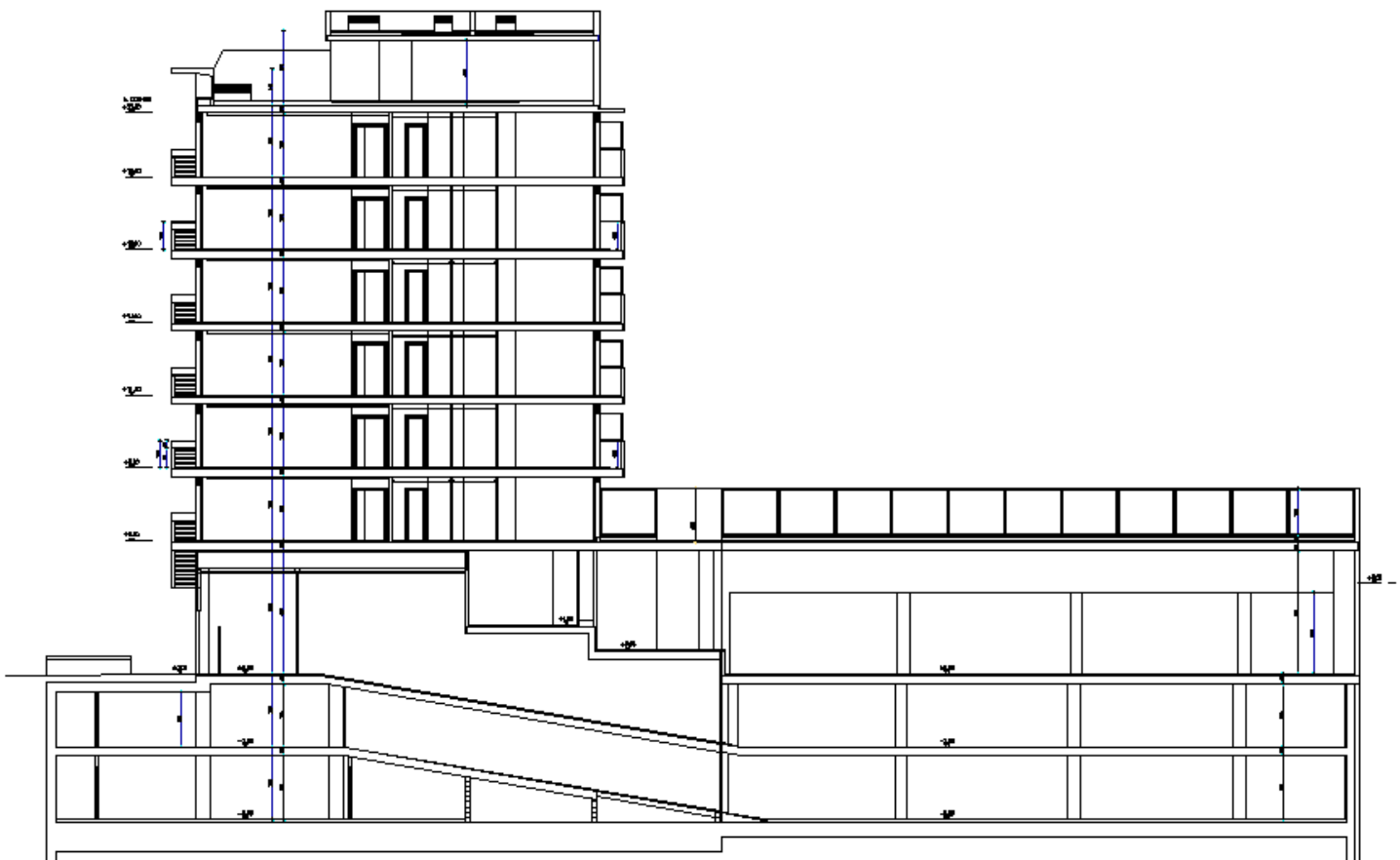
### 3.- DESCRIPCIÓN Y ESTUDIO DEL EDIFICIO, Y SUS MATERIALES ESTRUCTURALES.

En nuestro Proyecto vamos a tratar como reforzar una viga la cual , por el nuevo cambio de uso de dicha vivienda, estará sometida a fuerzas superiores a las actuales, por lo consiguiente, aún con los coeficientes de mayorización que se les aplican a la hora de calcularlas, dicha estructura podrá o no, soportar estas nuevas fuerzas.

Nuestro Edificio a estudiar está situado en la Calle L´Antigua Senda de Senent, 1-Dup, Valencia(Anejo 8.1-PLANOS: Plano nº1,Situación). Es un edificio entre medianeras, sensiblemente rectangular. Su fachada oeste recae a la calle y su fachada posterior, en la parte edificable en altura, a espacio libre de dominio privado.

Esta compuesto por dos sótanos (32 plazas en sótano 2 y 31 en sótano 1, ambos con trasteros), con una altura total bajo rasante de 5,80m . La planta baja se destina a local comercial y a zaguán de acceso a viviendas. Desde la planta primera a la sexta se dispone de dos viviendas por planta

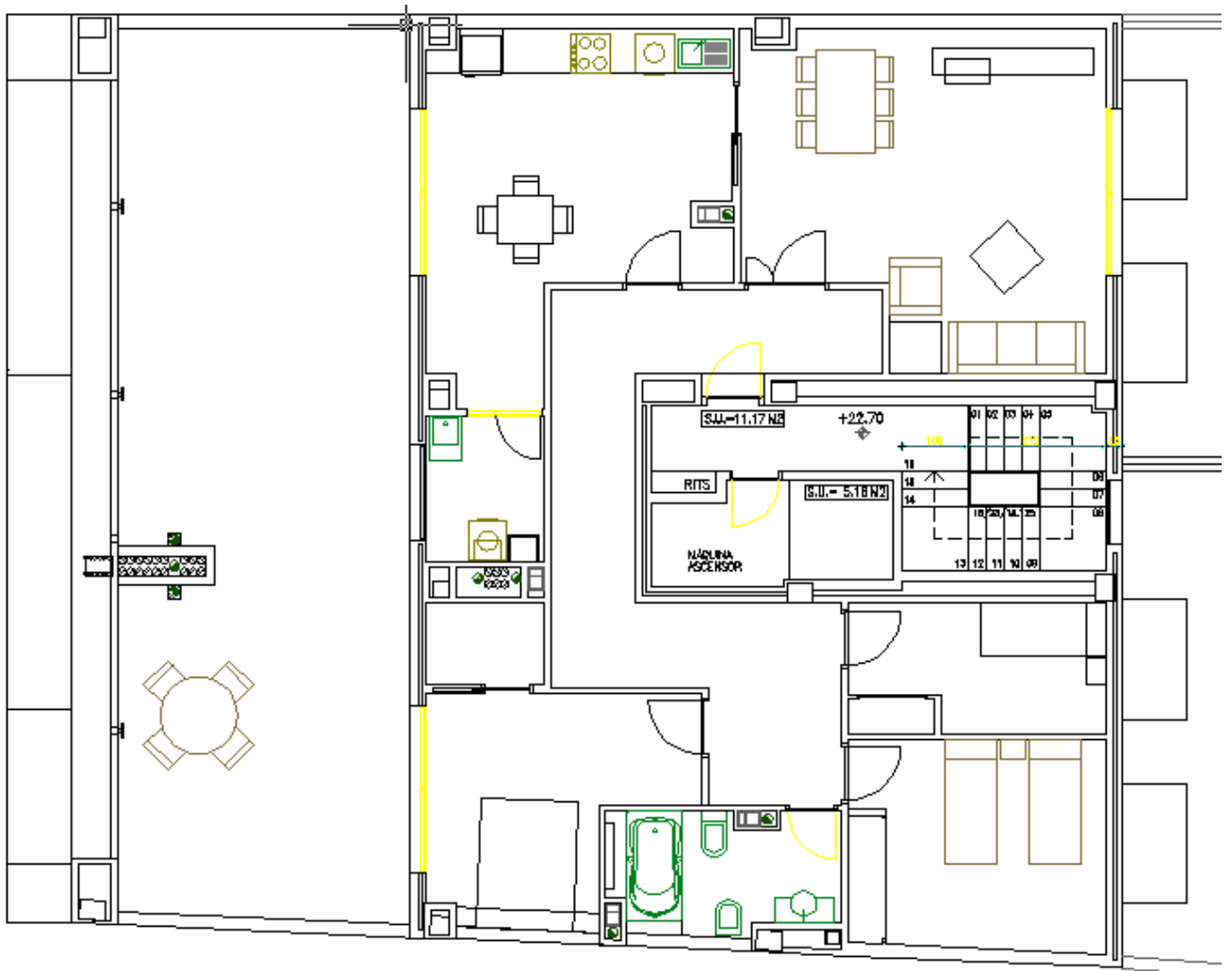
El núcleo de escalera incorpora los diferentes requerimientos de protección en caso de evacuación, pasos de instalaciones, y ascensor. Se dispone de una escalera independiente de la general para la comunicación del zaguán con el garaje.



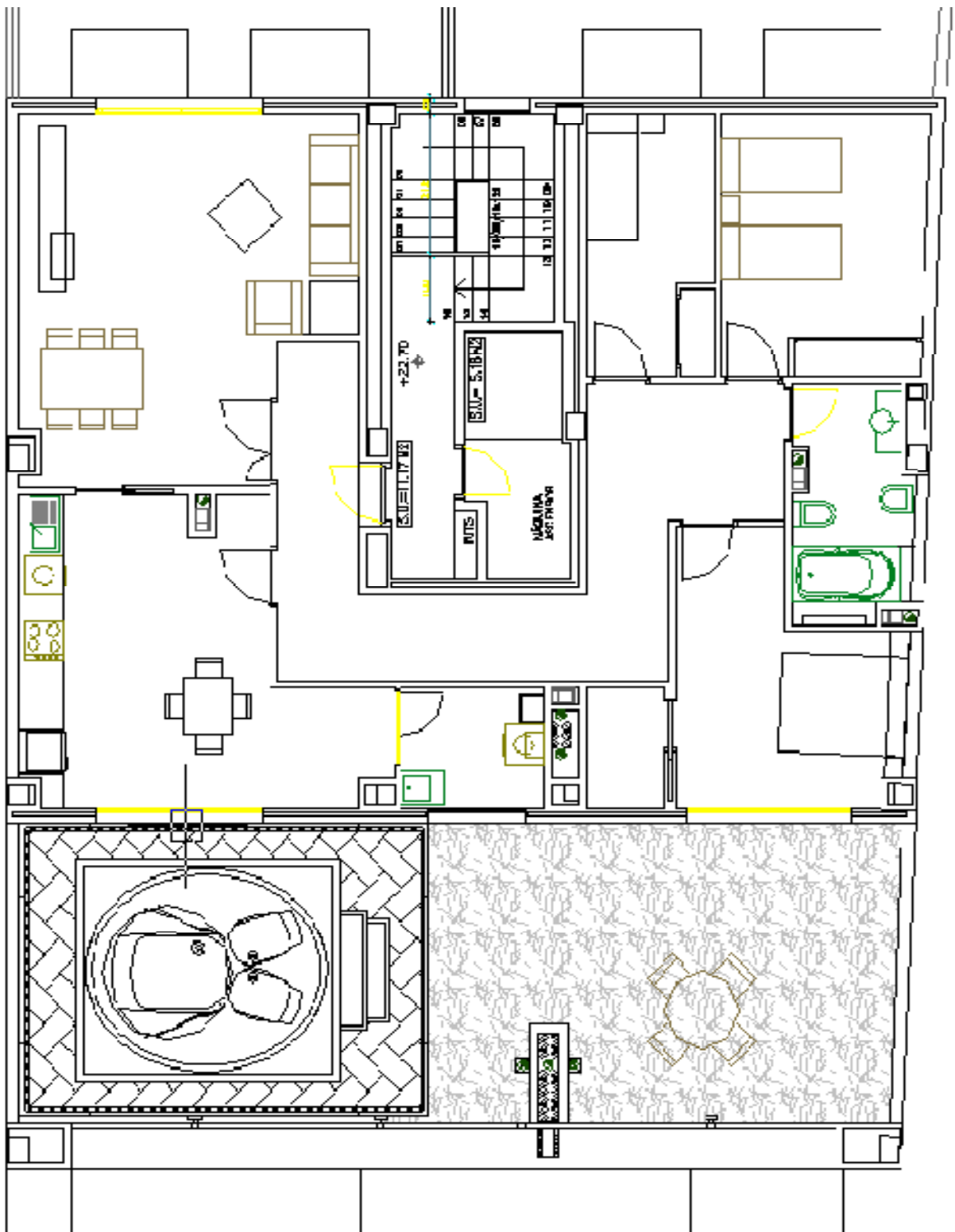
\*Anejo 8.1,PLANOS:  
Plano nº 2, Sección del Edificio.

En la última planta, se encuentra el ático, en el cuál realizaremos el cambio de uso, al cambiar el solado de la terraza, por otro, colocado encima de placas de piedra, en está, colocaremos un SPA , además de la caseta para albergarlo, para así poder disfrutar de él durante todo el año.

En total, el edificio a estudiar dispone de 12 viviendas + ático, un local comercial, 63 plazas de aparcamiento y 15 trasteros.



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº3, Planta Distribución Ático, estado Actual.



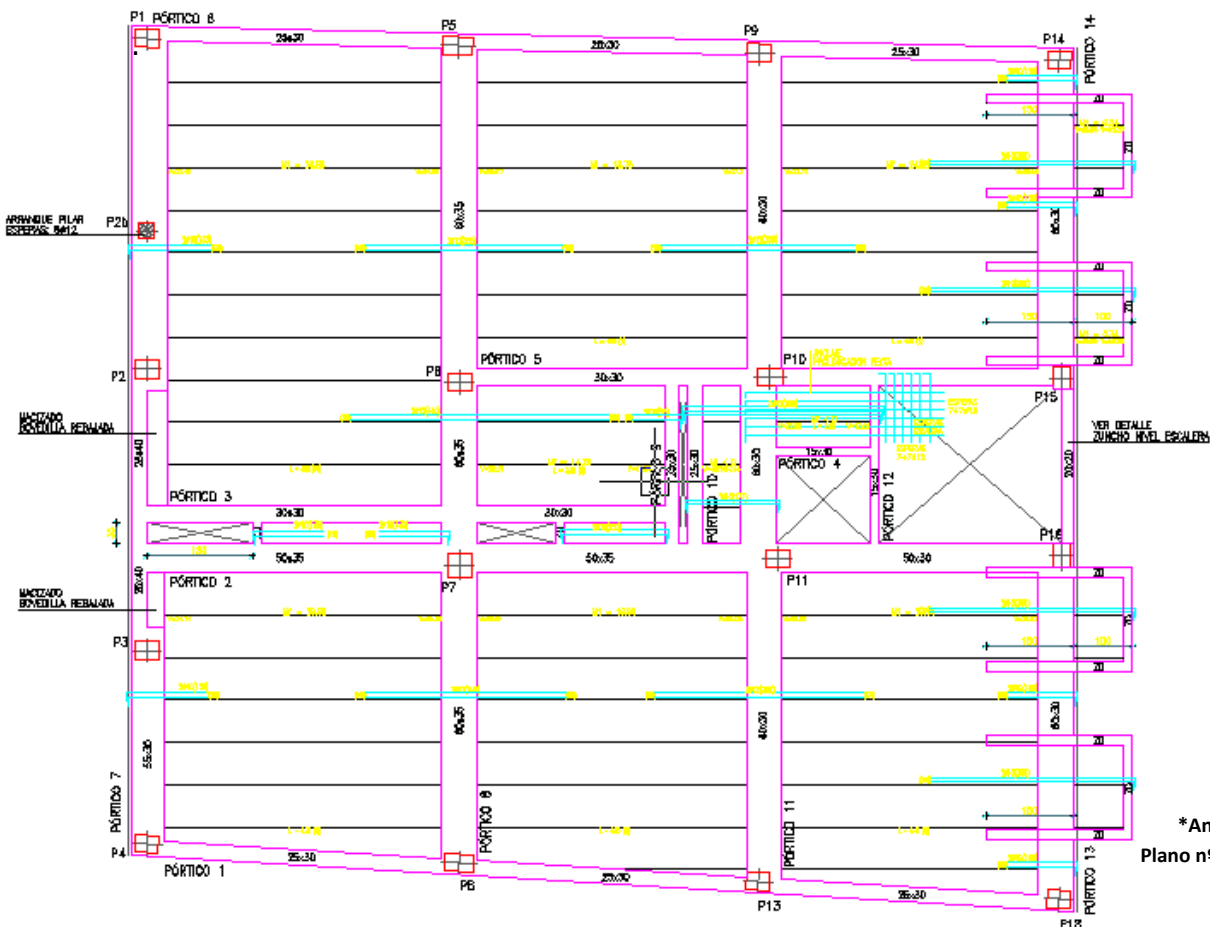
\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº4, Planta Distribución Ático, Cambio de Uso

### 3.1.-CARACTERÍSTICAS DE LA ESTRUCTURA Y SUS MATERIALES.

La estructura del edificio, es una estructura compuesta por soportes y jácenas planas o de cuelgue. El entramado estructural del edificio está realizado 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. Contiene 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.

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: Tipo I: forjado 1 en suelo sótano 1 (sobrecarga de garaje para automóviles); Tipo II: forjados 2 y 3 en suelo de planta baja y altillo (sobrecarga oficinas y tiendas); 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), Tipo IV: forjados 5 a 9 en suelo de plantas tipo de viviendas; Tipo V: forjados 10 y 11, en los dos niveles con los que se resuelve la azotea del edificio, y el ático.

Nuestro forjado a estudiar es el forjado tipo V, el cual está construido con un hormigón HA-25/B/20/ I (árido calizo).



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº5, Forjado Ático

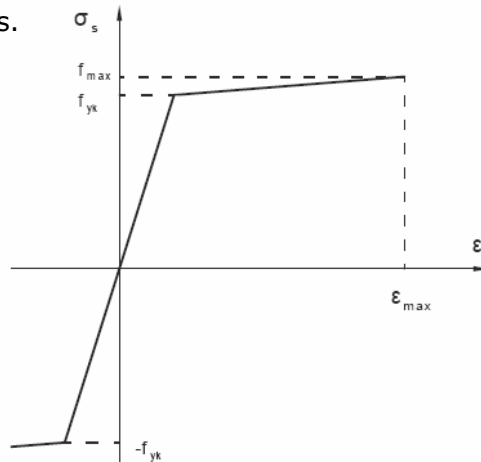
El cual posee una resistencia característica de 25 N/mm<sup>2</sup>.

En cuanto a la durabilidad, en función de la clase de exposición, el hormigón del edificio cumple (Tabla 37.3.2 a y b de la EHE)

PARÁMETROS DEL HORM. ARMADO	Clase de exposición	
	I	Ila
máxima relación a/c	0,65	0,60
mínimo contenido de cemento KN/m <sup>2</sup>	2,5	2,75
resist. mínima (N/mm <sup>2</sup> )	25	25

En cuanto a los componentes, el cemento es Portland, tipo CEM II/A-M 32,5 R (mixto) ó CEM II/A-V 32,5 R (ceniza volante), cumpliendo con el Anejo 4 EHE'08. Por consideraciones relativas a su comportamiento frente al fuego, se realizo con árido de naturaleza caliza.

Las armaduras de nuestra estructura esta constituida por barras corrugadas, con acero B500 S, el cual tiene este diagrama de tensión-deformación según el artículo 38º.2 de la EHE-08 para los aceros.



Las características del acero B500 S, según la tabla 32.2.a de la EHE-08, son las siguientes:

Tabla 32.2.a Tipos de acero corrugado

Tipo de acero		Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
		B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Designación		B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Límite elástico, $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>		≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> ) <sup>(1)</sup>		≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575
Alargamiento de rotura, $\epsilon_{u,5}$ (%)		≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Alargamiento total bajo carga máxima, $\epsilon_{m\acute{a}x}$ (%)	acero suministrado en barra	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 7,5
	acero suministrado en rollo <sup>(3)</sup>	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 10,0	≥ 10,0
Relación $f_s/f_y$ <sup>(2)</sup>		≥ 1,05	≥ 1,05	$1,20 \leq f_s/f_y \leq 1,35$	$1,15 \leq f_s/f_y \leq 1,35$
Relación $f_y \text{ real}/f_y \text{ nominal}$		--	--	≤ 1,20	≤ 1,25

- (1) Para el cálculo de los valores unitarios se utilizará la sección nominal.
- (2) Relación admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenidos en cada ensayo.
- (3) En el caso de aceros corrugados procedentes de suministros en rollo, los resultados pueden verse afectados por el método de preparación de la muestra para su ensayo, que deberá hacerse conforme a lo indicado en el Anejo 23. Considerando la incertidumbre que puede conllevar dicho procedimiento, pueden

En cuanto a la durabilidad, los recubrimientos o distancias entre la superficie exterior de la armadura (incluyendo cercos y estribos) y la superficie del hormigón más cercana son (Tabla 37.2.4 EHE y comentarios)

Tipo de elemento	Recubrimiento nominal = rec. mínimo + margen de recubrimiento	
	I	Ila
general	20 + 10	25+10 si horm. de limpieza y no menor que 1,25 TMA
eltos. prefabricados	15	20

Estos valores son válidos para la resistencia característica del hormigón comprendida entre 25 y 40 N/mm<sup>2</sup>. El margen de recubrimiento es de 10 mm. en control normal de ejecución y elementos in situ, mientras que vale cero en elementos prefabricados con control intenso.

En síntesis, los recubrimientos de los diferentes elementos estructurales resultan:

Tipo de elemento	Recubrimiento nominal = rec. mínimo + margen de recubrimiento
Estructura y forjados (parte aérea y plantas sótano), Clase I	20 + 10
Viguetas semirresistentes armadas, Clase I	15

#### - Coeficientes parciales de seguridad .

En estados límite últimos son los de la Tabla 15.3 de la EHE-08:

	Situación de proyecto	Valor del coeficiente de Seguridad
Acero $\gamma_s$	Persistente o transitoria	1.15
	Accidental	1.00
Hormigón $\gamma_c$	Persistente o transitoria	1.50
	Accidental	1.30

En estados límite de servicio se adoptarán coeficientes parciales de valor igual a la unidad tanto para el hormigón como para el acero.

Aquí adjunto una imagen del despiece de la viga, la cual, debido al cambio de uso del ático, será sometida a cargas mayores de las que puede soportar y deberemos actuar sobre está, ya que según el estudio realizado de los momentos y cortantes, y por la situación del SPA en este tramo, consideramos , un gran aumento de cargas, y observamos que si debemos reforzar algún tramo, será esta viga, del pilar 5 al pilar 6, la cual será la más afectada .

Por lo tanto, comprobaremos que el momento último es inferior al momento obtenido con el cambio de uso, y por lo tanto deberemos de reforzarla.



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº5, Forjado Ático.

### 3.2.-VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES, ACTUALES.

El valor representativo de una acción es el que debe utilizarse para la comprobación de los estados límite (art. 11). En general, el valor representativo es el valor característico ya que éste se define como su principal valor más representativo.

De acuerdo con lo preceptuado en la Norma CTE-DB-AE( Código técnico, documento básico, Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación), se han adoptado en el cálculo de los elementos estructurales los valores característicos de las acciones que a continuación se detallan, exponemos solamente el forjado a estudiar que será el forjado tipo V, planta del ático, en el cual tendremos diversas cargas, a la hora de calcular una viga, debido a que en una parte disponemos de vivienda y en la otra parte disponemos de terraza. La viga la cual estudiaremos será la viga situada entre el pilar 5 y el pilar 6, dado que será la sometida a mayores cargas con el cambio de uso, por la colocación de un jacuzzi cubierto en la terraza. Aquí definimos las diferentes cargas existentes:

#### - **Acción gravitatoria**

Forjados<sup>1</sup>:

##### - FORJADO TIPO V (planta vivienda ático).

Cargas Permanentes: (magnitud y posición constante en el tiempo)

- Forjado: 25+5 con bloques de horm.	4,0 KN/m <sup>2</sup>
- Protección ,terrazo	0,8 KN/m <sup>2</sup>
- Enlucido inferior yeso e=15 mm.	0,15 KN/m <sup>2</sup>
- Sobrecarga de tabiquería	1,00 KN/m <sup>2</sup>

Sobrecargas (magnitud y/o posición variable en el tiempo)

- Sobrecarga de uso vivienda	2,0 KN/m <sup>2</sup> -----
------------------------------	--------------------------------

<b>CARGA TOTAL</b>	<b>7,95 KN/m<sup>2</sup></b>
--------------------	------------------------------

##### - FORJADO TIPO V (terrazo).

Cargas Permanentes: (magnitud y posición constante en el tiempo)

- Forjado: 25+5 con bloques de horm.	4,0 KN/m <sup>2</sup>
- Protección pesada	2,5 KN/m <sup>2</sup>
- Enlucido inferior yeso e=15 mm.	0,15 KN/m <sup>2</sup>

<sup>1</sup> La aplicación informática empleada para el cálculo de la estructura (CYPE 2011) tiene en cuenta la repercusión de los pesos propios de vigas y zunchos independientemente de los paños de forjado.



Sobrecargas (magnitud y/o posición variable en el tiempo)

- |                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| - Sobrecarga de uso   | 1,0 KN/m <sup>2</sup> |
| - Sobrecarga de nieve | 0,2 KN/m <sup>2</sup> |
|                       | -----                 |

CARGA TOTAL	<b>7,85 KN/m<sup>2</sup></b>
-------------	------------------------------

Cargas lineales :

- Cerramiento fachada a la terraza, compuesto por: enfoscado exterior, tabicón de ladrillo hueco del 11, aislamiento, tabique de ladrillo hueco del 7 y enlucido de yeso: 2,85 KN/m<sup>2</sup>.
- Cerramiento fachada posterior, compuesto por: enfoscado exterior, tabicón de ladrillo hueco del 11, aislamiento, tabique de ladrillo hueco del 7 y enlucido de yeso: 2,85 KN/m<sup>2</sup>.
- Medianeras interiores y exteriores, muretes de carga en áticos: LP 12, o termoarcilla 14 + enlucidos: 2,4 KN/m<sup>2</sup>
- Tabicón de ladrillo panal de medio pie enlucido a dos caras: 2,20 KN/m<sup>2</sup>
- Antepechos de cubierta: 1,5 KN/ml
- Sobrecarga de uso en escaleras y accesos: 3 KN/m<sup>2</sup>
- Huecos de ascensores: 4,2 kN/ml-recinto, incluyendo losa, cargas suspendidas, equipo y sobrecargas dinámicas.

### Acciones de cálculo e hipótesis de carga.

Según el art. 9, clasificación de las acciones, según la EHE-08 las acciones se clasifican por su naturaleza en directas e indirectas, por su variación en el tiempo en permanentes, permanentes de valor no constante, variables y accidentales, y por su variación en el espacio en fijas y libres.

Los valores de cálculo de las acciones es el producto del valor representativo por un coeficiente parcial de seguridad (art. 12, valores de cálculo de las acciones).

Para las acciones permanentes se tomará una densidad de 23 KN/m<sup>3</sup> para el hormigón en masa y de 25 KN/m<sup>3</sup> para el hormigón armado y pretensado.

### - Valores de cálculo de las acciones (art.12)

#### - ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (tabla 12.1.a.)

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 95.5. Para el control a nivel normal prescrito para la presente obra tenemos: (Tabla 12.1.b)

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)

Las comprobaciones que yo he realizado son con la EHE-08, las cuales no coinciden con estas debido a que este proyecto será de años anteriores a las EHE-08, por lo que los coeficientes han variado.

#### - ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO.

Para el análisis de los estados límites de servicio se adoptarán los coeficientes parciales de seguridad de la Tabla 12.2:

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

### - Hipótesis de carga y combinación de acciones

Se establecen las hipótesis de carga recogidas Artículo 13º de la EHE, teniéndose en cuenta todas las combinaciones para cada tipo acciones, tanto en estados límite últimos como de servicio.

Para estados límites últimos y estructuras de edificación, se admite simplificadaamente en situaciones sísmicas como la nuestra:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_A A_{E,k} + \sum 0,8 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

para  $j \geq 1$  e  $i \geq 1$ , siendo

$\gamma_{G,j}$ , coeficiente parcial de seguridad de la acción permanente j.

$G_{k,j}$ , valor característico de la acción permanente j.

$\gamma_A$ , coeficiente parcial de seguridad de la acción sísmica.

$A_{E,k}$ , valor característico de la acción sísmica

$\gamma_{Q,i}$ , coeficiente parcial de seguridad de la acción variable i

$Q_{k,i}$ , valor característico de la acción variable i

En estados límite de servicio y estructuras de edificación, se admite simplificadaamente en combinación cuasi permanente como la nuestra:

$$\sum \gamma_{G,j} G_{k,j} + \gamma_A A_{E,k} + \sum 0,6 \gamma_{Q,i} Q_{k,i}$$

para  $j \geq 1$  e  $i \geq 1$ , siendo

$\gamma_{G,j}$ , coeficiente parcial de seguridad de la acción permanente j.

$G_{k,j}$ , valor característico de la acción permanente j.

$\gamma_{Q,i}$ , coeficiente parcial de seguridad de la acción variable i

$Q_{k,i}$ , valor característico de la acción variable i

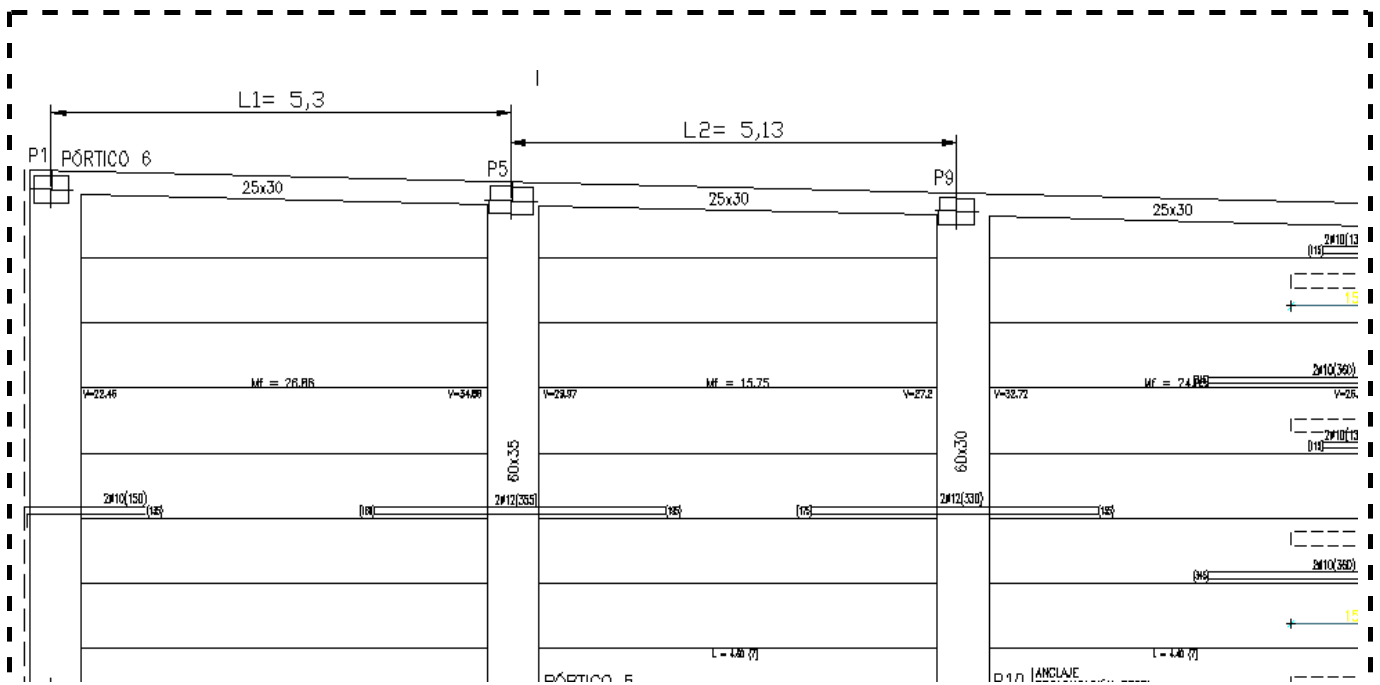
### 3.2.1.-RESULTADO DEL ESTUDIO DE LAS CARGAS ACTUALES.

Ahora pasaremos a analizar el estado actual de las cargas sobre el forjado. Para la realización de este estudio nos hemos apoyado en el programa CYPE 2011, mediante el cual hemos obtenido la representación de las envolventes de los momentos en Y, y de los cortantes en Z, los cuales son los que necesitamos para comprobar si la estructura cumple o no, con la sobrecarga que vamos a añadirle debido al cambio de uso de la terraza, una vez calculado la envolvente del estado actual y del estado futuro con el cambio de uso, pasaremos a analizar ambos casos, y deberemos realizar comprobación a cortante y a momento según especificaciones de la EHE-08.

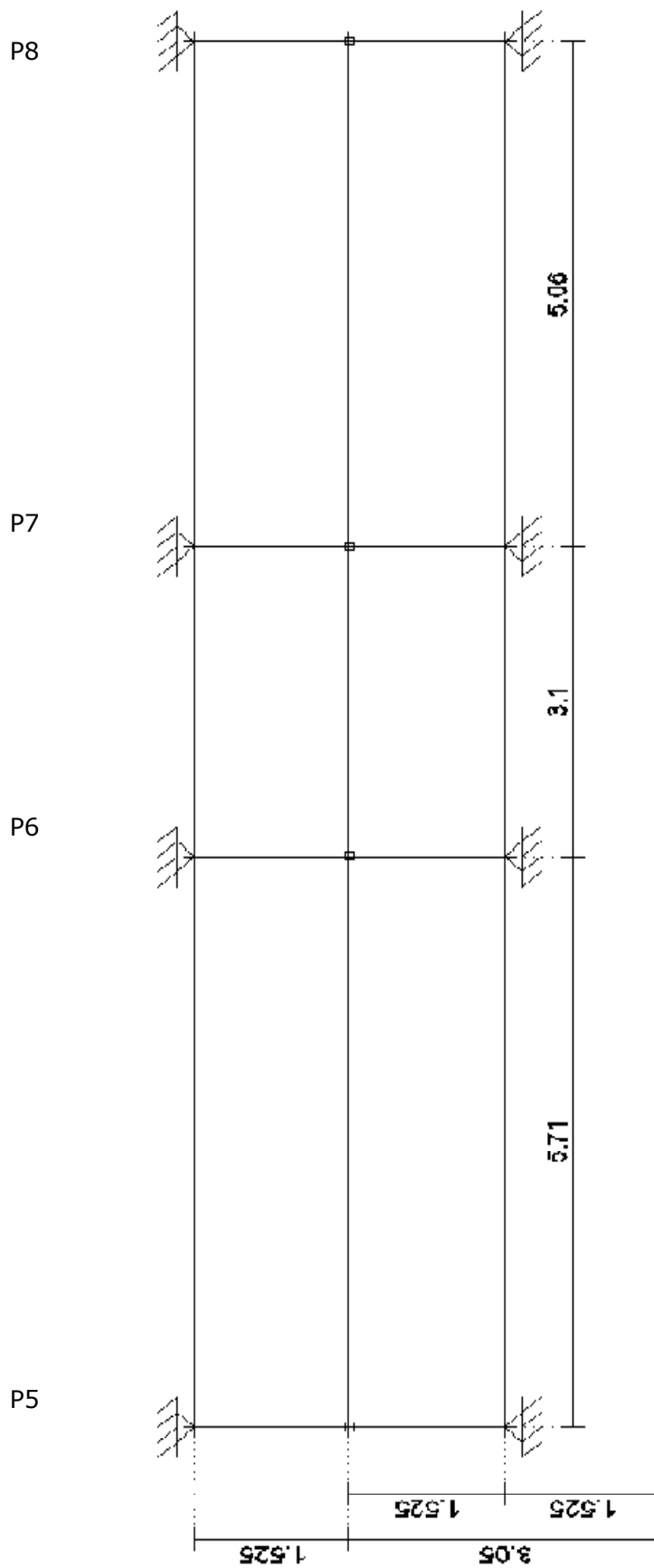
Las cargas utilizadas son las arriba especificadas, en las acciones gravitatorias.

Para la realización de los cálculos, primero debemos definir diferentes parámetros, por un lado la separación de los vanos entre viga y viga, teniendo claro la disposición del jacuzzi, comentado al principio( en la terraza) , por lo que las vigas a estudiar serán las correspondientes a los pilares P5, P6, P7, P8, más concretamente nuestra viga a estudiar será la situada entre el pilar P5 y P6, pero todo esto se verá más adelante, según nos salgan los diagramas.

Separación de los vanos, L1 y L2:



Esquema de pórticos a analizar, imagen de CYPE.



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº6, Esquemas y Diagramas de Cargas Actuales.

