



ANÁLISIS ESTRUCTURAL DEL EDIFICIO QUORUM DE LA UHM (JAVIER GARCÍA SOLERA)

Autor: SARA RUESCAS LÓPEZ

Tutor: ANA I. ALMERICH CHULIA

Departamento: MECÁNICA DE LOS MEDIOS CONTINUOS Y
TEORÍA DE LAS ESTRUCTURAS

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
GRADO EN FUNDAMENTOS DE LA ARQUITECTURA
Curso Académico 2016/2017

RESUMEN

El edificio Quorum de la Universidad Miguel Hernández, proyectado por el arquitecto Javier García Solera, destaca estructuralmente por el uso de grandes voladizos además de una gran precisión en la ejecución de la obra.

Este detalle estructural, los voladizos, serán el centro del trabajo de análisis de esta estructura, y las soluciones empleadas para sostenerlos, a través del análisis del modelo informáticamente y la identificación de las cargas que sustenta. Para así poder después examinar la respuesta de los elementos estructurales.

Se pondrá especial atención en la descripción estructural del edificio modelando en Architrave[®][11] Diseño y calculando gracias a Architrave[®] [11]Cálculo, para después prestar mayor atención a elementos como forjados y muros laterales, muy importantes en este proyecto.

Palabras clave: Javier, García, Solera, voladizo, muro, hormigón armado, elementos finitos, barras, forjado.

RESUM

L'edifici Quorum de la Universitat Miguel Hernández, projectat per l'arquitecte Javier Garcia Solera, destaca estructuralment per l'ús de grans volats a més d'una gran precisió en l'execució de l'obra.

Aquest detall estructural, les volades, van a ser el centre d'atenció del treball d'anàlisi d'aquesta estructura, i les solucions emprades per a sostenir-les, mitjançant l'execució del model informàtic i la identificació de les càrregues que sustenta. Per aixina poder després analitzar la resposta dels elements estructurals.

Es posarà especial atenció en la descripció estructural de l'edifici modelant en Architrave[®][11] Disseny i calculant gràcies a Architrave[®][11] Càlcul, per després presta més atenció a elements com forjats i murs laterals, molt importants en aquest projecte.

Paraules clau: Javier, García, Solera, volat, mur, formigó armat, elements finits, barres, forjat.

ABSTRACT

The Quorum building of the Miguel Hernández University, designed by the architect Javier García Solera, stands out structurally for the use of large cantilever and a high precision in the execution of the work.

This structural detail, the cantilevers, will be the center of the work of analyzing this structure, and the solutions used to support them, through the execution of the computer model and the identification of the loads it supports. After, we would analyze the response of the structural elements.

Particular attention will be given to the structural description of the building by modeling in Architrave® [11] Design and calculating thanks to Architrave® [11] Calculus, and then paying more attention to elements such as slabs and side walls, very important in this project.

Keywords: Javier, García, Solera, cantilever, wall, reinforced concrete, finite element, rods, slab.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA	4	6.2.3. CARGA HORIZONTAL DE VIENTO	35
2. INFORMACIÓN GENERAL, EL ARQUITECTO Y SU OBRA.....	5	6.3. COMBINACIÓN DE ACCIONES.....	37
2.1. JAVIER GARCÍA SOLERA (Vida)	5	7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	41
2.2. RECORRIDO SOBRE SUS OBRAS	7	7.1. ANÁLISIS PLANTAS	41
3. USO DEL VOLADIZO EN LA ARQUITECTURA.....	18	7.2. ANÁLISIS SOPORTES.....	56
4. OBRA.....	19	8. CONCLUSIONES	63
4.1. DOCUMENTACIÓN GENERAL DE LA OBRA	19	9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES.....	65
4.1.1. EMPLAZAMIENTO	19		
4.1.2. PLANTAS	20		
4.1.3. ALZADOS Y SECCIÓN	21		
4.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL.....	22		
4.2.1. CIMENTACIÓN	22		
4.2.2. FORJADO PLANTA BAJA.....	22		
4.2.3. FORJADO PLANTA PRIMERA.....	24		
4.2.4. FORJADO PLANTA SEGUNDA.....	24		
4.2.5. FORJADO CUBIERTA.....	25		
4.2.6. MUROS	26		
4.2.7. SECCIÓN.....	26		
5. MODELIZACIÓN DEL EDIFICIO	31		
6. EVALUACIÓN DE CARGAS.....	34		
6.1. ACCIONES PERMANENTES	34		
6.2. ACCIONES VARIABLES	34		
6.2.1. SOBRECARGA DE USO	34		
6.2.2. SOBRECARGA DE NIEVE.....	35		

1. INTRODUCCIÓN Y METODOLOGÍA

El objeto del trabajo final de grado que se presenta es el análisis del funcionamiento de la estructura de un edificio singular como es el Edificio Quorum de Javier García Solera, que destaca estructuralmente por la presencia de dos grandes voladizos. Empezando por una exploración de su vida personal, que le llevó a estudiar arquitectura, sus referentes y manera de trabajar. Tras esto se analizará el edificio elegido para conocer en profundidad la información proporcionada por el arquitecto sobre este y tras realizar el cálculo de la estructura poder llegar a unas conclusiones acertadas.

El edificio en cuestión se elige por este hecho, para analizar y entender la estructura y los detalles de ejecución que se necesitan para sustentar este edificio. El edificio diseñado por arquitecto Javier García Solera en colaboración con Lola Pérez Payá, Ernesto Martínez Arenas, Pilar Fructoso y David Gallardo, se encuentra situado en Elche construido entre 2006 y 2010 y ganador del primer premio, forma parte del campus de la Universidad Miguel Hernández.

Para llevar a cabo el trabajo, en primer lugar se realizará un recorrido por la vida del arquitecto, sus primeros años en estudio de su padre, cuando aún no estudiaba arquitectura, su primera obra construida hasta un breve análisis de cada una de sus obras. Además de destacar en un breve comentario como desde tiempo atrás el recurso del voladizo se ha empezado en obras arquitectónicas.

En el siguiente punto, se pasará a analizar en profundidad el edificio Quorum, tanto su aspecto final y funcionalidad, como la definición estructural de este, obtenida gracias al estudio del arquitecto que la ha proporcionado, para más tarde modelizarla en el programa de Architrave[®][11] Diseño, sin definir todas sus cualidades obtenidas en los planos de ejecución debido a limitaciones.

Para realizar el estudio y análisis de la estructura, primero siguiendo el Código Técnico de la Edificación[10] y la norma sismorresistente, se evaluarán las cargas que soporta el edificio, dividiéndolas en acciones permanentes y variables, y más tarde combinando ambas en los Estados Límites Últimos y en los Estados Límites de Servicio.

Una vez realizados estos pasos, se pasará a través del programa Architrave[®] [11] Cálculo a realizar el cálculo de la estructura y su dimensionado, los resultados obtenidos se analizarán para determinar el comportamiento de la estructura frente a las cargas que soporta.

Por último, se redactará una serie de conclusiones obtenidas tras realizar todo este estudio.

2. INFORMACIÓN GENERAL, EL ARQUITECTO Y SU OBRA

2.1. JAVIER GARCÍA SOLERA (Vida)



Ilustración 1. Javier García Solera. [14]

Javier García Solera nace en Alicante un 21 de septiembre de 1958.

Su primer contacto con la arquitectura fue a través de su padre, de niño pasó muchas tardes en su despacho junto a sus hermanos dibujando tranquilamente, viendo trabajar a su padre con lentitud y disfrute, esto le hizo percibir la profesión de arquitecto como muy atractiva, íntima y pública. Esta vinculación y la de sus hermanos creció cuando se mudaron a la casa que su padre proyecto en Ramón y Cajal, ya que la proximidad del

estudio situado tres plantas más arriba propiciaba un hogar dividido con nuevas posibilidades y variedad de relaciones antes no posibles.

Sin embargo, su decisión de ser arquitecto la tomó poco antes de acabar bachiller. El origen de este pensamiento y deseo de dedicarse a la arquitectura cree que comenzó, muy despacio y casi sin darse cuenta, con la aproximación al trabajo real de su padre, en las visitas de obra y sus tardes en el estudio. Una profesión que permitía estar dibujando en el papel o en las paredes, al niño de aquel entonces le debió parecer la mejor de todas. Por ello el dibujo es muy importante para él, está vinculado al conocimiento.

Los años pasaban y cada vez era él quien más tardes de sábado pasaba en el estudio y sus hermanos cada vez menos. El hecho de estar solo los dos les obligó a aproximarse, aunque su padre nunca insinuó la posibilidad de que él fuera arquitecto. Esto llevó a visitas cruzadas de un extremo al otro de estudio. Ahí descubrió todo lo que implicaba la arquitectura, la variedad de cualidades de un color, la materialidad, la importancia de un milímetro, la importancia de las cosas "buenas", bien hechas, de calidad.

Poco a poco, desde que decidió ser arquitecto y comenzó sus estudios en la ETSA de Madrid, su padre requería su opinión sobre su trabajo e insistió en las visitas a obra. En aquellos años notó la influencia de los viajes, como el que realizó a Finlandia, para ver la obra de arquitectos como Alvar Aalto, el entusiasmo enorme por la perfección técnica de la arquitectura Americana, admirando a Mies y I.M.Peí.