Para el cálculo de las cargas utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Q = q \text{ (KN/m}^2\text{)} \times L/2 \text{ (m)} = Q \text{ (KN / m)}$$

- $L1 / 2 = 5,3 / 2 = 2,65\text{m}$
- $L2 / 2 = 5,13 / 2 = 2,565\text{m}$

#### -CARGAS PERMANENTES

Vivienda:

$$q_1 = 4 + 0,8 + 0,15 + 1 = 5,95 \text{ KN/m}^2.$$

Terraza:

$$q_2 = 4 + 2,5 + 0,15 = 6,65 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q_1 = 5,95 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 15,262 \text{ KN / m}$$

$$Q_2 = 6,65 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 17,623 \text{ KN / m}$$

Total Carga Permanente	<b>32,885 KN / m</b>
------------------------	----------------------

#### -SOBRECARGA DE USO

Vivienda:

$$q_1 = 2 \text{ KN/m}^2.$$

Terraza:

$$q_2 = 1 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q_1 = 2 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 5,13 \text{ KN / m}$$

$$Q_2 = 1 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 2,65 \text{ KN / m}$$

Total Sobre Carga de Uso	<b>7,78 KN / m</b>
--------------------------	--------------------

#### -SOBRECARGA DE NIEVE

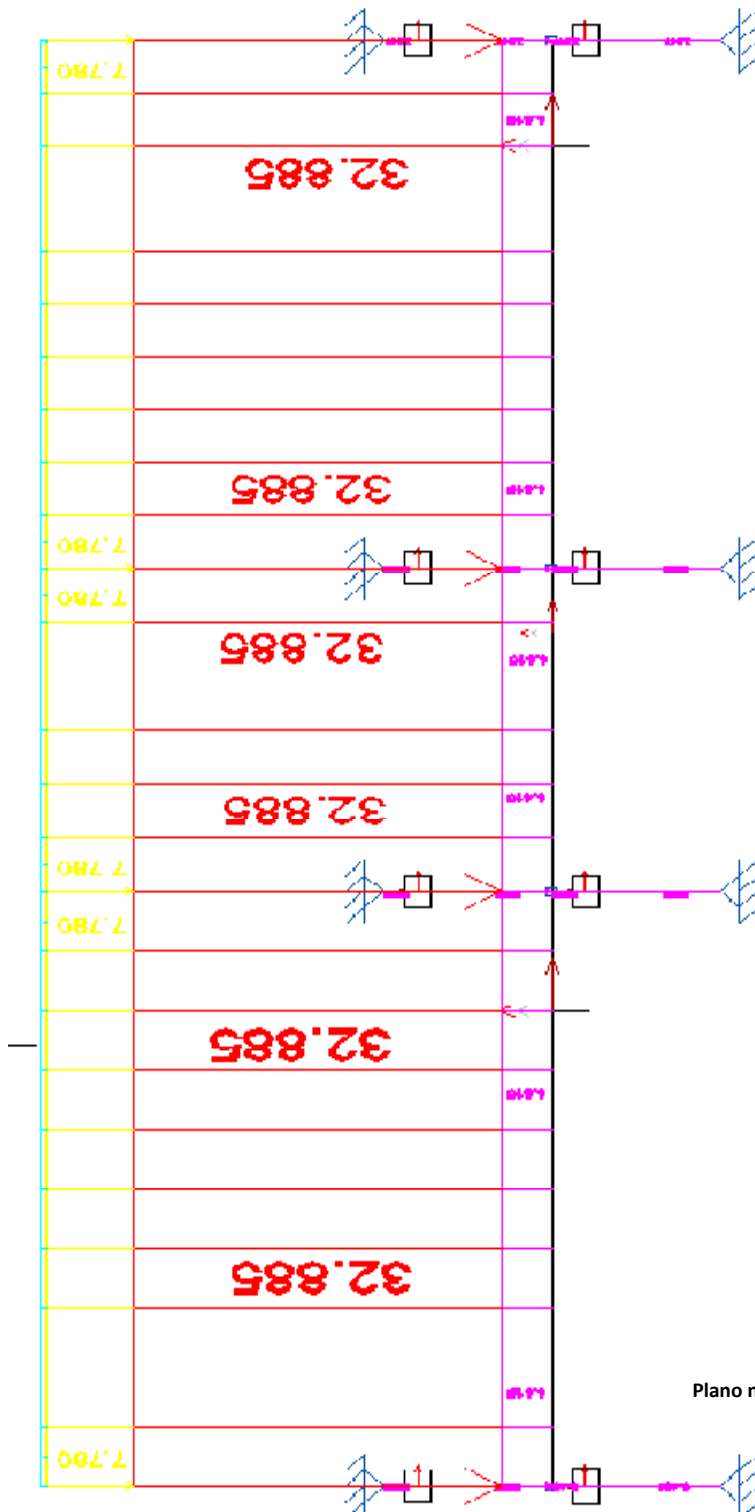
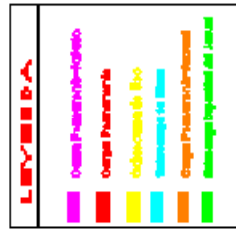
Terraza:

$$q_2 = 0,2 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q_2 = 0,2 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 0,53 \text{ KN / m}$$

Total Sobrecarga de Nieve	<b>0,53 KN / m</b>
---------------------------	--------------------

Esquema distribución de Cargas, CYPE:



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº6, Esquemas y Diagramas de Cargas Actuales.

Una vez obtenidas todas las cargas permanentes y sobrecargas de uso del forjado a estudiar, procederemos a la obtención de los diagramas de cargas y leyes de momentos y de cortantes, para proceder al estudio y análisis de este.

Los cálculos los podríamos haber realizado a mano, pero aprovechando la ocasión, y además que disponíamos de tiempo los hemos realizado con programas de cálculo de estructuras, así hemos aprendido a utilizarlos, tras echar encima de ellos una hora tras otra, al ser la primera vez que tocaba esos programas, ya que durante la carrera no los habíamos utilizado. Al inicio empecé con el programa SAP2000, pero después, un compañero me enseñó el CYPE y observe que era más completo y podíamos obtener los diagramas a dwg y los informes a Word, por lo que opte por terminar el proyecto con el CYPE.

Dichos cálculos, los hemos realizado con el programa CYPE 2011, y dentro de este, con el Nuevo Metal 3D, mediante el cual nos permite realizar diseño y cálculo de estructuras tridimensionales de nudos y barras, con dimensionado y optimización de perfiles metálicos simples, compuestos, de acero, aluminio, madera y hormigón armado, cimentaciones.... el cual nos realiza todos los cálculos, leyes, diagramas, obtenemos un Word con todas las posibles cargas, combinaciones, leyes, las imágenes las puedes pasar a dwg ...

Tanto los diagramas de cargas y de leyes, como los informes en Word, los introduciremos en los anejos de este proyecto.

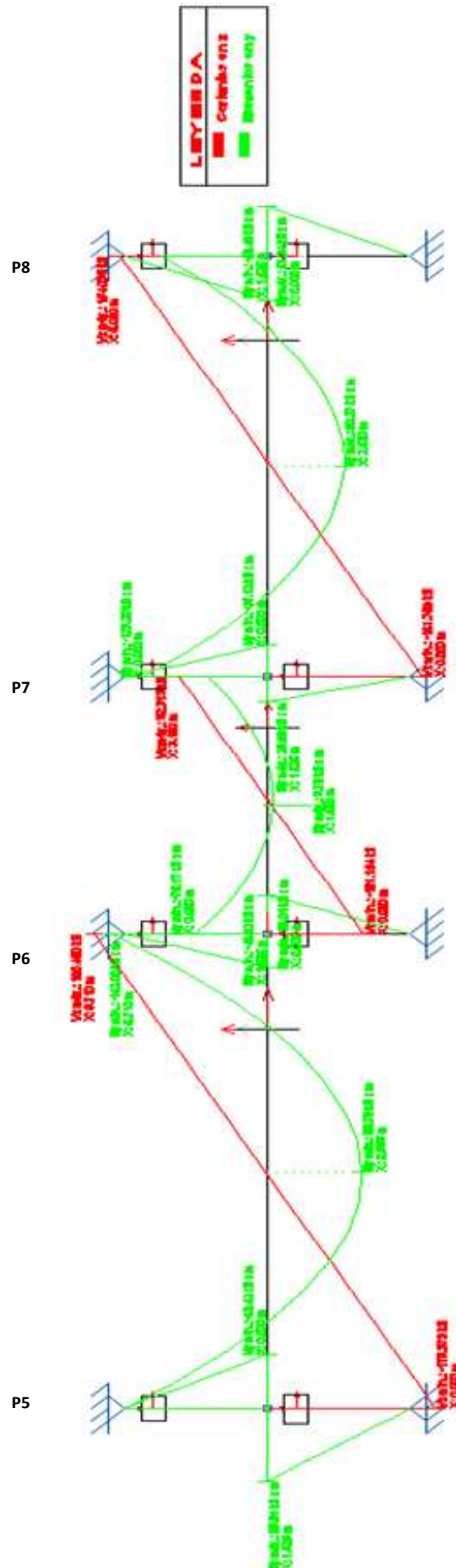
Este programa realiza los cálculos utilizando los coeficientes especificados en la EHE-08 ( porque así se lo hemos dicho al inicio del programa) además de las posibles combinaciones especificadas en esta.

Así, obtenemos los siguientes diagramas, con las cargas actuales, en este edificio, más detallado en los Anejos, mediante los informes y gráficos pertinentes.

A la vista del siguiente esquema, los valores más desfavorables son: por un lado el momento negativo máximo lo obtenemos en el pilar 6 con  $-162 \text{ KN x m}$ , mientras que el momento máximo positivo lo obtenemos a  $2,855\text{m}$  del pilar 5, con un valor de  $98,79 \text{ KN x m}$ , concordando estos valores con la futura ubicación del SPA. Por otro lado tenemos el cortante máximo negativo en el pilar 5 con un valor de  $-175,979 \text{ KN}$ , y en el pilar 6 un valor de cortante máximo positivo de  $172,20 \text{ KN}$ . Por lo tanto el momento  $Md1 = 98,79 \text{ KN x m}$  para momentos positivos y  $Md1$  para momentos negativos será  $162,00 \text{ KN x m}$ .

Diagrama de momentos y cortante, de las cargas actuales:





\*Anejo 8. 1, PLANOS:  
Plano nº6, Esquemas y Diagramas de Cargas Actuales.

### 3.-VALORES REPRESENTATIVOS DE LAS ACCIONES, DEBIDAS AL CAMBIO DE USO.

Ahora pasamos a describir las diferentes cargas que disponemos en el ático, debido al cambio de uso de este.

Estas cargas se disponen, de acuerdo con lo preceptuado en la Norma CTE-DB-AE( Código técnico, documento básico, Seguridad Estructural, Acciones en la Edificación). En el cambio de uso, hemos pavimentado de nuevo toda la terraza con piedra, sobre el pavimento ya existente, por otro lado hemos colocado el SPA, con su vidriera a todo su alrededor y cobertura de teja, para poder hacer uso de él durante todo el año.

Además dentro de las instalaciones del jacuzzi hemos colocado tarima de madera, para mayor comodidad, en las instalaciones.

Una vez realizado el nuevo cambio de uso , estas son las acciones obtenidas:

#### - **Acción gravitatoria**

Forjados<sup>2</sup>:

- FORJADO TIPO V (planta vivienda ático).

Cargas Permanentes: (magnitud y posición constante en el tiempo)

- Forjado: 25+5 con bloques de hormg.	4,0 KN/m <sup>2</sup>
- Protección ,terrazo	0,8 KN/m <sup>2</sup>
- Enlucido inferior yeso e=15 mm.	0,15 KN/m <sup>2</sup>
- Sobrecarga de tabiquería	1,00 KN/m <sup>2</sup>

Sobrecargas (magnitud y/o posición variable en el tiempo)

- Sobrecarga de uso vivienda	2,0 KN/m <sup>2</sup> -----
------------------------------	--------------------------------

<b>CARGA TOTAL</b>	<b>7,95 KN/m<sup>2</sup></b>
--------------------	------------------------------

<sup>2</sup> La aplicación informática empleada para el cálculo de la estructura (CYPE 2011) tiene en cuenta la repercusión de los pesos propios de vigas y zunchos independientemente de los paños de forjado.

- FORJADO TIPO V (terraza).

Cargas Permanentes: (magnitud y posición constante en el tiempo)

- Forjado: 25+5 con bloques de horm.	4,0 KN/m <sup>2</sup>
- Protección pesada + pavimento de piedra	4,5 KN/m <sup>2</sup>
- Enlucido inferior yeso e=15 mm.	0,15 KN/m <sup>2</sup>
- Tarima de madera	0,40 KN/m <sup>2</sup>
- Vidriera de 6mm	0,35 KN/m <sup>2</sup>
- Teja curva pesada(2,4 kg/pieza)sin enlistonar	0,60 KN/m <sup>2</sup>
- Ladrillo del 9cm	1,00 KN/m <sup>2</sup>
- Chapa grecada canto 80mm,acero	0,12 KN/m <sup>2</sup>
- Enlistonado	0,05 KN/m <sup>2</sup>
- Aislamiento	0,02 KN/m <sup>2</sup>
- Revoco de cemento	0,20 KN/m <sup>2</sup>
- Jacuzzi lleno	8,18 KN/m <sup>2</sup> *

Sobrecargas (magnitud y/o posición variable en el tiempo)

- Sobrecarga de uso	1,0 KN/m <sup>2</sup>
- Sobrecarga de nieve	0,2 KN/m <sup>2</sup>
	-----

CARGA TOTAL	<b>20,77 KN/m<sup>2</sup></b>
-------------	-------------------------------

\*Calculo de los KN/m<sup>2</sup> del SPA:

Peso vacio: 1850kg Capacidad Agua: 6000l Peso lleno: 7850kg= 78,5KN

Dimensiones: 4,00m x 2,4m= 9,6 m<sup>2</sup>

Resultado: 78,5 KN / 9,6 m<sup>2</sup> = **8,18 KN/m<sup>2</sup>**

### Cargas lineales:

- Cerramiento fachada a la terraza, compuesto por: enfoscado exterior, tabicón de ladrillo hueco del 11, aislamiento, tabique de ladrillo hueco del 7 y enlucido de yeso: 2,85 KN/m<sup>2</sup>.
- Cerramiento fachada posterior, compuesto por: enfoscado exterior, tabicón de ladrillo hueco del 11, aislamiento, tabique de ladrillo hueco del 7 y enlucido de yeso: 2,85 KN/m<sup>2</sup>.
- Medianeras interiores y exteriores, muretes de carga en áticos: LP 12, o termoarcilla 14 + enlucidos: 2,4 KN/m<sup>2</sup>
- Tabicón de ladrillo panal de medio pie enlucido a dos caras: 2,20 KN/m<sup>2</sup>
- Antepechos de cubierta: 1,5 KN/ml
- Sobrecarga de uso en escaleras y accesos: 3 KN/m<sup>2</sup>
- Huecos de ascensores: 4,2 kN/ml-recinto, incluyendo losa, cargas suspendidas, equipo y sobrecargas dinámicas.

### Acciones de cálculo e hipótesis de carga.

Las establecidas en el apartado anterior de cargas actuales, es decir, las establecidas en la EHE-08.

### Tipo y características del SPA.

Según las necesidades y las dimensiones de que disponíamos hemos elegido, un SPA, de la casa HIDROZEN, la cual es una marca registrada de SPA PERFORMANCES GROUP S.L, con CIF : B-12796603, con domicilio social y tienda de exposición, donde expone todos sus productos, en la Avenida Ecuador nº 85, de Valencia.

El spa elegido es el, SPA Modelo Theater 812.

Empresa HIDROZENSPA,

Telf: 964- 103- 203

Email: [info@hydrozenspa.com](mailto:info@hydrozenspa.com)

FAX: 964- 102- 555

Precio: 10.700 Euros( IVA No incluido)

#### CARACTERÍSTICAS:

Modelo: Spa Theater 819:

Tamaño: 4000 × 2400 × 1100mm.

Color: Blanco o multicolor.

Asientos: 7 Personas.

Plazas Tumbado: 1

Plazas Sentado: 6

Potencia: 220~240V/50~60HZ ó  
380-415V/50Hz.

Placa y display: Balboa



CARACTERÍSTICAS ESTÁNDAR:	
Peso en vacío: 1.850 Kg	Jets 3,5" Luxe Hidro: 1 PCS
Peso Lleno: 7.850 Kg	Jets 4" Rotatorios: 10 PCS
Capacidad de Agua: 6.000 Litros	Jets 4" Múltiples: 4 PCS
Reposacabezas: 7 PCS	Jets 5" Múltiples: 1 PCS
Estructura de acero inoxidable: 1 PC	Fuente romana : SI
Total Jets: 157 PCS	Cascada: SI
Jets de aire: 12 PCS	Enfriador de Botellas: SI
Jets 2" Agua: 115 PCS	Cubitera: SI
Jets 2,5" Rotatorios: 10 PCS	Luce de fibra óptica: 44 PCS (sietes tipo de colores)
Jets 3,5" Rotatorios: 1 PCS	Spot Subacuático: 1PC (sietes tipo de colores)
DATOS TÉCNICOS:	

<p>Válvula de desagüe: 1PC          Bomba de hidromasaje 3HP: 3 PC          Bomba de hidromasaje 2HP: 0 PCS          Bomba de circulación 1HP: 1PC          Bomba de aire 0.7kW: 1PC          Ozonizador: 1PC          Calentador 3KW: 1PC          Display Balboa: 1 set, Incluyendo FM radio,          Limpieza por circulación agua, Calentador,          Ozonizador eléctrico, Sistema          anticongelación agua, Funciones          Programables</p>	<p>Válvulas de Regulación: 3 pcs          Válvulas de control de aire: 4 x Easy-Flo          Aire Venturi          Mueble de Madera: 1PC          Aromaterapia: 1PC          Acrílico Marca Aristech.          Certificaciones: CEE, ISO9001, ROHS, TUV          Aislamiento: 1PC          Cubierta Térmica: 1pc          Escalera: 1pc          Filtros Papel: 2 PC</p>
OPCIONES:	
<p>Barra Bar y dos taburete: 1PC          DVD (MP3/MP4): 1PC          Altavoces escamoteables: 2PC          Levantador de tapa: 1PC          Filtro Arena 16".          Bombas Dosificadoras Químicos.</p>	<p>Preinstalación Intercambiadores Calor.          Mesa auxiliar interior.          Barandilla Acceso Spa.          Llenado de agua automático.          Vaciado agua automático.          Cromoterapia Leds de 22 mm</p>
<b>FOTOS</b>	



### 3.3.1.-RESULTADO DEL ESTUDIO DE LAS CARGAS DEBIDAS AL CAMBIO DE USO.

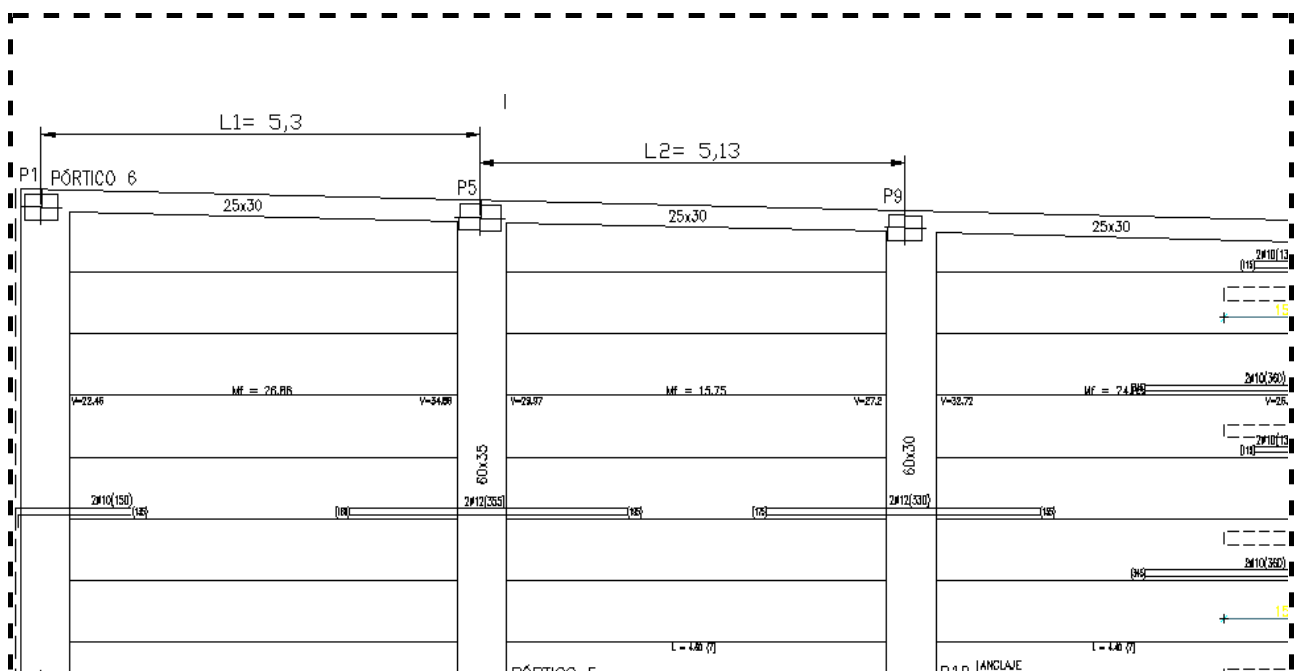
Ahora pasamos a realizar el mismo análisis realizado anteriormente, pero debido al cambio de uso. A la hora de realizar el estudio, deberíamos haber hechos diferentes hipótesis de cargas, como bien dice la EHE-08, todos los pórticos, pórticos pares, pórticos impares, otras hipótesis añadida, sería si el SPA está lleno de agua, ya que no es lógico que este nevando, tendría sobrecarga de nieve, y a la misma vez lleno de agua, pero debido a que el SPA, lo hemos cubiertos con su propia caseta, se puede uno estar bañando y poder estar nevando a la vez.

De otra manera, se debería coger la hipótesis más restrictiva, la cual sería el SPA lleno de agua, es decir sobrecarga de agua, y no la de nieve, pero vuelvo a decir, esto no lo hemos realizado, al estar el SPA cubierto.

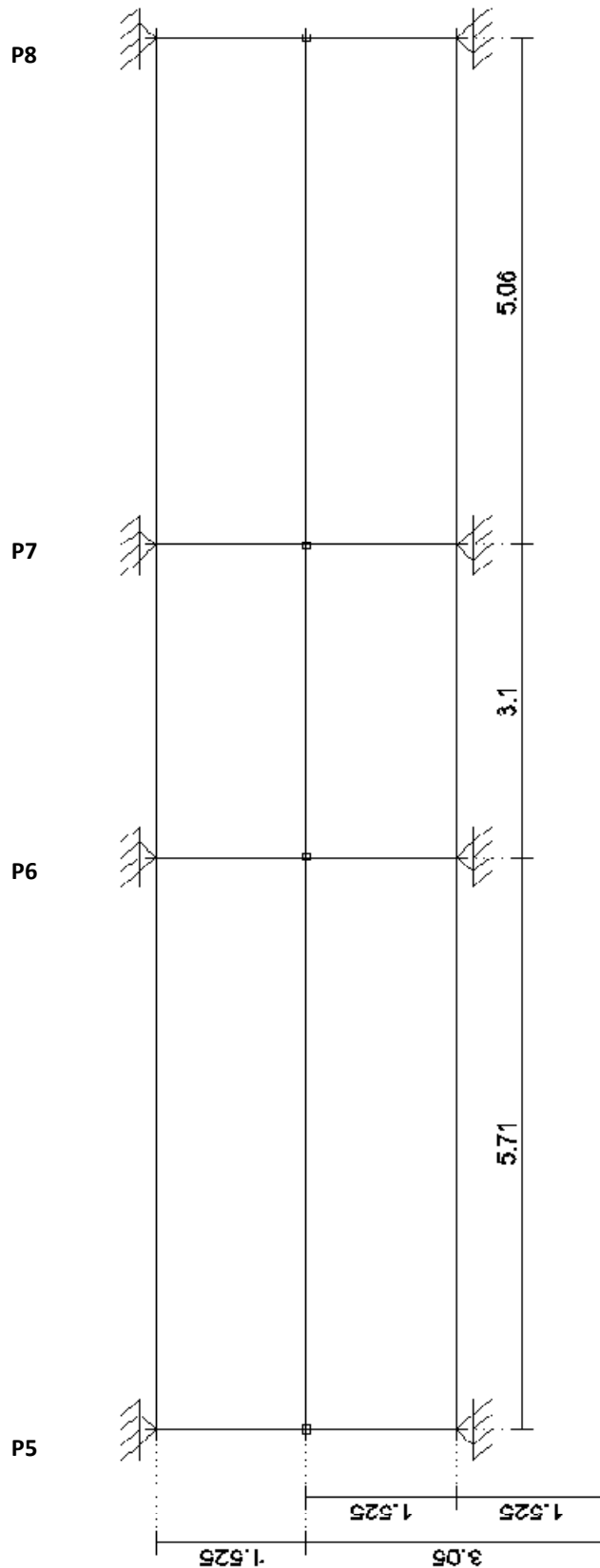
Por lo contrario, hablando de las diferentes hipótesis que la EHE-08 te obliga a realizar, art 13º combinación de acciones, el CYPE 2011, automáticamente realiza las diferentes hipótesis, y te crea la envolvente, la cual es la que hemos elegido para realizar el estudio.

Las cargas utilizadas son las arriba especificadas, en las acciones gravitatorias.

Separación de los vanos, L1 y L2:



Esquema de pórticos a analizar, imagen de CYPE:



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº7, Esquemas y Diagramas de Cargas, Cambio de Uso.



Para el cálculo de las cargas utilizaremos la siguiente fórmula:

$$Q = q \text{ (KN/m}^2\text{)} \times L/2 \text{ (m)} = Q \text{ (KN / m)}$$

- $L1 / 2 = 5,3 / 2 = 2,65\text{m}$
- $L2 / 2 = 5,13 / 2 = 2,565\text{m}$

#### CARGAS PERMAMENTES

Vivienda:

$$q1 = 4 + 0,8 + 0,15 + 1 = 5,95 \text{ KN/m}^2.$$

Terraza:

$$q2 = 4 + 4,5 + 0,15 = 8,65 \text{ KN/m}^2.$$

$$q3 \text{ (SPA)} = 8,18 = 8,18 \text{ KN/m}^2.$$

$$q4 \text{ (caseta SPA)} = 0,4 + 0,35 + 0,6 + 1,0 + 0,12 + 0,05 + 0,02 + 0,20 = 2,74$$

$$Q1 = 5,95 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 15,262 \text{ KN / m}$$

$$Q2 = 8,65 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 22,9225 \text{ KN / m}$$

$$Q3 = 8,18 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 21,68 \text{ KN / m}$$

$$Q4 = 2,74 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 7,261 \text{ KN / m}$$

Total Carga Permanente **67,1255 KN / m**

#### SOBRECARGA DE USO

Vivienda:

$$q1 = 2 \text{ KN/m}^2.$$

Terraza:

$$q2 = 1 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q1 = 2 \text{ KN/m}^2 \times 2,565 \text{ m} = 5,13 \text{ KN / m}$$

$$Q2 = 1 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 2,65 \text{ KN / m}$$

Total Sobre Carga de Uso **7,78 KN / m**

#### SOBRECARGA DE NIEVE

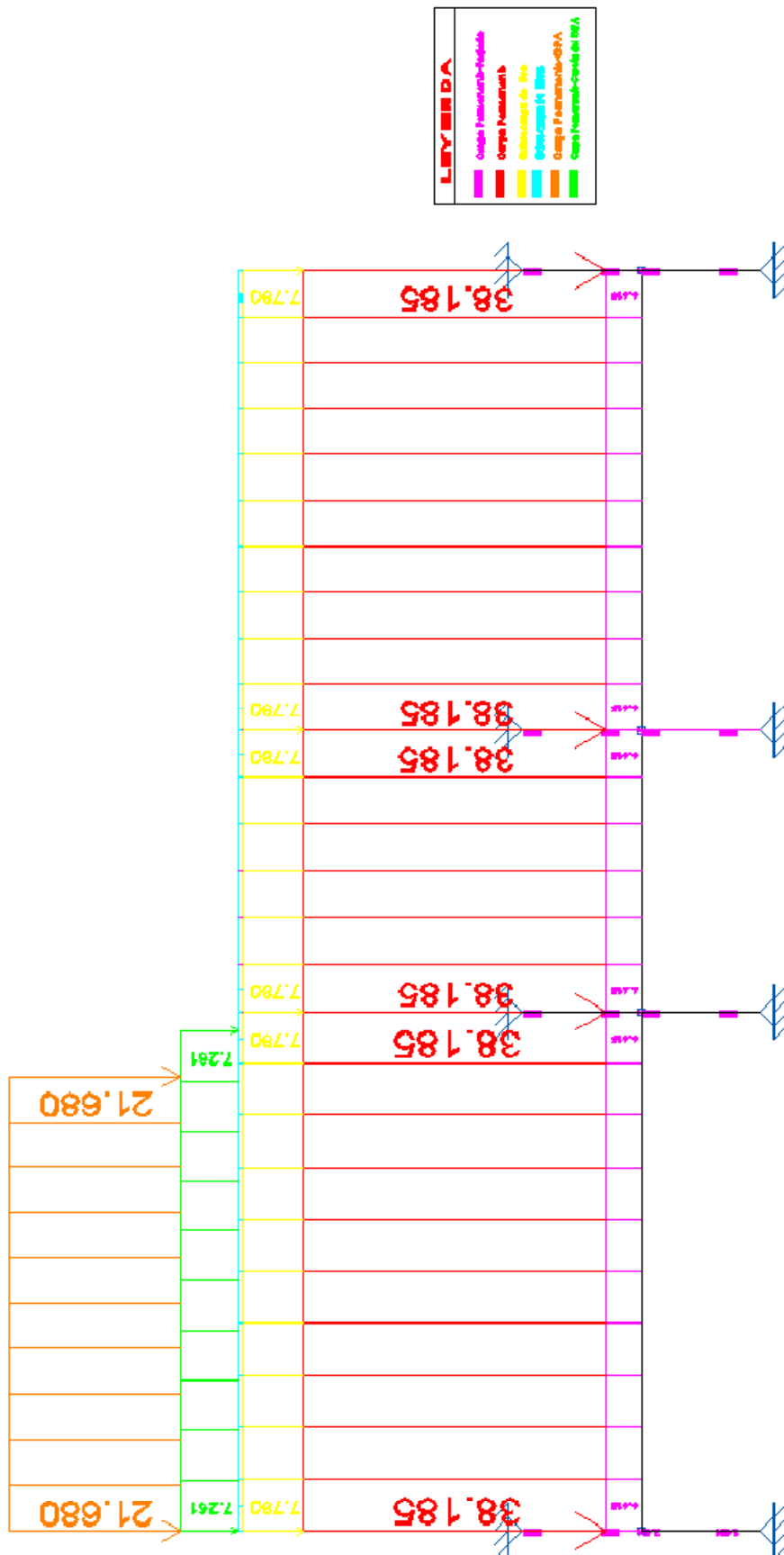
Terraza:

$$q2 = 0,2 \text{ KN/m}^2.$$

$$Q2 = 0,2 \text{ KN/m}^2 \times 2,65 \text{ m} = 0,53 \text{ KN / m}$$

Total Sobrecarga de Nieve **0,53 KN / m**

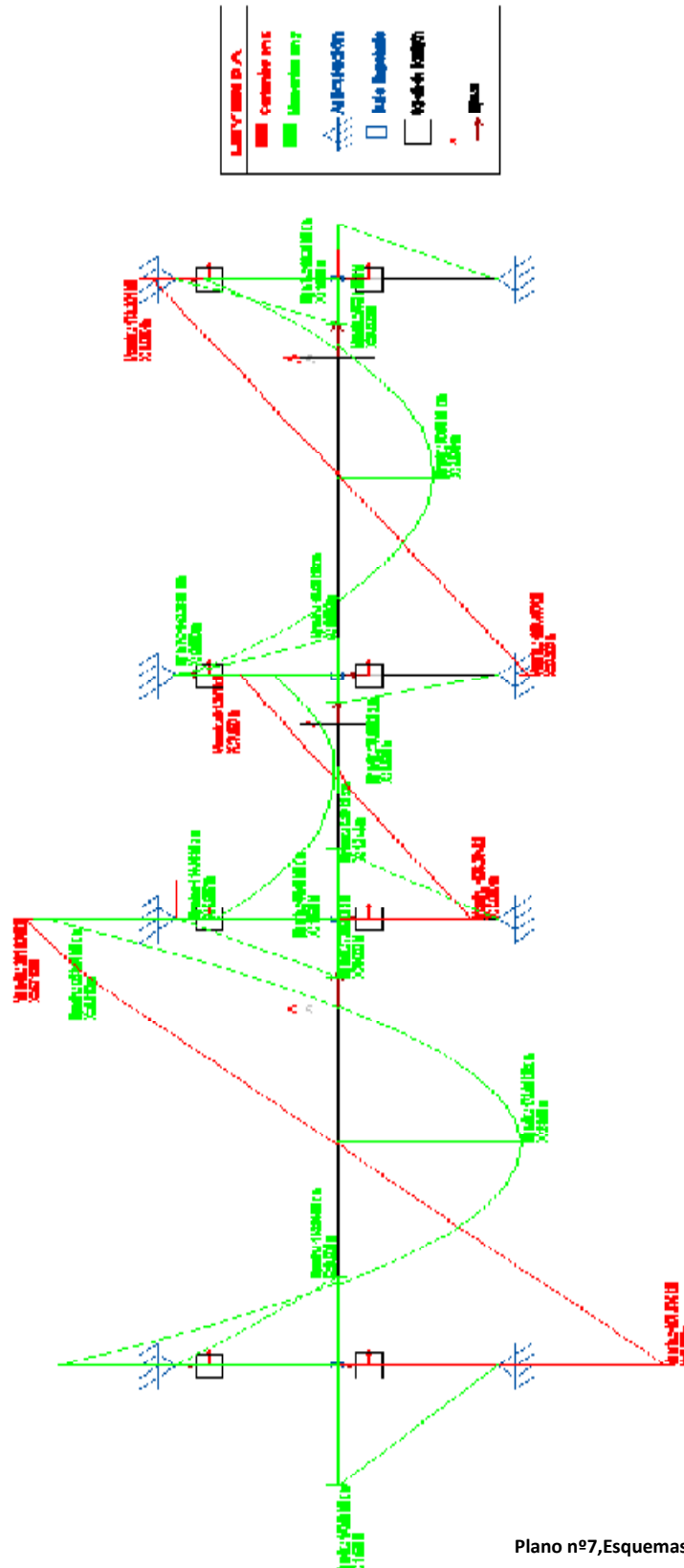
Esquema distribución de Cargas, CYPE:



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº7, Esquemas y Diagramas de Cargas, Cambio de Uso.

Las Cargas han sido distribuidas por un lado las Cargas Permanentes de ambas partes(rojo) , vivienda más terraza, por otro lado las de Sobrecargas de uso ambas también(amarillo) , la sobrecarga de nieve(azul), la carga permanente de SPA(naranja) y la carga permanente de la caseta del SPA(verde).

Diagrama de momentos y cortante, de las cargas, cambio de uso:



\*Anejo 8.1, PLANOS:  
Plano nº7, Esquemas y Diagramas de Cargas, Cambio de Uso.



NOTA: En el estudio del análisis, de las posibles hipótesis de cargas, deberíamos haber considerado que cuando el SPA estuviese lleno( sobrecarga), no tendríamos sobrecarga de nieve, ya que no es lógico que mientras nieve nos estemos bañando, pero como hemos realizado una caseta para el SPA, a la hora de calcular debemos tener en cuenta ambas cargas, tanto SPA lleno, que será carga permanente , como la sobrecarga de nieve, debido a que puede ser invierno y estar nevando mientras nos estamos bañándose dentro del SPA.

A la vista del esquema debido al cambio de uso, observamos que como suponíamos los valores más desfavorables los obtendremos en la ubicación del SPA, en el vano del pilar 5 al pilar 6, por lo que el momento máximo positivo es 172,84 KN x m situado a 2,855 m del pilar 5, y el momento máximo negativo es -273,87 KN x m situado en el pilar 6. Por otro lado tenemos el cortante máximo positivo 291,834 KN en el pilar 6 y en el pilar 5 el cortante máximo negativo con un valor de -307,515 KN. El valor de Md2 será 172,84 KN x m para positivos, y Md2 para momentos negativos -273,87 KN x m.

## 4.-IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, LAS VIGAS.

4.1.-CALCULO SIMPLIFICADO DE SECCIONES EN ESTADO LIMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLCITACIONES NORMALES ,COMPROBACIÓN DE MOMENTOS.

4.1.1.-COMPROBACIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO POSITIVO.

4.1.2.-COMPROBACIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO NEGATIVO.

4.2.-ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A CORTANTE.

4.2.1.-COMPROBACIÓN DE CORTANTE A COMPRESIÓN.

4.2.2.- COMPROBACIÓN DE CORTANTE A TRACCIÓN.

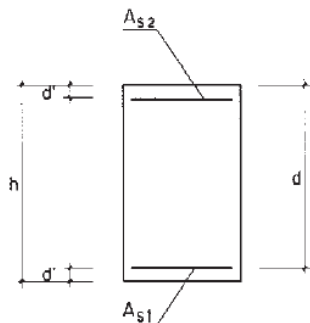
## 4.- IDENTIFICACIÓN DEL ESTADO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES, LAS VIGAS.

En este apartado, vamos a realizar el estudio y comparación, entre el estado Actual de cargas, y el estado de cargas con el Cambio de uso. Mediante las gráficas de momentos y cortantes, observaremos cual es el más desfavorable, y como nos indica en la EHE-08 ,en el anejo 7, comprobaremos a momentos, y comprobaremos también el estado limite de Agotamiento frente a cortante, art.44º EHE-08.

### 4.1.-CALCULO SIMPLIFICADO DE SECCIONES EN ESTADO LIMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A SOLCITACIONES NORMALES, COMPROBACIÓN DE MOMENTOS.

Observando los diagramas obtenidos con el programa CYPE, podemos ver que el mayor momento positivo lo hemos obtenido en  $x = 2.855\text{m}$ , desde el pilar 5, y el momento ha sido  $172,84\text{ KN x m}$ , concordando con la posición del SPA en la terraza, ya que el resto de viga, no posee tanto incremento de cargas. De acuerdo al análisis realizado sobre los diagramas, podemos proceder a realizar los cálculos y comprobaciones necesarias, para verificar se deberíamos o no, reforzar esta viga, correspondiente al tramo del pilar 5 al pilar 6.