[3] [4] [5] [6]

En los últimos años de estudiante tuvo implicación directa en algunos trabajos de su padre, aunque él no quería implicarlo en el trabajo cotidiano del estudio, así que con él discutía los aspectos más atractivos de sus proyectos.

Con el fin de la carrera llegó la tercera remodelación del estudio, aunque implícitamente no había duda de que esas obras preparaban su llegada, convertían el estudio en algo más similar a un taller de trabajo, a una cooperativa. Un único espacio continuo donde se veía el mar desde el fondo del estudio y solo dos áreas reservadas, el despacho y una sala de juntas. Allí es donde aprendió lo cotidiano del trabajo, la importancia del tiempo y su lentitud.

A la edad de 28 años realizó su primera obra, una casa para su hermano, una casa con invernadero en Lomahermosa. A partir de este periodo, trabaja solo o asociado con Alfredo Payá o Lola Alonso hasta 2001, cuando el estudio de Javier García-Solera presenta una estructura formada por cuatro arquitectos: Javier García-Solera, Lola Pérez Payá, Ernesto Arenas y Pilar Fructoso; dos aparejadores: Adrián Algarra y Leofrida Bonete y una administrativa Clemen Ruiz. Además, desde 1999 es profesor de la ETSA de Alicante.

En todos sus proyectos realizados se ve reflejada su idea de modernismo y la importancia del detalle constructivo, valores que toma de su padre. Además de la importancia del entorno, de cómo asentarse en él y fundirse, desapareciendo en ocasiones la barrera exterior-interior.

Cabe destacar la obtención de diferentes premios de arquitectura:

- Premio COACV años 1987, 1992/93, 1996, 1999/00, 2001/02, 2005/06
- Premio EUROPAN 1988
- Premio Camuñas jóvenes arquitectos 1996
- Premio CEOE de arquitectura 2002
- Premio COAIB-M 2002/03
- Premio de la bienal de vivienda de la Comunitat Valenciana 2006
- Premio a la vivienda social de la X Bienal de Arquitectura Española
- Premio Ciudad de Palma 2010
- Propuesto para el Premio Nacional de Arquitectura por su edificio Aulario III en 2001
- Propuesto en 2014 para el Premio Nacional de Arquitectura a la trayectoria profesional

2.2. RECORRIDO SOBRE SUS OBRAS



Ilustración 2. Casa con invernadero[15]

CASA CON INVERNADERO EN LOMAHERMOSA, ALICANTE 1986-1987 [1]

Esta es la primera obra realizada por Javier García-Solera, un encargo de su hermano, en la que se encuentra con una parcela vacía y la petición de una casa “para vivir bajo los árboles”. A partir de esta premisa decide que el invernadero organizara y estructurara la vivienda, consiguiendo con esto una mayor riqueza visual. El acabado es duro y áspero por el hormigón, lo que contrasta con la naturaleza que le rodea, sin embargo, el interior es más suave por los materiales seleccionados.



Ilustración 3. Oficinas diputación Alicante[16]

OFICINAS DIPUTACIÓN DE ALICANTE 1985-1992- 1994[1]

Esta propuesta fue presentada a concurso y ganadora del primer premio, contó con la colaboración de Alfredo Payá. Las condiciones del solar no eran las más propicias, ya que el solar tenía una estrecha fachada, además de estar orientada a oeste. Por ello se evitó tomar luz de poniente, aprovechando para ello el reflejo de la luz del sur. Además de la intención de poder ver los jardines incluso desde el fondo de la parcela.



Ilustración 4. Instituto Bernabeu[17]

INSTITUTO BERNABEU, ALICANTE 1992-1994[1]

El diseño de este edificio se enfrentaba con el hecho de estar rodeado de viviendas unifamiliares de pequeña escala, teniendo que encajar un gran volumen en ese entorno. La solución adoptaba se basa en la disolución de formas, la continuidad de espacios y la ligereza.



Ilustración 5. Edificio Germán Benácer[18]

EDIFICIO GERMÁN BENÁCER, ALICANTE 1994-1996 [2]

Este edificio empotrado en el terreno para entrelazarse mejor con el entorno, tiene forma de U, cerrando ésta a través de un puente, creando así un patio interior permeable en al menos seis puntos. La relación del edificio con este patio interior se realiza a través de una fachada interior de vidrio y lamas pivotantes de madera. Mientras que la fachada exterior se cierra al ruido y al ajetreo de la vía.



Ilustración 6. Muelle y café, Puerto de Alicante[19]

MUELLE Y CAFÉ EN EL PUERTO DE ALICANTE 1998-1999-2000 [1]

El mueble se construye de manera asimétrica, cumpliendo su función y convirtiéndose en un nuevo espacio público. Sobre él se posa con la mínima altura posible, para conservar la idea de horizonte que encontramos en el mar, una construcción que vuela sobre el mar, con un espacio de terraza cubierto. Este volumen se diseña para una construcción en seco de madera y metal, haciendo apología a la industria naval.



Ilustración 7. IVI[20]

INSTITUTO VALENCIANO DE INFERTILIDAD, VALENCIA 1998-2002 [2]

Este instituto contaba con unas condiciones de partida difíciles, el solar tenía un tamaño reducido y la normativa de retranqueo de tres metros cada dos plantas. Se necesitaba crear intimidad en un entorno difícil. Para ello, se crea un patio de entrada de tipo inglés ajardinado, al igual que un patio interior transparente, con la intención de conseguir un espacio inteligible. Los acabados interiores se realizan con dos materiales principales el aluminio y la madera.



Ilustración 8. Edificio Gesem[21]

EDIFICIO GESEM, ELCHE 1999-2002[1] [2]

Pese a encontrarse en un solar rectangular, las oficinas Gesem eluden la geometría de éste y se dispone en volúmenes rectangulares a la cota del suelo y bajo él. Se dispone junto a una rotonda de intensa circulación, por ello mediante los patios y las aberturas protegidas, se relaciona con el exterior.

Los materiales empleados en la construcción del interior y el exterior son los mismos, para crear un ambiente neutro y placentero.



Ilustración 9. Centro tecnología química[22]

CENTRO DE TECNOLOGÍA QUÍMICA, ALICANTE 1999 [1]

Se trata de una gran edificación situada en una amplia zona verde. Se proyecta con la finalidad de disminuir su presencia, se divide en dos partes, a la vez que se empotra en el terreno y utiliza geometrías curvas para evadir las aristas. Al estar orientado Norte-Sur le ofrece la posibilidad de grandes aberturas y transparencias, lo que hace que la actividad del interior sea visible desde el exterior.

RESTAURANTE MONASTRELL, ALICANTE 1999-2000 [2]



Ilustración 10. Restaurante Monastrell[23]

En este pequeño espacio se encuentra una solución limpia de espacios, encuentros y acabados, la arquitectura no debe ser la que tenga aquí el protagonismo sino la vida que se realiza en ella, esto se consigue a través de la combinación de madera, piedra natural y aluminio.

Simulando un cofre, una robusta plancha metálica protege de la ruidosa calle, siendo solo permitida la conexión interior-exterior gracias a la parte de acristalamiento que permite una visión diagonal.

EDIFICIO AULARIO 3, ALICANTE 1999-2000 [1]



Ilustración 11. Edificio Aulario 3[24]

La idea principal de este proyecto es la disolución entre el exterior y el interior, para ello se crea un espacio intermedio que permite darle continuidad al espacio. La edificación se cierra a las zonas de aparcamiento y de las vías rodadas, abriéndose a Norte-Sur y sobre sí misma.

Al aprovechar un pilotaje existente, se crea una estructura de muros y losas, además este edificio tenía un bajo presupuesto y debía ser proyectado en seis semanas y construido en seis meses. Por ello se opta por una fácil puesta en obra, la mayoría de los elementos venían resueltos del taller.

EDIFICIO CITTIB, PALMA DE MALLORCA 2000-2002-2003 [1] [2]



Ilustración 12. Edificio CITTIB[25]

En este centro encontramos dos cuerpos contruidos, uno que se alimenta de la altura permitida y otro sobre la extensión de la parcela, jugando con las vistas cruzadas y la sección. Aunque se trata de una arquitectura contemporánea está basado en la arquitectura tradicional, con elementos como patios, muros, celosías, vuelos, agua, vegetación y vidrio.

El edificio se cierra al exterior, y aprovecha sus propios patios para ganar privacidad y aislamiento, a la vez que capta la luz y crea relaciones visuales entre diferentes zonas.

ESCUELA OFICIAL DE IDIOMAS, ELCHE 2001-2004 [2]



Ilustración 13. Escuela oficial de idiomas[26]

La construcción se orienta hacia un huerto de palmeras de nueva creación abriendo hacia él todas las dependencias para así captar la luz, vistas y tranquilidad. Cuando la apertura hacia esta zona no es posible, la solución tomada es la toma de luz a través de patios compartidos.

La sección toma mucha importancia ya que permite la ventilación cruzada, relaciones visuales y privacidad. El gran patio, la vegetación, los materiales empleados y los acabados hacen que esta arquitectura pública con un gran uso conviva con la sensación amable de vivir.