- Sección de la viga a estudiar



$h$  = canto de la viga

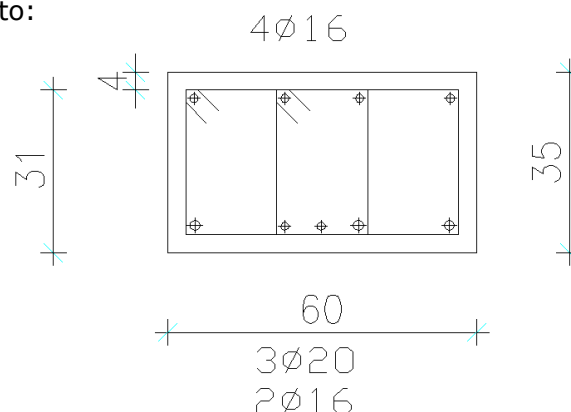
$d$  = canto útil de la sección

$d'$  = recubrimiento de la armadura

$A_{s1}$  = armadura inferior, área total de armadura

$A_{s2}$  = armadura superior, área total de la armadura

Viga a analizar del proyecto:



Para la comprobación de momentos vamos a utilizar el anejo 7 de la EHE-08, en el cual nos especifica que para utilizar este anejo el hormigón debe tener una resistencia de  $f_{ck} < 50 \text{ N/mm}^2$ , de la cual nosotros tenemos  $25 \text{ N/mm}^2$ , debido al utilizar un hormigón HA-25.

El acero utilizado en toda la estructura es B500 S.

Según especifica el anejo, las formulas expresadas en él, son validas para los distintos tipos de acero de armadura pasiva, siempre que cumpla con esta relación:

$$d' / d < 0,20$$

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

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

$$4 \text{ cm} / 31 \text{ cm} = 0,129 < 0,20 \quad \Rightarrow \quad \text{CUMPLE.}$$

$$d / h > 0,80$$

$$h = 30 \text{ cm}$$

$$31 \text{ cm} / 35 \text{ cm} = 0,88 > 0,80 \quad \Rightarrow \quad \text{CUMPLE.}$$

-A continuación, se define el significado de algunas variables utilizadas en este anejo :

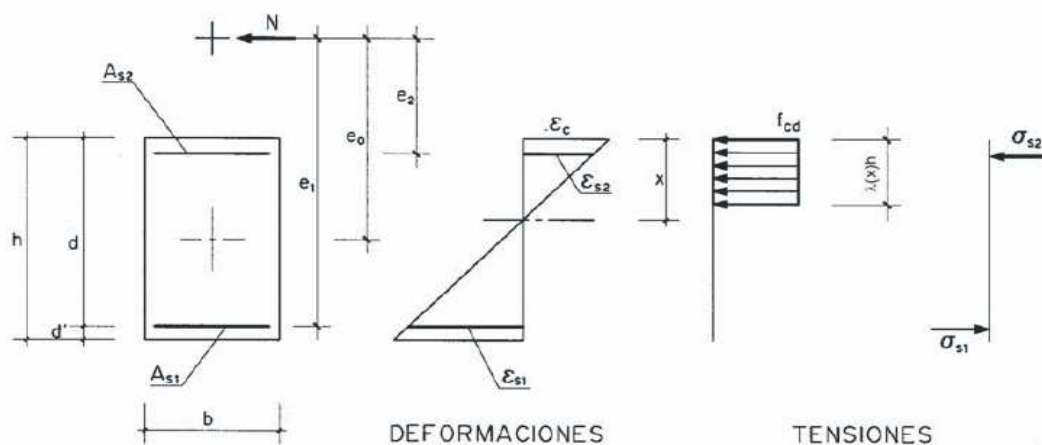
$$f_{cd} = \alpha_{cc} \frac{f_{ck}}{\gamma_c}$$

$$U_0 = f_{cd} b d$$

$$U_v = 2U_0 \frac{d'}{d}$$

$$U_a = U_0 \frac{h}{d} = f_{cd} b h$$

-Dibujo explicativo:



### 4.1.1-COMPROBACIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO POSITIVO

-Resistencia de cálculo del hormigón, y resistencia de cálculo de la armadura:

$$f_{cd} = f_{yd} / \gamma_s = 25 / 1,5 = 1,66... \text{ KN/cm}^2.$$

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

Coefficiente de seguridad acero = 1,15

Coefficiente de seguridad hormigón = 1,5

-Área de la armadura superior e inferior:

$$A_{s1} = (3\phi 20 = 9,42 \text{ cm}^2) + (2 \phi 16 = 4,02 \text{ cm}^2) = 13,44 \text{ cm}^2.$$

$$A_{s2} = 4 \phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2$$

Áreas obtenidas de la tabla basada en la instrucción española, el euro código de hormigón, para aceros B400 S y B500 S, expresado en cm<sup>2</sup>:

nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	0.28	0.57	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83
8	0.50	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.52	5.03
10	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85
12	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31
16	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	20.11
20	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.27	31.42
25	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09
32	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.30	64.34	72.38	80.42

-Capacidad mecánica armadura necesaria:

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

$$U_{s2} = A_{s2} \times f_{yd} = 8,04 \text{ cm}^2 \times 43,48 \text{ KN / cm}^2 = 349,58 \text{ KN}$$

-Capacidad mecánica del hormigón:

$$U_o = f_{cd} \times b \times d = 1,666 \text{ KN/cm}^2 \times 60\text{cm} \times 31 \text{ cm} = 3100 \text{ KN}$$



$$U_v = 2 U_o d' / d = 2 \times 3100 \text{ KN} \times 4/31 = 800 \text{ KN}$$

-Comprobación capacidades mecánicas:

$$U_{s1} = 584,37 \text{ KN}$$

$$U_{s2} = 349,58 \text{ KN}$$

$$U_v = 800 \text{ KN}$$

$$1^\circ \quad U_{s1} - U_{s2} < U_v$$

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

$$584,37 - 349,58 = 234,79 < 799,9 \Rightarrow \text{CUMPLE.}$$

$$M_u = 0,24 \times 800 \times 4 \times [(800 - 584,37 + 349,58)(1,5 \times 584,37 + 349,58) / (0,6 \times 800 + 349,58)^2] + 584,37(31 - 4) = 16551,27 \text{ KN} \times \text{cm} = \mathbf{165,51 \text{ KN} \times \text{m}}$$

-Comprobación ,si debemos reforzar la viga, por al cambio de uso:

Md1 = momento de cálculo actual= 98,79 KN x m (valores obtenidos en el apartado 3.2.1)

Md2 = momento de cálculo, cambio de uso= 172,84 KN x m (valores obtenidos en el apartado 3.3.1)

Mu = momento último= 165,51 KN x m

Para que sea necesario reforzar, deberá cumplirse que:

$$Md1 < Mu < Md2$$

$$98,79 \text{ KN} \times \text{m} < 165,51 \text{ KN} \times \text{m} < 172,84 \text{ KN} \times \text{m} \Rightarrow \text{CUMPLE.}$$

"Los valores anteriores indican, de una parte, que la armadura dispuesta en la viga para resistir el momento positivo inicial de proyecto es más que suficiente, ya que el momento último (Mu=165,51 KN x m) es 1,67 veces superior al momento de cálculo que es necesario resistir (Md1=98,79 KN x m). De otra parte, el momento de cálculo requerido por el cambio de uso (Md2=172,84 KN x m) es solo ligeramente superior al momento resistido por la viga (Mu=165,51 KN x m).

Dada la situación de que los momentos últimos de los diferentes vanos del pórtico analizado son muy superiores a los momentos de cálculo iniciales (proyecto), con independencia de los armados dispuestos, se produce el hecho de que, con la salvedad de la viga 5-6, tales momentos últimos ( $M_u$ ) son superiores a los momentos de cálculo ( $M_d2$ ) que se obtienen en los diferentes vanos en la situación de cambio de uso. En consecuencia, solamente se requiere el refuerzo en el momento positivo de la viga 5-6."

Pero aún así, una vez realizada estas operaciones para obtener el momento último, podemos observar que los coeficientes que se aplican de mayoración, son lo suficientemente grandes para, que esta estructura pueda soportar  $\pm 1,5$  veces más, para lo que fue diseñada:

$$165,51 - 98,79 = 66,72$$
$$98,79 / 66,72 = 1,48 (\pm 1,5)$$

Por lo tanto observando los momentos, obtenidos actuales, y los momentos con el cambio de uso, en el resto de la estructura, y verificamos que en ninguno de los casos, el momento último sería inferior al momento calculado con el cambio de uso.

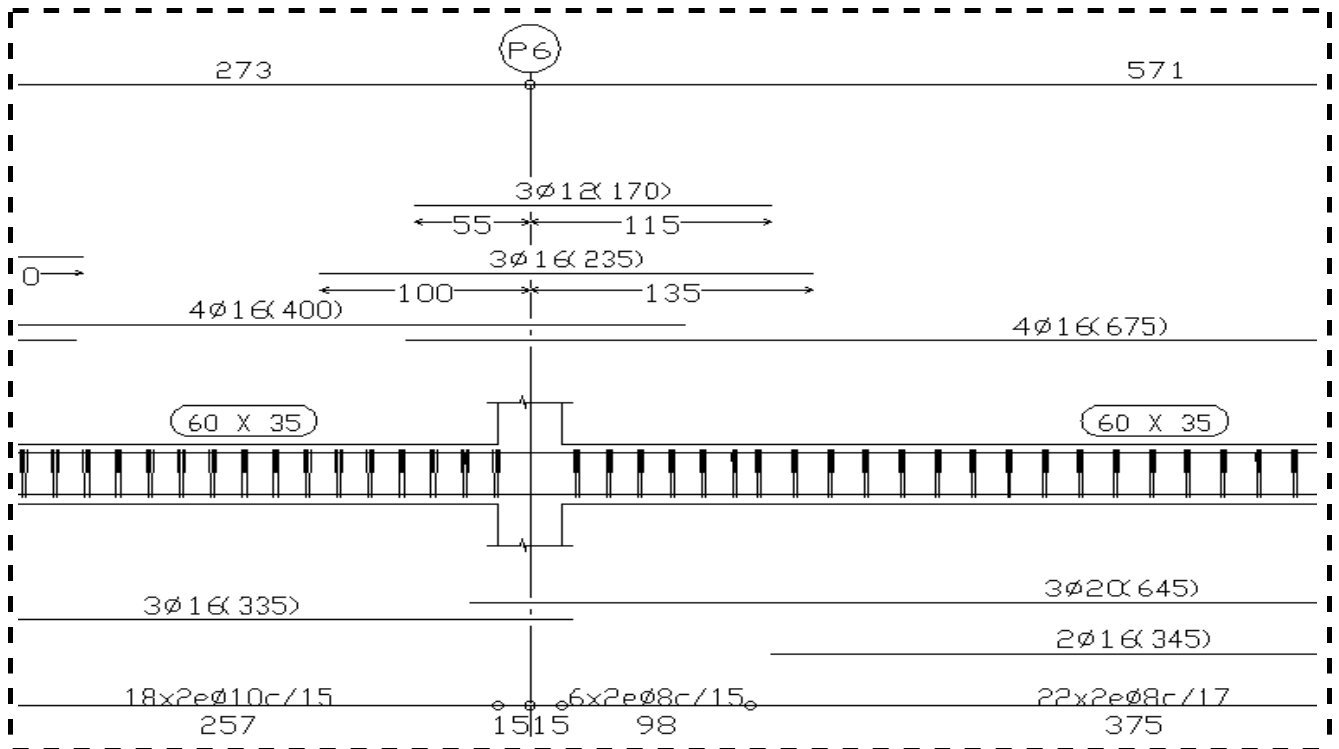
VIGA	X= 7,235 m	X= 11,34 m
M+ máx viga 2	29,68 KN x m	80,27 KN x m
M+ máx viga 3	35,06 KN x m	90,60 KN x m

Se observa el pequeño incremento de momento de que disponemos en cada viga, el cual nunca sería superior al momento último, por lo que no deberíamos de reforzar nunca.

Por otro lado comprobaremos el momento máximo negativo, mediante la fórmula anterior, para ver si deberíamos reforzar dicha viga también a flexión en ese tramo.

### 4.1.2.- COMPROBACIÓN DEL MOMENTO MÁXIMO NEGATIVO

Viga a analizar en el momento máximo negativo:



El momento máximo negativo es 162,00 KN x m para las cargas actuales, y el momento máximo negativo para el cambio de uso es 273,87 KN x m , ambos en el pilar 6, a 5,71 m desde el origen, es decir el pilar 5.

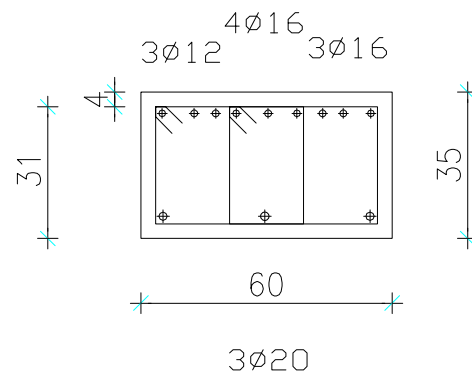
-Resistencia de cálculo del hormigón, y resistencia de cálculo de la armadura:

$$f_{cd} = f_{yd} / \gamma_c = 25 / 1,5 = 1,66... \text{ KN/cm}^2.$$

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

Coefficiente de seguridad acero = 1,15

Coefficiente de seguridad hormigón = 1,5



-Área de la armadura superior e inferior:

$$A_{s1} = (3\phi 12 = 3,39 \text{ cm}^2) + (3 \phi 16 = 6,03 \text{ cm}^2) + (4\phi 16 = 8,04 \text{ cm}^2) = 17,46 \text{ cm}^2.$$

$$A_{s2} = 3 \phi 20 = 9,42 \text{ cm}^2$$

Tanto en la armadura superior como en la inferior, los negativos que vienen del pilar 5 y del pilar 7, los hemos tenido en cuenta como solo uno, ya que se solapan para trabajar unidos como si solo fueran una barra, y en el caso de la armadura inferior, cogemos el más favorable, de diámetro 20.

Áreas obtenidas de la tabla basada en la instrucción española, el euro código de hormigón, para aceros B400 S y B500 S, expresado en cm<sup>2</sup> :

nº	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
6	0.28	0.57	0.85	1.13	1.41	1.70	1.98	2.26	2.54	2.83	
8	0.50	1.01	1.51	2.01	2.51	3.02	3.52	4.02	4.52	5.03	
10	0.79	1.57	2.36	3.14	3.93	4.71	5.50	6.28	7.07	7.85	
Ø (mm)	12	1.13	2.26	3.39	4.52	5.65	6.79	7.92	9.05	10.18	11.31
	16	2.01	4.02	6.03	8.04	10.05	12.06	14.07	16.08	18.10	20.11
	20	3.14	6.28	9.42	12.57	15.71	18.85	21.99	25.13	28.27	31.42
	25	4.91	9.82	14.73	19.63	24.54	29.45	34.36	39.27	44.18	49.09
	32	8.04	16.08	24.13	32.17	40.21	48.25	56.30	64.34	72.38	80.42

-Capacidad mecánica armadura necesaria:

$$Us1 = As1 \times f_{yd} = 17,46 \text{ cm}^2 \times 43,48 \text{ KN / cm}^2 = 759,16 \text{ KN}$$

$$Us2 = As2 \times f_{yd} = 9,42 \text{ cm}^2 \times 43,48 \text{ KN / cm}^2 = 409,58 \text{ KN}$$

-Capacidad mecánica del hormigón:

$$Uo = f_{cd} \times b \times d = 1,666 \text{ KN/cm}^2 \times 60 \text{ cm} \times 31 \text{ cm} = 3100 \text{ KN}$$

$$Uv = 2 Uo d' / d = 2 \times 3100 \text{ KN} \times 4 / 31 = 800 \text{ KN}$$

-Comprobación capacidades mecánicas:

$$Us1 = 759,16 \text{ KN}$$

$$Us2 = 409,58 \text{ KN}$$

$$Uv = 800 \text{ KN}$$

$$1^{\circ} \quad U_{s1} - U_{s2} < U_v$$

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

$$759,16 - 409,58 = 349,58 < 799,9 \quad \Rightarrow \quad \text{CUMPLE.}$$

$$M_u = 0,24 \times 800 \times 4 \times [(800 - 759,16 + 409,58)(1,5 \times 759,16 + 409,58) / (0,6 \times 800 + 409,58)^2] + 759,16(31 - 4) = 21174,13 \text{ KN} \times \text{cm} = \mathbf{211,74 \text{ KN} \times \text{m}}$$

-Comprobación ,si debemos reforzar la viga, por al cambio de uso:

Md1 = momento de cálculo actual= 162,00 KN x m( valores obtenidos en el apartado 3.2.1)

Md2 = momento de cálculo, cambio de uso= 273,87 KN x m( valores obtenidos en el apartado 3.3.1)

Mu = momento último= 211,74 KN x m

Para que sea necesario reforzar, tendría que cumplirse qué:

$$Md1 < Mu < Md2$$

$$162,00 \text{ KN} \times \text{m} < 211,74 \text{ KN} \times \text{m} < 273,87 \text{ KN} \times \text{m} \quad \Rightarrow \quad \text{CUMPLE.}$$

Como podemos observar, y como verifica esta ley, debido a que el momento último que puede soportar la viga, es inferior al momento de cálculo debido al cambio de uso, la viga no resistirá las nuevas cargas por lo que deberemos de reforzar dicha viga a momentos negativos, en las zonas de los pilares 5 y 6 .

Ya que si hiciéramos las comprobaciones en el pilar 5, con sus correspondiente armadura, nos da un momento último de 198,84 KN , totalmente inferior al momento obtenido con el nuevo cambio de uso , el cual sería 261,10 KN.

Por otro lado , en cualquiera de los siguientes momentos negativos, tanto en el pilar 7 como en el 8, está ley no se cumpliría dado que el momento tan solo aumenta 10 KN más o menos en cada pilar, por lo que la estructura fue dimensionada para mucho más, como bien hemos podido comprobar en las diversas comprobaciones, ya que suele estar dimensionada para más o menos 50 KN más, que para lo que se calculo en su día.

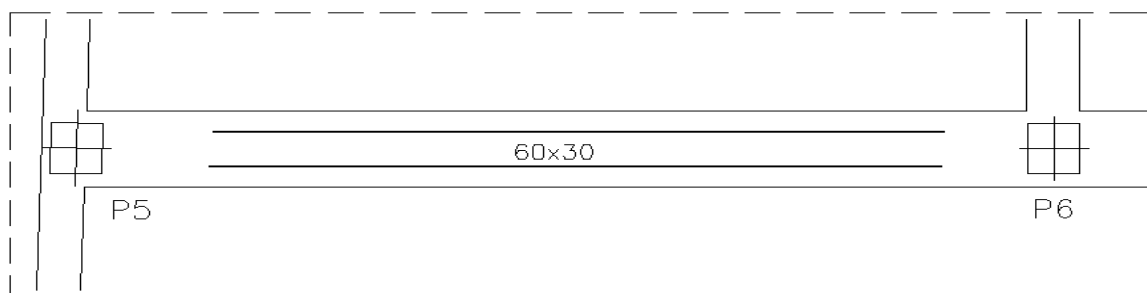
Momento máx. positivo	Md1=98,79 KN	Mu= 165,51 KN	Resultado = 66,7 KN
Momento máx. negativo	Md1=162 KN	Mu= 211,74 KN	Resultado = 49,74 KN
Momento Pilar5 negativo	Md1=150,34 KN	Mu= 198,84 KN	Resultado = 48,5 KN

### - Conclusión

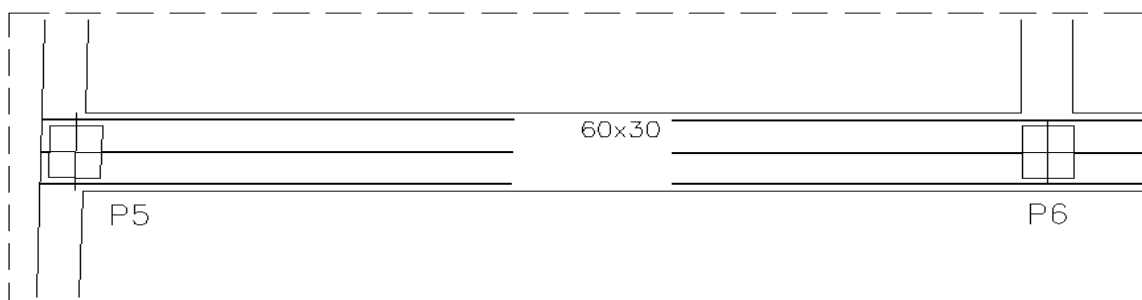
Una vez realizadas dichas comprobaciones, como bien nos marca el Anejo 7 de la EHE-08, deducimos que tras las comprobaciones necesarias, y el estudio realizado, consideramos necesario, reforzar la viga que va desde el pilar 5 al pilar 6, ambos inclusive, donde se instalará tras el refuerzo, la colocación de nuestro SPA, y demás cargas nombradas en apartados anteriores. Debemos de mencionar, que dicho refuerzo ira situado en esta viga, ya que unas vez obtenidos todos los cálculos, diagramas, y realizado el estudio del resto del pórtico, consideramos innecesario el refuerzo de las demás vigas de dicho pórtico estudiado , por cumplir con soltura, el momento de último , para soportar las cargas del nuevo cambio de uso, del ático.

Por un lado estará el refuerzo a momentos positivos, mediante el cual reforzaremos la viga en su cara inferior, por lo que nos tocará descubrir la talla del comedor del piso inferior, para así poder colocar los laminados compuestos y quedar reforzada la viga. Por lo consiguiente en el refuerzo a momentos negativos tocará desmontar el piso del comedor del ático, por el que transcurre la viga, y así reforzar está, donde tendremos que pasar el refuerzo a ambos lados del soporte ya que es hay, en el mismo soporte donde se produce el momento máximo. Aprovechando las dimensiones de la viga y del soporte, realizaremos una correcta ejecución del refuerzo a ambos lados del soporte, para la correcta forma de trabajo de estos. Dibujo explicativo:

-Refuerzo a momentos positivos:



-Refuerzo a momentos negativos:



## 4.2.-ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO FRENTE A CORTANTE.

Para la comprobación a cortante del pórtico, como bien se explica en al EHE-08, acudimos a realizar las comprobaciones expresadas en el artículo 44, de esta norma. Observando los diagramas, comprobamos que el esfuerzo cortante máximo se produce, en el tramo de pórtico, donde se encuentra situado el SPA, es decir entre el pilar 5 y 6, situado en la viga a analizar, por ser la más desfavorable, ya que si las comprobaciones cumplen en este tramo, por consiguiente deben de cumplir en el resto de pórtico.

### - Esfuerzo cortante efectivo

Las comprobaciones relativas al Estado Limite de Agotamiento por esfuerzo cortante pueden llevarse a cabo a partir del esfuerzo cortante efectivo  $V_{rd}$  dado por la siguiente expresión:

$$V_{rd} = V_d + V_{pd} + V_{cd}$$

donde:

**$V_d$**  Valor de cálculo del esfuerzo cortante producido por las acciones exteriores.

**$V_{pd}$**  Valor de cálculo de la componente de la fuerza de pretensado paralela a la sección en estudio.

**$V_{cd}$**  Valor de cálculo de la componente paralela a la sección de la resultante de tensiones normales, tanto de compresión como de tracción en la armadura pasiva, sobre las fibras longitudinales de hormigón, en piezas de sección variable.

### - Comprobaciones que hay que realizar

El Estado Limite de Agotamiento por esfuerzo cortante se puede alcanzar, ya sea por agotarse la resistencia a compresión del alma, o por agotarse su resistencia a tracción.

En consecuencia, es necesario comprobar que se cumple simultáneamente:

$$V_{rd} \leq V_{u1}$$

$$V_{rd} \leq V_{u2}$$

donde:

**$V_{rd}$**  Esfuerzo cortante efectivo 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.

La comprobación del agotamiento por compresión oblicua en el alma  $V_{rd} \leq V_{u1}$  se realizara en el borde del apoyo y no en su eje.

En piezas sin armadura de cortante no resulta necesaria la comprobación de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

La comprobación correspondiente al agotamiento por tracción en el alma  $V_{rd} \leq V_{u2}$  se efectúa para una sección situada a una distancia de un canto útil del borde del apoyo, excepto en el caso de piezas sin armaduras de cortante, que no es nuestro caso.

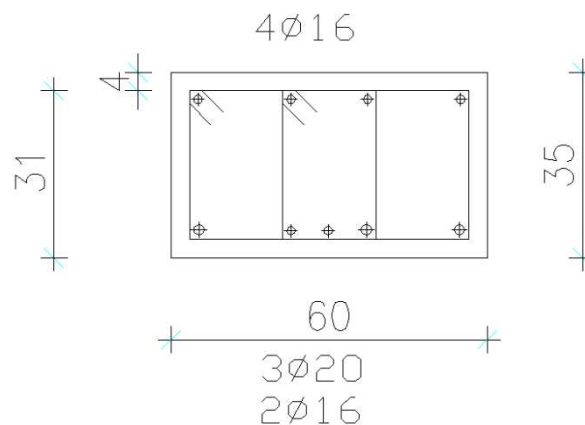
### 4.2.1.- COMPROBACIÓN DE CORTANTE A COMPRESIÓN.

Para la comprobación a cortante por compresión, debemos de cumplir con la siguiente ley:

$$V_{rd} < V_{u1}$$

donde,  $V_{rd}$  será calculado en el borde del apoyo.

-Viga



-Esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua en el alma.

Para la obtención de  $V_{u1}$ , en el caso habitual de que las armaduras formen un ángulo de  $90^\circ$ , no haya esfuerzo axial, la resistencia de proyecto sea menor que  $60 \text{ N/mm}^2$  y se adopte como ángulo de las bielas de compresión  $45^\circ$  la expresión de esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma queda así:

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

$f_{cd}$  = Resistencia de cálculo del hormigón

$b_0$  = ancho del alma

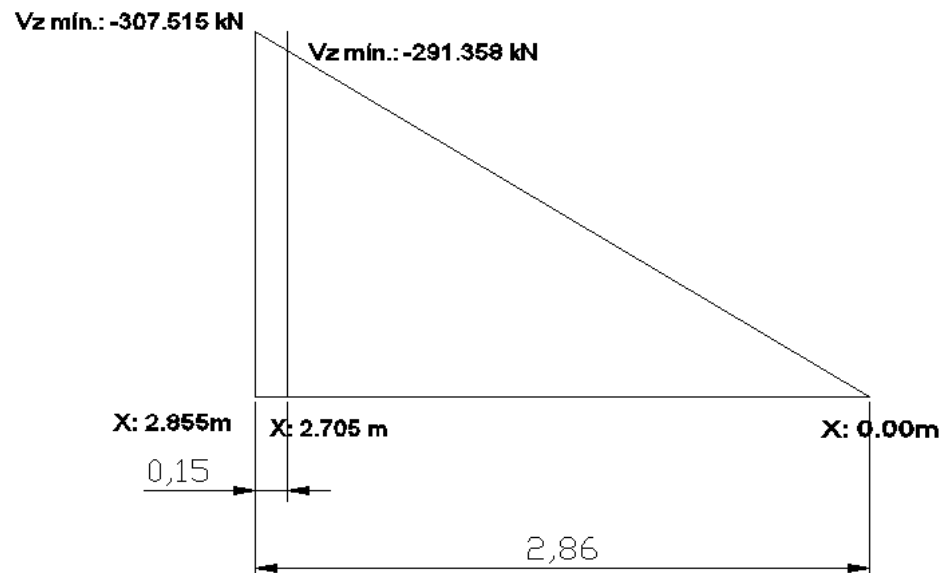
$d$  = canto útil de la sección

$$V_{u1} = 0,30 \times (1,6 \text{ KN/cm}^2) \times 60 \text{ cm} \times 31 \text{ cm} = \mathbf{929,99 \text{ KN}}$$



-Esfuerzo cortante efectivo de cálculo

- Los datos aquí presentados están obtenidos del apartado 3.3.1



El esfuerzo cortante efectivo de cálculo es el siguiente:

$$2.85 - 0.15 = 2.705 \text{ m}$$

$$\begin{array}{l} 2.855 \text{ ----- } 307.515 \text{ KN} \\ 2.705 \text{ ----- } x \text{ KN} \end{array}$$

$$x = 291.358 \text{ KN}$$

Por lo tanto la comprobación de cortante a compresión es la siguiente:

$$V_{rd} < V_{u1}$$

$$291.358 \text{ KN} < 929,99 \text{ KN}$$

Tras el análisis realizado, podemos observar que escogido el cortante 307.515 KN como el más desfavorable de los diagramas de cortantes, y cumpliendo así la comprobación a cortante por compresión, verificamos que este pórtico cumpliría totalmente a cortante por compresión.

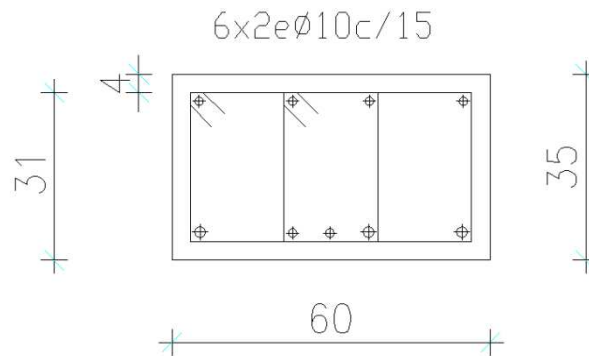
## 4.2.2.- COMPROBACIÓN DE CORTANTE A TRACCIÓN.

Para la comprobación a cortante por tracción, debemos de cumplir con la siguiente ley:

$$Vds < Vu2$$

donde,  $Vds$  se efectúa para una sección situada a una distancia de un canto útil del borde del apoyo.

-Viga



-Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma vale:

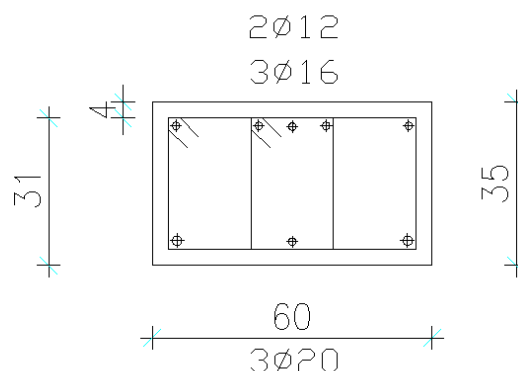
$$Vu2 = Vcu + Vsu$$

donde:

$Vsu$  Contribución de la armadura transversal de alma a la resistencia a esfuerzo cortante.

$Vcu$  Contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante.

-Viga:



Para el caso habitual de piezas de hormigón armado sometidas a flexión simple o compuesta con armadura transversal dispuesta con un ángulo de  $90^\circ$ , despreciando el efecto favorable de las compresiones, y para  $\theta$  de  $45^\circ$  y la contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante será:

$$Vcu = (0,15 / \gamma) \xi (100 \rho fck) 1/3 \times b0 \times d$$

$$\xi = 1 + 200/310 = 1,645 < 2 \quad \Rightarrow \quad \text{Cumple.}$$

$$As1 = 3\phi 20 = 9,42 \text{ cm}^2 = 9,42 \text{ cm}^2.$$

$$\rho = As1 / b_0 d = 9,42 / 60 \times 31 = 0,00506 < 0,02 \quad \Rightarrow \quad \text{Cumple.}$$

$$As1 = 13,44 \text{ cm}^2.$$

$$F_{ck} = 25 \text{ N}$$

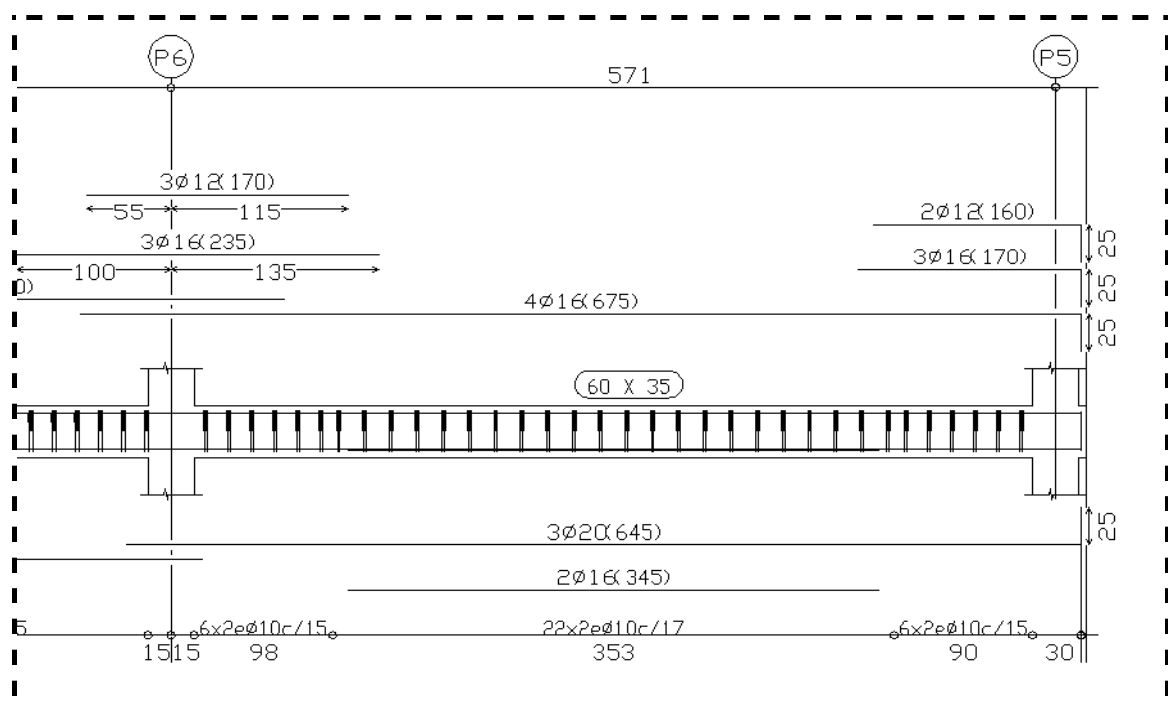
$$\gamma_c = 1,5$$

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

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

$$V_{cu} = (0,15/1,5) \times 1,645 (100 \times 0,00506 \times 25)^{1/3} \times (60 \times 31) = 712,91 \text{ N} = \mathbf{71,291 \text{ KN.}}$$

-Despiece de la viga a analizar:



-Y la contribución de la armadura será:

$$V_{su} = A_{90} \times f_{y90} \times 0,90 \times d$$

$$A = \text{área de los estribos} = n A_{\phi} / s_t = (4 \times 0,79) / 15 = \mathbf{0,2107 \text{ cm}^2}$$

$$N = 4$$

$$A_{\phi} = 3.14$$

$s_t$  = separación estribos 15 cm

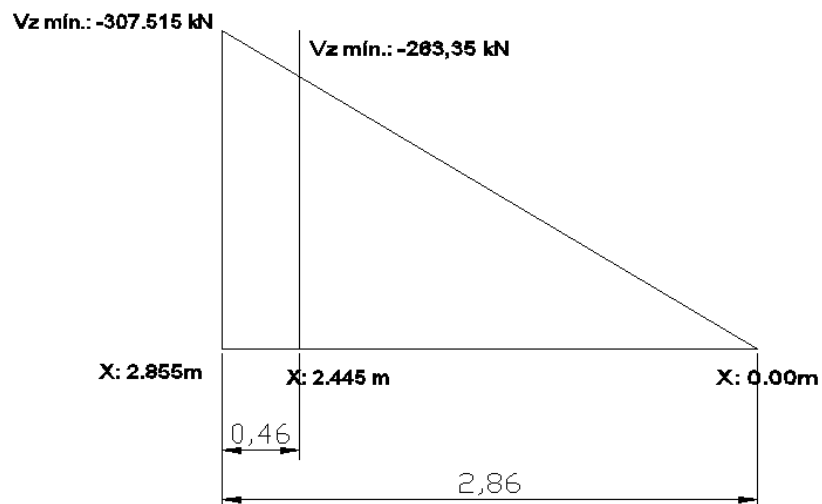
$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 500 / 1,5 = 43,48 \text{ KN/cm}^2$  -----EHE-08 establece para armaduras pasivas según artículo **40.2.3.2.2** y **40.2**, que  $f_{y\alpha,d} = \sigma_{sd}$  y por lo tanto

$$\sigma_{sd} \leq 400 \text{ N/mm}^2$$

$$V_{su} = 0,2107 \text{ cm}^2/\text{cm} \times 40 \text{ KN/cm}^2 \times (0,9 \times 31 \text{ cm}) = \mathbf{235,14 \text{ KN}}$$

-Esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma, efectuada para una sección situada a una distancia de un canto útil del borde del apoyo, es:

- Los datos aquí presentes están obtenidos del apartado 3.3.1



$$2.85 - 0.15 + 0.31 = 2.39 \text{ m}$$

$$2.855 \text{ ----- } 307.515 \text{ KN}$$

$$2.39 \text{ ----- } x \text{ KN}$$

$$x = \mathbf{257,429 \text{ KN}}$$

-El resultado para la comprobación a cortante por tracción, es el siguiente:

$$V_{ds} = 257,429 \text{ KN.}$$

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su} = 71,291 \text{ KN} + 235,14 \text{ KN} = 306,431 \text{ KN}$$

$$V_{cu} = 71,291 \text{ KN}$$

$$V_{su} = 235,14 \text{ KN}$$

$V_{ds} < V_{u2} \quad 257,249 \text{ KN} < 306,431 \text{ KN} \quad \Leftrightarrow \quad \text{cumple.}$
------------------------------------------------------------------------------------------------------------

### - Conclusión

La comprobación a cortante se cumple en ambos casos. Debido a que este cortante era el más desfavorable, con diferencia, el resto de cortantes por usar el mismo diámetro de cercos, variando su separación en algunos casos, y a pesar de la gran diferencia, del cortante analizado con el resto del pórtico, aun así, considerando que realmente el aumento de carga está situado en este vano, podemos confirmar que el resto de pórticos cumpliría totalmente las dos comprobaciones necesarias según la EHE-08, realizadas a cortante.

## 5.-ESTUDIO DE REFUERZO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

### 5.1.-SELECCIÓN DEL TIPO DE REFUERZO PARA MOMENTOS POSITIVOS.

5.1.1.- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y MODO DE EMPLEO, PARA REFUERZO DE  
MOMENTOS POSITIVOS.

5.1.2.- CONCLUSIONES Y RESULTADOS.

### 5.2.- SELECCIÓN DEL TIPO DE REFUERZO PARA MOMENTOS NEGATIVOS.

5.2.1.- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y MODO DE EMPLEO, PARA REFUERZO DE  
MOMENTOS NEGATIVOS.

5.2.2.- CONCLUSIONES Y RESULTADOS

### 5.3.- APLICACIÓN DE MBRACE LAMINATE.

## 5.- ESTUDIO REFUERZO DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES.

Ahora, procedemos a estudiar el tipo de refuerzo a colocar según los resultados obtenidos, del estudio anteriormente realizado. Por un lado tenemos que realizar los refuerzos en la zona de momentos positivos y por otro en la zona de momentos negativos.

Para el tipo de refuerzo hemos elegido la casa BASF@THE CHEMICAL COMPANY, ya que es una empresa a nivel mundial, la cual lleva más de 10 años, utilizando el sistema MBrace®, para dar soluciones a los problemas estructurales, tanto en obra nueva como en uso. Con este sistema tanto estructuras de hormigón o metálicas y elementos constructivos como muros de mampostería o forjados de madera pueden ser reforzados con este sistema consiguiendo así recuperar o aumentar su capacidad estructural ya sea por deterioro, errores de cálculo o cambios de uso.

Los materiales compuestos de polímeros reforzados con fibra **Fibre Reinforce Polymer (FRP)** se han utilizado durante casi 30 años en aplicaciones aeroespaciales y manufactureras que requieren pesos ligeros y propiedades estructurales de alta resistencia a la tracción y a la corrosión.

El rendimiento de los materiales FRP viene siendo comprobado durante años en aplicaciones de ingeniería civil, tales como estructuras de cubiertas, refuerzos internos de hormigón emparrillado y especialmente como refuerzo de adhesión externo.

La versatilidad del sistema MBrace®, permite su aplicación en multitud de campos. Los más comunes son los refuerzos de estructuras en obras de edificación aunque existen otros usos, como el refuerzo de puentes o túneles, que fortalecen la excepcionalidad del sistema.

El uso cada vez más extendido y demandado de tecnologías de FRP (Fibre Reinforce Polymer) para el refuerzo de estructuras obliga a los profesionales del sector a conocer y manejar cada vez más este tipo de soluciones. Es por ello que BASF da un paso más y ofrece al profesional además de un sistema completo de productos para el refuerzo de estructuras, una HERRAMIENTA ON-LINE ÚNICA EN EL MERCADO de fácil uso que facilitará los trabajos de cálculo necesarios en los proyectos de este tipo.

Esta nueva herramienta, de fácil manejo, permite obtener una respuesta rápida adaptada a las necesidades de cada refuerzo siguiendo siempre las especificaciones marcadas por las guías de diseño vigentes. Su uso on-line le asegura en todo momento la actualización del programa por cambios de normativas o requerimientos de cálculo así como la consulta cuando y donde usted requiera de sus proyectos.

El **sistema MBrace® de BASF CC** ha sido caracterizado y ensayado de forma estricta. Se han estudiado y determinado las propiedades de cada componente (imprimaciones, adhesivo, fibra), y a su vez, se han ensayado las propiedades y el comportamiento del sistema aplicado sobre elementos de hormigón.

MBrace® Primer, MBrace® Fibre Saturant y MBrace® Laminate Adhesive cumplen con los requisitos obligatorios de la UNE EN 1504-4, y cuentan con el marcado CE. Dicha calificación los valida como adhesivos aptos para el refuerzo estructural: adherencia, rasante, durabilidad y aplicabilidad. Asimismo, el sistema MBrace® se ha caracterizado de acuerdo a los requerimientos de varias guías de diseño internacionales (FIB, ACI). Su campo de aplicación consiste en mejorar la respuesta resistente de elementos estructurales para reparación y refuerzo. Las elevadas prestaciones mecánicas de Sistema MBrace®, permiten incrementar la respuesta a flexión, cortante y confinamiento de vigas, forjados, muros y pilares. La decisión de aplicar el Sistema MBrace® solventa fácilmente problema estructurales restableciendo la seguridad estructural de elementos, que, por errores de diseño, fallos constructivos, daños por patologías (oxidación), o por causas accidentales han perdido total o parcialmente su capacidad portante. Asimismo este sistema consigue:



#### **Mejora de las capacidades de carga en las estructuras de hormigón**

- Aumento de la resistencia a flexión de vigas, losas y muros de hormigón.
- Aumento de la resistencia a cortante de vigas y muros de hormigón.
- Aumento de la capacidad de silos, tuberías y túneles de hormigón.

#### **Refuerzo para la protección frente a explosiones e impactos**

- Mejora de la resistencia y ductilidad de pilares de hormigón.
- Confinamiento y resistencia adicionales a las conexiones de hormigón.

#### **Restablecimiento de la capacidad en las estructuras de hormigón deterioradas**

- Reemplazo del armado corroído.
- Reemplazo de tendones pos tensados dañados.
- Confinamiento de reparaciones de hormigón

#### **Corrección de errores de diseño o de construcción**

- Reemplazo de armado faltante.



El sistema MBrace® Sistema Integral para el Refuerzo de Estructuras se presenta con el soporte más completo de la industria. Contando con todo lo necesario para la instalación exitosa de MBrace®; desde el apoyo para la especificación y diseño, aplicadores especialistas, ensayos de campo y más. Con un grupo de ingenieros dedicados y una fuerza de ventas específica, el sistema integral para el refuerzo de estructuras MBrace® es un enfoque completo que permite llevar la tecnología más innovadora a la industria de la construcción. Este sistema dispone de los siguientes productos:



**MBrace® LAMINATE**



**MBrace® FIBRE**



**MBrace® BAR**



**MBrace® GALILEO AR**



**MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT**



**MBrace® FIBRE**



**MBrace® PRIMER**

## 5.1.- SELECCIÓN DEL TIPO DE REFUERZO PARA MOMENTOS POSITIVOS.

Una vez realizadas las comprobaciones según EHE-08, observamos que claramente que debemos de reforzar la viga a momentos positivos. Para tal refuerzo utilizamos el programa que, a través de internet, nos ofrece la casa BASF, en [www.mbrace.es](http://www.mbrace.es), mediante el cual dándonos de alta, podemos utilizar el programa tantas veces como queramos. Dicho programa nos calcula según los datos que introducimos, los diferentes refuerzos de esta casa que podemos utilizar y la cantidad a utilizar, también nos especifica y explica método de colocar, así como los materiales a emplear para su colocación.

En dicho programa debemos de introducir los siguientes datos:

- Tipo de sección de la viga, en T , o rectangular.

- Geometría de la viga a reforzar, luz de los apoyos, canto total de la sección y ancho de la sección. Luz 5,71 m , canto total 35cm y ancho 60 cm.

- Propiedades del hormigón del soporte. HA-25 , 25 MPa.

- Propiedades del acero existente en la viga. B500 S , 500 MPa.

- Armado existente:

- Armadura superior: área en cm<sup>2</sup>, 13,44 y recubrimiento 4cm.
- Armadura inferior: área en cm<sup>2</sup>, 8,04 y recubrimiento 4 cm.

- Cargas, solicitaciones de diseño:

- Flector existente en vacío , durante la ejecución del refuerzo, Mo, el cual en nuestro caso, es cero, al apelar la viga para que no entre en carga , durante la realización del refuerzo.

- Estado límite Último (ELU), flector mayorado de diseño del refuerzo, Md, este el el momento para el cual debemos de reforzar la estructura, es decir, el momento que tendrá la viga una vez dispongamos de todas las cargas, debidas al cambio de uso, Md2 = 172,84 KN x m, obtenido anteriormente con el programa CYPE.

- Estado límite de Servicio(ELS), es decir el momento obtenido sin mayorar las cargas, el cual, ELS= 126,577 KN x m, este dato lo he obtenido de la siguiente forma:

- He realizado los cálculos con el programa CYPE, introduciéndole solamente las cargas permanentes, obteniendo el momento de 153,24 KN x m, para ese mismo punto donde se encuentra nuestro momento máximo positivo, es decir, a 2,855 m desde el eje del pilar 5, que sería nuestro punto 0,0 m.

- Una vez obtenido este resultado planteo la siguiente hipótesis:

$$\mathbf{Md2 = 1,35 M_{cp} + 1,5 M_{sc}}$$

- Md2 = 172,84 KN x m
- 1,35 Mcp= 153,24 KN x m, significa 1,35 que el coeficiente de mayoración por las cargas permanentes.
- 1,5 Msc, es el coeficiente de mayoración de las sobrecargas, por ellas.
- Ahora procedemos a despejar para deducir 1,5 Msc, y así poder obtener ELS:

$$\mathbf{Msc= Md2 -1,35 Mcp/1,5}$$

$$MSc= 172, 84 - 153,24 / 1,5 = 13,067 \text{ KN x m.}$$

- Una vez obtenido las sobrecargas, deducimos despejando, ELS.

$$\mathbf{ELS = Mcp + Msc}$$

$$Md2= 1,35 Mcp + 1,5 Msc$$

$$172,84 = 1,35 Mcp + 1,5 \times 13,067$$

$$Mcp= 172,84 - 19,6005 / 1,35 = 113,51 \text{ KN x m}$$

$$\mathbf{ELS= 113,51 + 13,067 = 126, 577 \text{ KN x m.}}$$

Una vez introducidos en el programa todos estos datos, este , te lo calcula para los diferentes tipos de refuerzos que dispone, la cantidad de laminas que necesitas según ancho y sección de estas, y el momento último y de servicio que este refuerzo soporta, ejemplo:

MBRACE® LAMINATE 210/3300			
ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	50.0 x 1.4	80.0 x 1.4	100.0 x 1.4
Nº laminados			
1	131.5 / 127.3	150.7 / 133.3	163.5 / 137.4
2	163.5 / 137.4	201.4 / 152.3	226.4 / 159.0
3	195.1 / 150.1	251.1 / 168.1	287.9 / 182.4
4	226.4 / 159.0	300.1 / 184.9	348.2 / 202.6
5	257.3 / 170.5	348.2 / 202.6	414.6 / 224.2
6	287.9 / 182.4	395.8 / 221.4	436.3 / 247.2
7	318.2 / 192.4	428.1 / 238.4	
8	348.2 / 202.6		
9	378.0 / 213.3		
10	414.6 / 224.2		
Resultados expresados en: Momento Ultimo / Momento en Servicio (kNm)			

En rojo el programa, te marca los resultados no válidos o no recomendados según las especificaciones nosotros introducidas. Por otro lado, el programa también te permite escoger unos datos , tantos como se desee (son los seleccionados), e incluso del tipo de

refuerzo que se quiera, y luego este, en el informe obtenido en pdf, te especifica y describe la forma de trabajar de dichas selecciones. El informe completo se encuentra en el ANEJO 8.4, Informe Técnico de Refuerzo de Momentos positivos. Aquí adjuntamos la imagen del tipo de refuerzo seleccionado, como trabajaría:

### MBrace® Laminate

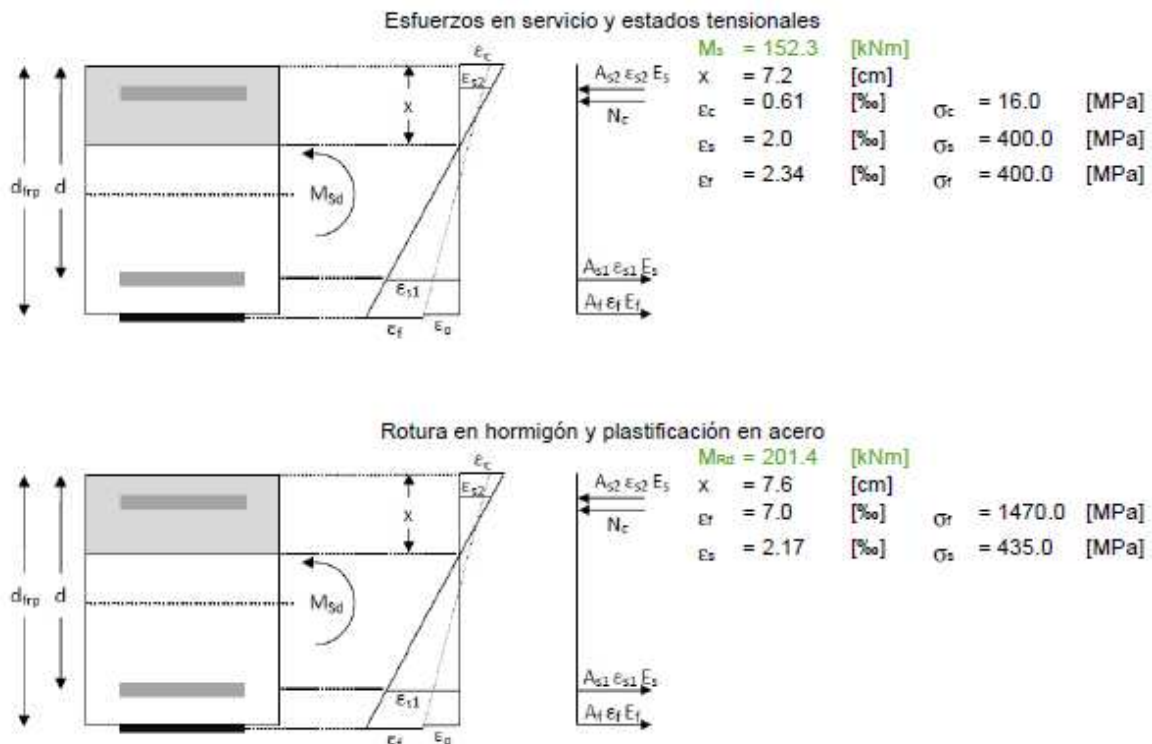
MBRACE® LAMINATE 210/3300

Ancho: 80.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

Nº laminados: 2

$a_r = 1.12$  [cm<sup>2</sup>]  $E_r = 210000.0$  [MPa]



El sistema elegido para el refuerzo de momentos positivos, ha sido el arriba mostrado, es decir, 2 laminas de 80mm de ancho y 1.4mm de espesor, de MBrace® LAMINATE 210/3300, según especificaciones dadas, ya que es uno de los refuerzos, que mejor cumplía nuestras exigencias. Por otro lado se ha elegido de momento último 201,4 KN x m, y no, uno más cercano a nuestro momento con el cambio de uso, que es 172,84 KN x m, porque, cuando en su día lo diseñaron al construir el edificio, el momento que iba a soportar era 98,79 KN x m, y el momento último que podía soportar esta estructura para el cual lo calcularon fue 165,51 KN x m, como lo mayorarón tanto, nos hemos querido curar en salud y realizar un refuerzo, mayor de lo que le correspondería, para asegurarnos su durabilidad y estabilidad. También se ha tenido en cuenta que se cumpliera el momento en servicio el cual era 126,57 KN x m y con el refuerzo obtenemos 152,3 KN x m.

## 5.1.1- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y MODO DE EMPLEO DE LOS MATERIALES, PARA REFUERZO DE MOMENTOS POSITIVOS.

### LAMINATE CF.

El tipo de material elegido para el refuerzo de momentos positivos es el MBrace® LAMINATE CF (Laminado preformado de fibra de carbono para refuerzo de elementos estructurales), más concretamente el MBrace® LAMINATE 210/3300.

La tecnología MBrace para refuerzo estructural, consiste en la adhesión superficial de compuestos preformados a base de fibra de carbono, de elevadas prestaciones resistentes a tracción. Mediante la adhesión en superficie de elementos con excelente comportamiento a tracción, se consigue incrementar el comportamiento de elementos flexionados.

Los laminados MBrace presentan una orientación de fibras unidireccional, en formato semirrígido y en rollos de 50 metros, precisando de un devanador para su desenrollado cómodo y seguro. Según los requisitos estructurales vinculados al refuerzo, se presenta MBrace® LAMINATE 170/3100 de alto medio módulo elástico y MBrace® LAMINATE 210/3300 de alto módulo elástico.

Ambos alcanzan resistencias a tracción en rotura parecidas, difiriendo, debido a su rigidez, en la elongación última.

La fibra de carbono empleada en el sistema MBrace presenta una curva tensión-deformación completamente lineal hasta rotura, sin presentar problemas de rotura prematura bajo cargas mantenidas.

#### Campo de aplicación

- Aplicable sobre soportes de hormigón, metálicos y de madera.
- Refuerzos a tracción en elementos flexionados mediante adhesión en superficie.
- Errores de proyecto o ejecución.
- Mejoras estructurales o modificaciones debidas a cambios de usos o cambios de exigencia en normativas.
- Mejora del control de la fisuración y de la resistencia a impactos y ondas expansivas.
- Las aplicaciones más habituales de refuerzo son: vigas, puentes, losas, forjados en tableros de puentes, estructuras y superficies de aparcamientos, refuerzo de muros, depósitos, etc.

Se puede consultar con el Departamento Técnico cualquier aplicación no prevista en esta relación.

#### Componentes del sistema

El sistema de Laminados MBrace a base de fibra de carbono está compuesto por una serie de productos diseñados específicamente para su aplicación.

- MBrace® PRIMER: para garantizar la adherencia y anclaje del refuerzo con el soporte del elemento a reparar.
- MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT: para regularizar el soporte, adherir y transferir esfuerzos entre el soporte y el compuesto resistente.

### Propiedades

- Reducido peso. No es preciso apuntalar.
- Excelente relación resistencia/peso.
- Total orientación de la fibra gracias a la matriz epoxi.
- Bajo espesor de aplicación.
- Elevada capacidad de carga.
- Excelente resistencia química.
- Fácil y rápidamente aplicable.

### Base del material

Fibra de carbono embebida en matriz epoxi. El proceso de fabricación de los laminados incorpora la fibra de carbono en una matriz epoxi, mediante un procedimiento completamente industrializado y de estricto control de calidad. Esto permite garantizar las propiedades resistentes de los refuerzos realizados mediante el módulo elástico, la resistencia a rotura y la elongación última.

### Presentación

MBrace® LAMINATE se presenta en rollos de 25 y 50 metros con un film de plástico protector que se debe retirar antes de su aplicación.

Mbrace® LAMINATE 170/3100		Mbrace® LAMINATE 210/3300	
Ancho (mm)	Espesor (mm)	Ancho (mm)	Espesor (mm)
50	1,2 y 1,4	50	1,4
80	1,2 y 1,4	80	1,4
100	1,2 y 1,4	100	1,4

### Modo de utilización

Soporte: La resina adhesiva MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT, debe aplicarse sobre MBrace® PRIMER después de 90 minutos y antes que hayan transcurrido 48 horas desde su aplicación.

El soporte deberá tener una temperatura mínima de +5°C y sin presencia de humedad. Comprobar que en el momento de la aplicación la temperatura del soporte se encuentra por lo menos 3°C por encima del correspondiente punto de rocío. En caso de que el soporte presente irregularidades superiores a 5 mm deberán suavizarse mecánicamente antes de la aplicación de la imprimación o bien regularizarse. Para la regularización podrá emplearse CONGRESIVE 2600 o bien una mezcla de MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT y arena de cuarzo seca.

Aplicación: Extender MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT sobre el soporte imprimado con MBrace® PRIMER.



Retirar el film de plástico protector antes de aplicar el MBrace® LAMINATE.

Sobre la cara estriada del MBrace® LAMINATE aplicar una capa de 2-3 mm de adhesivo y colocar en su posición definitiva presionando con un rodillo de goma o elemento similar.

### Almacenaje

Almacenar los materiales en lugar fresco y seco, lejos de la luz directa del sol, las llamas u otros peligros.

### Manipulación y transporte

Para la manipulación de este producto deberán observarse las medidas preventivas habituales en el manejo de productos químicos, por ejemplo no comer, fumar ni beber durante el trabajo y lavarse las manos antes de una pausa y al finalizar el trabajo. Puede consultarse la información específica de seguridad en el manejo y transporte de este producto en la Hoja de Datos de Seguridad del mismo. La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final del producto.

### Debe tenerse en cuenta

- Para garantizar el éxito del refuerzo, se debe asegurar una unión perfecta entre el compuesto MBrace y el soporte, tal que permita una correcta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Un fallo de adherencia entre el soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto conduce irrevocablemente a un fallo del refuerzo.
- No aplicar sobre soportes húmedos o con temperaturas por debajo de +5°C.
- Según la tipología de refuerzo a realizar, y de acuerdo a las guías y recomendaciones de diseño vigentes, se limitará la eficiencia de los materiales compuestos mediante los adecuados coeficientes minoradores.

### Datos Técnicos.

Características	Métodos de ensayo	Unidades	MBrace®	MBrace®
			LAMINATE 170/3100	LAMINATE 210/3300
Densidad:	-	g/cm <sup>3</sup>	aprox.1,6	aprox.1,6
Volumen de fibra:	-	%	aprox.70	aprox.68
Temperatura de aplicación (soporte y material) mínima/máxima:	-	°C	+5 / +30	+5 / +30
Módulo de elasticidad mínimo:	EN 2561	GPa	163	200
Módulo de elasticidad medio:		GPa	170	210
Resistencia a tracción última mínima:		MPa	2800	2900
Resistencia a tracción media:		MPa	3100	3300
Elongación a rotura mínima:		%	1,6	1,4
Elongación a rotura media:			1,9	1,65

Los valores medios son indicativos. Sólo están garantizados los valores mínimos.

## MBrace® PRIMER.

Imprimación epoxi para el sistema compuesto de refuerzo estructural a base de fibra de carbono.

### campo de aplicación

- Imprimación previa a la aplicación de MBrace® FIBRE SATURANT, y MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT en sistemas de refuerzo de estructuras con fibra de carbono.
  - MBrace® PRIMER puede usarse sobre soportes de hormigón, acero y mampostería.
  - Sobre soportes de hormigón, el producto sella la porosidad y las oquedades del soporte, evitando la oclusión de burbujas de aire y garantizando una adherencia óptima del refuerzo.
  - Sobre soportes de acero, la imprimación funciona como un excelente adhesivo, además de ser una eficaz protección contra la oxidación.
- Consultar con el Departamento Técnico cualquier aplicación no prevista en esta relación.

### Propiedades

- Excelente adherencia.
- Excelente penetración debido a su baja viscosidad.
- Contenido en sólidos del 100%. No contiene disolventes.

### Base del material

Resina epoxi, en dos componentes, fluida y exenta de disolventes.

### Modo de utilización

(a) Soporte: Sobre hormigón, el soporte debe estar limpio, seco (humedad máxima 4% según CM-GERÄT), firme (Resistencia a tracción mínima 1,5 N/mm<sup>2</sup>), rugoso y libre de aceites, grasas, pinturas, restos de aceites, desencofrantes, polvo, etc.

Para ello, se debe tratar con medios mecánicos o por chorreado de arena, hasta conseguir la eliminación total de cualquier impureza o contaminante superficial.

El soporte deberá tener una temperatura mínima de +5°C y encontrarse un mínimo de 3°C por encima del correspondiente punto de rocío.

(b) Mezcla: MBrace® PRIMER se presenta en proporciones adecuadas para realizar la mezcla directamente. No se recomiendan en ningún caso las mezclas parciales.

Verter el componente II, dentro del recipiente del componente I (recipiente de trabajo).



Mezclar cuidadosamente con un taladro provisto de agitador (tipo M-17) a 400 r.p.m. de velocidad de rotación máxima, durante 3 minutos como mínimo o hasta obtener una masa homogénea sin grumos.

(c) Aplicación: Distribuir de forma uniforme sobre toda la superficie, con la ayuda de una brocha o un rodillo, garantizando una impregnación completa de la porosidad y las oquedades del soporte.

(d) Tiempo de espera entre aplicaciones sucesivas.

Para la aplicación de MBrace® LAMINATE se recomienda esperar un periodo de 90 minutos (aproximadamente) antes de proceder con la aplicación de MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT.

Las superficies tratadas con MBrace® PRIMER deberán ser cubiertas como máximo 48 horas después de su aplicación, para asegurar una completa adherencia. En caso de exceder este tiempo, se recomienda lijar el paramento y aplicar una nueva mano de MBrace® PRIMER.

#### Limpieza de herramientas y útiles de trabajo

En estado fresco puede limpiarse con disolvente. En el caso de que el material esté endurecido sólo puede limpiarse mecánicamente.

#### Consumo

El consumo habitual sobre soporte de hormigón es de 200 g/m<sup>2</sup> a 300 g/m<sup>2</sup>. El consumo sobre superficies metálicas es de aproximadamente 180 g/m<sup>2</sup>.

Este consumo es teórico y dependen de la rugosidad y de las condiciones particulares de cada obra. Para determinar los consumos exactos deben hacerse ensayos representativos en obra.

#### Presentación

Conjuntos de 1 y 5kg.

#### Almacenaje

Puede almacenarse hasta 18 meses en lugar fresco y seco y en sus envases originales cerrados.

### Manipulación y transporte

Para la manipulación de este producto deberán observarse las medidas preventivas habituales en el manejo de productos químicos, por ejemplo no comer, fumar ni beber durante el trabajo y lavarse las manos antes de una pausa y al finalizar el trabajo.

Puede consultarse la información específica de seguridad en el manejo y transporte de este producto en la Hoja de Datos de Seguridad del mismo.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final del producto.

### Debe tenerse en cuenta

- Para garantizar el éxito del refuerzo, se debe asegurar una unión perfecta entre el compuesto MBrace® y el soporte, con objeto de conseguir una perfecta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Un fallo de adherencia entre el soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto conduce, prematuramente, a un fallo del refuerzo.

- No aplicar sobre soportes húmedos o con temperaturas por debajo de +5°C.

- No deben realizarse mezclas parciales de los contenidos de los envases de ambos componentes.

- No añadir agua, disolventes ni otras sustancias que puedan afectar a las propiedades del material endurecido.

- Respetar los tiempos máximos de espera entre la aplicación de los diferentes productos que conforman el sistema MBrace®.

- No preparar una cantidad de mezcla superior a la que podrá aplicarse durante el periodo de trabajo. El tiempo disponible para realizar el trabajo, la temperatura y la complejidad del material determinará cuál es la cantidad de material que puede prepararse de una vez.

- Con tiempo caluroso mantenga el material frío y protegido de la luz solar directa. El periodo real de trabajo en época de calor se puede prolongar de mantener el material frío, tanto antes como después de mezclarlo, y si se introduce en un recipiente con una mezcla de agua fría y hielo.

- Antes de realizar la mezcla comprobar la identificación correcta de los envases de los diferentes componentes.

## Datos Técnicos.

Características	Métodos de ensayo	Unidades	Valores
Densidad (20°C):	UNE-EN ISO 2811-1	g/cm <sup>3</sup>	aprox. 1,1
Pot Life (25°C):	UNE-EN ISO 2555:2000	minutos	aprox. 20
Temperatura de aplicación (soporte y material)	-	°C	de +5 a +30
Ensayos a tracción:	Rotura a tracción:	DIN 53504	N/mm <sup>2</sup>
	Deformación en rotura:		%
Ensayos a flexión:	Rotura a flexión:	UNE-EN ISO 178:2003/ /A1:2005	MPa
	Módulo a flexión:		aprox. 233,1
Ensayos a compresión:	Rotura a compresión:	Pr EN 13412: 2005	N/mm <sup>2</sup>
	Módulo a compresión:	ASTM D695	aprox. 875 ± 1
Adherencia:	UNE-EN ISO 4624:2003	N/mm <sup>2</sup>	7 ± 2 (rotura por hormigón)

Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20°C y 85% de H.R. Temperaturas superiores pueden acortar estos tiempos y viceversa. Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados. Si se desean datos de control pueden solicitarse "Especificaciones de Venta" del producto a nuestro Departamento Técnico.

## **MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT .**

Adhesivo epoxi espatulable para la regularización y adhesión de MBrace® LAMINATE.

### Campo de aplicación

- Adhesión del MBrace® LAMINATE a elementos de hormigón.
  - Aplicación de laminados de fibra de carbono por sistema CUT-IN.
  - Aplicable en vertical y en techos.
  - Sellado superficial de fisuras que van a ser inyectadas con resinas epoxi.
  - Adhesión de materiales rígidos como pletinas metálicas a hormigón, etc.
- Consultar con el Departamento Técnico cualquier aplicación no prevista en esta relación.

### Propiedades

- Excelente adherencia. No ocluye burbujas de aire.
- Adhesión continua y uniforme, asegurando una correcta transmisión de esfuerzos y una compatibilidad de deformaciones entre el laminado y el soporte.
- Elevada trabajabilidad.
- Endurecimiento sin fisuración.
- No contiene disolventes.
- Acorde según UNE EN 1504-4.

### Base del material

Resina epoxi en dos componentes exenta de disolventes.

### Modo de utilización

(a) Soporte: El soporte debe ser limpio, seco, firme, rugoso y libre de aceites, grasas, pinturas, restos de aceites, desencofrantes, polvo, etc. Para ello, se debe tratar con medios mecánicos o por chorreado de arena, hasta conseguir la eliminación total de cualquier impureza o contaminante superficial.

El soporte deberá tener una temperatura mínima de +5°C y una humedad máxima residual del 4%.

(b) Imprimación: El producto MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT se aplicará siempre sobre superficies previamente imprimadas con MBrace® PRIMER.

La aplicación del adhesivo sobre la imprimación se realizará no antes de 90 minutos ni después de 48 horas desde su aplicación.

(c) Mezcla: MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT se presenta en proporciones adecuadas para realizar la mezcla directamente. No se recomiendan en ningún caso las mezclas parciales. Homogeneizar inicialmente el componente I por separado. Seguidamente verter el componente II dentro del recipiente del componente I (recipiente de trabajo).

Mezclar intensamente con un taladro provisto de agitador (tipo M17) a 400 r.p.m. de velocidad de rotación máxima, durante 3 minutos como mínimo hasta obtener la consistencia deseada.

(d) Aplicación: MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT debe aplicarse sobre el soporte y sobre el laminado. Sobre el soporte y mediante la ayuda de una espátula o llana lisa debe aplicarse una capa de contacto de aprox. 1 mm de espesor, cubriéndose pequeñas coqueas e irregularidades. De existir grandes desconches deben tratarse, previamente, mediante morteros de reparación estructural.

Retirar el film de plástico protector antes de aplicar el MBrace® LAMINATE.

Sobre la cara estriada del MBrace® LAMINATE aplicar una capa de 2-3 mm de MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT. Se recomienda el empleo de dispositivos de madera o metálicos, que a modo de guillotina, garanticen de forma precisa un espesor constante de adhesivo.

A continuación se coloca MBrace® LAMINATE en su ubicación final, presionando fuertemente mediante un rodillo de goma dura, hasta conseguir el rebose de MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT sobrante por los laterales. Retirar el adhesivo en fresco mediante la ayuda de una espátula o similar.

### Limpieza de las herramientas

Antes de endurecer es posible su limpieza con disolvente. Una vez endurecido sólo puede eliminarse mecánicamente.

### Consumo

Un consumo habitual sobre soporte normales de hormigón, es de aproximadamente 1,7 Kg/m<sup>2</sup>/mm.

Este consumo es teórico y depende de la rugosidad del soporte por lo que deben ajustarse para cada obra en particular mediante ensayos "in situ".

### Almacenaje

Puede almacenarse durante 18 meses en lugar fresco y seco y en sus envases originales cerrados.

### Manipulación y transporte

Para la manipulación de este producto deberán observarse las medidas preventivas habituales en el manejo de productos químicos, por ejemplo no comer, fumar ni beber durante el trabajo y lavarse las manos antes de una pausa y al finalizar el trabajo.

Puede consultarse la información específica de seguridad en el manejo y transporte de este producto en la Hoja de Datos de Seguridad del mismo.

La eliminación del producto y su envase debe realizarse de acuerdo con la legislación vigente y es responsabilidad del poseedor final del producto.

Presentación

Conjuntos de 5 Kg


### Debe tenerse en cuenta

- Para garantizar el éxito del refuerzo, debe asegurarse una unión perfecta entre el laminado MBrace y el soporte, tal que permita una correcta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Un fallo de adherencia entre el soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto conduce irrevocablemente a un fallo del refuerzo.
- No aplicar sobre soportes húmedos o con temperaturas por debajo de +5°C.
- No deben realizarse mezclas parciales de los contenidos de los envases de ambos componentes.
- No añadir agua, disolventes ni otras sustancias que puedan afectar a las propiedades del material endurecido.
- Respetar los tiempos máximos de espera entre la aplicación de los diferentes productos que conforman el sistema MBrace.
- No preparar una cantidad de mezcla superior a la que podrá aplicarse durante el período de trabajo. El tiempo disponible para realizar el trabajo, la temperatura y la complejidad del material determinará cuál es la cantidad de material que puede prepararse de una vez.
- Con tiempo caluroso mantener el material frío y protegido de la luz solar directa. El periodo real de trabajo en época de calor se puede prolongar de mantener el material frío, tanto antes como después de mezclarlo, y si se introduce en un recipiente con una mezcla de agua fría y hielo.
- Antes de realizar la mezcla comprobar la identificación correcta de los envases de los diferentes componentes.

-Datos Técnicos.

Características	Métodos de ensayo	Unidades	Valores
Densidad (20°C):	-	g/cm <sup>3</sup>	aprox. 1,7
Espesores aplicables:	-	mm	de 1 hasta 3
Tiempo de mezclado:	-	minutos	mínimo 3
Tiempo de trabajabilidad (Pot life a 25°C):	-	minutos	aprox. 90
Tiempo abierto:	UNE EN 12189	minutos	aprox. 60 (a 22 y 30°C)
Endurecimiento total tras:	-	días	aprox. 3
Temperatura de aplicación (soporte y material):	-	°C	de +5 a +30
Ensayos a tracción:			
Adhesión a tracción:	UNE-EN 1542	N/mm <sup>2</sup>	aprox. 1.8 (rotura en hormigón)
Arrancamiento (acero – acero):	UNE-EN 12188		aprox. 16
Arrancamiento (acero-hormigón):	UNE-EN 12188		aprox. 5.4 (rotura en hormigón)
Adhesión hormigón endurecido –hormigón endurecido	UNE-EN 12636	N/mm <sup>2</sup>	aprox. 12 (rotura por hormigón)
Ensayos a cizallamiento:			
Resistencia al cizallamiento oblicuo:	UNE-EN 12188	N/mm <sup>2</sup>	50° aprox. 78 60° aprox. 86 70° aprox. 106
Resistencia a cizallamiento:	UNE-EN 12188	N/mm <sup>2</sup>	> 70
Ensayos a compresión:			
Resistencia a compresión	UNE-EN 12190	N/mm <sup>2</sup>	aprox. 73
Módulo E (compresión):	UNE-EN 13412		aprox. 8700
Ensayo a flexión:			
Módulo E (flexión):	UNE-EN ISO 178	N/mm <sup>2</sup>	aprox. 4260
Temperatura de transición vítrea - Tg:	EN 12614	°C	aprox. 52,3
Retracción lineal:	UNE-EN 12617-1	%	S1:0.03 S2:0.09
Absorción Karsten	-	Kg/m <sup>2</sup> h. <sup>0,5</sup>	0
Coefficiente de dilatación térmica:	UNE-EN 1770:1999	µm/°C	0,45
Viscosidad Brookfield:			
- Spindel 7 a 23.6°C y 20 rpm		mPas	189.000
- Spindel 7 a 23.6°C y 10 rpm			370.000
Durabilidad composite ciclos térmicos:			
- Hormigón fresco – Hormigón endurecido			8.67
- Hormigón endurecido – Hormigón endurecido	EN 13733	N/mm <sup>2</sup>	11.56
Durabilidad composite ciclos húmedos:			
- Hormigón fresco – Hormigón endurecido			6.42
- Hormigón endurecido – Hormigón endurecido			6.74

Los tiempos de endurecimiento están medidos a 20°C y 65% de H.R. Temperaturas superiores y/o H.R. inferiores pueden acortar estos tiempos y viceversa. Los datos técnicos reflejados son fruto de resultados estadísticos y no representan mínimos garantizados. Si se desean datos de control pueden solicitarse las "Especificaciones de venta" del producto a nuestro Departamento Técnico.

 0099	
<b>MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT</b> BASF Construction Chemicals España, S.L. Baeters, 15 – P.I. Riera de Caldes - 08184 Palau-Solità i Plegamans (Barcelona)	
09 <b>0099/CPD/B15/0015</b>	
<b>UNE EN 1504 - 4</b> <b>Adhesivo de resinas epoxi para el refuerzo estructural con chapas de fibra de carbono</b>	
Unión/adhesión	
-Resistencia al arrancamiento:	> 14 N/mm <sup>2</sup>
-Resistencia al cizallamiento oblicuo a:	50° ≥ 50 N/mm <sup>2</sup> 60° ≥ 60 N/mm <sup>2</sup> 70° ≥ 70 N/mm <sup>2</sup>
Resistencia al cizallamiento:	≥ 12 N/mm <sup>2</sup>
Retracción / dilatación:	≤ 0,1%
Trabajabilidad:	Aprox. 90 min. a 23°C Aprox. 35 min. a 30°C
Tiempo abierto:	Aprox. 60 min. a 22°C Aprox. 60 min. a 30°C
Módulo de elasticidad en compresión:	≥ 2000 N/mm <sup>2</sup>
Módulo de elasticidad en flexión:	≥ 2000 N/mm <sup>2</sup>
Coefficiente de dilatación térmica:	≤ 100 x 10 <sup>-6</sup> K
Temperatura de transición vítrea:	≥ 40 °C
Reacción al fuego:	Clase F
Durabilidad (ciclos de temperatura y humedad):	Conforme
Sustancias peligrosas:	Cumple con 5.4
Unión / Adhesión:	
Aptitud de aplicación en superficies verticales y en intradós (securrimiento inferior a 1 mm)	Conforme
Aptitud de aplicación en superficies horizontales (superficie >3000 mm <sup>2</sup> después del securrimiento):	Conforme
Aptitud de aplicación y curado a altas temperaturas (30°)	Conforme

### 5.1.2- CONCLUSIONES Y RESULTADOS.

La elección final es como ya habíamos nombrado MBrace® LAMINATE 210/3300, mediante el cual con la elección de 2 laminas de 80 mm de ancho y 1,4 mm de sección, obtenemos un refuerzo que es capaz de soportar un momento último de 201,4 KN x m y un momento en servicio de 152,3 KN x m, ambos totalmente superables a nuestros momentos obtenidos con el nuevo cambio de uso del ático. La longitud a ejecutar de refuerzo será de 3,80 m, más que suficiente para resistir debido cambio, la cual será colocada en el centro del vano, comenzando a 0,85 m desde el pilar 5.