CASA DE LA JUVENTUD, VILLAJOYOSA, ALICANTE 2001-2004 [2]

Este proyecto, realizado en colaboración con Lola Alonso, gira en torno a un patio interior transparente, que junto con una apropiada ubicación del núcleo de comunicación y los aseos hacen que el interior sea fluido, uniforme y cambiante pudiendo así ser utilizado de diferentes maneras. El patio da la posibilidad de tener relaciones visuales cruzadas y comunicación diagonal.

Los materiales empleados para la rehabilitación de la envolvente son un revestimiento rústico de revoco de yeso y pintura, sin embargo, en el interior encontramos vidrios, mamparas de tablero estratificado, pizarras y corchos, metales y materiales ligeros.

VIVIENDAS TUTELADAS, SAN VICENTE DEL RASPEIG 2003-2005 [2]

Aunque el encargo dictaba un edificio de seis plantas junto a un solar que sería zona verde, el proyecto comienza cambiando esta premisa. Estos dos proyectos se unen convirtiéndose en un proyecto de parque que asciende hacia el norte, hacia la pinada de fondo sobre el que se proyecta una construcción apaisada, totalmente horizontal, que alberga las viviendas privadas y las zonas colectivas.

La baja altura del proyecto le permite fundirse en la vegetación que le rodea, disolviéndose lo público y lo privado.



Ilustración 14. Casa de la juventud[27]



Ilustración 15. Viviendas tuteladas[28]

CAFÉ DEL PUERTO, ALICANTE 2004-2006 [2]

Este edificio debía ocupar el lugar en el que antes se encontraba la Comandancia de Marina y el parking que allí había. Se plantea una edificación muy ligera ya que: la losa sobre la que se debía asentar el edificio estaba diseñada para una sobrecarga muy pequeña, no se quería entorpecer las visuales y las embarcaciones y el mar estaban muy cercanas.

Para ello se diseña una envolvente en forma de U que hace que el suelo se convierta en muro de cerramiento y éste a su vez pase a ser la cubierta, todo continuo en un mismo material, dejando los laterales libres, que con ayuda de acristalamiento cierran el espacio. Además, la edificación está elevada respecto del suelo para dar sensación de ingravidez y mayor ligereza.



Ilustración 16. Café del puerto[29]

EDIFICIO BENIGAR, VISTAHERMOSA, ALICANTE 2004-2006 [2]

En esta propuesta destaca la gran horizontalidad de la planta superior acompañada de un gran voladizo. Pretende asentarse en el suelo, explorar bajo el y en la planta superior buscar el paisaje. Por ello la planta intermedia ocupa poco espacio, y así conectando la planta sótano y la superior.

La planta sótano está construida con muros de hormigón, tabiquería pesada y pavimentos de piedra. En contraste con la primera planta, mucho más ligera que tan solo apoya en cuatro puntos en la que se utiliza estructura metálica y sistemas ligeros de tabiquería.



Ilustración 17. Edificio Benigar[30]



Ilustración 18. Centro de interpretación[31]

CENTRO DE INTERPRETACIÓN, ELCHE 2004-2007[2]

La edificación se plantea como un edificio de poca altura, con una estructura ligera metálica y precisa, sobre un ligero podio que bordea los restos de la antigua muralla de la ciudad preexistente.

Este es un pabellón que acoge una exposición arqueológica, además de una zona de recepción y acogida de visitantes acompañado de una construcción auxiliar, en la que encontramos los servicios y una zona de sombra.



Ilustración 19. Viviendas tuteladas[32]

VIVIENDAS TUTELADAS, BENIDORM, ALICANTE 2004-2005-2008 [2]

Estas viviendas son presentadas a dos concursos, la propuesta de dos torres una para ancianos y la otra para jóvenes, situadas a ambos lados de la calle y rodeadas de espacios libres. Pese a ser proyectadas como un todo solo ganan uno de los dos concursos.

El proyecto pretende potenciar la relación entre los vecinos. Por ello, en la planta baja y en la primera encontramos usos comunes, en la tercera planta existe una gran terraza y que actúa como mirador.

El material empleado tanto en el cerramiento como en la estructura es el hormigón, complementado con detalles metálicos para controlar la incidencia solar.

ESTACIÓN DE TRAM MERCADO, ALICANTE 2005-2007 [2]

En la plaza del mercado donde antiguamente había una estación de tranvía ahora se vuelve a proyectar, pero veintitrés metros bajo tierra para evitar los colectores y los aparcamientos subterráneos.

El interior destaca por tener una superficie continua que recorre suelo, techo y paredes de un negro continuo. Por ello los diferentes ambientes de vestíbulo, auditorio y andenes se diferencian gracias al falso techo. Por otra parte, los elementos interiores que más desgaste van a tener se proyectan en metal inoxidable de gran espesor para una mayor duración



Ilustración 20. Estación de tram mercado[33]

ESTACIÓN DE TRAM LUCEROS, ALICANTE 2006-2010 [34]

Esta estación de tram tiene cuatro accesos por lo que se relaciona perfectamente con el tráfico peatonal. Además, dispone de un quinto acceso que sería el ascensor situado en la plaza. Para un mayor confort se da especial importancia a la iluminación con múltiples entradas de luz natural. En la planta de trenes, encontramos un único andén central que propicia la movilidad de los viajeros.



Ilustración 21. Estación de tram luceros[34]



Ilustración 22. Edificio QUORUM [35]

EDIFICIO QUORUM, UNIVERSIDAD DE ELCHE 2006-2010 [13]

El edificio Quorum forma parte de la Universidad de Elche siendo un espacio de reunión, encuentro y comunicación entre la universidad y externos.

La forma arquitectónica pretende tener una gran funcionalidad, a la vez que llama la atención visualmente por esos grandes voladizos. La estructura además destaca por una ejecución precisa gracias a los materiales. Las aberturas hacia el exterior las encontramos en las fachadas orientadas a este y oeste, protegidas por una celosía vertical de aluminio anodizado.

En el interior encontramos acabados de maderas y laminados que ajustan perfectamente y dan sensación de ligereza. Complementados con suelos continuos de madera y techos de fibras naturales para una buena acústica.

3. USO DEL VOLADIZO EN LA ARQUITECTURA

El término voladizo, también conocido como “ménsula”, se refiere a un tipo de viga apoyada en solo uno de sus extremos mediante un empotramiento, por ello los voladizos suelen ser prolongaciones de vigas continuas con varios apoyos.

El uso del voladizo en la arquitectura no es una técnica nueva, se encuentran repetidamente en la construcción mayormente de puentes, y también en la arquitectura. Frank Lloyd Wright ya en el año 1936 usó voladizos para la construcción de la Casa de la Cascada, en Pensilvania, Estados Unidos. Hoy en día esta vivienda es uno de los referentes de la arquitectura y una de sus obras más conocidas. Los cimientos de la casa son las rocas que rodean el lugar, gran parte de esta vivienda se encuentra en voladizo, pese a que los ingenieros no confiaron en que la estructura aguantase, por lo que se colocaron unas piezas metálicas que sostienen en voladizo. Pese a aumentar la cantidad de acero en la estructura, en los años 90 se observa un deflexión de hasta 20 cm, por lo que en el año 2001 se realizan trabajos de postensado, muy costosos, para reparar la estructura. [7]



Ilustración 23. Casa de la Cascada[36]

Un ejemplo más contemporáneo del uso del voladizo es el “Centro de cine Busan” en Corea de Sur del estudio austriaco Coop Himmelb(l)au, terminado en el año 2012, ganador del Premio Internacional de Arquitectura y que posee el record Guinness por tener el “techo voladizo más largo” del mundo.

El proyecto considera la cubierta como elemento arquitectónico, la idea es pasar de un espacio abierto a otro cerrado sin darse cuenta, el lado inferior del gran voladizo que cubre la plaza pública se proyectó como una nube ondulante que rompe con las líneas más bien rectas de la ciudad.

Para la estructura de este gran voladizo se elige acero sin recubrir de hormigón, ya que éste incrementaría el peso de la estructura en exceso sin poder contribuir prácticamente a los esfuerzos de tracción a los que cada pieza está sometida. Para lograr cubrir una superficie de 60×120 metros con una luz libre de 85 metros, se recurrió a una estructura tridimensional de vigas de acero que forman una serie de cerchas conectadas entre ellas y a su vez al pilar que les da soporte de forma continua.

[8] [9]



Ilustración 24. Centro de cine Busan [37]

4. OBRA

[13]

El edificio QUORUM es una obra del arquitecto Javier García Solera en colaboración con Lola Pérez Payá, Ernesto Martínez Arenas y Pilar Fructoso Vera. La estructura fue calculada por David Gallardo profesor de la Universitat Politècnica de València.



Ilustración 25. Vista exterior Edificio Quorum. [38]

4.1. DOCUMENTACIÓN GENERAL DE LA OBRA

4.1.1.EMPLAZAMIENTO

El edificio se encuentra dentro del parque científico empresarial en el campus de Elche de la Universidad Miguel Hernández. Elche es una ciudad situada en la provincia de Alicante en la comarca del Bajo Vinalopó, siendo la tercera ciudad más poblada de la Comunidad Valenciana, ubicada en la costa mediterránea. Está asentada sobre una llanura y es atravesada por el Río Vinalopó.