Para dicha colocación, se realizará paso a paso especificaciones técnicas del suministrador y de la casa, y con los materiales nombrados anteriormente. Además debemos de desmontar la talla del comedor del piso inferior para su colocación.

Por otro lado deberemos de tener en cuenta el comportamiento de los nuevos materiales y la estructura en sí, frente al fuego. Debido a que las fibras de carbono aguantan temperaturas bastante altas, sin embargo la resina empieza a degradarse a partir de los 50-80 °C. Por esta razón, en caso de fuego el refuerzo se pierde con rapidez. Para el diseño de refuerzo de estructuras con el Sistema MBrace®, es importante evaluar la resistencia del elemento sin considerar el refuerzo. Verificar que en caso de fallo completo del refuerzo, existe equilibrio entre nuevas cargas de uso sin mayorar y sección antes de refuerzo sin minorar ( $FS \geq 1.0$ ). Es decir que la estructura no colapse en caso de pérdida total o parcial del refuerzo.

Si el refuerzo con el Sistema MBrace® requiere protección contra el fuego, está puede realizarse con materiales resistentes al fuego. Dicha protección debe evitar que la temperatura en el refuerzo supere la  $T_g$  (temperatura en la que polímero deja de ser rígido y comienza a ser ahulado o blando). La protección deberá realizarse según el tipo de edificación de acuerdo con las normas vigentes (CTE - DB-SI y UNE - EN 13501-1).



## 5.2.- SELECCIÓN DEL TIPO DE REFUERZO PARA MOMENTOS NEGATIVOS.

Una vez realizadas las comprobaciones según EHE-08, observamos que claramente que debemos de reforzar la viga a momentos negativos también. Para tal refuerzo seguiremos los pasos arriba descritos.

En dicho programa debemos de introducir los siguientes datos:

- Tipo de sección de la viga, en T , o rectangular.
- Geometría de la viga a reforzar, luz de los apoyos, canto total de la sección y ancho de la sección. Luz 5,71 m , Canto total 35 cm, ancho 60 cm.
- Propiedades del hormigón del soporte. HA-25 , 25MPa.
- Propiedades del acero existente en la viga. B500 S, 500 MPa.
- Armado existente:
  - Armadura superior: área en cm<sup>2</sup> , 17,46 y recubrimiento, 4.
  - Armadura inferior: área en cm<sup>2</sup>, 9,42 y recubrimiento, 4.

-Cargas, sollicitaciones de diseño:

- Flector existente en vacío , durante la ejecución del refuerzo, Mo, el cual en nuestro caso, es cero, al apelar la viga para que no entre en carga , durante la realización del refuerzo.

-Estado límite Último (ELU), flector mayorado de diseño del refuerzo, Md, este el momento para el cual debemos de reforzar la estructura, es decir, el momento que tendrá la viga una vez dispongamos de todas las cargas, debidas al cambio de uso, Md2 = 273,87 KN x m, obtenido anteriormente con el programa CYPE.

-Estado límite de Servicio(ELS), es decir el momento obtenido sin mayorar las cargas, el cual, ELS= 200,48 KN x m, este dato lo he obtenido de la siguiente forma:

-He realizado los cálculos con el programa CYPE, introduciéndole solamente las cargas permanentes, obteniendo el momento de 153,24 KN x m, para ese mismo punto donde se encuentra nuestro momento máximo positivo, es decir, a 2,855 m desde el eje del pilar 5, que sería nuestro punto 0,0 m.

-Una vez obtenido este resultado, planteo la siguiente hipótesis:

$$\mathbf{Md2= 1,35 Mcp + 1,5 Msc}$$



- Md2 = 273,87 KN x m
- 1,35 Mcp= 241,72 KN x m, significa 1,35 que el coeficiente de mayoración por las cargas permanentes.
- 1,5 Msc, es el coeficiente de mayoración de las sobrecargas, por ellas.

-Ahora procedemos a despejar para deducir 1,5 Msc, y así poder obtener ELS:

$$\mathbf{Msc = Md2 - 1,35 Mcp / 1,5}$$

$$MSc = 273,87 - 241,72 / 1,5 = 21,43 \text{ KN x m.}$$

-Una vez obtenido las sobrecargas, deducimos despejando, ELS.

$$\mathbf{ELS = Mcp + Msc}$$

$$Md2 = 1,35 Mcp + 1,5 Msc$$

$$273,87 = 1,35 Mcp + 1,5 \times 21,43$$

$$Mcp = 179,05 \text{ KN x m}$$

$$\mathbf{ELS = 21,43 + 179,05 = 200,48 \text{ KN x m.}}$$

Una vez introducidos en el programa todos estos datos, este , te lo calcula para los diferentes tipos de refuerzos que dispone, la cantidad de laminas que necesitas según ancho y sección de estas, y el momento último y de servicio que este refuerzo soporta, ejemplo:

MBRACE® LAMINATE 210/3300			
ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	50.0 x 1.4	80.0 x 1.4	100.0 x 1.4
Nº laminados			
1	147.8 / 147.8	166.9 / 154.5	179.7 / 156.8
2	179.7 / 156.8	217.6 / 170.7	242.7 / 180.5
3	211.3 / 168.4	267.7 / 188.0	304.7 / 200.9
4	242.7 / 180.5	317.0 / 206.2	365.8 / 222.6
5	273.9 / 190.5	365.8 / 222.6	426.1 / 242.8
6	304.7 / 200.9	414.1 / 239.8	478.5 / 264.1
7	335.4 / 211.6	469.3 / 257.9	
8	365.8 / 222.6		
9	396.1 / 234.0		
10	426.1 / 242.8		

Resultados expresados : Momento Ultimo / Momento en Servicio(kNm)

En rojo el programa, te marca los resultados no válidos o no recomendados según las especificaciones nosotros introducidas. Por otro lado, el programa también te permite escoger unos datos, tantos como se desee (son los seleccionados), e incluso del tipo de refuerzo que se quiera, y luego este, en el informe obtenido en pdf, te especifica y describe la forma de trabajar de dichas selecciones. El informe completo se encuentra en el ANEJO 8.5, Informe Técnico de Refuerzo de Momentos negativos. Aquí adjuntamos la imagen del tipo de refuerzo seleccionado, como trabajaría:

### MBrace® Laminate

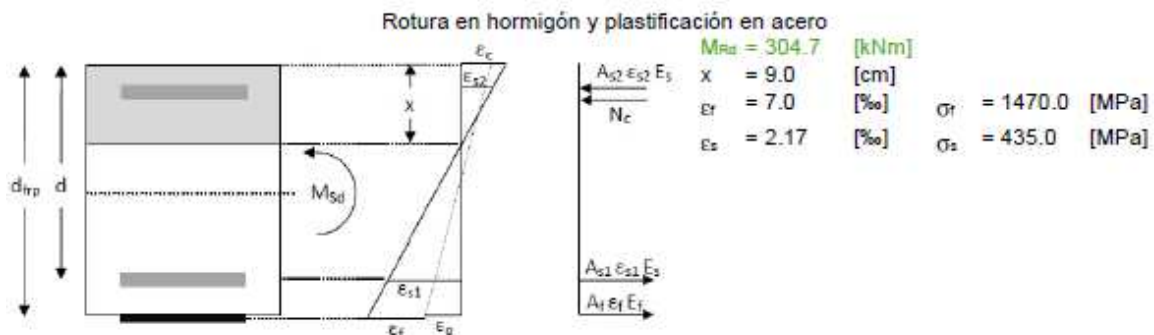
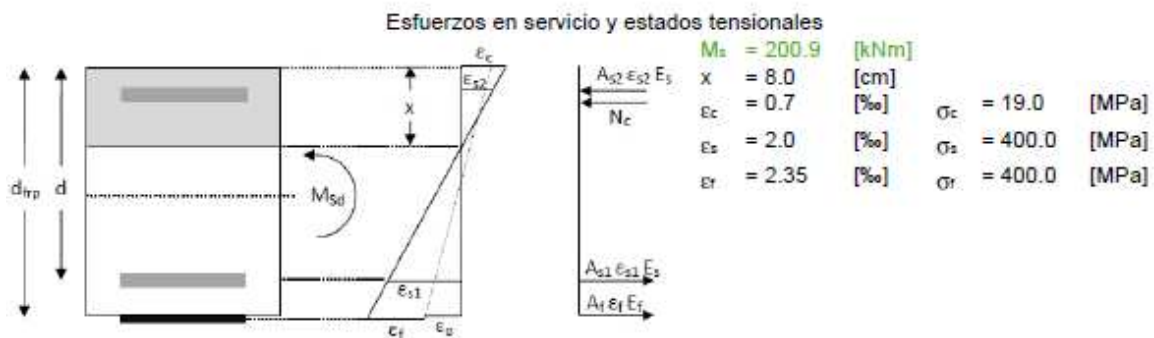
MBRACE® LAMINATE 210/3300

Ancho: 100.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

Nº laminados: 3

$a = 1.4$  [cm<sup>2</sup>]  $E_r = 210000.0$  [MPa]



El sistema elegido para el refuerzo de momentos positivos, ha sido el arriba mostrado, es decir, 3 laminas de 100mm de ancho por 1.4 mm de espesor de MBrace® LAMINATE 210/3300, según especificaciones dadas, ya que así es el que mejor nos cumplía, aumentado más el refuerzo para tener total seguridad. Por otro lado hemos elegido este tipo, ya que como el refuerzo de la viga para momentos positivos hemos elegido el mismo, así empleamos los mismos materiales.

### 5.2.1- DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS Y MODO DE EMPLEO DE LOS MATERIALES, PARA REFUERZO DE MOMENTOS NEGATIVOS.

Los materiales elegidos son los mismo arriba especificados, ya que hemos optado por elegir el mismo tipo de refuerzo, es decir, MBrace® LAMINATE 210/3300 , por eso en su colocación y preparación utilizaremos tanto el LAMINATE ADHESIVE HT, como el PRIMER, además del propio LAMINATE 210/3300.

La puesta en obra del Sistema MBrace® debe ser realizada por empresas especializadas y cualificadas, reconocidas por BASF Construction Chemicals, (Asociación de empresas CLUB DIR), con experiencia en reparación y refuerzo de estructuras. Dichas empresas garantizarán la correcta aplicación y utilización del Sistema.

La Asociación de empresas CLUB DIR, con el apoyo técnico permanente de BASF Construction Chemicals, garantiza la aplicación de productos químicos para la construcción, desde el diagnóstico hasta la puesta en obra, siempre al día de las últimas innovaciones tecnológicas para la edificación, industria, obras públicas, comercio y servicios.

Además, la Asociación CLUB DIR ofrece una garantía única: el CERTIFICADO CONJUNTO DE COBERTURA, que certifica el compromiso de calidad de los productos de BASF Construction Chemicals y los servicios de aplicación. El CLUB DIR es la primera Asociación de aplicadores de productos químicos certificada por Bureau Veritas según la Norma ISO 9001:2008.

### 5.2.2- CONCLUSIONES Y RESULTADOS.

La elección final es como ya habíamos nombrado MBrace® LAMINATE 210/3300, mediante el cual con la elección de 3 laminas de 100 mm de ancho y 1,4 mm de espesor, obtenemos un refuerzo que es capaz de soportar un momento último de 273,87 KN x m y un momento en servicio de 200,9 KN x m, ambos totalmente superables a nuestros momentos obtenidos con el nuevo cambio de uso del ático. La longitud a ejecutar de refuerzo será de 1,80 m, desde cada pilar hacia el centro del vano, más que suficiente para resistir las nuevas cargas del cambio de uso. El refuerzo saldrá desde más atrás del pilar pegado a él, a ambos lados, ya que hay es donde obtenemos el máximo momento negativo, por el cual debemos de reforzar. Para dicho refuerzo debemos de desmontar el piso de la cocina del ático, por donde discurre la viga.

Para dicha colocación, se realizará paso a paso especificaciones técnicas del suministrador y de la casa, y con los materiales nombrados anteriormente.

Por otro lado deberemos de tener en cuenta el comportamiento de los nuevos materiales y la estructura en sí, frente al fuego, como bien hemos nombrado en el apartado de refuerzo de momentos positivos.

### 5.3- APLICACIÓN DE MBRACE LAMINATE.

La aplicación de MBrace LAMINATE, de no requerir el pretensado, exclusivamente precisará de su adhesión sobre el soporte existente. El bajo peso de los compuestos laminados no precisa de apuntalado, y la adecuada consistencia del adhesivo (formulación compatible con las temperaturas existentes) es suficiente. Es necesaria una presión uniforme con objeto de permitir el rebose del adhesivo sobrante. Sobre el soporte perfectamente preparado, saneado y libre de polvo se aplicará la imprimación MBrace PRIMER, dónde habrá que tener en cuenta:

- Comprobación de la temperatura (superior a +5°C) y la humedad del soporte (inferior al 4%).
- Mezclado: se establecerá un tiempo mínimo de 3 minutos. Se realizará siempre con medios mecánicos.
- Utilización de útiles recomendados para el material.
- Se realizará el control de la cantidad de material aplicado. En ningún caso será inferior a 300 g/m<sup>2</sup> en superficies de hormigón y 180 g/m<sup>2</sup> en superficies metálicas.
- No se aceptará la realización de mezclas parciales.
- Caso de sobrepasarse los tiempos máximos de aplicación de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material.

Transcurridos 90 minutos de la aplicación de la imprimación se procederá a la aplicación del adhesivo pastoso MBrace LAMINATE ADHESIVE HT, mediante un dispensador o de forma manual.

- Comprobación de la temperatura (superior a +5°C) y la humedad del soporte (inferior al 4%)
- Establecimiento del tiempo mínimo de espera de 90 minutos desde la aplicación de MBrace PRIMER y del máximo de 48 horas.
- Comprobación de la limpieza con disolvente libre de grasas de MBrace LAMINATE (en la cara que no está marcada)
- Comprobación de cantidad de material aplicado sobre el laminado (siempre inferior a 2 mm)
- Comprobación de la cantidad de material aplicado sobre el soporte (1-2 mm)
- Comprobación del rebose del material por todo el perímetro del laminado.
- Comprobación de la utilización de los útiles recomendados.



- No se aceptará la realización de mezclas parciales.
- Caso de sobrepasarse los tiempos máximos de los productos, se procederá a la aplicación de una nueva capa de material.



## 6.-CONCLUSIONES OBTENIDAS OBJETO DE PROYECTO.

### 6.1.- CONCLUSIONES

## 6.1.- CONCLUSIONES.

Las conclusiones obtenidas son varias, por un lado por ir en orden cronológico, observamos, después de recabar información en proyectos, trabajos y sobretodo en internet el poco uso que hasta hace unos años se le daba a este tipo de material, en nuestro sector ,la edificación. Poco a poco debido a las grandísimas cualidades de este material y a los muchos y diversos estudios realizados sobre estos materiales, observamos que se han ido introduciéndose en nuestro sector, aunque ya hace muchos años atrás se utilizaban en el resto del mundo , pero en otro sector como por ejemplo la aeronáutica.

Aún así, con el incremento de su uso aquí en España , ya desde hace unos años , no existe todavía una norma con la cual poder guiarnos y cumplir sus especificaciones. También es verdad que si existen muchas y diversas empresas en España las cuales están muy especializadas en este sector, con estos materiales, como por ejemplo es SIKA,BASF,....Nosotros para la realización de nuestro proyecto hemos elegido BASF ya que aparte de ser una de las más especializadas, a nivel mundial, a través de su página web, hemos podido calcularnos nuestro propio refuerzo, en cambio SIKA, por ejemplo te lo calculan ellos, así quieras o no, hemos aprendido más sobre los tipos de refuerzo existentes, los materiales que se deben utilizar, para ese refuerzo en concreto, fallos que suele cometer la gente, características.....

Siguiendo con el proyecto, al realizar el estudio y refuerzo de la viga existente, nos podemos dar cuenta por los coeficientes que multiplican el resultado para que así no cumpla simplemente para lo que ha sido diseñada la viga, sino que esa viga pueda soportar aún mucho más.

Por otro lado gracias al proyecto, hemos recordado como calcular la estructura de una edificación, así como calcular de nuevo las cargas que en ella recaen, saber comprobar todas las especificaciones que nos dice la EHE-08 y saber interpretar esos resultados, sabiendo o no si debemos de reforzar la estructura. También hemos aprendido a utilizar el CYPE, cosa realmente práctica, ya que es una herramienta de gran utilidad y durante la carrera no lo hemos aprendido, también decir que antes de utilizar el cype, empecé utilizando el SAP 2000, el cual después de echarle horas, lo deje y termine el proyecto con el CYPE, para mi gusto más sencillo de utilizar, aunque realmente los dos son buenos programas.

Por otro lado, también especificar lo mucho aprendido sobre refuerzos de estructuras, tanto con materiales compuestos como sin ellos, es decir con recrecido de hormigón, o con chapas de acero, por la diversa información adquirida.

En general creo que el ejercicio de este Proyecto, me ha servido de mucho y ayudado, a volver a recordar todo lo relacionado con la estructura del edificio, hormigones, cargas, acciones, aceros....., una rama muy interesante y bonita en nuestro sector, a parte, de gran importancia a la hora de la construcción de los edificios. No dejar de lado, por otra parte, todo lo aprendido sobre refuerzos y en especial sobre los materiales compuestos, tanto historia, como tipos, características, forma de ejecución, materiales empleados para su correcta ejecución....Estoy muy contento con este proyecto a pesar de que lo cogí porque no tenía más remedio, ya que no quedaba otro taller.



## 7.-DOCUMENTACION.

7.1.- BIBLIOGRAFÍA.

7.2.- OTROS.



## 7.1- BIBLIOGRAFIA.

- LOS NUEVOS MATERIALES EN LA ARQUITECTURA. Mg. Arq. Andrés Felipe Perez Marín Arquitecto Universidad Nacional de Colombia-Magíster en Construcción. Universidad Nacional de Colombia, Universidad Politécnica de Valencia. Profesor Asistente Área de Tecnología-afperezm@unal.edu.com
- Tesis- Diseño y Ejecución de Refuerzos de Estructuras de Hormigón aplicando laminados Compuestos. UNIVERSIDAD POLITECNICA DE MADRID.Autor: Jordi Pons Gabarrón.
- PATOLOGÍA, REPARACIÓN Y REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN ARMADO DE EDIFICACIÓN, Alfonso del RIO BUENO. Dr. Arquitecto, profesor Titular de la Universidad, Departamento de Estructuras de Edificación, E.T.S de Arquitectura. Universidad Politécnica de Madrid.
- REFUERZO DE ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN CON FIBRA DE CARBONO.Jerez Lara , Jesus Antonio.03/05/2010.(Director Académico; Garcia Ballester, Luis Antonio).
- ESTUDIO EXPERIMENTAL DE LOS EFECTOS DEL REFUERZO CON FIBRAS POLIMÉRICAS SOBRE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL HORMIGÓN. Carpintero Duran, Gregori.24/06/10(Varios directores).
- MATERIALES Y TECNICAS DE REPARACION Y REFUERZO DEL HORMIGON. - MATERIALES Y TÉCNICAS DE REPARACIÓN Y REFUERZO DEL HORMIGÓN. PEREZ UBEDA, JAVIER.01/02/89.(Director Académico ; Fargueta Ceda, Fernando).
- REFUERZOS DE FIBRA DE CARBONO EN HORMIGÓN. PÉREZ LUCAS, JOSÉ EDUARDO.28/04/2008.(Director Académico ; Benlloch Marco, Javier)
- COMPORTAMIENTO MECÁNICO DEL HORMIGÓN REFORZADO CON FIBRA DE VIDRIO: INFLUENCIA DEL PORCENTAJE DE FIBRA ADICIONADO. TOMAS CENTENO, FEDERICO.19/01/11.(Director Académico; Albiol Ibañez , Jose Ramón).

## 7.2- OTROS.

- [www.mbrace.es](http://www.mbrace.es), BASF, THE CHEMICAL COMPANY
- [www.sika.es](http://www.sika.es), SIKA S.A.U
- Norma UNE EN 1504-4.Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón.
- CI-440.2R-02. Guide for the Design and Construction of Externally Bonded FRP Systems for Strengthening Concrete Structures.
- INSTRUCCIÓN DE HORMIGÓN ESTRUCTURAL, EHE-08.
- DOCUMENTO BÁSICO, SEGURIDAD ESTRUCTURAL, ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN, CTE-DB-SE-AE.
- Demás trabajos y artículos encontrados por la red.



---

## 8. ANEXOS.

8.1.- PLANOS.

8.2.- INFORME CARGAS ACTUALES.

8.3.- INFORME CARGAS CAMBIO DE USO.

8.4.- INFORME DE REFUERZO DE VIGA A FLEXIÓN DE MOMENTOS  
POSITIVOS.

8.5.- INFORME DE REFUERZO DE VIGA A FLEXIÓN DE MOMENTOS  
NEGATIVOS.

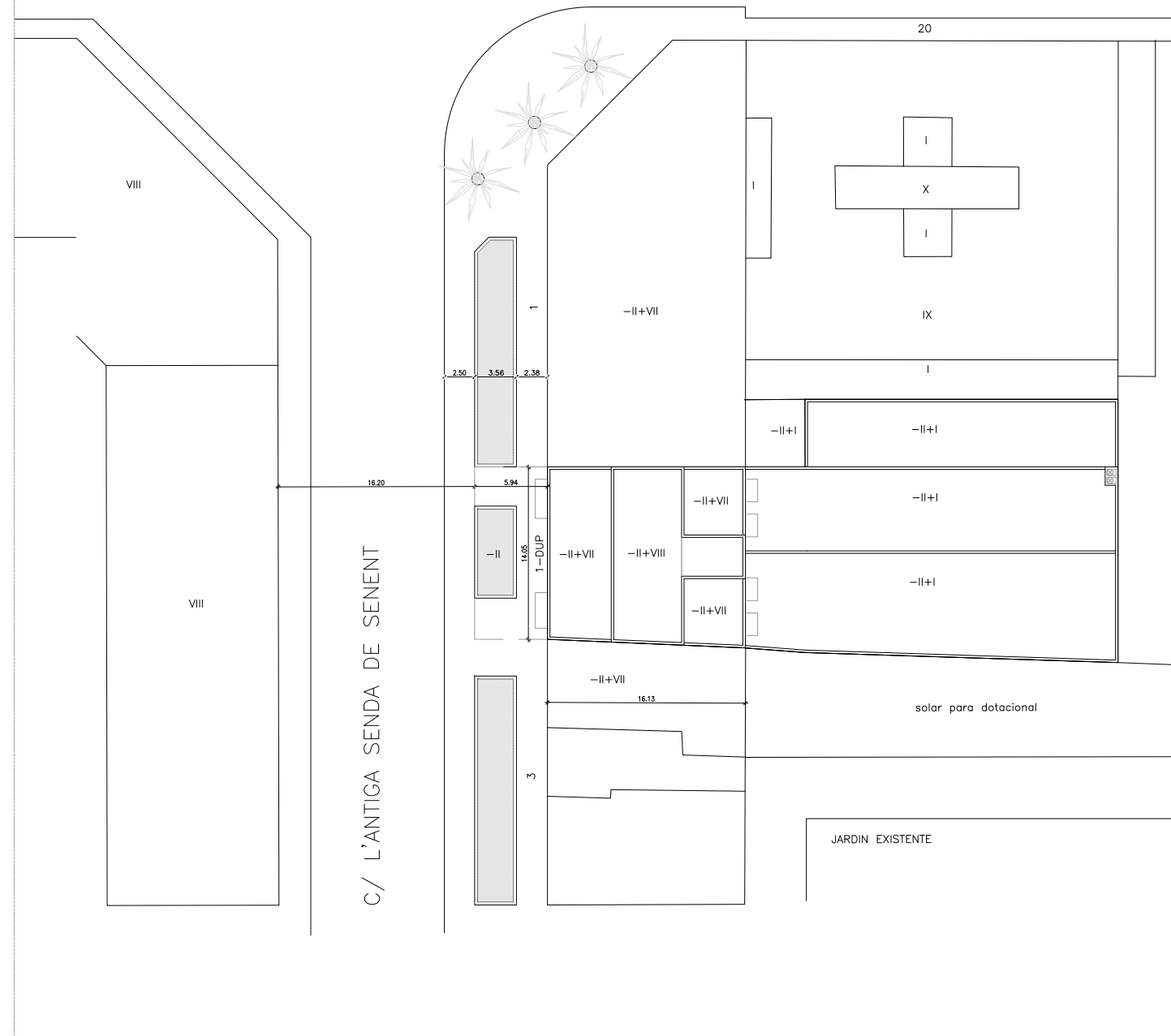


## **ANEXO**

### **8.1.- PLANOS**



C/ ISLAS CANARIAS



**PFG - Alejandro Olmo Guillén.**

**Julio-2011**

**ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO EN ÁTICO.**

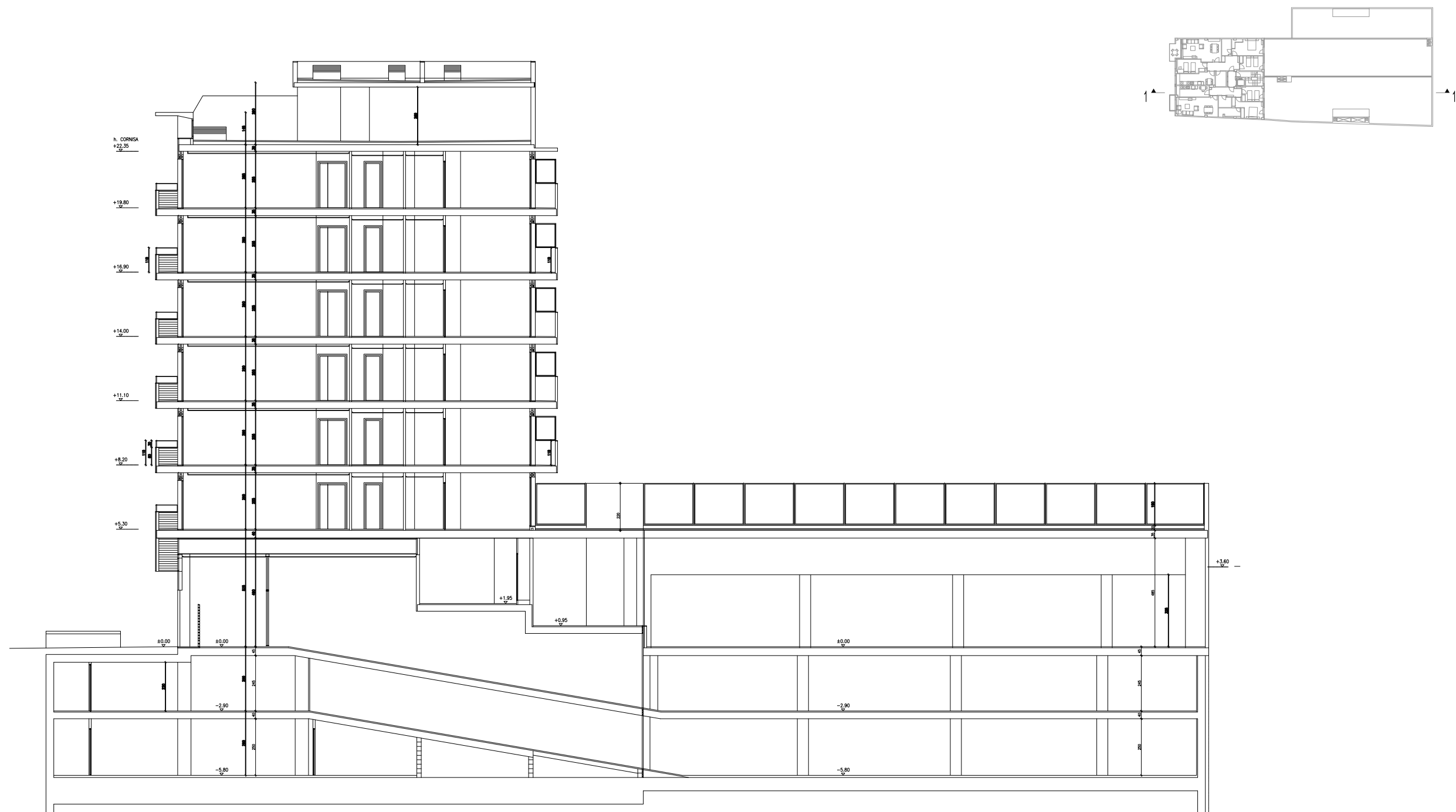
Tutores : Tort Ausina, Inmaculada; Fagueta Cerdá, Fernando.  
Escuela : Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación

Alumno : Alejandro Olmo Guillén.

**Situación**

Escala  
1 : 500

Plano  
**1**



**PFG - Alejandro  
Olmo Guillén.**

**Julio-2011**

**ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS  
COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO EN ÁTICO.**

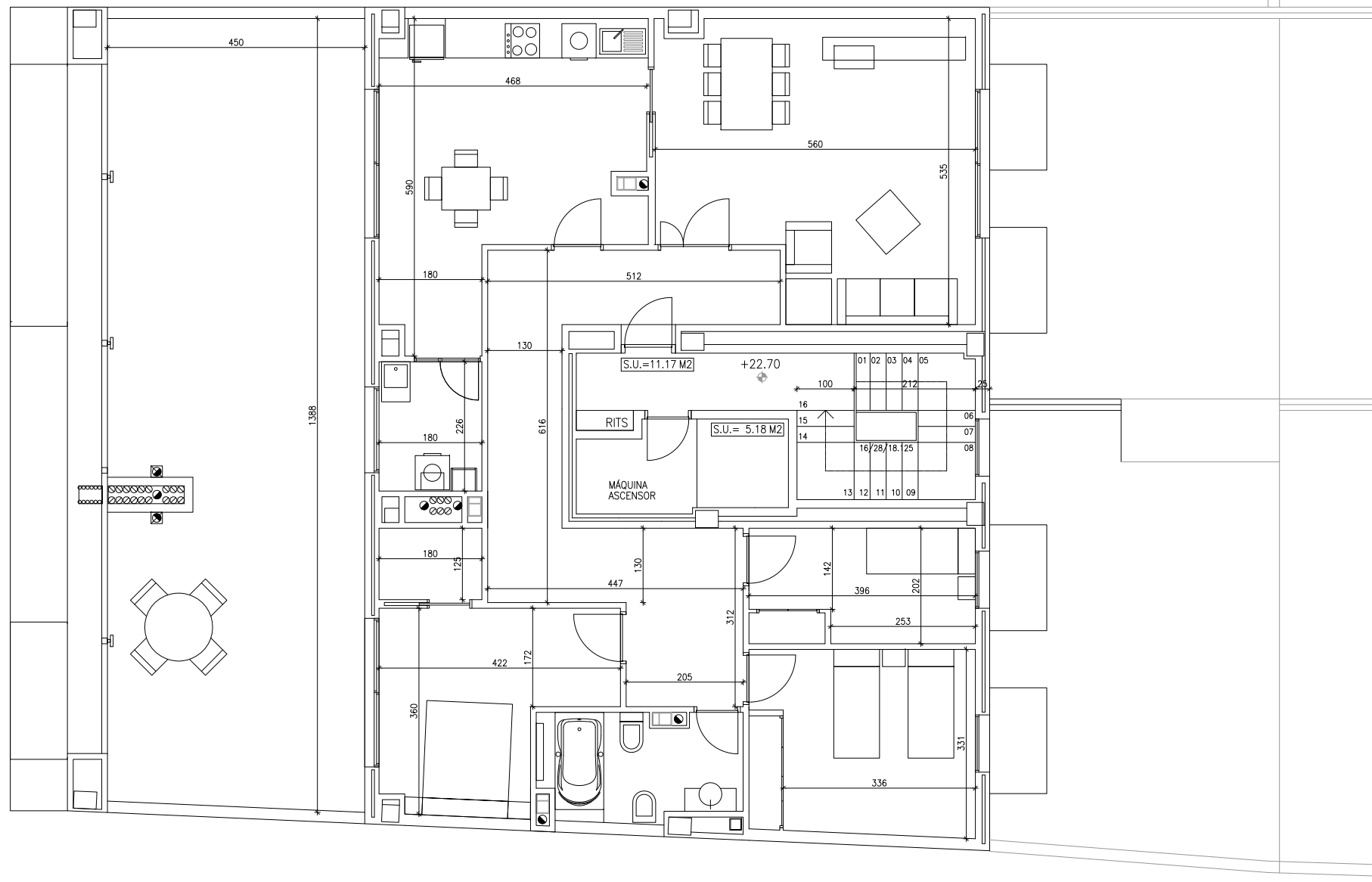
Tutores : Tort Ausina, Inmaculada; Fagueta Cerdá, Fernando.  
Escuela : Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación

Alumno : Alejandro Olmo Guillén.

**Sección del Edificio.**

Escala  
1 : 200

Plano  
**2**



**PFG - Alejandro  
Olmo Guillén.**

**Julio-2011**

**ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS  
COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO EN ÁTICO.**

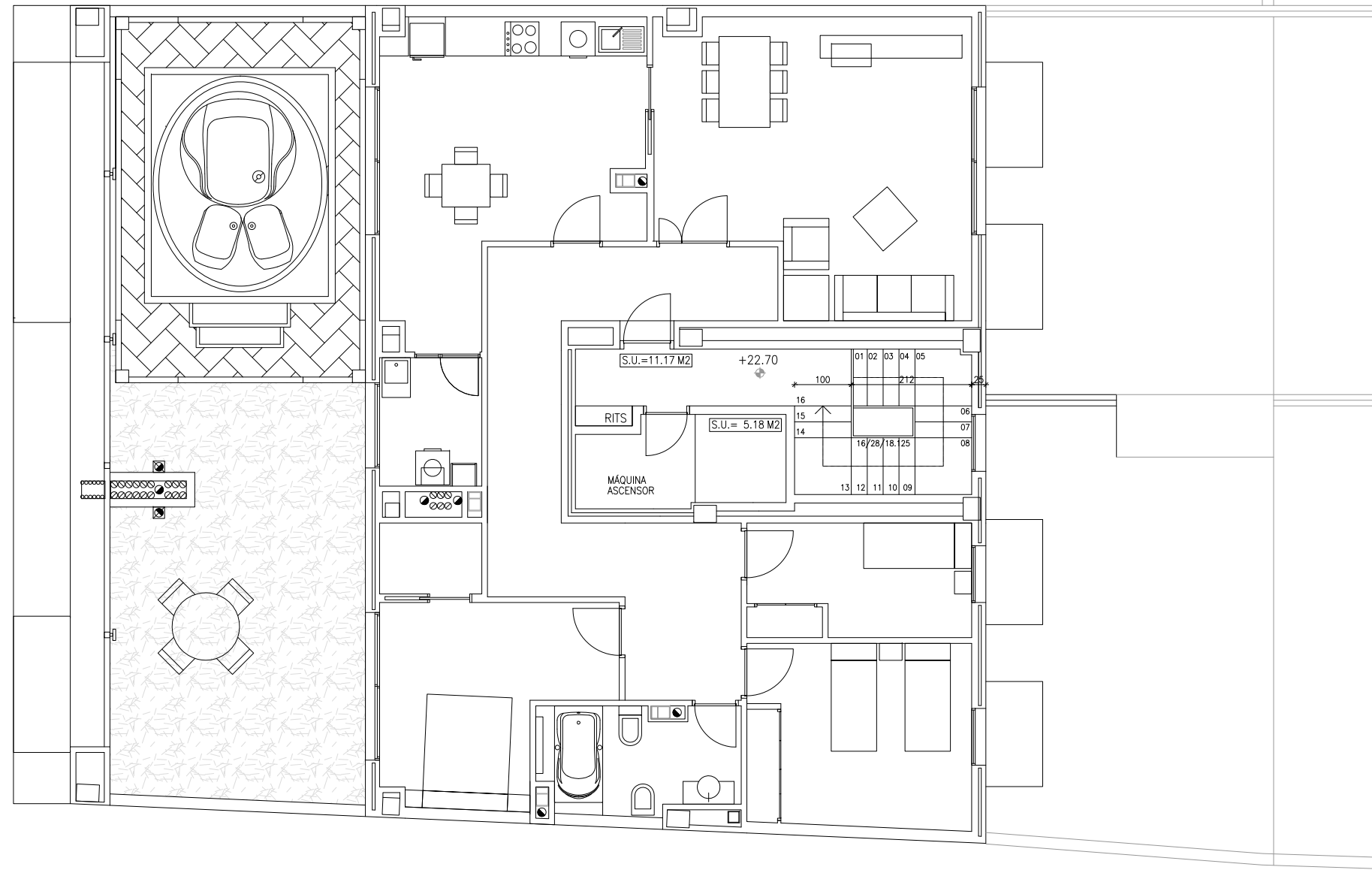
Tutores : Tort Ausina, Inmaculada; Fagueta Cerdá, Fernando.  
Escuela : Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación


Alumno : Alejandro Olmo Guillén.