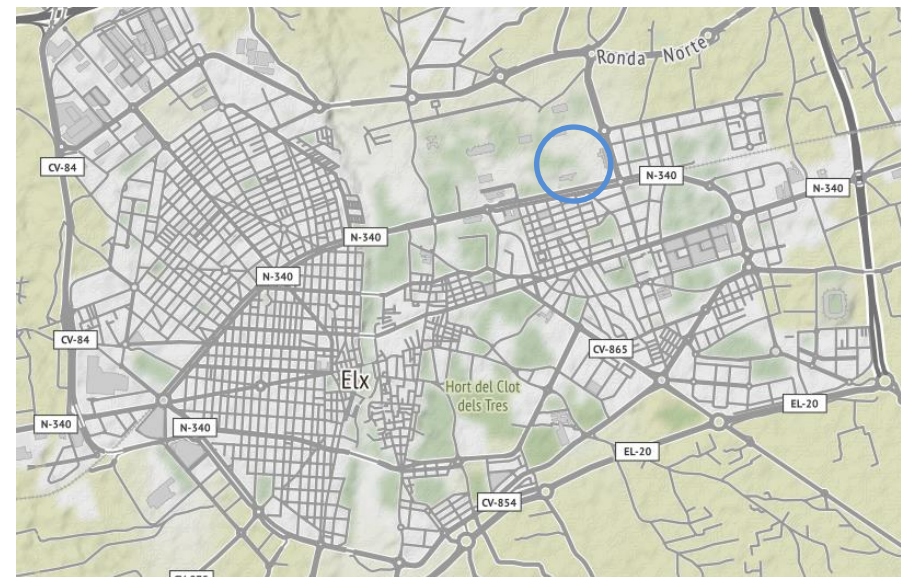


Ilustración 26. Plano situación.

4.1.2.PLANTAS

En el edificio se hallan tres plantas funcionales, la planta baja y dos superiores. En la planta baja se sitúa la recepción del edificio, con una cafetería situada en la zona Sur, la banda de comunicación vertical repetida en todas las plantas que la constituyen, dos escaleras situadas al Norte y Sur y un ascensor en esta última. Esta banda de comunicaciones separa la franja este donde hay una sala diáfana de exposiciones y una de conferencias.

En la primera planta donde aparece el mismo núcleo de comunicaciones se localizan en la parte oeste diferentes despachos y salas de reuniones. Por el contrario en la segunda y última planta al Este de la banda de comunicaciones, se encuentran cinco espacios donde impartir clases.

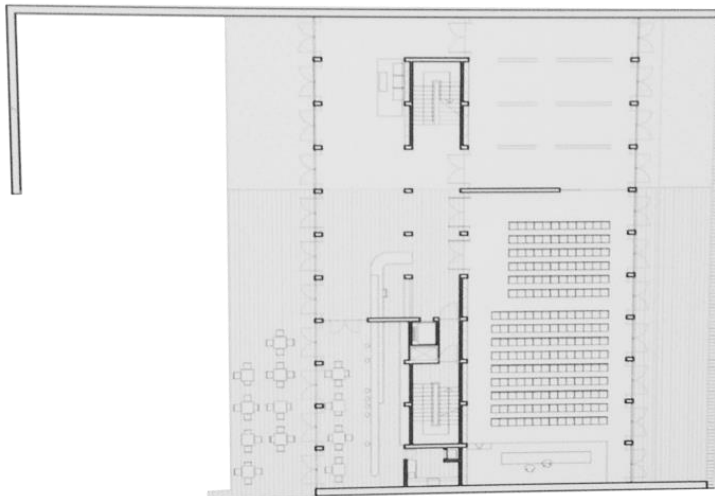


Ilustración 27. Plano planta baja. [13]

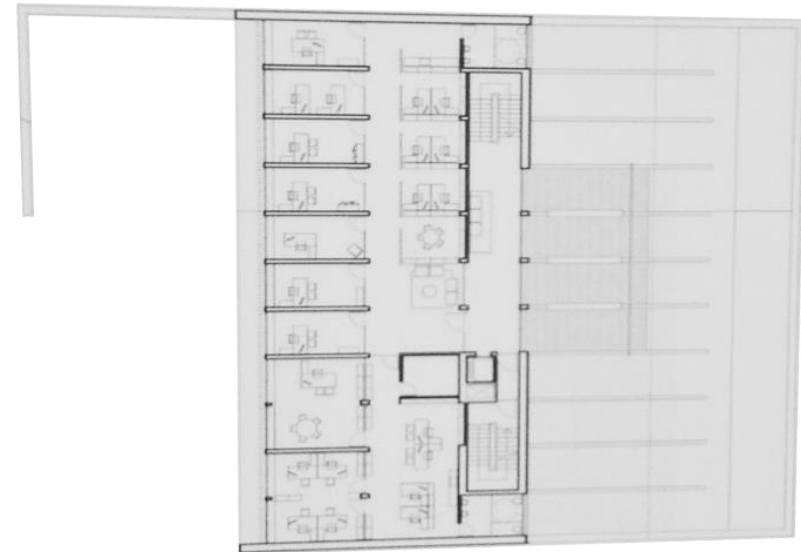


Ilustración 28. Plano planta primera. [13]

El conjunto ocupa una superficie rectangular en planta de 33,55m de longitud y una anchura variable según la planta. En la planta baja la anchura es de 25,75 m, en la primera planta de 16,80 m y en la segunda planta de 15,55m. El edificio cuenta por lo tanto con tres plantas sobre rasante y un sótano enterrado, junto con un forjado sanitario que amplía el forjado de suelo de planta baja.

4.1.3.ALZADOS Y SECCIÓN

Los alzados norte y sur se caracterizan por ser dos muros de hormigón armado totalmente opacos, que sirven para sustentar el edificio, además de evidenciar los voladizos que caracterizan la estructura. En cambio los alzados este y oeste se abren al exterior, pero se protegen retranqueando los ventanales y protegiéndolos además de la luz solar con una celosía vertical de tubos de aluminio anodizado.

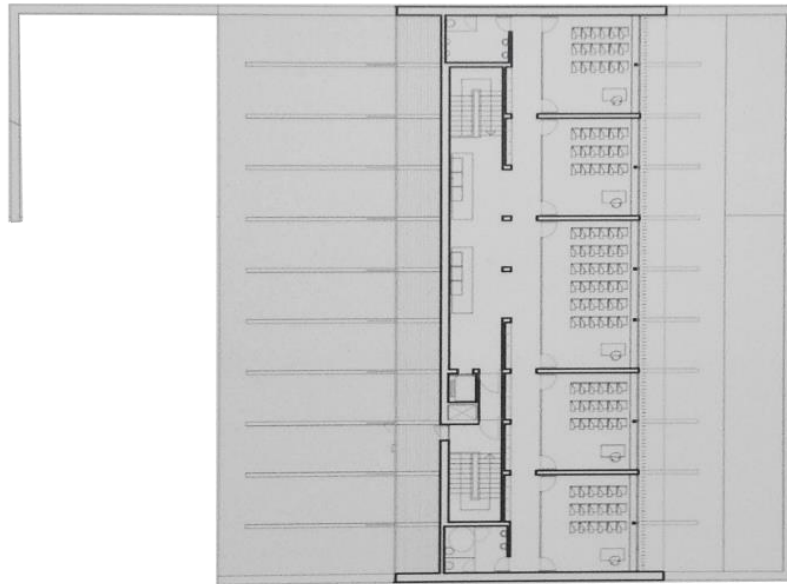


Ilustración 29. Plano segunda planta. [13]



Ilustración 30. Detalle fachada de muros y Celosía. [39]

La sección es lo que más identifica el edificio entendiéndose como un edificio prismático de tres plantas sobre rasante, que deslizándose en dirección transversal entre sí, configuran grandes vuelos a cada fachada de 7m y 9m. Todas las plantas tienen la

misma longitud, cada planta desliza en sentido transversal limitado este movimiento por los muros testeros. Las comunicaciones verticales se concentran en una banda central más estrecha.

4.2. DEFINICIÓN DEL SISTEMA ESTRUCTURAL

El sistema estructural del edificio se conoce con gran precisión, ya que el arquitecto ha proporcionado la información, teniendo planos, secciones, detalles e información del proyecto real de la estructura

4.2.1. CIMENTACIÓN

Para el comienzo del proyecto se realizó un estudio geotécnico mediante el sistema de "Sondeos a rotación" que dio como resultados una cota de cimentación estimada de menos tres metros, en un estrato de arenas limosas y tramos de arcillas algo arenosas. Presenta un nivel freático aparente, con una tensión admisible de $0,2 \text{ N/mm}^2$, y el peso específico del terreno es de 20 kN/mm^3 , un ángulo de rozamiento interno de 31° , el coeficiente de permeabilidad es igual a 100 kPa , un módulo de deformación de 25 MN/m^2 y una clase de exposición IIa.

La cimentación del edificio se resuelve con zapatas continuas bajo muros y aisladas bajo pilares, realizadas con hormigón armado sobre una capa de hormigón de limpieza. Las zapatas aisladas se unirán con correas embebidas en el terreno, como se puede ver en la ilustración 31. Sobre estas zapatas encontramos pilares de hormigón armado hasta la planta baja de $40 \times 30 \text{ cm}$ y $30 \times 30 \text{ cm}$ como detalla la ilustración 45. Estos soportes tienen una distancia entre ellos de 5.8, 3.6, 5.5, 3.5 y 5.5 metros y una distancia entre crujías de 3 metros.