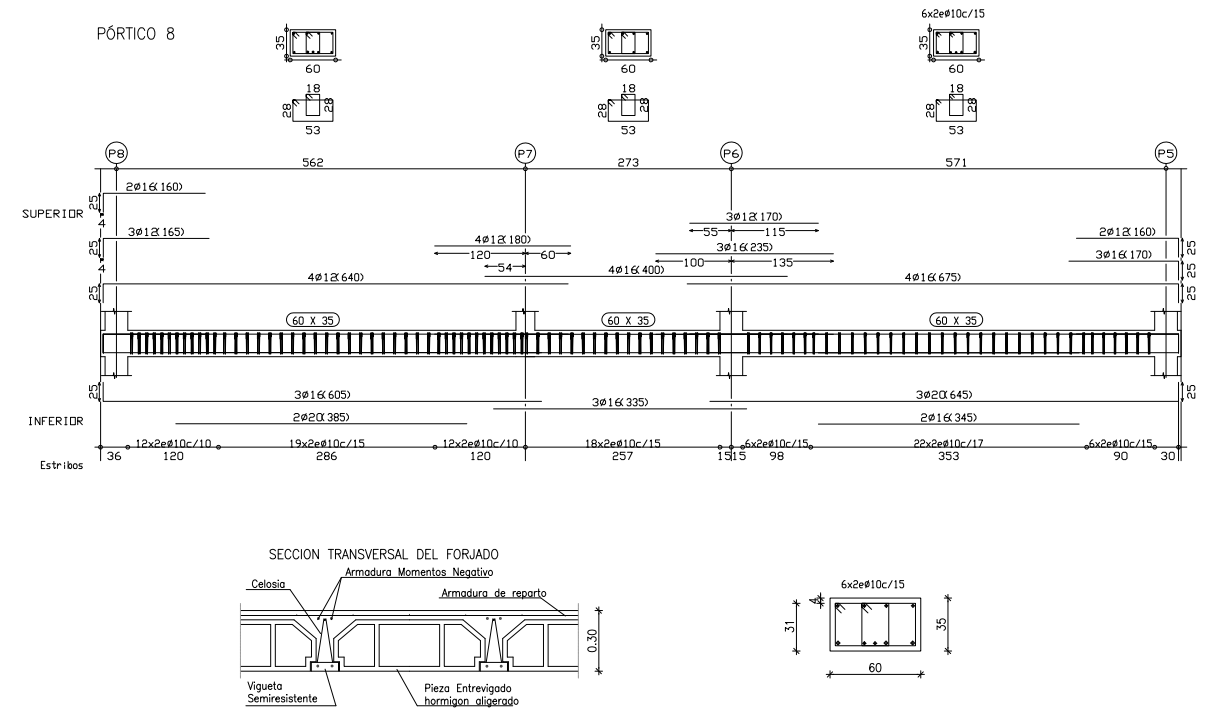
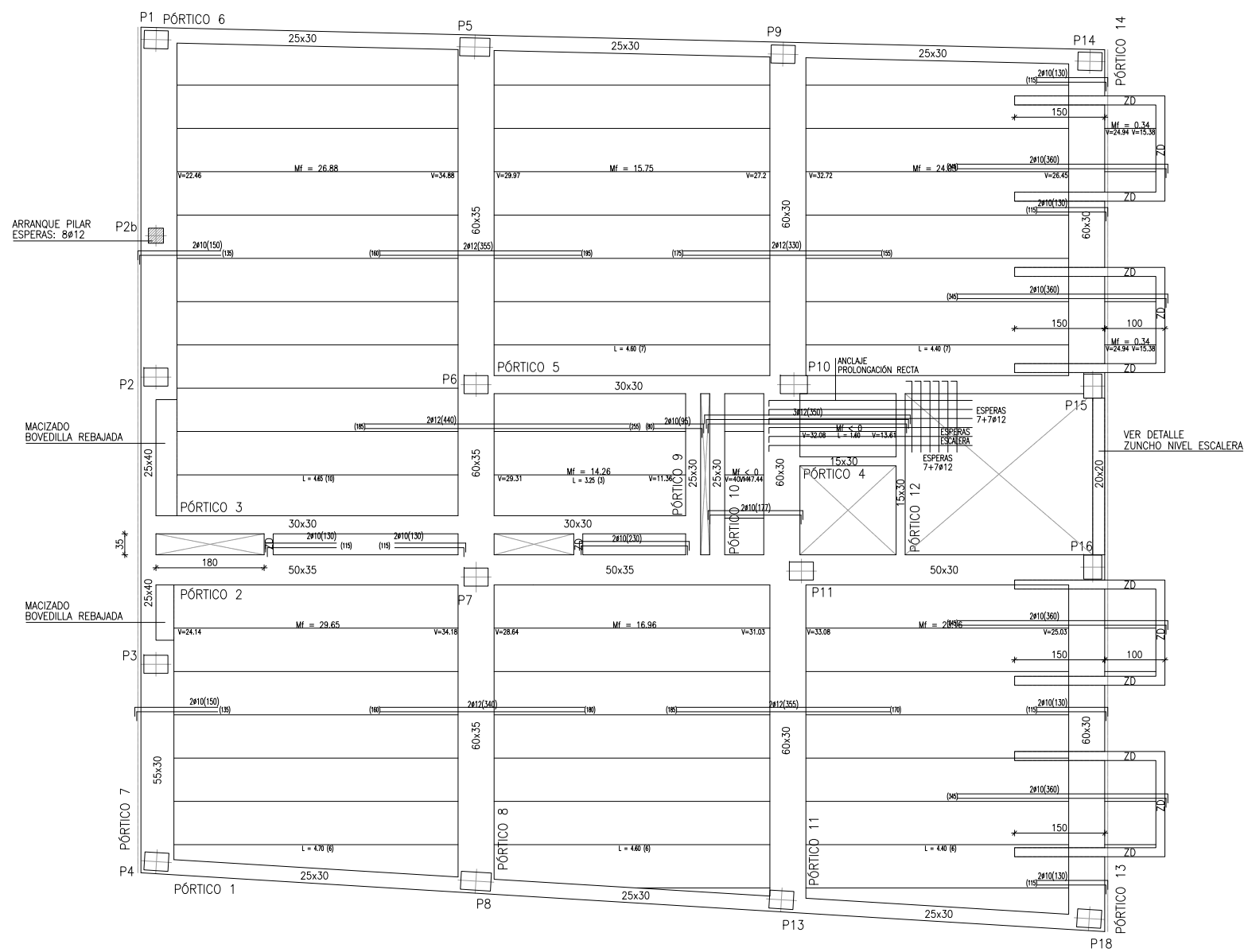
**Planta Distribución Ático, estado Actual.**

Escala  
1 : 100


Plano  
**3**



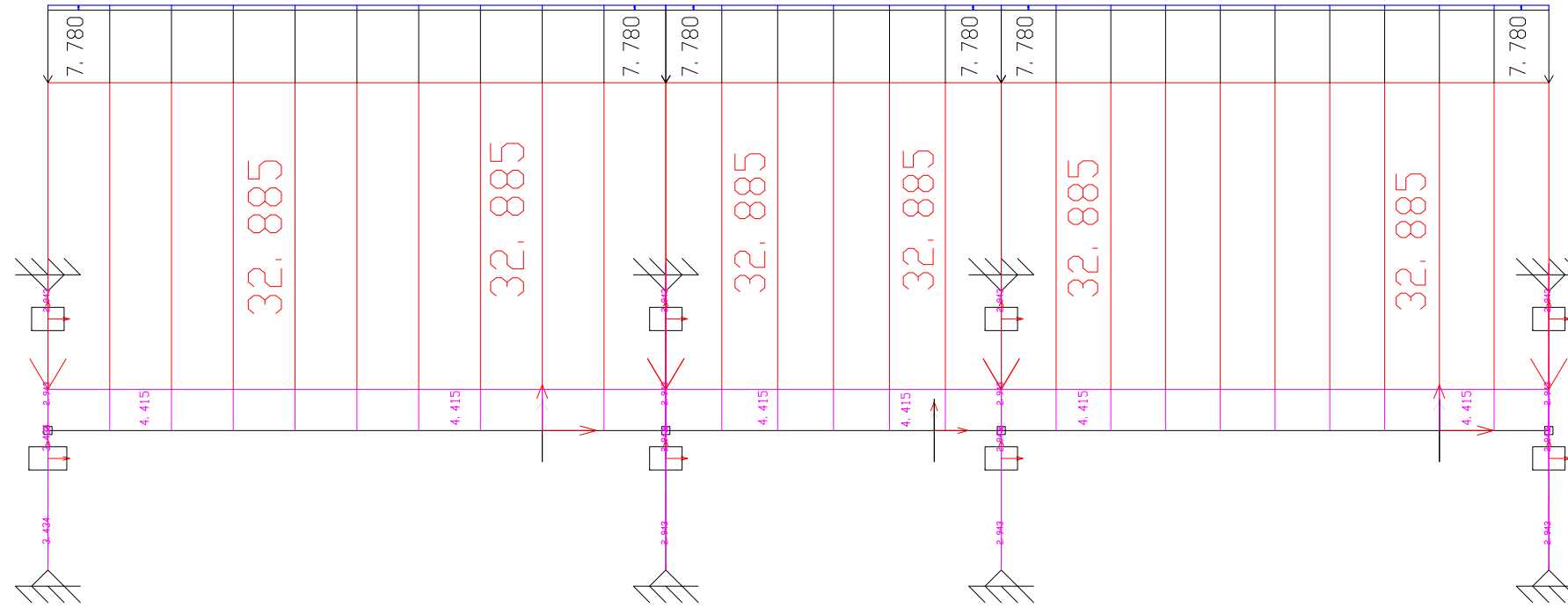
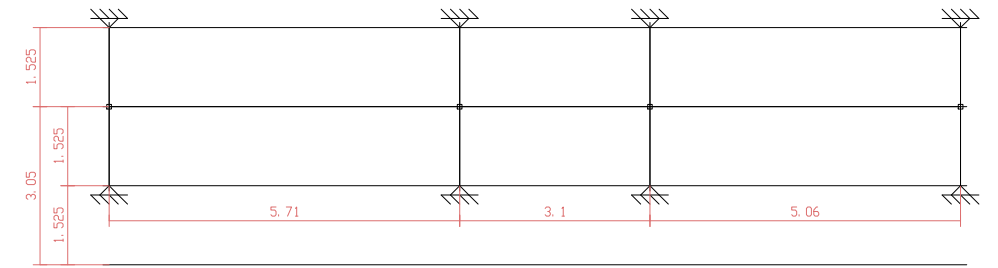
 <b>PFG - Alejandro Olmo Guillén.</b>	<b>ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO EN ÁTICO.</b>		
	Tutores : Tort Ausina, Inmaculada; Fagueta Cerdá, Fernando. Escuela : Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación		
Julio-2011	Alumno : Alejandro Olmo Guillén.	Escala 1 : 200	Plano <b>4</b>
<b>Planta Distribución Ático, cambio de Uso.</b>			



FORJADO: ÁTICO	
1 - CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
CARGA TOTAL	800 Kg/m <sup>2</sup> ~ 8.00 KN/m <sup>2</sup>
SOBRECARGA USO	150 Kg/m <sup>2</sup> ~ 1.50 KN/m <sup>2</sup>
CANTO FORJADO	30cm. (25+5cm. capa comp.)
BOVEDILLAS	ALIGERANTES DE HORMIGÓN
VIGUETAS	Semirresistentes armadas Armadura básica de celosía Separación entre ejes 72 cm.
MALLAZO ELECT.	B - 500S 20 x 30 ø5 - 5
MOMENTOS	En kg x m por metro de ancho y mayorados
CORTANTES	En kg por metro de ancho y mayorados
2 - RESISTENCIA AL FUEGO	
DISTANCIA ENTRE LA CARA INFERIOR DE LA VIGUETA Y EL EJE DE LA ARMADURA MÁS CERCANA ≥ 23 mm.	
3 - CONTROL	
AUTORIZACIÓN DE USO, CERTIFICADO DE GARANTÍA DEL FABRICANTE, CÓDIGO DE IDENTIFICACIÓN EN CADA VIGUETA, PLANOS DE SUMINISTRO A OBRA CON IDENTIFICACIÓN EXPRESA DE LOS TIPOS SUMINISTRADOS EN CADA VANO	
4 - EJECUCIÓN	
SE COMPROBARÁ LA RESISTENCIA DE LAS CIMBRAS Y APEOS	
SE COMPROBARÁ LA NIVELACIÓN DE CIMBRAS Y APEOS	
JUNTAS DE HORMIGONADO: SE CUIDARÁ LA POSICIÓN Y LA BUENA ADHERENCIA.	
SE RESPETARÁN LOS PERIODOS MÍNIMOS PARA EL DESENCOFRADO	
NO DESCIMBRAR HASTA HABER DESCIMBRADO LOS FORJADOS SUPERIORES	

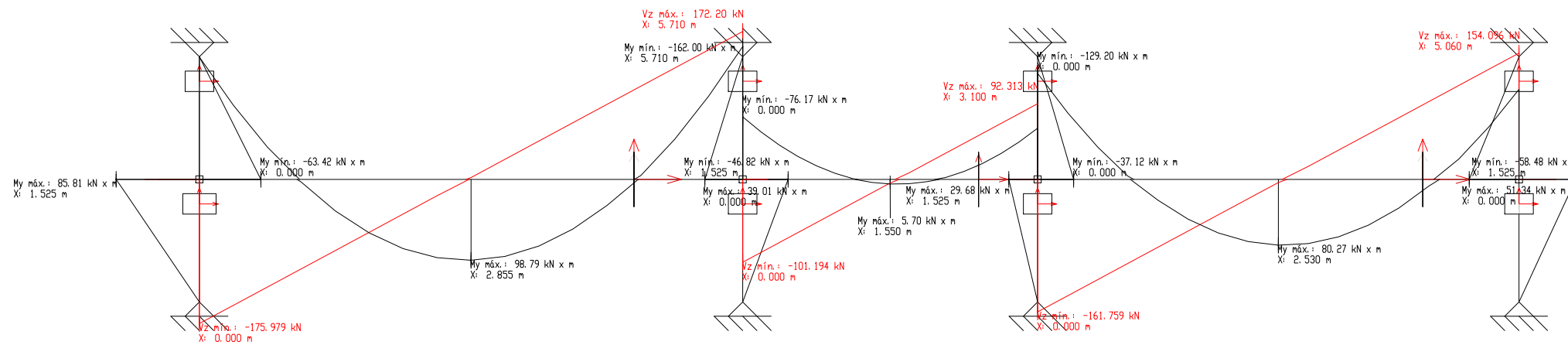
 <b>PFG - Alejandro Olmo Guillén.</b>	<b>ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO EN ÁTICO.</b>		
	Tutores : Tort Ausina, Inmaculada; Fagueta Cerdá, Fernando. Escuela : Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación		
	Alumno : Alejandro Olmo Guillén.	Escala 1 : 100	Plano <b>5</b>
Julio-2011	<b>Forjado Ático</b>		






**LEYENDA**

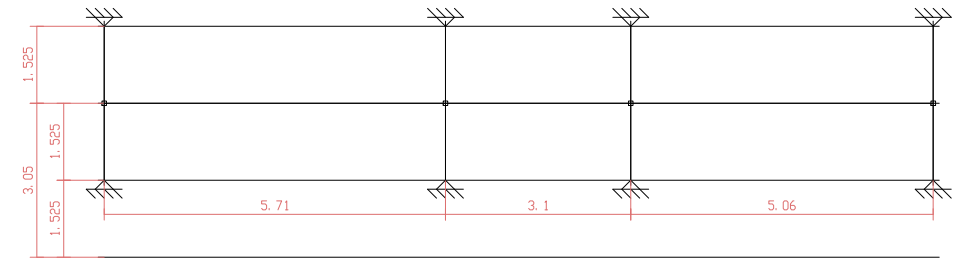
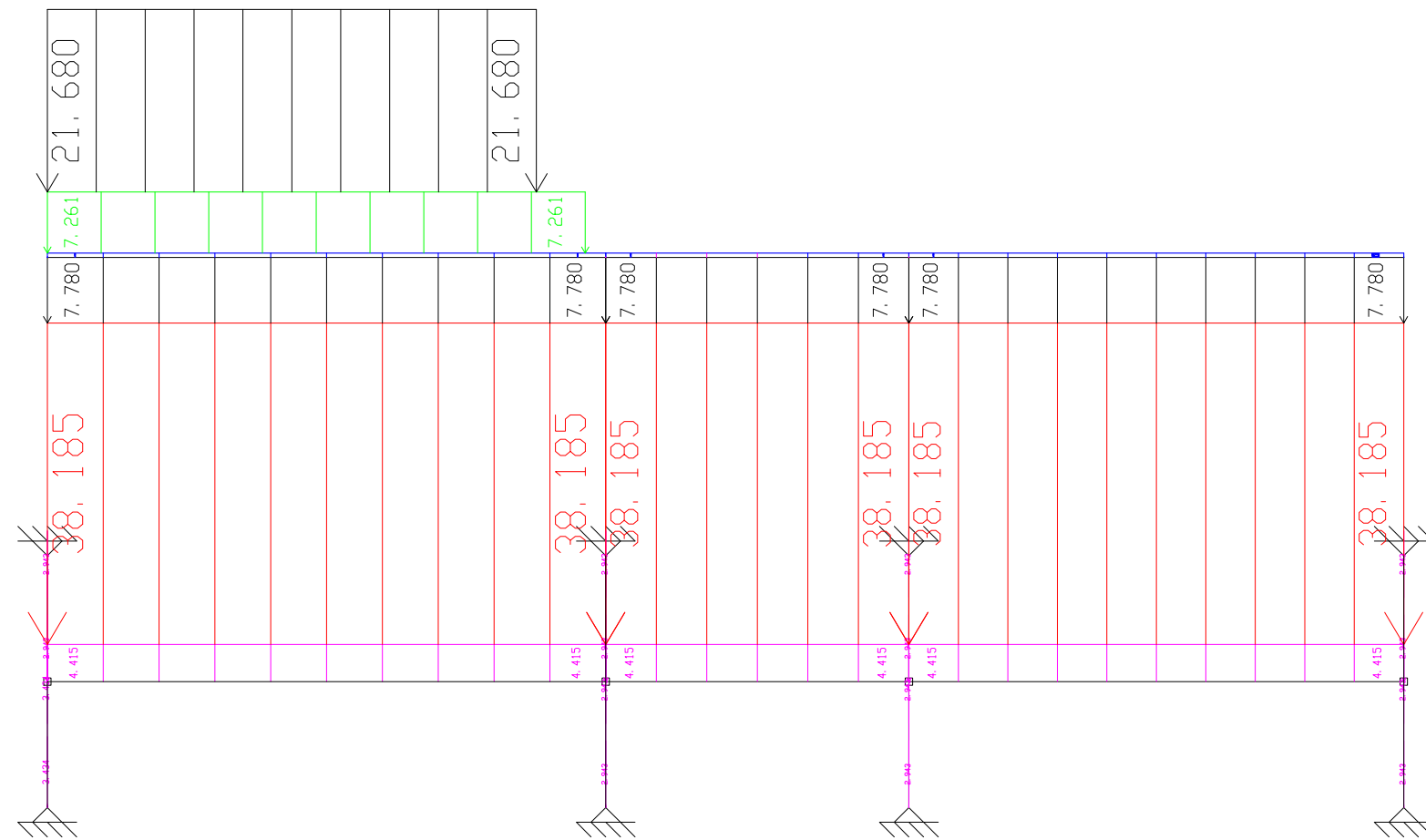
- █ Carga Permanente-Forjado
- █ Carga Permanente
- █ Sobrecarga de Uso
- █ Sobrecarga de Nieve
- █ Carga Permanente-SPA
- █ Carga Permanente-Caseta de l SPA



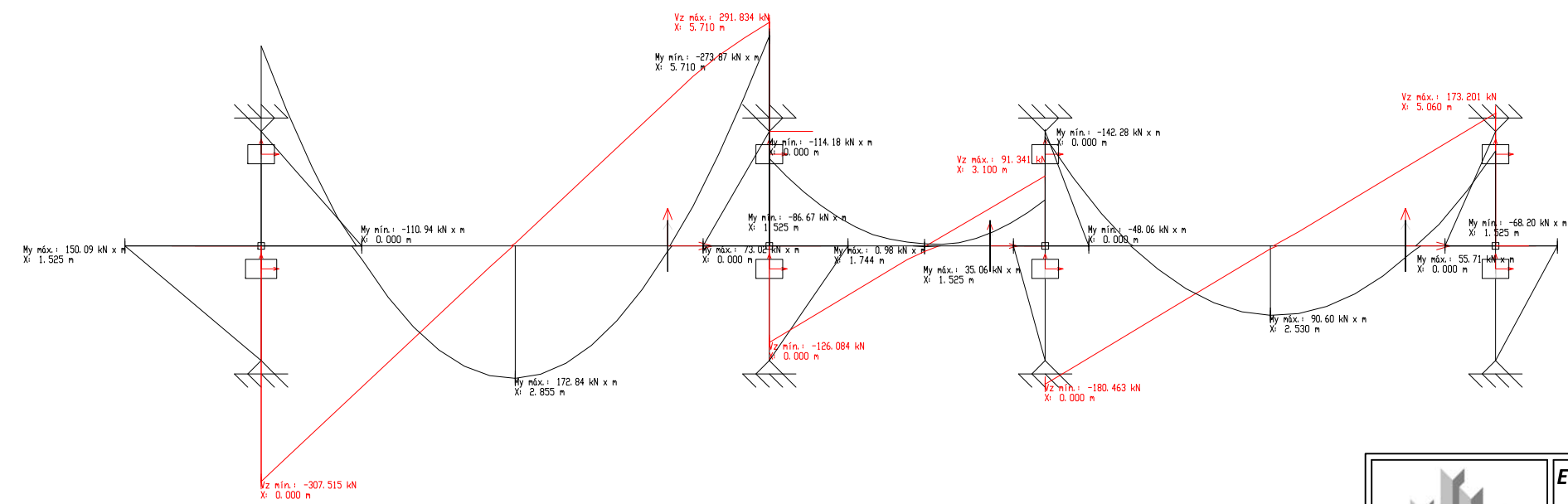
**LEYENDA**

- █ Cortantes en z
- █ Momentos en y
- Articulación
- Nudo Empotrado
- Soporte de Hormigón
- Ejes


 <b>PFG - Alejandro Olmo Guillén.</b>	<b>ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO EN ÁTICO.</b>		
	Tutores : Tort Ausina, Inmaculada; Fagueta Cerdá, Fernando. Escuela : Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación		
Julio-2011	Alumno : Alejandro Olmo Guillén.	Escala S/E	Plano <b>6</b>
<b>Esquema y Diagrama de Cargas Actuales.</b>			



- LEYENDA**
- █ Carga Permanente-Forjado
  - █ Carga Permanente
  - █ Sobrecarga de Uso
  - █ Sobrecarga de Nieve
  - █ Carga Permanente-SPA
  - █ Carga Permanente-Coseta del SPA



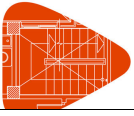
- LEYENDA**
- █ Cortantes en z
  - █ Momentos en y
  - Articulación
  - Nudo Empotrado
  - Soporte de Hormigón
  - Ejes

 <b>PFG - Alejandro Olmo Guillén.</b>	<b>ESTUDIO Y REFUERZO DE VIGA DE HORMIGÓN ARMADO, MEDIANTE LAMINADOS COMPUESTOS, DEBIDO AL CAMBIO DE USO EN ÁTICO.</b>		
	Tutores : Tort Ausina, Inmaculada; Fagueta Cerdá, Fernando. Escuela : Escuela Técnica Superior de Ingeniería en la Edificación		
Julio-2011	Alumno : Alejandro Olmo Guillén.	Escala S/E	Plano <b>7</b>
<b>Esquema y Diagrama de Cargas ,Cambio de Uso.</b>			



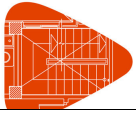
**ANEXO**

**8.2.- INFORME CARGAS ACTUALES.**



### ÍNDICE

<b>1.- DATOS DE OBRA</b> .....	
<b>1.1.- Normas consideradas</b> .....	
<b>1.2.- Estados límite</b> .....	
1.2.1.- Situaciones de proyecto .....	
<b>2.- ESTRUCTURA</b> .....	
<b>2.1.- Geometría</b> .....	
2.1.1.- Nudos .....	
2.1.2.- Barras .....	
<b>2.2.- Cargas</b> .....	
2.2.1.- Barras .....	



### 1.- DATOS DE OBRA

#### 1.1.- Normas consideradas

Hormigón: EHE-08

**Categoría de uso:** D. Zonas comerciales

#### 1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

##### 1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

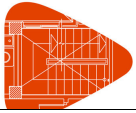
$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08**



<b>Persistente o transitoria</b>				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

### Desplazamientos

<b>Acciones variables sin sismo</b>		
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )	
	Favorable	Desfavorable
Carga permanente (G)	1.000	1.000
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000
Nieve (Q)	0.000	1.000

## 2.- ESTRUCTURA

### 2.1.- Geometría

#### 2.1.1.- Nudos

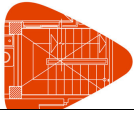
Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.  
 Nota: En el original, 'y' is used instead of 'X' for some degrees of freedom.

<b>Nudos</b>										
Referencia	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	
N1	0.000	0.000	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N2	0.000	0.000	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N3	0.000	0.000	4.575	X	X	X	-	-	-	Articulado
N4	0.000	5.710	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	0.000	5.710	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N6	0.000	5.710	4.575	X	X	X	-	-	-	Articulado
N7	0.000	8.810	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	0.000	8.810	4.575	X	X	X	-	-	-	Articulado
N9	0.000	8.810	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N10	0.000	13.870	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N11	0.000	13.870	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	0.000	13.870	4.575	X	X	X	-	-	-	Empotrado



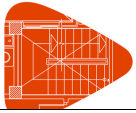
### 2.1.2.- Barras

#### 2.1.2.1.- Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E(GPa )	$\nu$	G(GPa )	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Tipo	Designación					
Hormigón	HA-25, Yc=1.5	27.26	0.200	11.36	1e-005	24.53
Notación: <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i><math>\nu</math>: Módulo de Poisson</i> <i>G: Módulo de cortadura</i> <i><math>\alpha_t</math>: Coeficiente de dilatación</i> <i><math>\gamma</math>: Peso específico</i>						

#### 2.1.2.2.- Descripción

Descripción									
Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup.</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
Tipo	Designación								
Hormigón	HA-25, Yc=1.5	N1/N3	N1/N3	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
		N2/N1	N2/N1	40 cm x 35 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
		N1/N4	N1/N4	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.71	1.00	1.00	-	-
		N5/N4	N5/N4	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
		N4/N6	N4/N6	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
		N7/N8	N7/N8	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
		N9/N7	N9/N7	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
		N4/N7	N4/N7	60 cm x 30 cm (Rectangular)	3.10	1.00	1.00	-	-
		N10/N11	N10/N11	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
		N11/N12	N11/N12	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
N7/N11	N7/N11	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.06	1.00	1.00	-	-		
Notación: <i>Ni: Nudo inicial</i> <i>Nf: Nudo final</i> <i><math>\beta_{xy}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</i> <i><math>\beta_{xz}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</i> <i>Lb<sub>Sup.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala superior</i> <i>Lb<sub>Inf.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala inferior</i>									



## 8.2.-INFORME CARGAS ACTUALES

envolvente de las cargas actuales.CYPE

Julio 2011

### 2.1.2.3.- Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N3, N5/N4, N4/N6, N7/N8, N9/N7, N10/N11 y N11/N12
2	N2/N1
3	N1/N4, N4/N7 y N7/N11

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A(cm <sup>2</sup> )	Avy(cm <sup>2</sup> )	Avz(cm <sup>2</sup> )	Iyy(cm <sup>4</sup> )	Izz(cm <sup>4</sup> )	It(cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Hormigón	HA-25, Yc=1.5	1	40 cm x 30 cm, (Rectangular)	1200.00	1000.00	1000.00	90000.00	160000.00	193680.00
		2	40 cm x 35 cm, (Rectangular)	1400.00	1166.67	1166.67	142916.67	186666.67	270480.00
		3	60 cm x 30 cm, (Rectangular)	1800.00	1500.00	1500.00	135000.00	540000.00	370980.00

Notación:  
 Ref.: Referencia  
 A: Área de la sección transversal  
 Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'  
 Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'  
 Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'  
 Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'  
 It: Inercia a torsión  
 Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.

### 2.1.2.4.- Tabla de medición

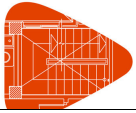
Tabla de medición						
Material		Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso(kg)
Tipo	Designación					
Hormigón	HA-25, Yc=1.5	N1/N3	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
		N2/N1	40 cm x 35 cm (Rectangular)	1.53	0.214	533.75
		N1/N4	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.71	1.028	2569.50
		N5/N4	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	0.183	457.50
		N4/N6	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
		N7/N8	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
		N9/N7	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	0.183	457.50
		N4/N7	60 cm x 30 cm (Rectangular)	3.10	0.558	1395.00
		N10/N11	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	0.183	457.50
		N11/N12	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
		N7/N11	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.06	0.911	2277.00

Notación:  
 Ni: Nudo inicial  
 Nf: Nudo final

### 2.1.2.5.- Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil(m)	Serie(m)	Material(m)	Perfil(m <sup>3</sup> )	Serie(m <sup>3</sup> )	Material(m <sup>3</sup> )	Perfil(kg)	Serie(kg)	Material(kg)
Hormigón	HA-25, Yc=1.5	Rectangular	40 cm x 30 cm	10.67			1.281			3202.50		
			40 cm x 35 cm	1.53			0.214			533.75		
			60 cm x 30 cm	13.87			2.497			6241.50		
					26.07			3.991			9977.75	
					26.07			3.991			9977.75	





### 2.2.- Cargas

#### 2.2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1(m)	L2(m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N3	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N1	Carga permanente	Uniforme	3.434	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	Carga permanente	Uniforme	4.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	P.P.Q1 (1)	Uniforme	32.885	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	S.Q1 (1)	Uniforme	7.780	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	NIEVE (1)	Uniforme	0.530	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N4	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N6	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N8	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N7	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	Carga permanente	Uniforme	4.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	P.P.Q1 (1)	Uniforme	32.885	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	S.Q1 (1)	Uniforme	7.780	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	NIEVE (1)	Uniforme	0.530	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N11	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N12	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	Carga permanente	Uniforme	4.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	P.P.Q1 (1)	Uniforme	32.885	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	S.Q1 (1)	Uniforme	7.780	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	NIEVE (1)	Uniforme	0.530	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000



## **ANEXO**

### **8.3.- INFORME DE CARGAS DEBIDO AL CAMBIO DE USO.**



### ÍNDICE

<b>1.- DATOS DE OBRA .....</b>	
<b>1.1.- Normas consideradas .....</b>	
<b>1.2.- Estados límite .....</b>	
1.2.1.- Situaciones de proyecto .....	
<b>2.- ESTRUCTURA .....</b>	
<b>2.1.- Geometría.....</b>	
2.1.1.- Nudos.....	
2.1.2.- Barras .....	
<b>2.2.- Cargas .....</b>	
2.2.1.- Barras .....	



### 1.- DATOS DE OBRA

#### 1.1.- Normas consideradas

Hormigón: EHE-08

**Categoría de uso:** D. Zonas comerciales

#### 1.2.- Estados límite

E.L.U. de rotura. Hormigón	CTE Cota de nieve: Altitud inferior o igual a 1000 m
Desplazamientos	Acciones características

##### 1.2.1.- Situaciones de proyecto

Para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo con los siguientes criterios:

- Con coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \gamma_{Q1} \Psi_{p1} Q_{k1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Qi} \Psi_{ai} Q_{ki}$$

- Sin coeficientes de combinación

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{Gj} G_{kj} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Qi} Q_{ki}$$

- Donde:

$G_k$  Acción permanente

$Q_k$  Acción variable

$\gamma_G$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones permanentes

$\gamma_{Q,1}$  Coeficiente parcial de seguridad de la acción variable principal

$\gamma_{Q,i}$  Coeficiente parcial de seguridad de las acciones variables de acompañamiento

$\Psi_{p,1}$  Coeficiente de combinación de la acción variable principal

$\Psi_{a,i}$  Coeficiente de combinación de las acciones variables de acompañamiento

Para cada situación de proyecto y estado límite los coeficientes a utilizar serán:

**E.L.U. de rotura. Hormigón: EHE-08**



## 8.3.-INFORME DE CARGAS DEBIDO AL CAMBIO DE USO

envolvente, cargas cambio de uso. CYPE

Julio 2011

Persistente o transitoria				
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		Coeficientes de combinación ( $\psi$ )	
	Favorable	Desfavorable	Principal ( $\psi_p$ )	Acompañamiento ( $\psi_a$ )
Carga permanente (G)	1.000	1.350	-	-
Sobrecarga (Q)	0.000	1.500	1.000	0.700
Nieve (Q)	0.000	1.500	1.000	0.500

### Desplazamientos

Acciones variables sin sismo			
	Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ )		
	Favorable	Desfavorable	
Carga permanente (G)	1.000	1.000	
Sobrecarga (Q)	0.000	1.000	
Nieve (Q)	0.000	1.000	

## 2.- ESTRUCTURA

### 2.1.- Geometría

#### 2.1.1.- Nudos

Referencias:

$\Delta_x, \Delta_y, \Delta_z$ : Desplazamientos prescritos en ejes globales.

$\theta_x, \theta_y, \theta_z$ : Giros prescritos en ejes globales.

Cada grado de libertad se marca con 'X' si está coaccionado y, en caso contrario, con '-'.

Referencia	Nudos									
	Coordenadas			Vinculación exterior						Vinculación interior
	X(m)	Y(m)	Z(m)	$\Delta_x$	$\Delta_y$	$\Delta_z$	$\theta_x$	$\theta_y$	$\theta_z$	
N1	0.000	0.000	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N2	0.000	0.000	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N3	0.000	0.000	4.575	X	X	X	-	-	-	Articulado
N4	0.000	5.710	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N5	0.000	5.710	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N6	0.000	5.710	4.575	X	X	X	-	-	-	Articulado
N7	0.000	8.810	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N8	0.000	8.810	4.575	X	X	X	-	-	-	Articulado
N9	0.000	8.810	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N10	0.000	13.870	1.525	X	X	X	-	-	-	Articulado
N11	0.000	13.870	3.050	-	-	-	-	-	-	Empotrado
N12	0.000	13.870	4.575	X	X	X	-	-	-	Empotrado



#### 2.1.2.- Barras

##### 2.1.2.1.- Materiales utilizados

Materiales utilizados						
Material		E(GPa )	$\nu$	G(GPa )	$\alpha_t$ (m/m°C)	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )
Tipo	Designación					
Hormigón	HA-25, Yc=1.5	27.26	0.200	11.36	1e-005	24.53
Notación: <i>E: Módulo de elasticidad</i> <i><math>\nu</math>: Módulo de Poisson</i> <i>G: Módulo de cortadura</i> <i><math>\alpha_t</math>: Coeficiente de dilatación</i> <i><math>\gamma</math>: Peso específico</i>						

##### 2.1.2.2.- Descripción

Descripción										
Tipo	Material		Barra(Ni/ Nf)	Pieza(Ni/ Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	$\beta_{xy}$	$\beta_{xz}$	Lb <sub>Sup</sub> (m)	Lb <sub>Inf.</sub> (m)
	Designación	Designación								
Hormigón	HA-25, Yc=1.5		N1/N3	N1/N3	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
			N2/N1	N2/N1	40 cm x 35 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
			N1/N4	N1/N4	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.71	1.00	1.00	-	-
			N5/N4	N5/N4	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
			N4/N6	N4/N6	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
			N7/N8	N7/N8	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
			N9/N7	N9/N7	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
			N4/N7	N4/N7	60 cm x 30 cm (Rectangular)	3.10	1.00	1.00	-	-
			N10/N11	N10/N11	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	1.00	1.00	-	-
			N11/N12	N11/N12	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	1.00	1.00	-	-
			N7/N11	N7/N11	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.06	1.00	1.00	-	-
Notación: <i>Ni: Nudo inicial</i> <i>Nf: Nudo final</i> <i><math>\beta_{xy}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XY'</i> <i><math>\beta_{xz}</math>: Coeficiente de pandeo en el plano 'XZ'</i> <i>Lb<sub>Sup.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala superior</i> <i>Lb<sub>Inf.</sub>: Separación entre arriostramientos del ala inferior</i>										



## 8.3.-INFORME DE CARGAS DEBIDO AL CAMBIO DE USO

envolvente, cargas cambio de uso. CYPE

Julio 2011

### 2.1.2.3.- Características mecánicas

Tipos de pieza	
Ref.	Piezas
1	N1/N3, N5/N4, N4/N6, N7/N8, N9/N7, N10/N11 y N11/N12
2	N2/N1
3	N1/N4, N4/N7 y N7/N11

Características mecánicas									
Material		Ref.	Descripción	A(cm <sup>2</sup> )	Avy(cm <sup>2</sup> )	Avz(cm <sup>2</sup> )	Iyy(cm <sup>4</sup> )	Izz(cm <sup>4</sup> )	It(cm <sup>4</sup> )
Tipo	Designación								
Hormigó	HA-25,	1	40 cm x 30 cm,	1200.0	1000.0	1000.0	90000.00	160000.0	193680.0
		2	40 cm x 35 cm,	1400.0	1166.6	1166.6	142916.6	186666.6	270480.0
		3	60 cm x 30 cm,	1800.0	1500.0	1500.0	135000.0	540000.0	370980.0
<p><i>Notación:</i>            Ref.: Referencia            A: Área de la sección transversal            Avy: Área de cortante de la sección según el eje local 'Y'            Avz: Área de cortante de la sección según el eje local 'Z'            Iyy: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Y'            Izz: Inercia de la sección alrededor del eje local 'Z'            It: Inercia a torsión            Las características mecánicas de las piezas corresponden a la sección en el punto medio de las mismas.</p>									

### 2.1.2.4.- Tabla de medición

Tabla de medición						
Material		Pieza(Ni/Nf)	Perfil(Serie)	Longitud (m)	Volumen (m <sup>3</sup> )	Peso(kg)
Tipo	Designación					
Hormigón	HA-25, Yc=1.5	N1/N3	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
		N2/N1	40 cm x 35 cm (Rectangular)	1.53	0.214	533.75
		N1/N4	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.71	1.028	2569.50
		N5/N4	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	0.183	457.50
		N4/N6	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
		N7/N8	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
		N9/N7	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	0.183	457.50
		N4/N7	60 cm x 30 cm (Rectangular)	3.10	0.558	1395.00
		N10/N11	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.53	0.183	457.50
		N11/N12	40 cm x 30 cm (Rectangular)	1.52	0.183	457.50
N7/N11	60 cm x 30 cm (Rectangular)	5.06	0.911	2277.00		



## 8.3.-INFORME DE CARGAS DEBIDO AL CAMBIO DE USO

envolvente, cargas cambio de uso. CYPE

Julio 2011

Notación:  
Ni: Nudo inicial  
Nf: Nudo final

### 2.1.2.5.- Resumen de medición

Resumen de medición												
Material		Serie	Perfil	Longitud			Volumen			Peso		
Tipo	Designación			Perfil (m)	Serie (m)	Materi al(m)	Perfil (m³)	Serie (m³)	Materi al(m³)	Perfil(k g)	Serie(k g)	Materia l(kg)
Hormigó	HA-25, Yc=1.5	Rectangul ar	40 cm x 30	10.6	26.0	26.07	1.28	3.99	3.991	3202.5	9977.7	9977.7
			40 cm x 35	1.53			0.21			533.75		
			60 cm x 30	13.8			2.49			6241.5		

## 2.2.- Cargas

### 2.2.1.- Barras

Referencias:

'P1', 'P2':

- ⇒ Cargas puntuales, uniformes, en faja y momentos puntuales: 'P1' es el valor de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales: 'P1' es el valor de la carga en el punto donde comienza (L1) y 'P2' es el valor de la carga en el punto donde termina (L2).
- ⇒ Cargas triangulares: 'P1' es el valor máximo de la carga. 'P2' no se utiliza.
- ⇒ Incrementos de temperatura: 'P1' y 'P2' son los valores de la temperatura en las caras exteriores o paramentos de la pieza. La orientación de la variación del incremento de temperatura sobre la sección transversal dependerá de la dirección seleccionada.

'L1', 'L2':

- ⇒ Cargas y momentos puntuales: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde se aplica la carga. 'L2' no se utiliza.
- ⇒ Cargas trapezoidales, en faja, y triangulares: 'L1' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde comienza la carga, 'L2' es la distancia entre el nudo inicial de la barra y la posición donde termina la carga.

Unidades:

- ⇒ Cargas puntuales: kN
- ⇒ Momentos puntuales: kN·m.
- ⇒ Cargas uniformes, en faja, triangulares y trapezoidales: kN/m.
- ⇒ Incrementos de temperatura: °C.





### 8.3.-INFORME DE CARGAS DEBIDO AL CAMBIO DE USO

envolvente, cargas cambio de uso. CYPE

Julio 2011

Cargas en barras										
Barra	Hipótesis	Tipo	Valores		Posición		Dirección			
			P1	P2	L1(m)	L2(m)	Ejes	X	Y	Z
N1/N3	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N2/N1	Carga permanente	Uniforme	3.434	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	Carga permanente	Uniforme	4.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	Carga permanente	Uniforme	0.530	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	Carga permanente	Faja	21.680	-	0.000	5.000	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	Carga permanente	Faja	7.261	-	0.000	5.500	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	P.P.Q1 (1)	Uniforme	38.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N1/N4	S.Q1 (1)	Uniforme	7.780	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N5/N4	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N6	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N8	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N9/N7	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	Carga permanente	Uniforme	4.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	Carga permanente	Uniforme	0.530	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	P.P.Q1 (1)	Uniforme	38.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N4/N7	S.Q1 (1)	Uniforme	7.780	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N10/N11	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N11/N12	Carga permanente	Uniforme	2.943	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	Carga permanente	Uniforme	4.414	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	Carga permanente	Uniforme	0.530	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	P.P.Q1 (1)	Uniforme	38.185	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000
N7/N11	S.Q1 (1)	Uniforme	7.780	-	-	-	Globales	0.000	0.000	-1.000



## **ANEXO**

### **8.4.- INFORME DE REFUERZO DE VIGA A FLEXIÓN DE MOMENTOS POSITIVOS.**

# Informe Técnico

<b>Informe número:</b>	2011-0027-F01
<b>Fecha del informe:</b>	11/05/2011
<b>Producto:</b>	MBRACE® LAMINATE 170/3100 MBRACE® LAMINATE 210/3300 MBRACE® LAMINATE 165/2500 CUT IN MBRACE® MBAR 165/2500
<b>Obra:</b>	Refuerzo de viga por Cambio de Uso
<b>Lugar:</b>	Valencia
<b>Cliente:</b>	arquitecto técnico, AOG

**BASF Construction Chemicals España, S.L.**

Carretera del Mig, 219  
08907 Hospitalet de Llobregat

Telf. : +34 -93 - 261.61.00

[www.basf-cc.es](http://www.basf-cc.es)

 **BASF**  
The Chemical Company

## 1 - OBJETO

En el presente informe, se plantea el refuerzo a flexión de una viga rectangular mediante el Sistema MBrace®.

Se detallan los valores resistentes característicos de MBrace®: resistencia a rotura, módulo elástico, geometría: ancho y espesor, cuantía volumétrica de fibra, con objeto de estimar la cuantía resistente necesaria para el refuerzo.

## 2 - ELEMENTO RESISTENTE

Las características físicas y mecánicas de la estructura a reforzar son las siguientes:

### Sección Resistente

#### Geometría: Dimensiones de la viga a reforzar

$l$	= 5.71	[m]
$b$	= 60	[cm]
$h$	= 35	[cm]

#### Hormigón: Propiedades del hormigón soporte

$f_{ck}$	= 25	[MPa]
$\gamma_c$	= 1.50	
$E_c$	= 26948	[MPa]
$f_{ctm}$	= 2.51	[MPa]

#### Acero: Propiedades del acero existente en la viga

$f_{yk}$	= 500	[MPa]
$\gamma_s$	= 1.15	
$E_s$	= 200000.0	[MPa]

### Armado Existente

#### Armadura superior

$A_{s2}$	= 13.44	[cm <sup>2</sup> ]
$C_2$	= 4	[cm]

#### Armadura inferior

$A_{s1}$	= 8.04	[cm <sup>2</sup> ]
$C_1$	= 4	[cm]

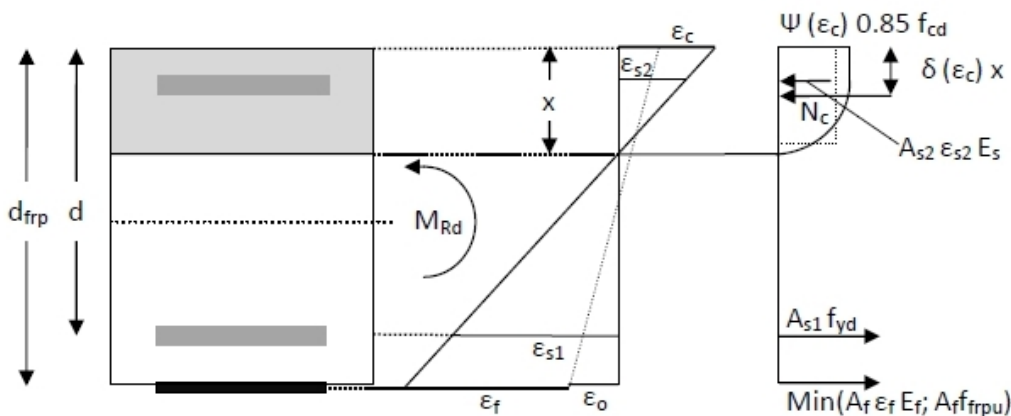
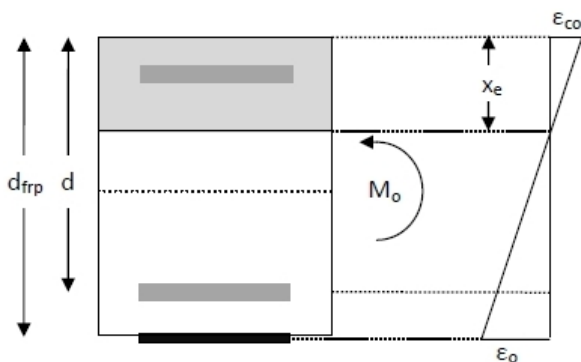
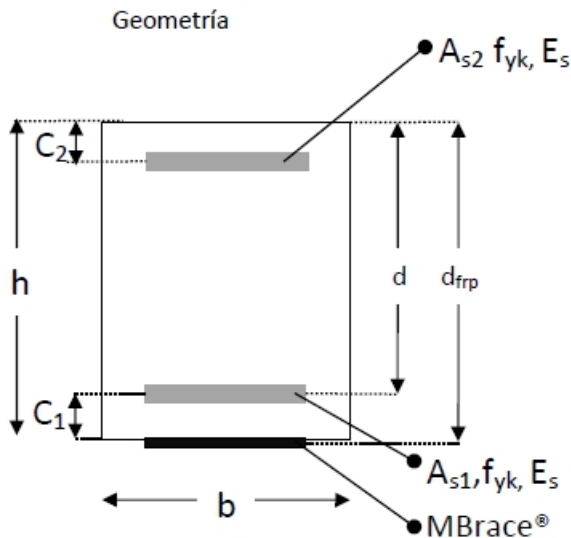
### Cargas

#### Flector existente durante los trabajos de refuerzo

$M_0$	= 0.00	[kNm]
-------	--------	-------

#### Flector sollicitación para dimensionamiento del refuerzo

ELU $M_d$	= 172.84	[kNm]
ELS $G_{mf}$	= 126.58	[kNm]
$M_s$	= 1.00	[kNm]



### 3 - DIRECTRICES Y NORMAS CONTEMPLADAS

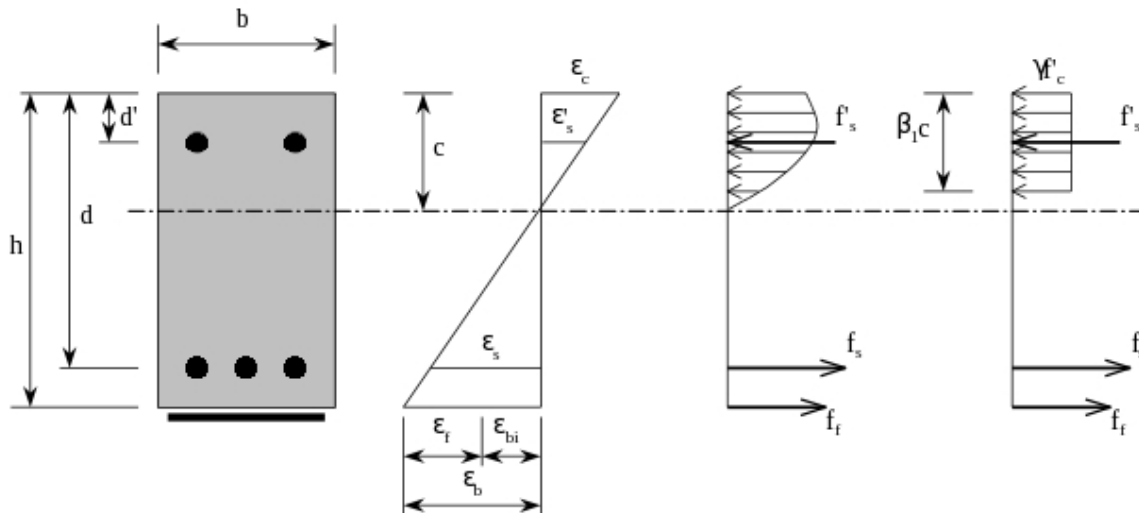
Los sistemas de reparación y protección propuestos se adaptan a las directrices de la norma española/europea *UNE EN 1504: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón*.

El refuerzo de las vigas mediante adhesión de materiales compuestos armados a base de fibra de carbono, sigue las directrices de las guías de diseño: CEB-FIP *Externally bonded FRP Reinforcement for RC Structures*. El análisis de las secciones se evalúa, para los materiales suministrados MBrace® mediante software de desarrollo propio.

## 4 - DESCRIPCIÓN

### Refuerzo a Flexión

El refuerzo se plantea con objeto de compensar la eventual pérdida armado (por pérdida de  $A_s$ , y por pérdida de colaboración de éste por mermas adherentes), y obtener un flector respuesta superior al de la sección original. Mediante la adhesión longitudinal en el paramento traccionado de cuantía a tracción, y de acuerdo al esquema de equilibrio, se consigue un incremento de la capacidad en rotura por sobreamado de la sección.



El empleo de materiales compuestos armados mediante fibra de carbono, de cumplir los requisitos de diseño requeridos (ver consideraciones) aporta numerosas ventajas constructivas:

- No se requiere apuntalado durante su puesta en obra
- Suministro de formatos continuos sin necesidad de soldaduras ni solapes.
- No requiere mantenimiento debido a la no oxidación de estos materiales
- Espesores reducidos de refuerzo (aprox 3 mm)

Para el correcto diseño del refuerzo, es preciso, tener en cuenta:

- Los requisitos particulares de los refuerzos adheridos (incluyendo las chapas metálicas adheridas)
- El comportamiento elástico lineal hasta rotura de los compuestos armados mediante fibra de carbono.

Debido a ello es preciso verificar que:

- Cualquier refuerzo adherido mediante resinas epoxi, y debido a la limitada resistencia al fuego de éstas deberá verificar condición de equilibrio con cargas tras refuerzo sin mayorar y sección antes de refuerzo sin minorar. Es decir, se debe verificar que ante un eventual fallo del refuerzo las nuevas cargas de uso no superaran, sin mayorar, la resistencia de la sección existente sin refuerzo y sin minorar. Este requisito es análogo al refuerzo con chapas metálicas adheridas.

La tipología del refuerzo, al no admitir anclajes pasantes, deberá resolver el anclaje del refuerzo exclusivamente por prolongación a lo largo de la zona necesaria.

En condiciones de servicio, con las cargas habituales, se verificará la no plastificación del armado interno durante la entrada en carga de los compuestos de fibra, al tener éstos un módulo elástico idéntico al acero y una carga en rotura varias veces superior.

## 5 - ANÁLISIS

### Resultados previos: elongación en vacío y situación accidental

$\epsilon_0$	= 0.0	[‰]	- Elongación en el paramento traccionado en vacío.
$M_0$	= 0.00	[kNm]	- Momento actuante en vacío en el momento de colocación del refuerzo.
$M_{racc}$	= 108.0	[kNm]	- Momento máximo en situación accidental.

### 5.1 - Posibles soluciones para el refuerzo de la estructura

#### MBrace® Laminare

##### MBRACE® LAMINATE 170/3100

ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	50.0 x 1.2	50.0 x 1.4	80.0 x 1.2	80.0 x 1.4	100.0 x 1.2	100.0 x 1.4
Nº laminados						
1	121.7 / 123.4	125.4 / 125.4	135.1 / 129.3	141.0 / 131.3	144.0 / 131.3	151.3 / 133.3
2	144.0 / 131.3	151.3 / 133.3	170.5 / 141.6	182.2 / 143.7	188.0 / 145.8	202.6 / 152.3
3	166.1 / 139.5	177.1 / 143.7	205.5 / 152.3	222.8 / 159.0	231.4 / 161.2	252.9 / 168.1
4	188.0 / 145.8	202.6 / 152.3	240.0 / 165.8	262.8 / 172.8	274.2 / 177.6	302.4 / 187.4
5	209.8 / 154.5	227.8 / 161.2	274.2 / 177.6	302.4 / 187.4	316.4 / 192.4	351.1 / 205.3
6	231.4 / 161.2	252.9 / 168.1	308.0 / 189.9	341.4 / 200.1	358.0 / 207.9	399.1 / 221.4
7	252.9 / 168.1	277.7 / 177.6	341.4 / 200.1	380.0 / 216.0		
8	274.2 / 177.6	302.4 / 187.4				
9	295.3 / 184.9	326.8 / 194.9				
10	316.4 / 192.4	351.1 / 205.3				

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

##### MBRACE® LAMINATE 210/3300

ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	50.0 x 1.4	80.0 x 1.4	100.0 x 1.4
Nº laminados			
1	131.5 / 127.3	150.7 / 133.3	163.5 / 137.4
2	163.5 / 137.4	201.4 / 152.3	226.4 / 159.0
3	195.1 / 150.1	251.1 / 168.1	287.9 / 182.4
4	226.4 / 159.0	300.1 / 184.9	348.2 / 202.6
5	257.3 / 170.5	348.2 / 202.6	414.6 / 224.2
6	287.9 / 182.4	395.8 / 221.4	436.3 / 247.2
7	318.2 / 192.4	428.1 / 238.4	
8	348.2 / 202.6		
9	378.0 / 213.3		
10	414.6 / 224.2		

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

##### MBRACE® LAMINATE 165/2500 CUT IN

ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	15.0 x 2.5
Nº laminados	
1	112.9 / 121.5
2	126.5 / 125.4
3	140.0 / 131.3
4	153.4 / 135.4
5	166.8 / 139.5
6	180.1 / 143.7
7	193.4 / 148.0
8	206.6 / 152.3
9	219.8 / 156.7
10	232.9 / 161.2

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)



**MBrace® Fibre**

**MBRACE® FIBRE CARBONO CF 130 (300 g/m<sup>2</sup>)**

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.23

Nº hojas

1 133.6 / 127.3

2 167.6 / 139.5

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

**MBRACE® FIBRE CARBONO CF 140 (400 g/m<sup>2</sup>)**

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.235

Nº hojas

1 136.4 / 129.3

2 173.1 / 141.6

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

**MBRACE® FIBRE ARAMIDA AR112/3000 (295/30 g/m<sup>2</sup>)**

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.2

Nº hojas

1 114.3 / 121.5

2 129.2 / 127.3

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

**MBRACE® FIBRE ARAMIDA AR112/3000 (440/30 g/m<sup>2</sup>)**

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.3

Nº hojas

1 121.7 / 123.4

2 143.9 / 131.3

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

**MBrace® MBar**

**MBRACE® MBar 165/2500**

Diámetro barra (mm)	Ø8.0	Ø10.0	Ø12.0
Nº barras			
1	117.4 / 123.4	127.1 / 125.4	138.2 / 129.3
2	135.5 / 129.3	154.6 / 135.4	176.6 / 143.7
3	153.4 / 135.4	181.9 / 143.7	214.5 / 156.7
4	171.2 / 141.6	209.0 / 154.5	251.9 / 168.1
5	189.0 / 148.0	235.8 / 163.5	288.9 / 182.4
6	206.6 / 152.3	262.4 / 172.8	325.4 / 194.9
7	224.1 / 159.0	288.7 / 182.4	361.6 / 207.9
8	241.5 / 165.8	314.8 / 189.9	397.3 / 221.4
9	258.9 / 170.5	340.7 / 200.1	424.4 / 232.6
10	276.1 / 177.6	366.4 / 210.6	436.9 / 247.2

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

## 5.2 - Soluciones seleccionadas

### Refuerzo a Flexión

Para las características y solicitaciones de la estructura, descritas en el apartado 2 de este informe se plantea el siguiente refuerzo.

#### MBrace® Laminate

MBRACE® LAMINATE 170/3100

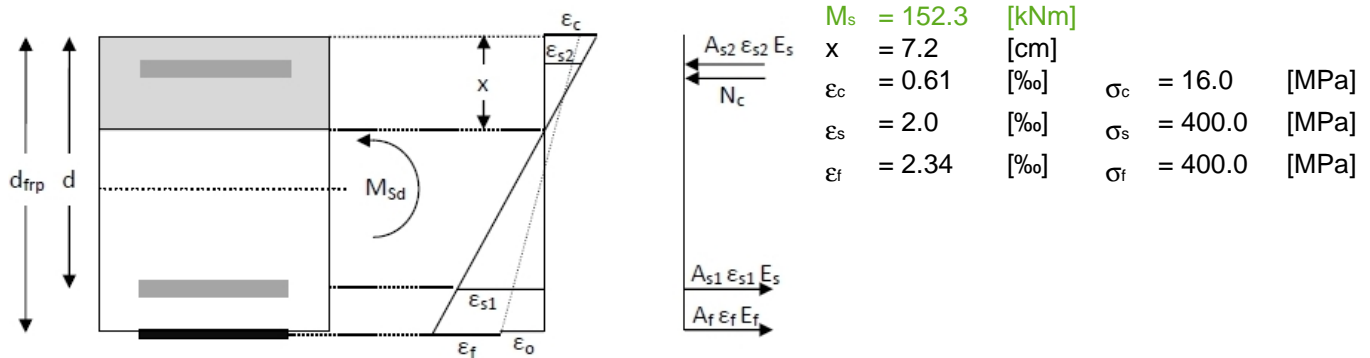
Ancho: 100.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

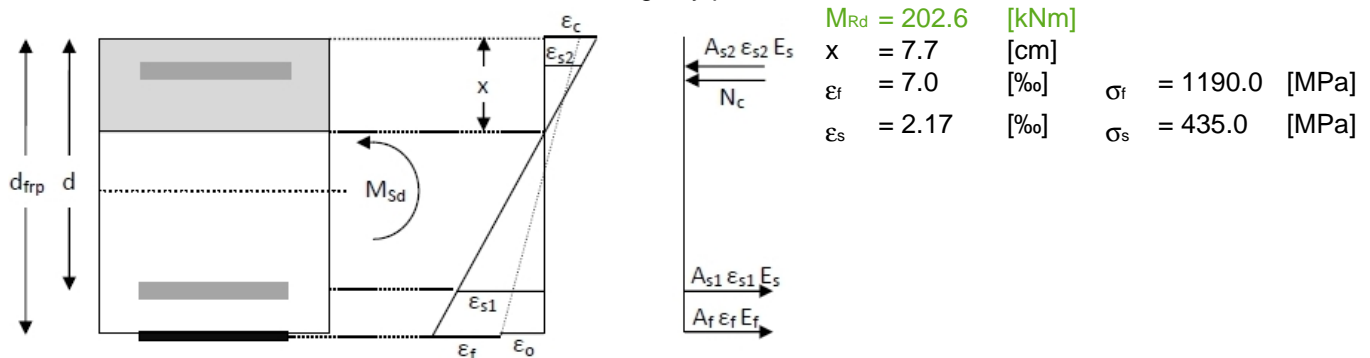
Nº laminados: 2

$a_f = 1.4$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 170000.0$  [MPa]

#### Esfuerzos en servicio y estados tensionales



#### Rotura en hormigón y plastificación en acero



**MBrace® Laminate**

MBRACE® LAMINATE 170/3100

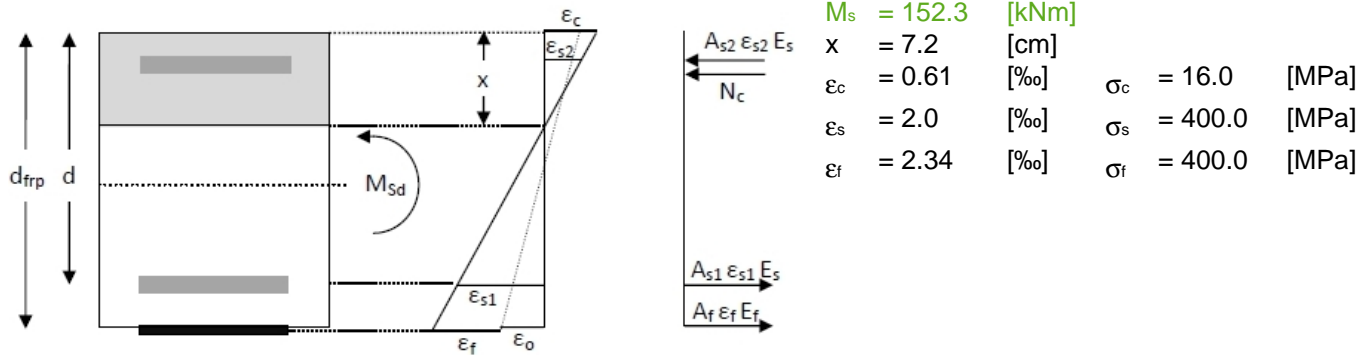
Ancho: 50.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

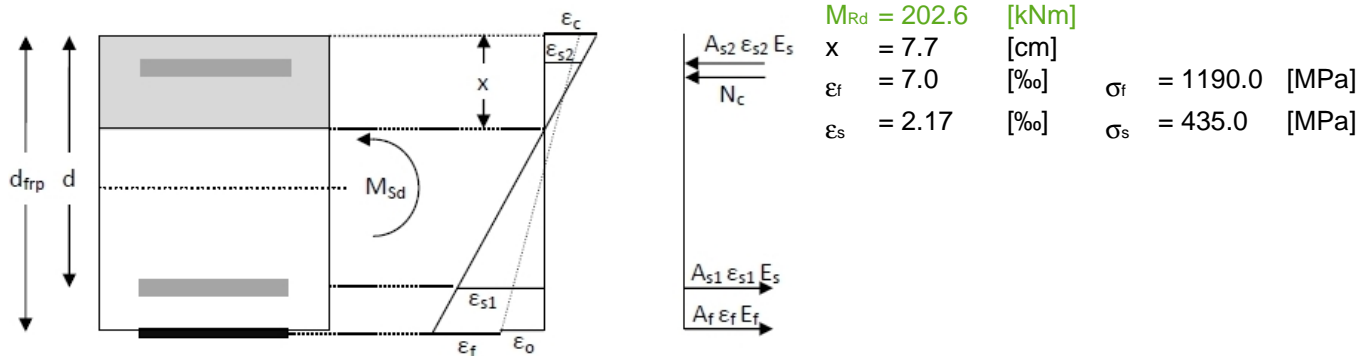
Nº laminados: 4

$a_f = 0.7$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 170000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® Laminate**

MBRACE® LAMINATE 210/3300

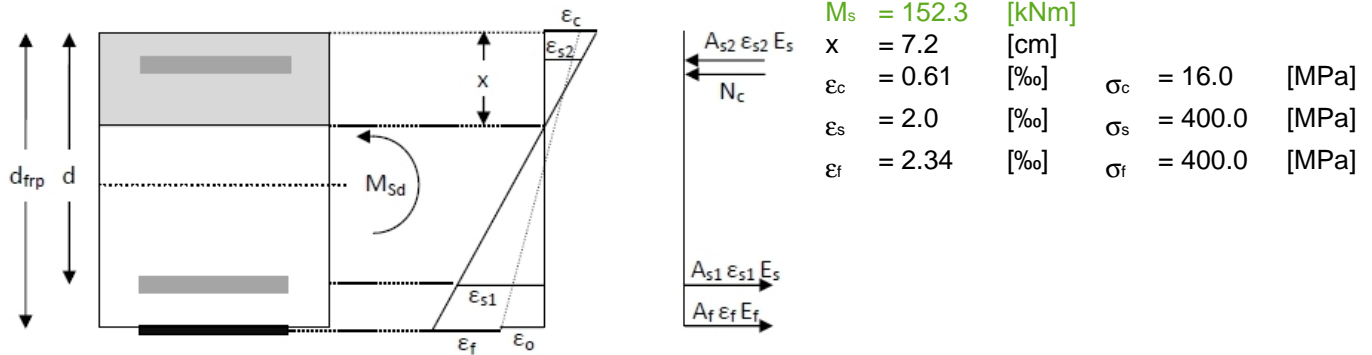
Ancho: 80.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

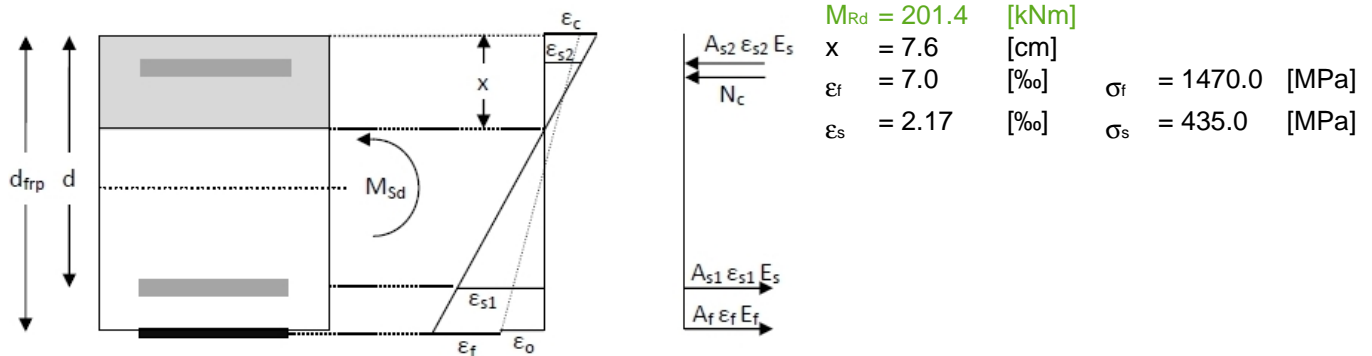
Nº laminados: 2

$a_f = 1.12$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 210000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® Laminate**

MBRACE® LAMINATE 210/3300

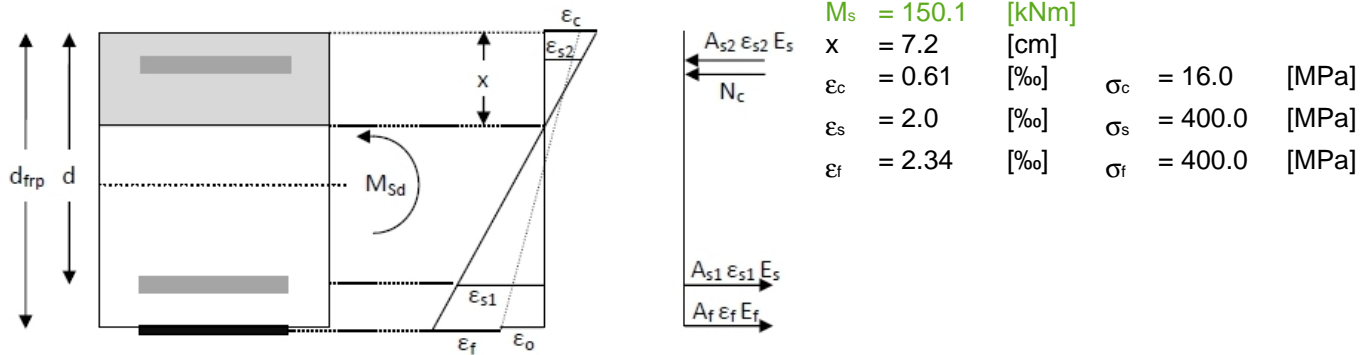
Ancho: 50.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

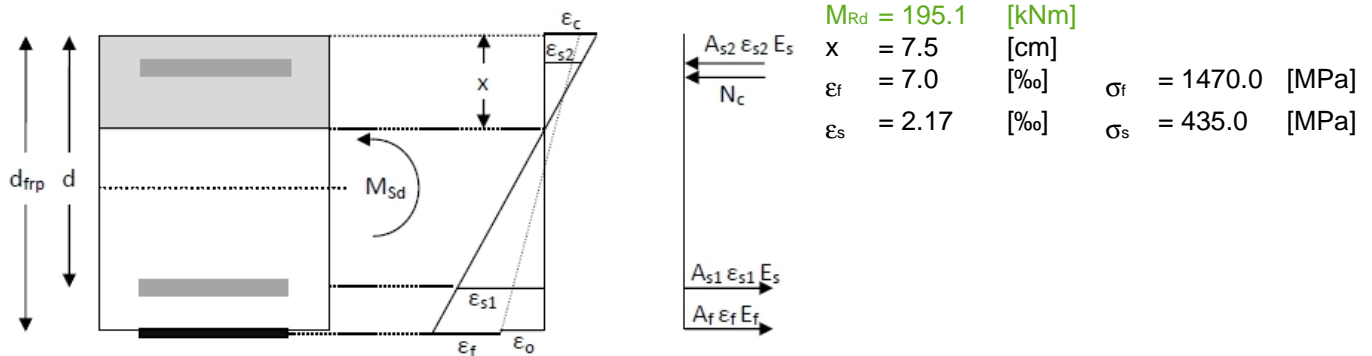
Nº laminados: 3

ar = 0.7 [cm²]       $E_f = 210000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® Laminate**

MBRACE® LAMINATE 165/2500 CUT IN

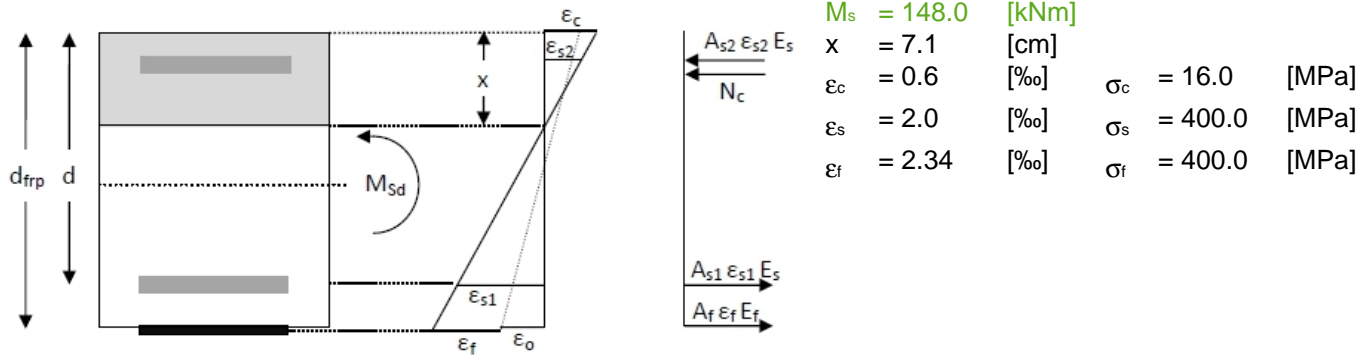
Ancho: 15.0 [mm]

Espesor: 2.5 [mm]

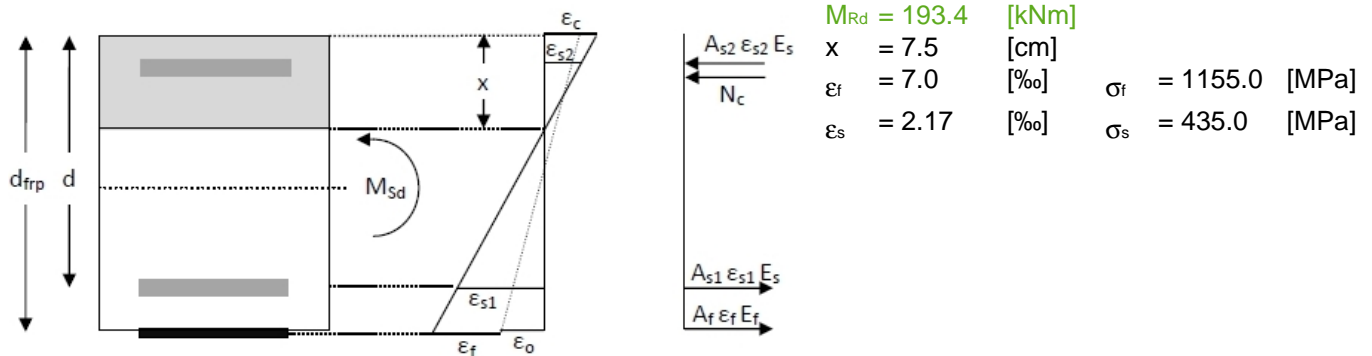
Nº laminados: 7

$a_f = 0.375$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 165000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® MBar**

MBrace® MBar 165/2500

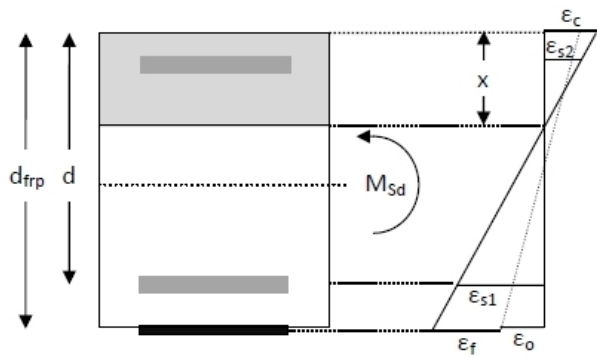
Diámetro: 8.0 [mm]

Nº barras: 6

$a_r = 0.5$  [cm<sup>2</sup>]

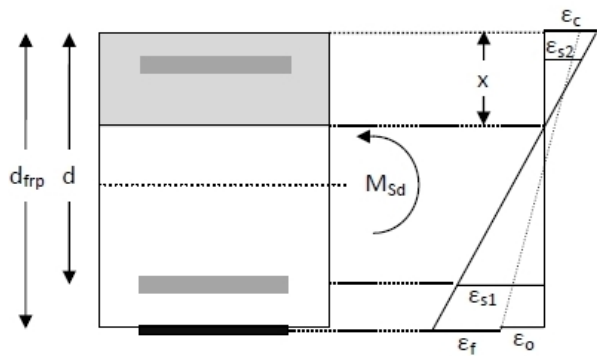
$E_f = 165000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



$A_{s2} \epsilon_{s2} E_s$	$M_s = 152.3$ [kNm]	
$N_c$	$x = 7.2$ [cm]	
	$\epsilon_c = 0.61$ [‰]	$\sigma_c = 16.0$ [MPa]
	$\epsilon_s = 2.0$ [‰]	$\sigma_s = 400.0$ [MPa]
	$\epsilon_f = 2.34$ [‰]	$\sigma_f = 400.0$ [MPa]
$A_{s1} \epsilon_{s1} E_s$		
$A_f \epsilon_f E_f$		

**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



$A_{s2} \epsilon_{s2} E_s$	$M_{Rd} = 206.6$ [kNm]	
$N_c$	$x = 7.7$ [cm]	
	$\epsilon_f = 7.0$ [‰]	$\sigma_f = 1155.0$ [MPa]
	$\epsilon_s = 2.17$ [‰]	$\sigma_s = 435.0$ [MPa]
$A_{s1} \epsilon_{s1} E_s$		
$A_f \epsilon_f E_f$		



## 6 - RECOMENDACIONES

### **MBrace® LAMINATE:**

Para proceder al refuerzo con el MBrace® LAMINATE, debe extenderse una resina adhesiva MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT sobre el soporte imprimado con MBrace® PRIMER, sobre la cara estriada y limpia del MBrace® LAMINATE aplicar una capa de 2-3mm de adhesivo y colocar en su posición definitiva presionando con un rodillo de goma o elemento similar.

Para garantizar el éxito del refuerzo, se debe asegurar una unión perfecta entre el compuesto MBrace® y el soporte, tal que permita una correcta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Es necesario verificar la idoneidad de las condiciones de la adherencia entre soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto, ya que de ello depende fundamentalmente el correcto funcionamiento del refuerzo.

No debe aplicarse sobre soportes húmedos o con temperaturas inferiores a 5°C.