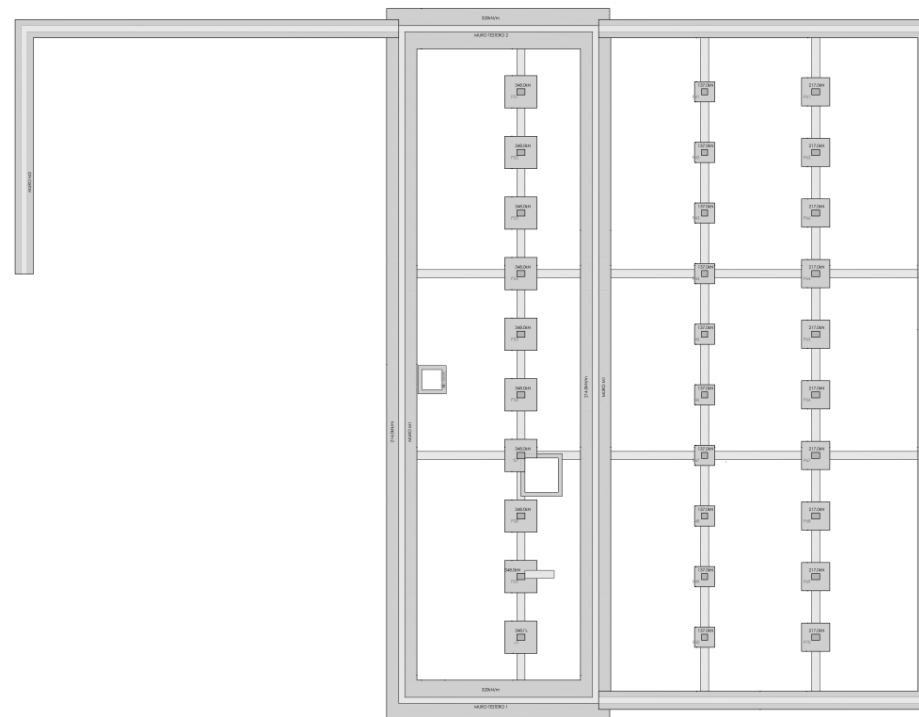


Ilustración 31. Planta cimentación. [13]

4.2.2. FORJADO PLANTA BAJA

El forjado de planta baja es un forjado unidireccional de vigas de hormigón armado, viguetas prefabricadas de hormigón armado y bovedillas de hormigón.

Todas las plantas sobre rasante tienen una estructura portante a base de pórticos planos realizados con perfiles de acero laminado.

En esta planta el forjado apoya sobre algunos de los muros de sótano y sobre vigas como se ve en la ilustración 33, hay tres tipos de vigas, la viga H1 de 40x30 cm, la H2 de 60x30 cm y la H3 de 50x30cm.

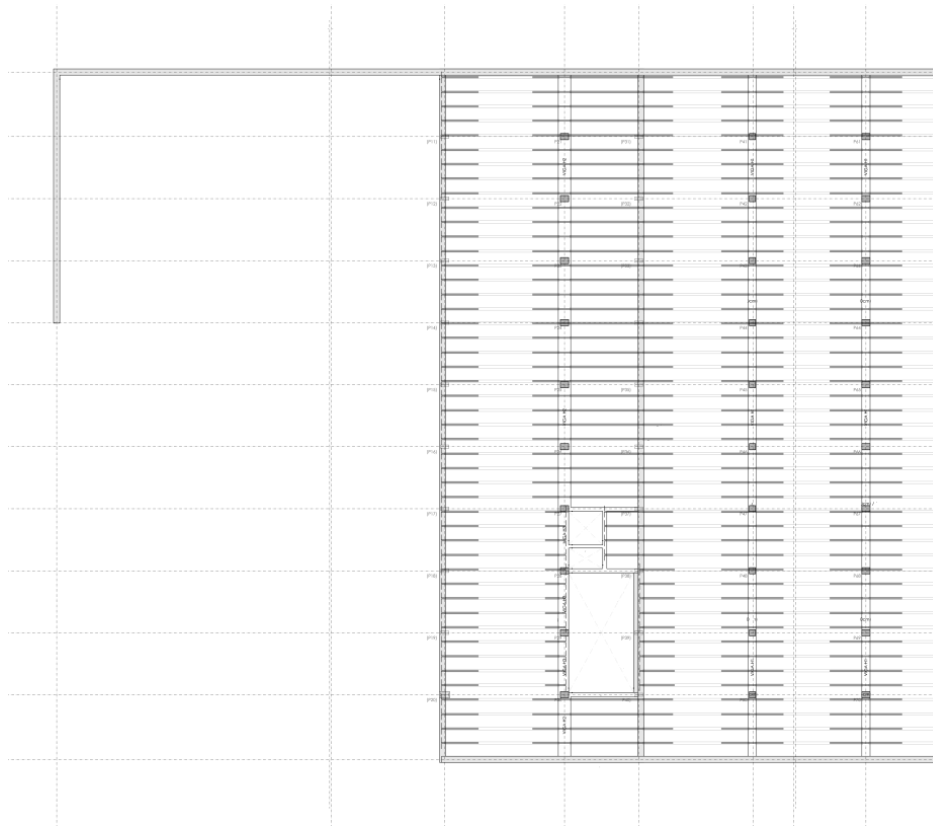
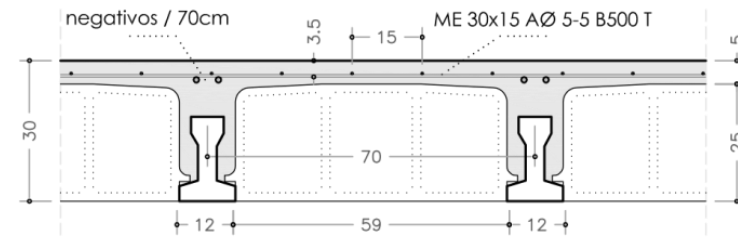


Ilustración 32. Forjado de planta baja. [13]



FORJADO UNIDIRECCIONAL VIGUETA SIMPLE 25+5
mallazo ME 30x15 AØ 5-5 B500 T
 $M_d(+) = 54.67 \text{ kNm/m}$
 $V_d = 58.91 \text{ kN/m}$

Ilustración 33. Sección forjado planta baja[13]

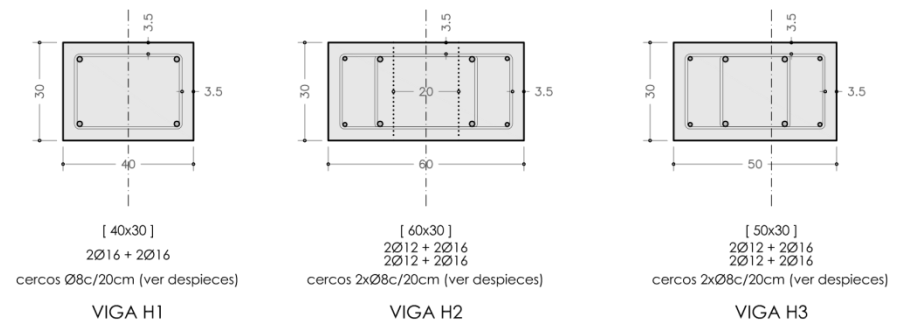


Ilustración 34. Detalle vigas planta baja. [13]

4.2.3.FORJADO PLANTA PRIMERA

En este forjado se encuentran dos tipos, el primero un forjado de chapa de acero galvanizado y losa de hormigón de 14cm de espesor total, que corresponde a las zonas del forjado de piso, correspondiente a la parte destacada en color azul y las zonas de cubierta que se resuelven con la misma chapa de acero galvanizado y un tablero fenólico de 20mm, que en la ilustración 36 encontramos destacado de color verde.

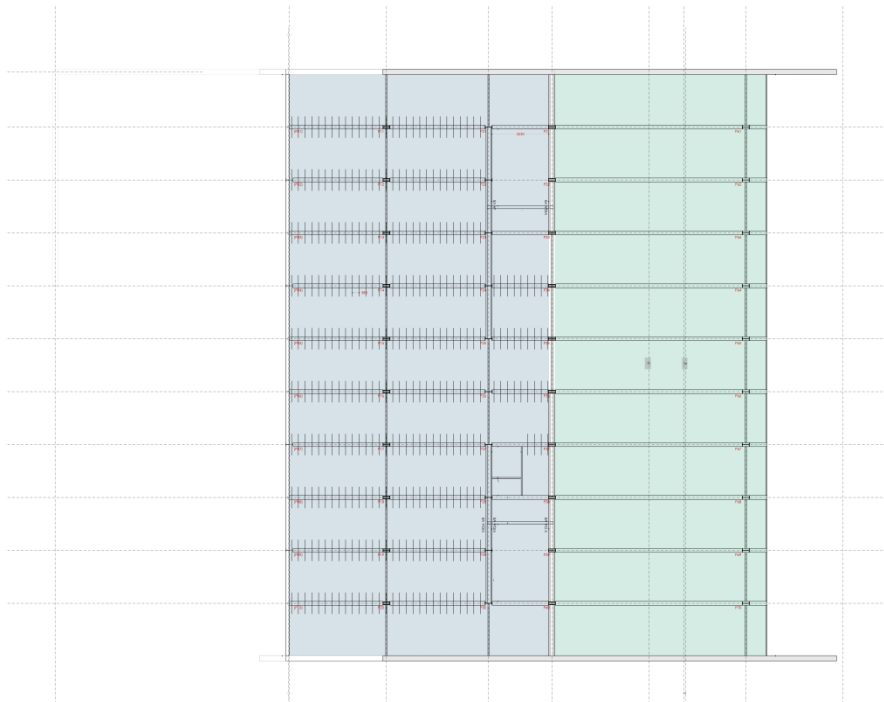


Ilustración 35. Forjado planta primera. [13]

4.2.4.FORJADO PLANTA SEGUNDA

En el forjado de la planta segunda se localizan los dos mismos tipos de forjado que en la anterior planta, diferenciados con los mismos colores, azul para la zona de piso y verde para la zona de cubierta en la ilustración 36.

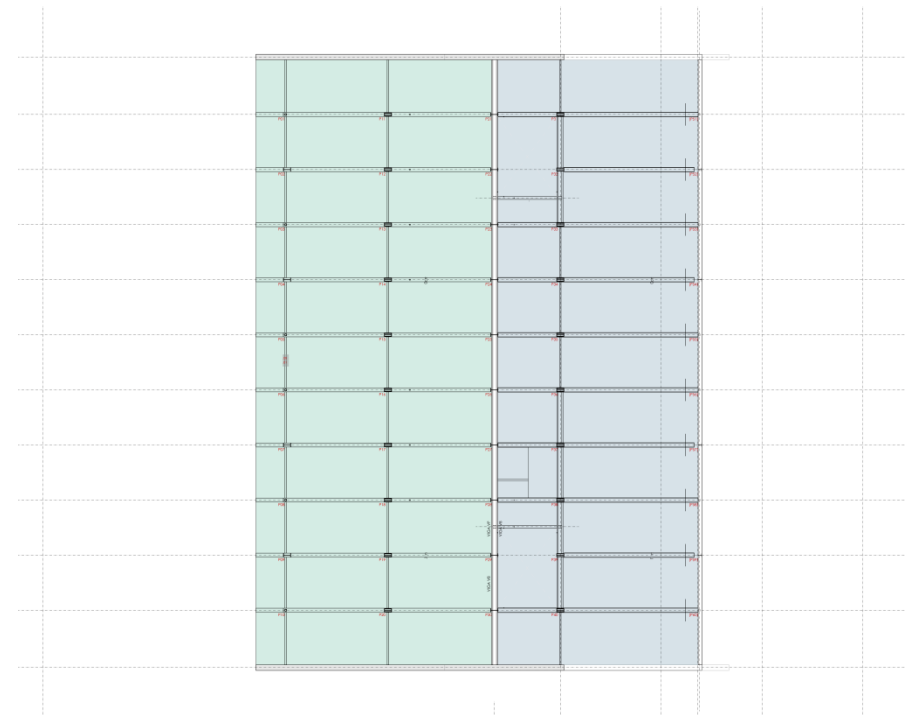


Ilustración 36. Forjado planta segunda. [13]

Estos forjados descansan sobre diferentes tipos de vigas, según el pórtico al que como se ve en la ilustración (42, 43 y 44). Estos tipos de vigas, cuyo detalle se halla en la ilustración 37, se puede ver que algunas se tratan de perfiles según CTE y otros a

los que se le han añadido chapas para reforzarlos, como sería por ejemplo el caso de la viga tipo V4, u otros en los que se utiliza la mitad de un perfil y se le añade uno completo como sería el caso de la viga V1.

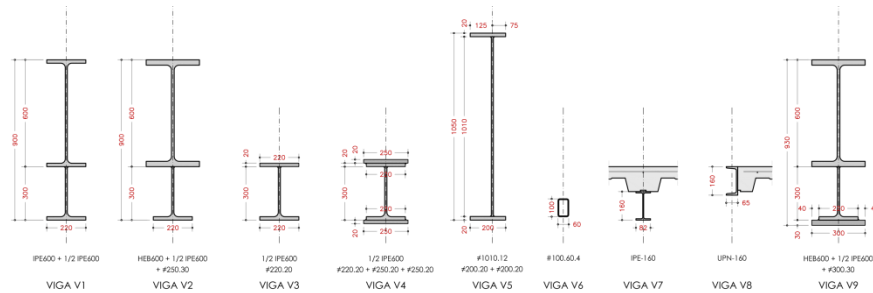


Ilustración 37. Selección de vigas. [13]

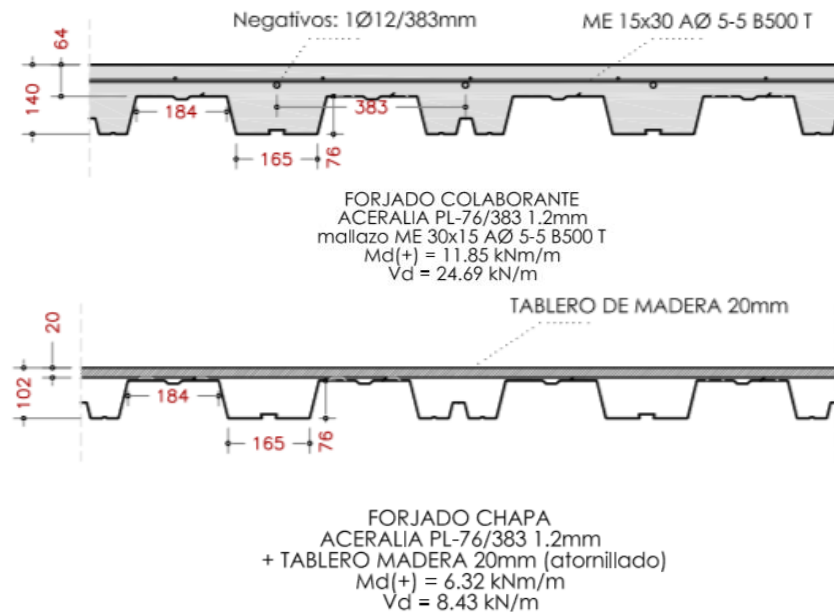


Ilustración 38. Sección tipo forjados plantas superiores. [13]

4.2.5.FORJADO CUBIERTA

En el forjado de planta de cubierta tan solo hay un tipo de forjado ya que no hay zona de piso, en la ilustración 39 se representa con el color verde. Siendo otra vez de chapa de acero galvanizado y un tablero fenólico de 20mm

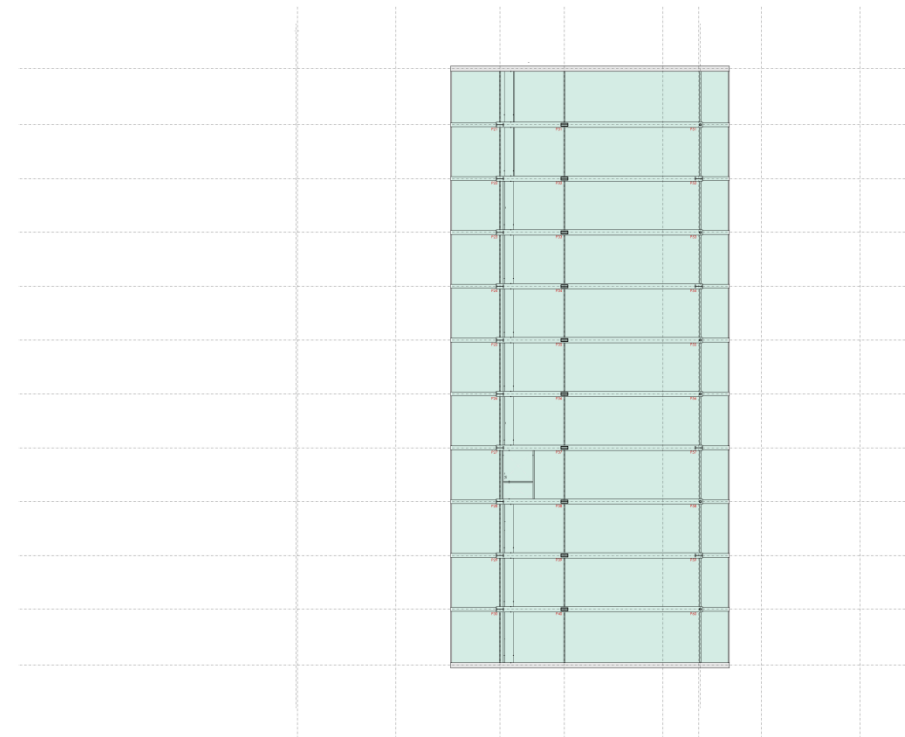


Ilustración 39. Forjado planta cubierta. [13]

4.2.6.MUROS

Los dos muros testeros representan a la perfección la sección del edificio. Están contruidos en hormigón armado con una sección de 30 cm, apoyan sobre zapatas corridas en diferentes niveles, y tienen refuerzos en el armado de los voladizos como se ve en las ilustraciones 40 y 41.