### **MBrace® MBar 165/2500:**

Se abrirá una roza (o junta) con una rozadora trazando cortes de aproximadamente unas dimensiones mínimas 10mm superiores a la anchura y espesor del elemento a insertar. Se evitará dañar elementos metálicos y/o mampostería innecesaria.

Las superficies de trabajo se tratarán de forma que en el momento de aplicación de los diferentes materiales se encuentren en condiciones de facilitar la adherencia de los mismos para lo cual se eliminarán del mismo grasas, aceites, piedra y/o mortero dañado y restos de otras aplicaciones y cualquier material o sustancia ajena a la propia aplicación.

La temperatura del soporte se encontrará por lo menos 3°C por encima del correspondiente punto de rocío.

El soporte debe quedar libre de polvo u otras sustancias que impidan la buena adherencia.

Se comprobará el relleno de material adhesivo por todo el perímetro de la barra mínimo de 2mm.

*La aplicación de los productos citados en el presente informe se realizará de acuerdo con los detalles y especificaciones citadas en la correspondiente ficha técnica.*

*Para cualquier aplicación no descrita, consulten con el Servicio Técnico.*

**Estos valores tienen carácter orientativo y con objeto de estimar un coste económico de actuación, y deberán ser validados por la Dirección Facultativa o Técnica de la obra de acuerdo a la geometría de refuerzo particular.**

**BASF Construction Chemicals España, S.L.**



## **ANEXO**

### **8.5.- INFORME DE REFUERZO DE VIGA A FLEXIÓN DE MOMENTOS NEGATIVOS.**

# Informe Técnico

<b>Informe número:</b>	2011-0031-F01
<b>Fecha del informe:</b>	11/05/2011
<b>Producto:</b>	MBRACE® LAMINATE 170/3100 MBRACE® LAMINATE 210/3300 MBRACE® MBAR 165/2500
<b>Obra:</b>	Refuerzo de viga a flexión de momentos negativos
<b>Lugar:</b>	Valencia
<b>Cliente:</b>	arquitecto técnico, AOG

**BASF Construction Chemicals España, S.L.**

Carretera del Mig, 219  
08907 Hospitalet de Llobregat

Telf. : +34 -93 - 261.61.00

[www.basf-cc.es](http://www.basf-cc.es)

 **BASF**  
The Chemical Company

## 1 - OBJETO

En el presente informe, se plantea el refuerzo a flexión de una viga rectangular mediante el Sistema MBrace®.

Se detallan los valores resistentes característicos de MBrace®: resistencia a rotura, módulo elástico, geometría: ancho y espesor, cuantía volumétrica de fibra, con objeto de estimar la cuantía resistente necesaria para el refuerzo.

## 2 - ELEMENTO RESISTENTE

Las características físicas y mecánicas de la estructura a reforzar son las siguientes:

### Sección Resistente

#### Geometría: Dimensiones de la viga a reforzar

$l$	= 5.71	[m]
$b$	= 60	[cm]
$h$	= 35	[cm]

#### Hormigón: Propiedades del hormigón soporte

$f_{ck}$	= 25	[MPa]
$\gamma_c$	= 1.50	
$E_c$	= 26948	[MPa]
$f_{ctm}$	= 2.51	[MPa]

#### Acero: Propiedades del acero existente en la viga

$f_{yk}$	= 500	[MPa]
$\gamma_s$	= 1.15	
$E_s$	= 200000.0	[MPa]

### Armado Existente

#### Armadura superior

$A_{s2}$	= 17.46	[cm <sup>2</sup> ]
$C_2$	= 4	[cm]

#### Armadura inferior

$A_{s1}$	= 9.42	[cm <sup>2</sup> ]
$C_1$	= 4	[cm]

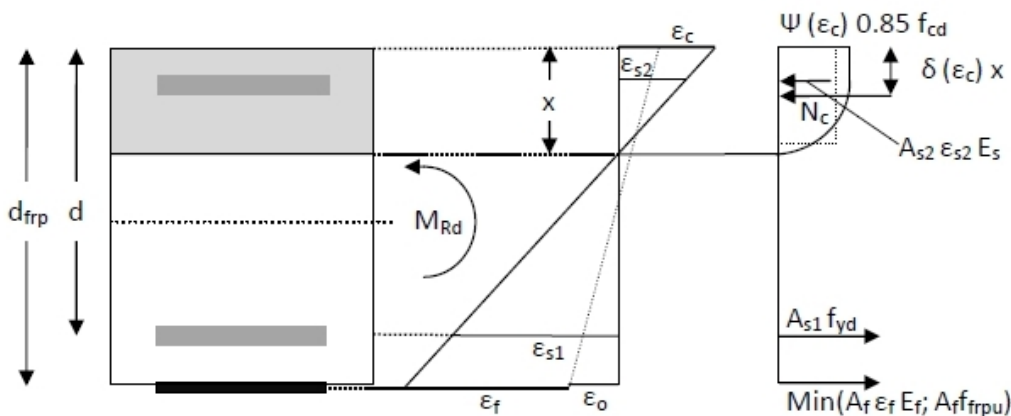
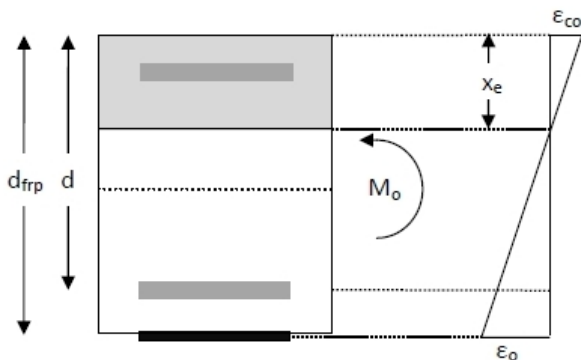
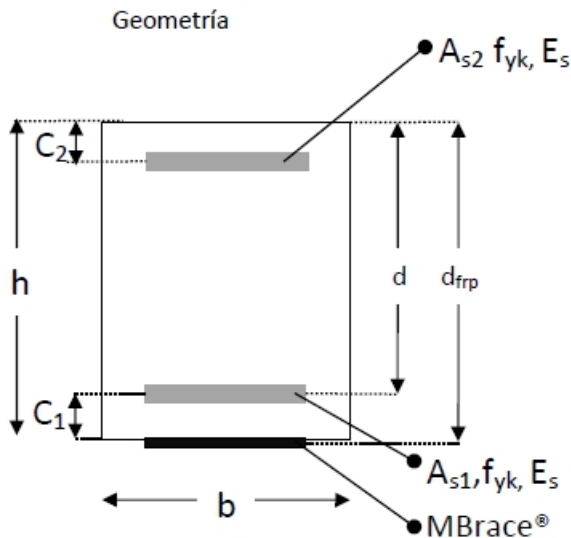
### Cargas

#### Flector existente durante los trabajos de refuerzo

$M_0$	= 0.00	[kNm]
-------	--------	-------

#### Flector sollicitación para dimensionamiento del refuerzo

ELU $M_d$	= 273.87	[kNm]
ELS $G_{mf}$	= 200.48	[kNm]
$M_s$	= 1.00	[kNm]



### 3 - DIRECTRICES Y NORMAS CONTEMPLADAS

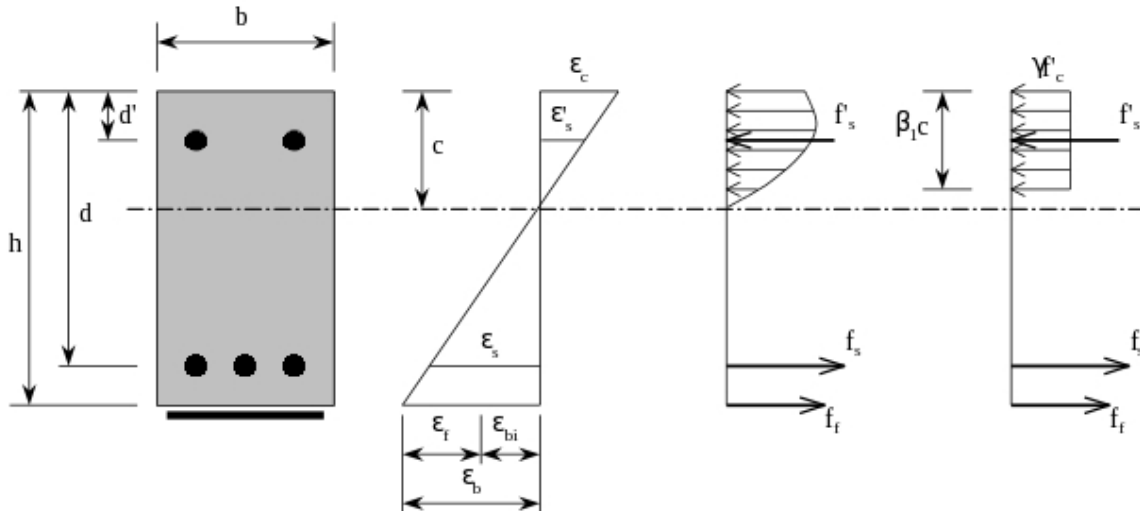
Los sistemas de reparación y protección propuestos se adaptan a las directrices de la norma española/europea *UNE EN 1504: Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón*.

El refuerzo de las vigas mediante adhesión de materiales compuestos armados a base de fibra de carbono, sigue las directrices de las guías de diseño: CEB-FIP *Externally bonded FRP Reinforcement for RC Structures*. El análisis de las secciones se evalúa, para los materiales suministrados MBrace® mediante software de desarrollo propio.

## 4 - DESCRIPCIÓN

### Refuerzo a Flexión

El refuerzo se plantea con objeto de compensar la eventual pérdida armado (por pérdida de  $A_s$ , y por pérdida de colaboración de éste por mermas adherentes), y obtener un flector respuesta superior al de la sección original. Mediante la adhesión longitudinal en el paramento traccionado de cuantía a tracción, y de acuerdo al esquema de equilibrio, se consigue un incremento de la capacidad en rotura por sobreamado de la sección.



El empleo de materiales compuestos armados mediante fibra de carbono, de cumplir los requisitos de diseño requeridos (ver consideraciones) aporta numerosas ventajas constructivas:

- No se requiere apuntalado durante su puesta en obra
- Suministro de formatos continuos sin necesidad de soldaduras ni solapes.
- No requiere mantenimiento debido a la no oxidación de estos materiales
- Espesores reducidos de refuerzo (aprox 3 mm)

Para el correcto diseño del refuerzo, es preciso, tener en cuenta:

- Los requisitos particulares de los refuerzos adheridos (incluyendo las chapas metálicas adheridas)
- El comportamiento elástico lineal hasta rotura de los compuestos armados mediante fibra de carbono.

Debido a ello es preciso verificar que:

- Cualquier refuerzo adherido mediante resinas epoxi, y debido a la limitada resistencia al fuego de éstas deberá verificar condición de equilibrio con cargas tras refuerzo sin mayorar y sección antes de refuerzo sin minorar. Es decir, se debe verificar que ante un eventual fallo del refuerzo las nuevas cargas de uso no superaran, sin mayorar, la resistencia de la sección existente sin refuerzo y sin minorar. Este requisito es análogo al refuerzo con chapas metálicas adheridas.

La tipología del refuerzo, al no admitir anclajes pasantes, deberá resolver el anclaje del refuerzo exclusivamente por prolongación a lo largo de la zona necesaria.

En condiciones de servicio, con las cargas habituales, se verificará la no plastificación del armado interno durante la entrada en carga de los compuestos de fibra, al tener éstos un módulo elástico idéntico al acero y una carga en rotura varias veces superior.

## 5 - ANÁLISIS

### Resultados previos: elongación en vacío y situación accidental

$\epsilon_0$	= 0.0	[‰]	- Elongación en el paramento traccionado en vacío.
$M_0$	= 0.00	[kNm]	- Momento actuante en vacío en el momento de colocación del refuerzo.
$M_{racc}$	= 126.4	[kNm]	- Momento máximo en situación accidental.

### 5.1 - Posibles soluciones para el refuerzo de la estructura

#### MBrace® Laminare

##### MBRACE® LAMINATE 170/3100

ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	50.0 x 1.2	50.0 x 1.4	80.0 x 1.2	80.0 x 1.4	100.0 x 1.2	100.0 x 1.4
Nº laminados						
1	138.0 / 143.5	141.7 / 145.6	151.3 / 147.8	157.2 / 150.0	160.2 / 150.0	167.5 / 154.5
2	160.2 / 150.0	167.5 / 154.5	186.7 / 159.0	198.4 / 163.7	204.2 / 166.0	218.8 / 170.7
3	182.3 / 159.0	193.3 / 161.3	221.7 / 173.1	239.1 / 178.0	247.8 / 180.5	269.4 / 188.0
4	204.2 / 166.0	218.8 / 170.7	256.5 / 182.9	279.5 / 193.1	290.9 / 195.6	319.4 / 206.2
5	226.1 / 173.1	244.2 / 180.5	290.9 / 195.6	319.4 / 206.2	333.5 / 211.6	368.7 / 222.6
6	247.8 / 180.5	269.4 / 188.0	325.0 / 208.9	358.9 / 219.8	375.7 / 225.4	417.5 / 239.8
7	269.4 / 188.0	294.5 / 198.2	358.9 / 219.8	398.1 / 234.0		
8	290.9 / 195.6	319.4 / 206.2				
9	312.3 / 203.5	344.1 / 214.3				
10	333.5 / 211.6	368.7 / 222.6				

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

##### MBRACE® LAMINATE 210/3300

ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	50.0 x 1.4	80.0 x 1.4	100.0 x 1.4
Nº laminados			
1	147.8 / 147.8	166.9 / 154.5	179.7 / 156.8
2	179.7 / 156.8	217.6 / 170.7	242.7 / 180.5
3	211.3 / 168.4	267.7 / 188.0	304.7 / 200.9
4	242.7 / 180.5	317.0 / 206.2	365.8 / 222.6
5	273.9 / 190.5	365.8 / 222.6	426.1 / 242.8
6	304.7 / 200.9	414.1 / 239.8	478.5 / 264.1
7	335.4 / 211.6	469.3 / 257.9	
8	365.8 / 222.6		
9	396.1 / 234.0		
10	426.1 / 242.8		

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

##### MBRACE® LAMINATE 165/2500 CUT IN

ancho x sección laminado (mm <sup>2</sup> )	15.0 x 2.5
Nº laminados	
1	129.2 / 141.3
2	142.7 / 145.6
3	156.2 / 150.0
4	169.6 / 154.5
5	183.0 / 159.0
6	196.3 / 163.7
7	209.6 / 168.4
8	222.9 / 173.1
9	236.1 / 178.0
10	249.3 / 180.5

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)



### MBrace® Fibre

#### MBRACE® FIBRE CARBONO CF 130 (300 g/m<sup>2</sup>)

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.23

Nº hojas

1 149.9 / 147.8

2 183.8 / 159.0

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

#### MBRACE® FIBRE CARBONO CF 140 (400 g/m<sup>2</sup>)

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.235

Nº hojas

1 152.6 / 147.8

2 189.3 / 161.3

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

#### MBRACE® FIBRE ARAMIDA AR112/3000 (295/30 g/m<sup>2</sup>)

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.2

Nº hojas

1 130.6 / 141.3

2 145.5 / 145.6

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

#### MBRACE® FIBRE ARAMIDA AR112/3000 (440/30 g/m<sup>2</sup>)

---

ancho x sección hoja (mm<sup>2</sup>) 300.0 x 0.3

Nº hojas

1 137.9 / 143.5

2 160.1 / 150.0

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

**MBrace® MBar**

**MBRACE® MBar 165/2500**

Diámetro barra (mm)	Ø8.0	Ø10.0	Ø12.0
Nº barras			
1	133.7 / 141.3	143.3 / 145.6	154.4 / 150.0
2	151.7 / 147.8	170.8 / 154.5	192.8 / 161.3
3	169.6 / 154.5	198.2 / 163.7	230.8 / 175.6
4	187.4 / 161.3	225.3 / 173.1	268.5 / 188.0
5	205.2 / 166.0	252.2 / 182.9	305.8 / 200.9
6	222.9 / 173.1	279.0 / 193.1	342.7 / 214.3
7	240.5 / 178.0	305.6 / 200.9	379.3 / 228.3
8	258.0 / 185.4	332.0 / 211.6	415.7 / 239.8
9	275.4 / 190.5	358.2 / 219.8	451.8 / 254.8
10	292.8 / 195.6	384.3 / 228.3	479.2 / 267.2

Resultados expresados en: Momento en Servicio / Momento Ultimo (kNm)

## 5.2 - Soluciones seleccionadas

### Refuerzo a Flexión

Para las características y solicitaciones de la estructura, descritas en el apartado 2 de este informe se plantea el siguiente refuerzo.

#### MBrace® Laminate

MBRACE® LAMINATE 170/3100

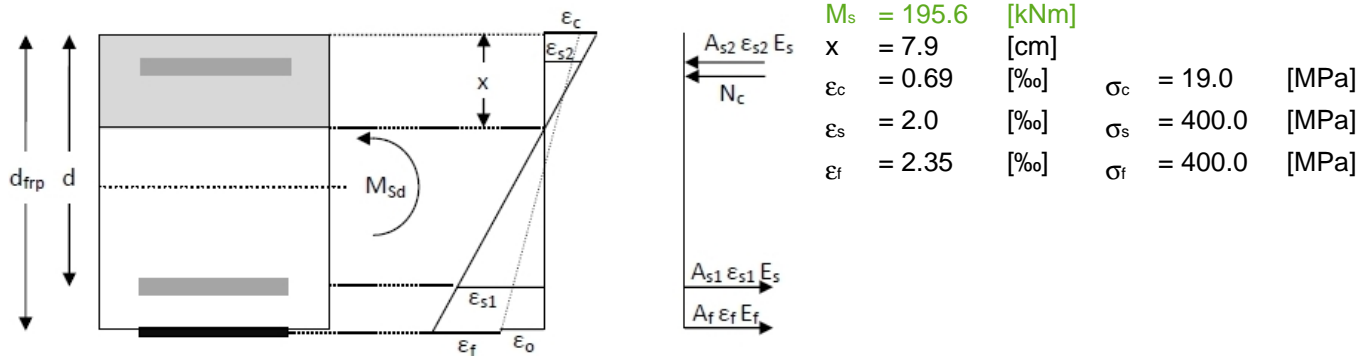
Ancho: 100.0 [mm]

Espesor: 1.2 [mm]

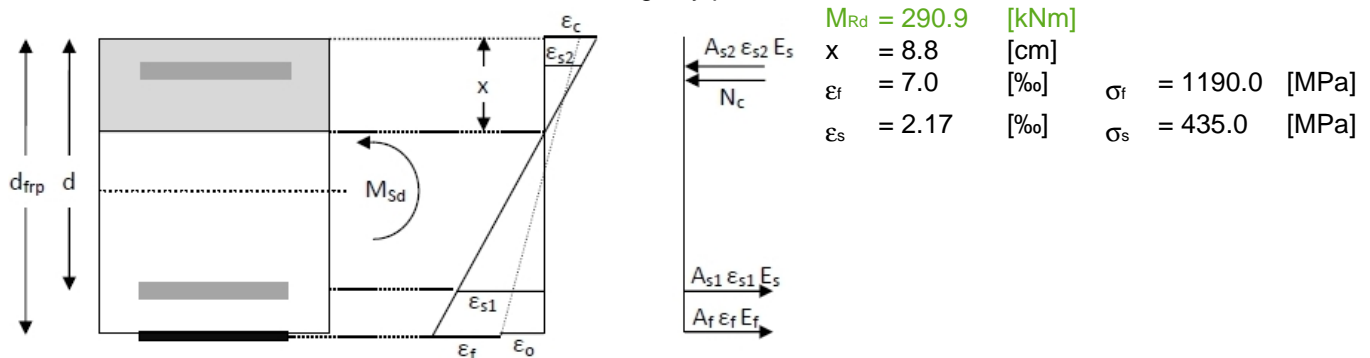
Nº laminados: 4

$a_f = 1.2$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 170000.0$  [MPa]

#### Esfuerzos en servicio y estados tensionales



#### Rotura en hormigón y plastificación en acero



**MBrace® Laminate**

MBRACE® LAMINATE 170/3100

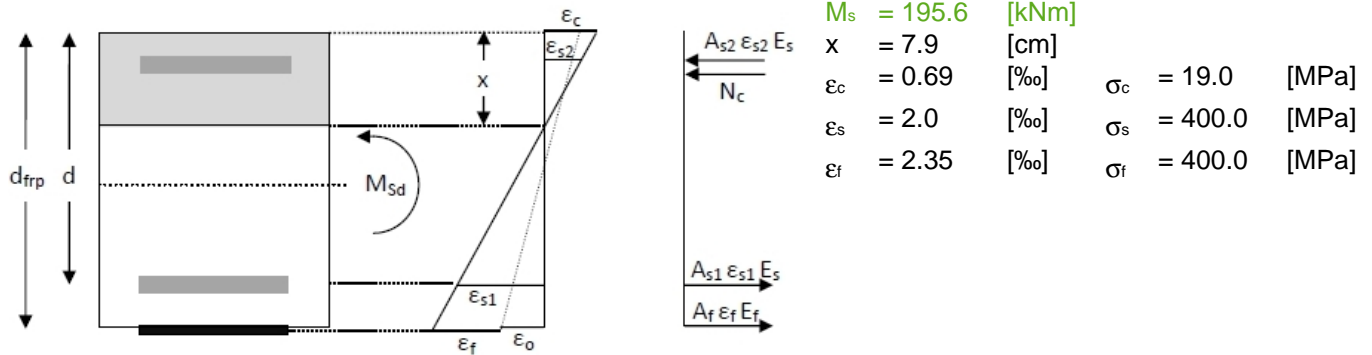
Ancho: 80.0 [mm]

Espesor: 1.2 [mm]

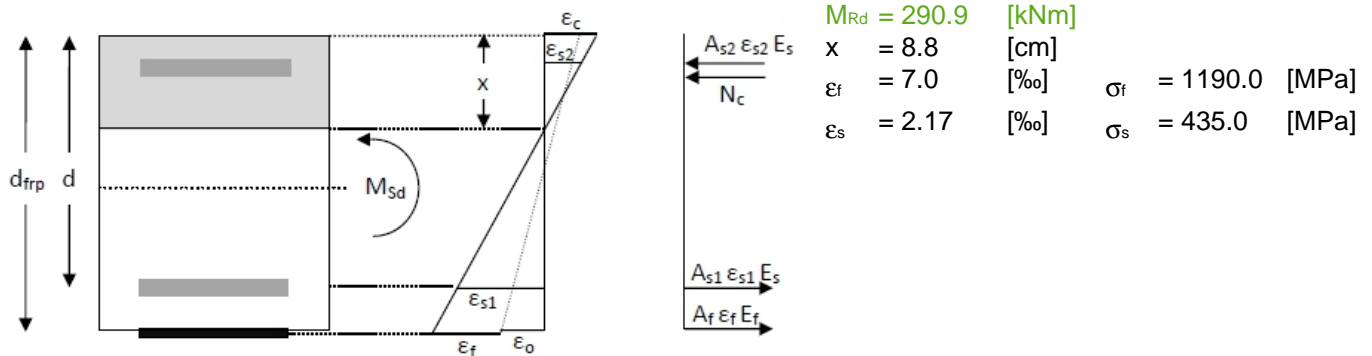
Nº laminados: 5

$a_f = 0.96$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 170000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® Laminate**

MBRACE® LAMINATE 210/3300

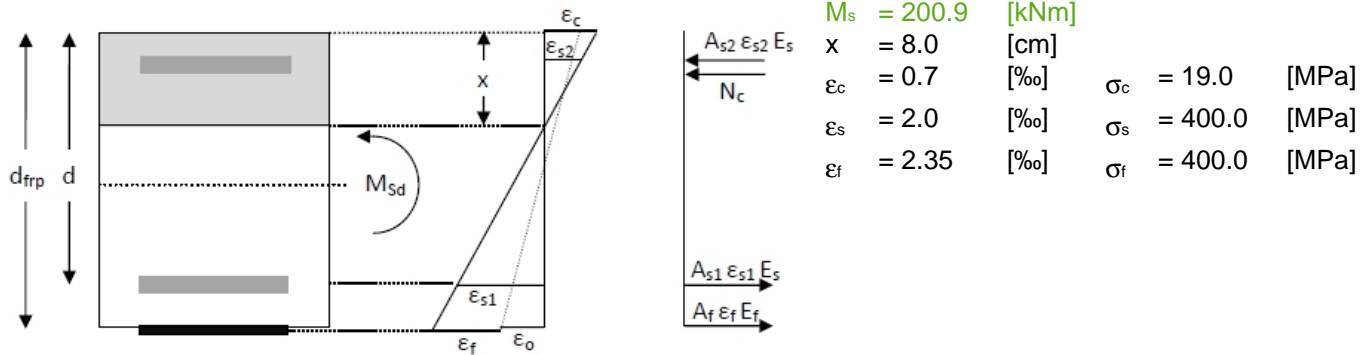
Ancho: 100.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

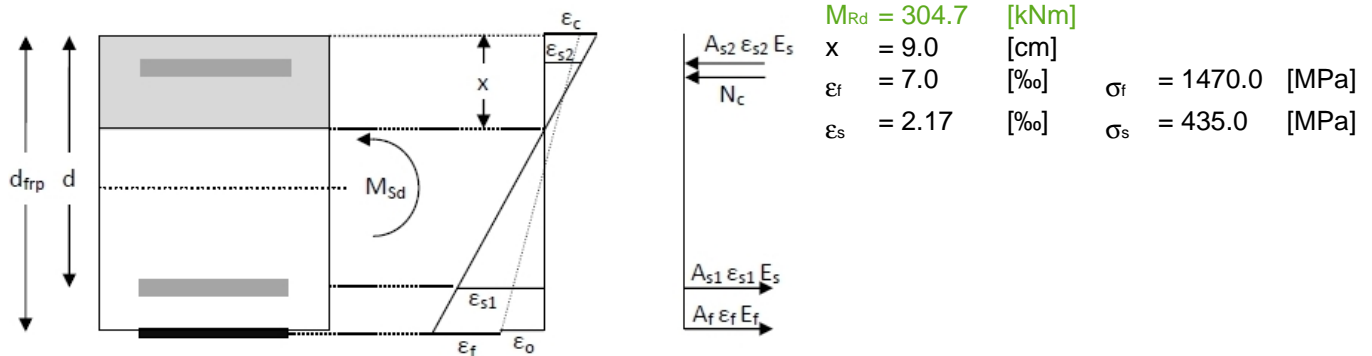
Nº laminados: 3

$a_f = 1.4$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 210000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® Laminate**

MBRACE® LAMINATE 210/3300

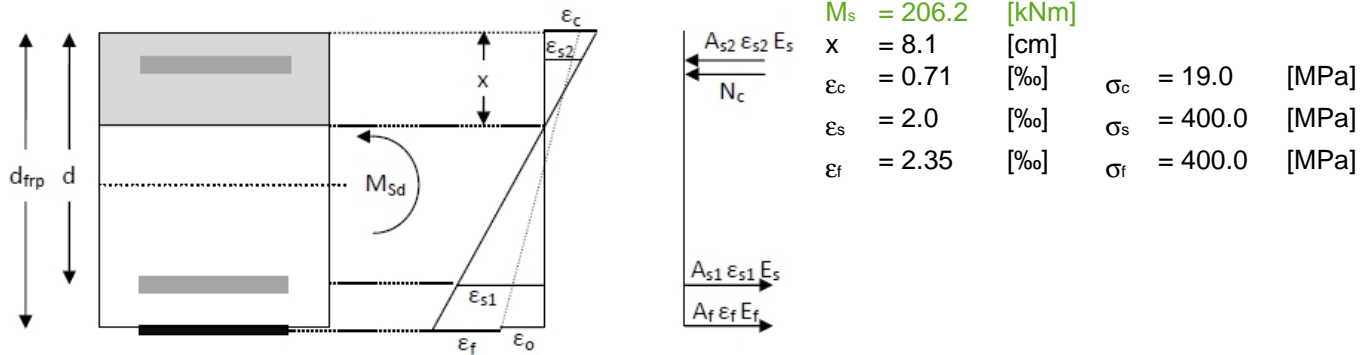
Ancho: 80.0 [mm]

Espesor: 1.4 [mm]

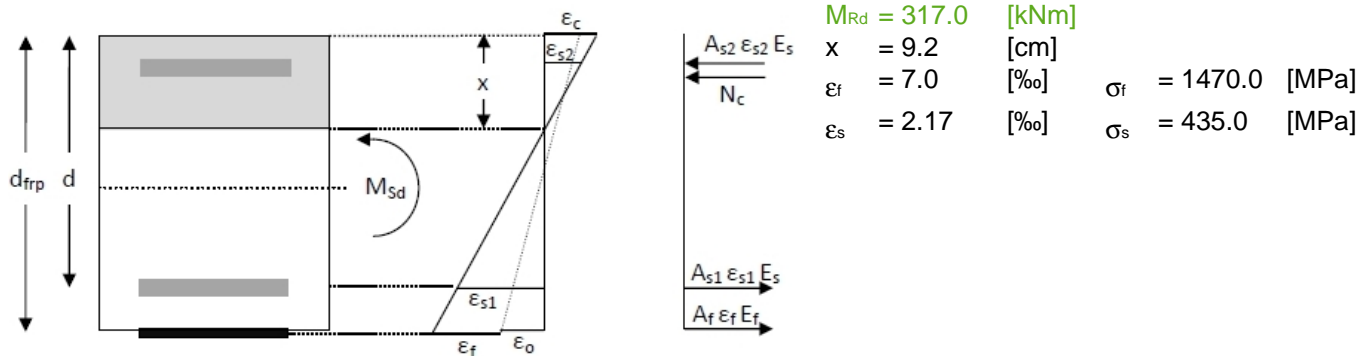
Nº laminados: 4

$a_f = 1.12$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 210000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® MBar**

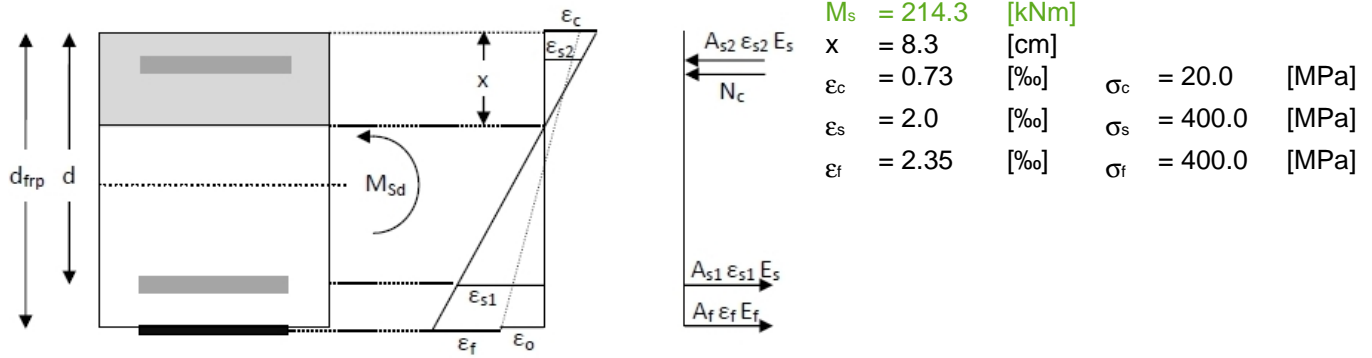
MBrace® MBar 165/2500

Diámetro: 12.0 [mm]

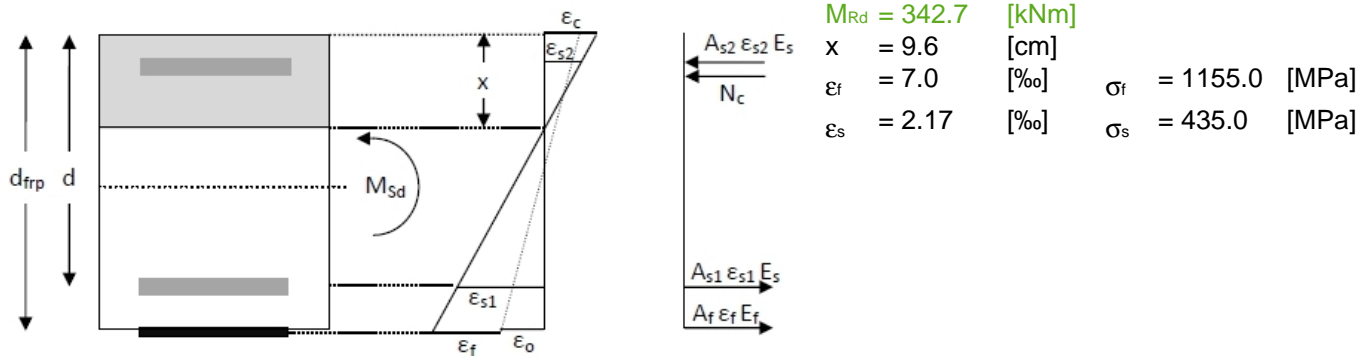
Nº barras: 6

$a_f = 1.075$  [cm<sup>2</sup>]       $E_f = 165000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



**MBrace® MBar**

MBrace® MBar 165/2500

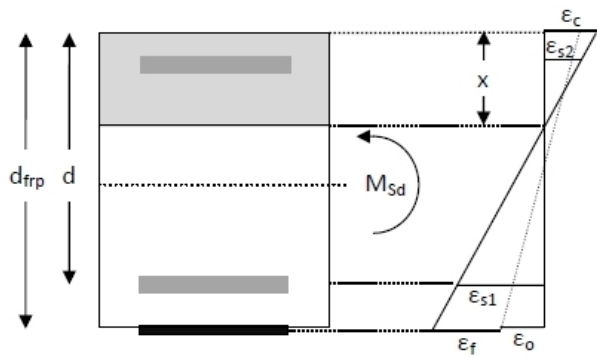
Diámetro: 10.0 [mm]

Nº barras: 8

$a_f = 0.767$  [cm<sup>2</sup>]

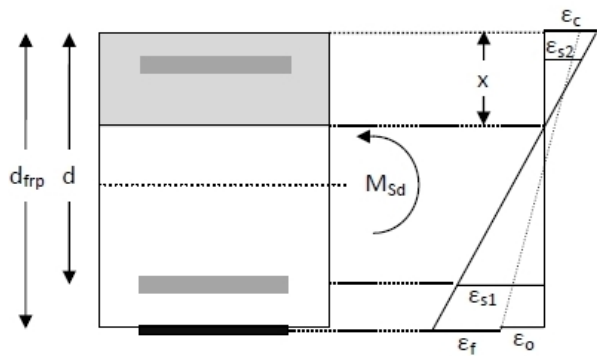
$E_f = 165000.0$  [MPa]

**Esfuerzos en servicio y estados tensionales**



$A_{s2} \epsilon_{s2} E_s$	$M_s = 211.6$ [kNm]		
$N_c$	$x = 8.2$ [cm]		
	$\epsilon_c = 0.73$ [‰]	$\sigma_c = 20.0$ [MPa]	
	$\epsilon_s = 2.0$ [‰]	$\sigma_s = 400.0$ [MPa]	
	$\epsilon_f = 2.35$ [‰]	$\sigma_f = 400.0$ [MPa]	
$A_{s1} \epsilon_{s1} E_s$			
$A_f \epsilon_f E_f$			

**Rotura en hormigón y plastificación en acero**



$A_{s2} \epsilon_{s2} E_s$	$M_{Rd} = 332.0$ [kNm]		
$N_c$	$x = 9.5$ [cm]		
	$\epsilon_f = 7.0$ [‰]	$\sigma_f = 1155.0$ [MPa]	
	$\epsilon_s = 2.17$ [‰]	$\sigma_s = 435.0$ [MPa]	
$A_{s1} \epsilon_{s1} E_s$			
$A_f \epsilon_f E_f$			



## 6 - RECOMENDACIONES

### **MBrace® LAMINATE:**

Para proceder al refuerzo con el MBrace® LAMINATE, debe extenderse una resina adhesiva MBrace® LAMINATE ADHESIVE HT sobre el soporte imprimado con MBrace® PRIMER, sobre la cara estriada y limpia del MBrace® LAMINATE aplicar una capa de 2-3mm de adhesivo y colocar en su posición definitiva presionando con un rodillo de goma o elemento similar.

Para garantizar el éxito del refuerzo, se debe asegurar una unión perfecta entre el compuesto MBrace® y el soporte, tal que permita una correcta transmisión de esfuerzos entre el elemento y el compuesto resistente. Es necesario verificar la idoneidad de las condiciones de la adherencia entre soporte y el compuesto, o entre los componentes del compuesto, ya que de ello depende fundamentalmente el correcto funcionamiento del refuerzo.

No debe aplicarse sobre soportes húmedos o con temperaturas inferiores a 5°C.

### **MBrace® MBar 165/2500:**

Se abrirá una roza (o junta) con una rozadora trazando cortes de aproximadamente unas dimensiones mínimas 10mm superiores a la anchura y espesor del elemento a insertar. Se evitará dañar elementos metálicos y/o mampostería innecesaria.

Las superficies de trabajo se tratarán de forma que en el momento de aplicación de los diferentes materiales se encuentren en condiciones de facilitar la adherencia de los mismos para lo cual se eliminarán del mismo grasas, aceites, piedra y/o mortero dañado y restos de otras aplicaciones y cualquier material o sustancia ajena a la propia aplicación.

La temperatura del soporte se encontrará por lo menos 3°C por encima del correspondiente punto de rocío.

El soporte debe quedar libre de polvo u otras sustancias que impidan la buena adherencia.

Se comprobará el relleno de material adhesivo por todo el perímetro de la barra mínimo de 2mm.

*La aplicación de los productos citados en el presente informe se realizará de acuerdo con los detalles y especificaciones citadas en la correspondiente ficha técnica.*

*Para cualquier aplicación no descrita, consulten con el Servicio Técnico.*

**Estos valores tienen carácter orientativo y con objeto de estimar un coste económico de actuación, y deberán ser validados por la Dirección Facultativa o Técnica de la obra de acuerdo a la geometría de refuerzo particular.**

**BASF Construction Chemicals España, S.L.**