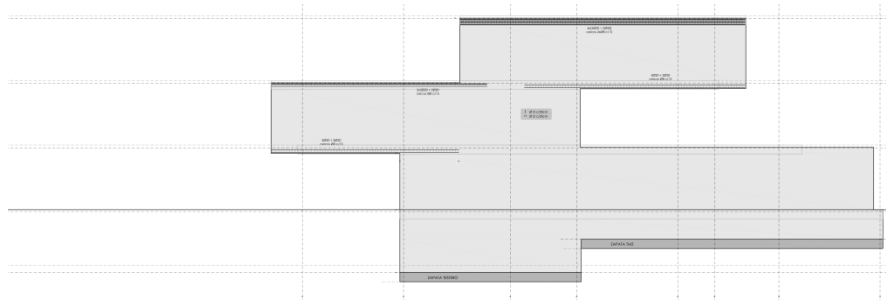


Ilustración 40.Muro testero 1. [13]

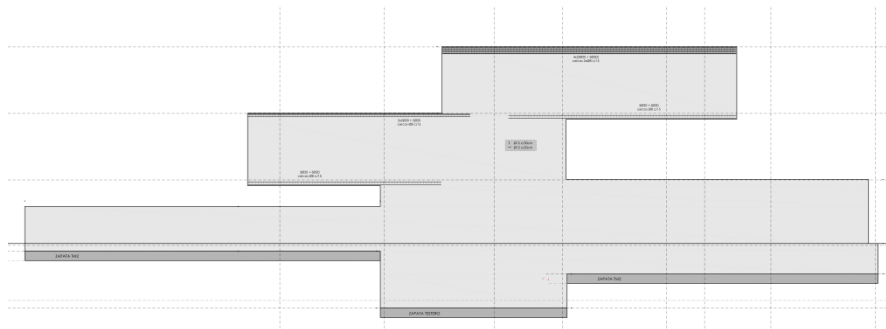


Ilustración 41. Muro testero 2. [13]

4.2.7.SECCIÓN

Al analizar los pórticos se diferencian tres tipos diferentes, en los que se puede observar las diferentes alineaciones de las vigas y sus posiciones. Las diferentes alturas de éstas se solucionan alineándolas por la zona inferior y dejando el desnivel en la zona superior. Además, se puede ver la posición de las zapatas.

Por otra parte, se puede advertir la presencia de rigidizadores en los voladizos. Se diferencian de dos tipos: en posición diagonal tenemos cables de 50 mm de diámetro destacados en las ilustraciones 42, 43 y 44 de color verde, y rigidizadores verticales en los extremos de voladizo enfatizados con color verde en las ilustraciones, que además podemos ver el detalle en la ilustración 45, en las que podemos observar que se utilizan perfiles 2UPN 100 (en color verde) y HEB 400(en color azul).

Por último, los pilares utilizados en la estructura para formar los pórticos planos de acero laminado que la componen se resumen en el siguiente cuadro de soportes en la ilustración 46.

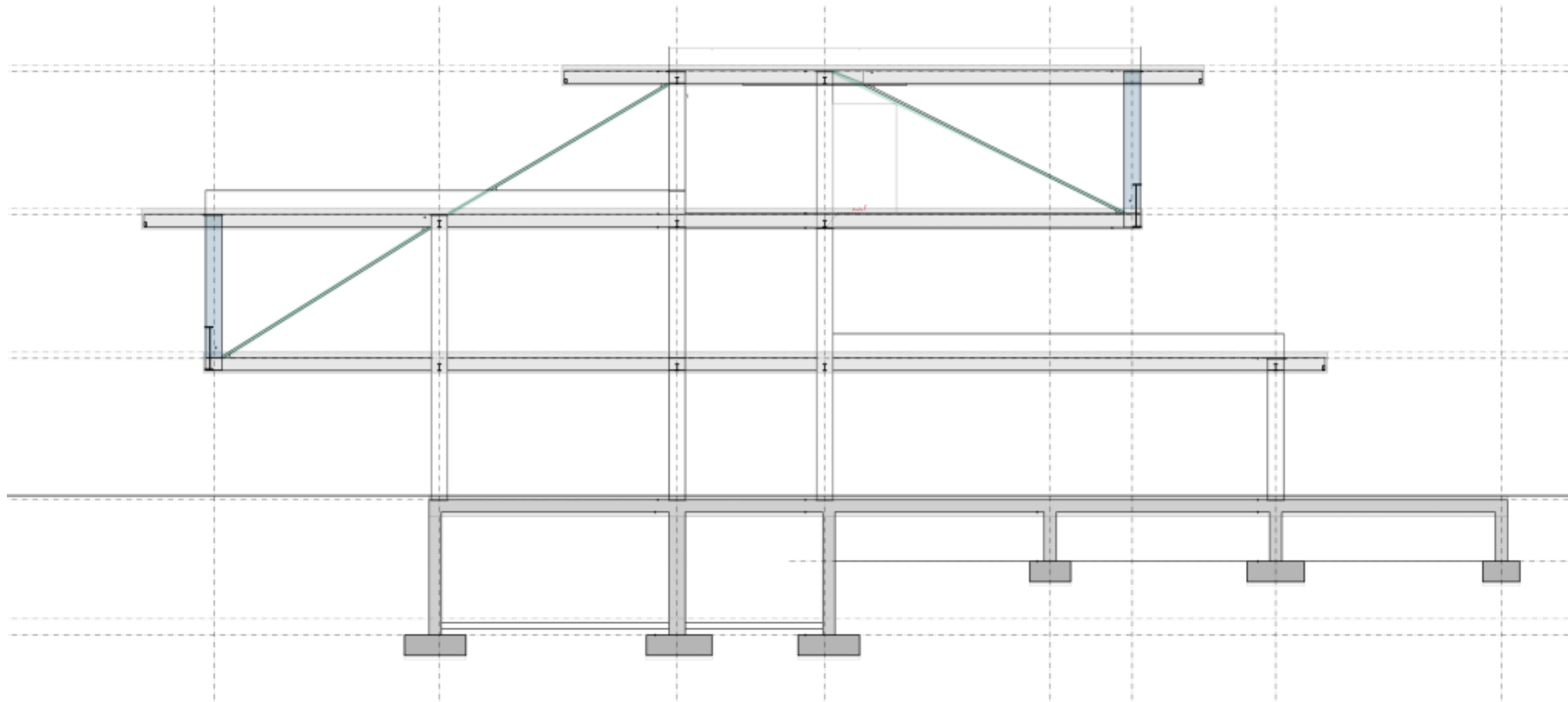


Ilustración 42. Pórtico 1. [13]

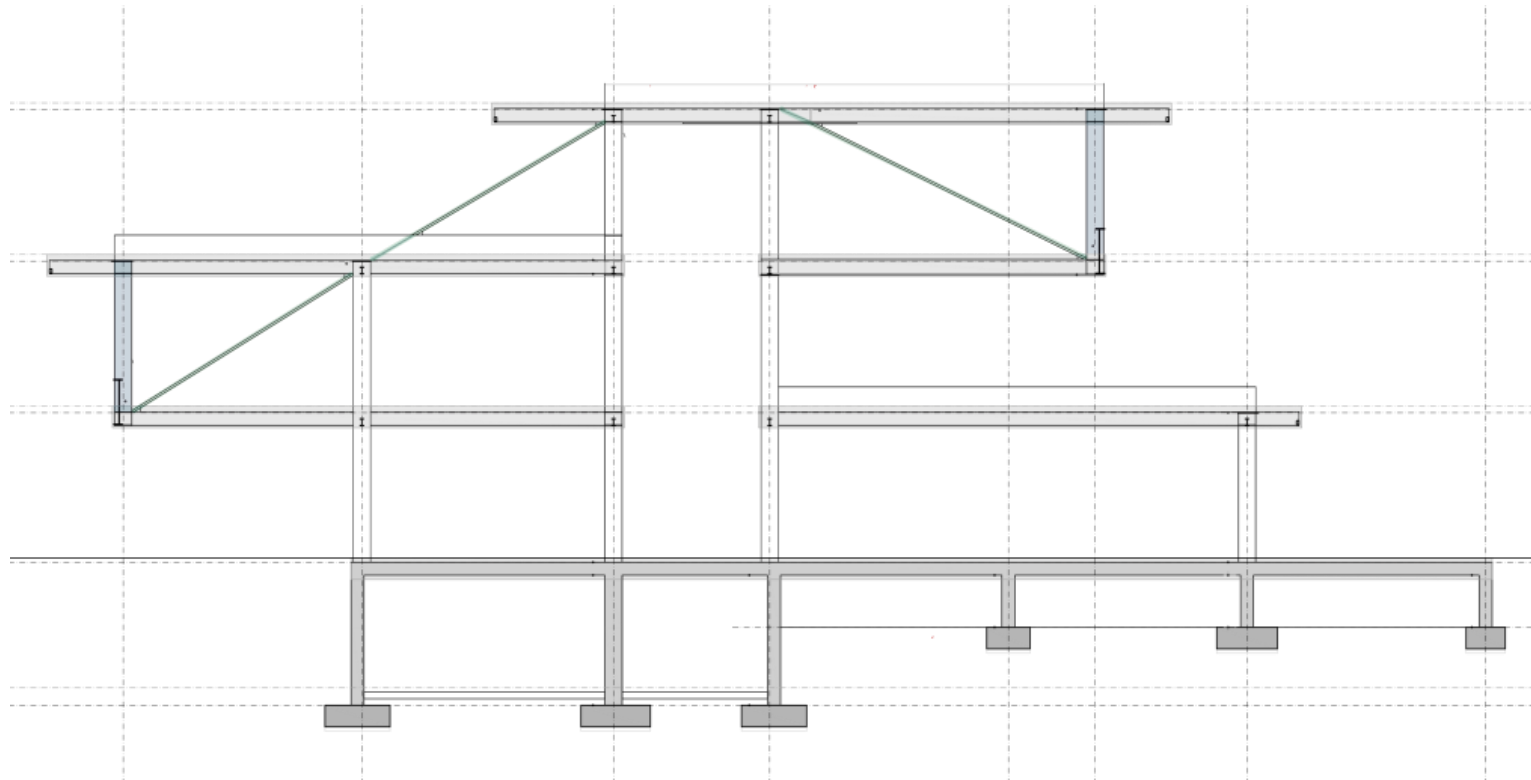


Ilustración 43. Pórtico 2. [13]

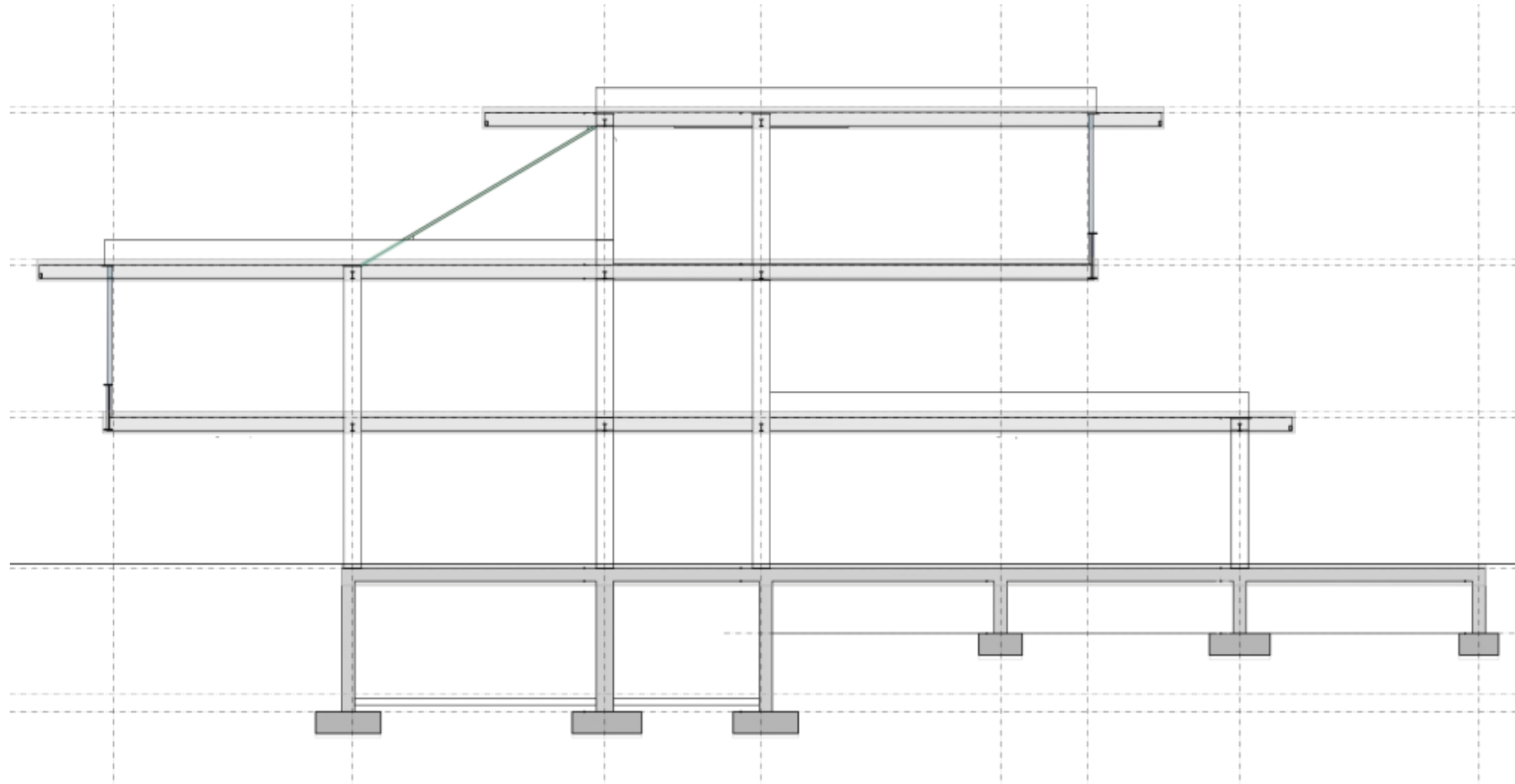


Ilustración 44. Pórtico 3. [13]

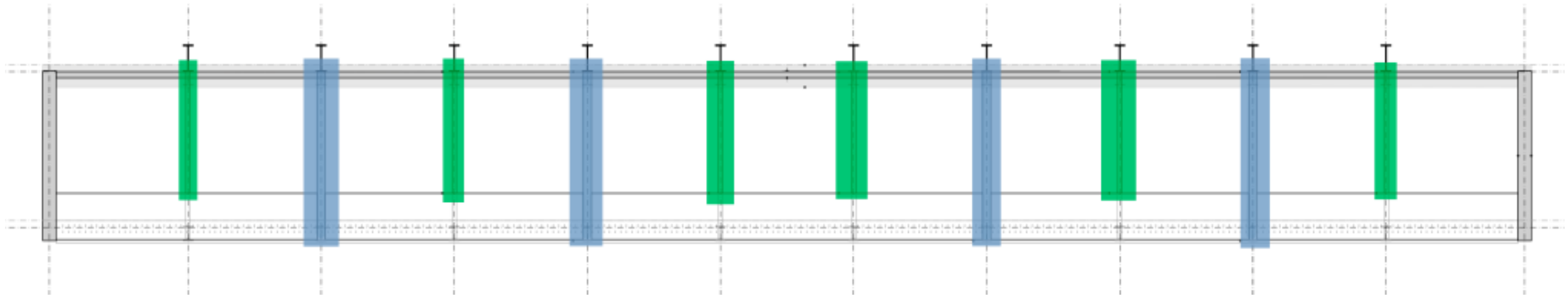


Ilustración 45. Rigidizadores antepecho. [13]

	EJE 01	EJE 01	EJE 02	EJE 03	EJE 04	EJE 05	EJE 06	EJE 06	EJE 07
	P01 P03 P05 P06 P08 P10	P02 P04 P07 P09	P11-P20	P21-P30	P31-P40	P41-P50	P51 P53 P55 P56 P58 P60	P52 P54 P57 P59	P61-P70
SEGUNDA [+2 / +3]				 CABEZA #480.180.15 IPE-400 H = 3465mm (+6.87m)	 CABEZA #430.210.15 IPE-400 #373.20 + #373.20 H = 3445mm (+6.89m)		 CABEZA #255.140.15 IPE-400 H = 2735mm (+7.60m)	 CABEZA #480.180.15 IPE-400 H = 3805mm (+6.53m)	
PRIMERA [+1 / +2]	 CABEZA #255.140.15 IPE-400 H = 2716mm (+4.12m)	 CABEZA #480.180.15 IPE-400 H = 3755mm (+3.05m)		 CABEZA #430.210.15 IPE-400 #373.20 + #373.20 BASE #430.210.15 H = 6635mm (0.10m)	 CABEZA #430.210.15 IPE-400 #373.20 + #373.20 BASE #430.210.15 H = 4615mm (0.10m)				
BAJA [0 / +1]				 CABEZA #480.180.15 IPE-400 BASE #430.210.15 H = 3435mm (0.10m)					 CABEZA #480.180.15 IPE-400 BASE #430.210.15 H = 3435mm (0.10m)
SOTANO [1 / 0]			MURO M1	 MURO M1 40x30 4016x2012 cercos Ø8x20cm H = 3000mm (-3.40m)	MURO M1	 MURO M1 30x30 4012 cercos Ø8x20cm H = 1200mm (-1.40m)			 MURO M1 40x30 4012 cercos Ø8x20cm H = 1200mm (-1.40m)

Ilustración 46. Tabla soportes. [13]

5. MODELIZACIÓN DEL EDIFICIO

El análisis estructural del edificio Quorum se ha realizado a través del programa Architrave[®][11]. Primero, se ha utilizado Architrave[11][®] Diseño, que junto con AutoCad[12] ha servido para modelizar la estructura, teniendo en cuenta las limitaciones, lo más próximas posible al modelo real proporcionado por el arquitecto. Más adelante se comentaran algunas de las modificaciones que se le ha realizado a la estructura para poder modelizarla.

Por último, el cálculo de la estructura se realiza a través de Architrave[®][11] Calculo, donde se importa un fichero realizado en AutoCad[12], con toda la modelización donde cada barra y elemento tiene asignados un material y sección, además de asignadas las cargas. En este programa se analiza, se dimensiona y se obtienen resultados de la estructura.

En las siguientes ilustraciones (47 y 48) podemos ver el aspecto general de la estructura bastante similar al real, además teniendo en cuenta sólo los elementos lineales, se puede comparar la estructura de pórticos planos metálicos según la modelización (Ilustración 49) y la estructura real (Ilustración 50).

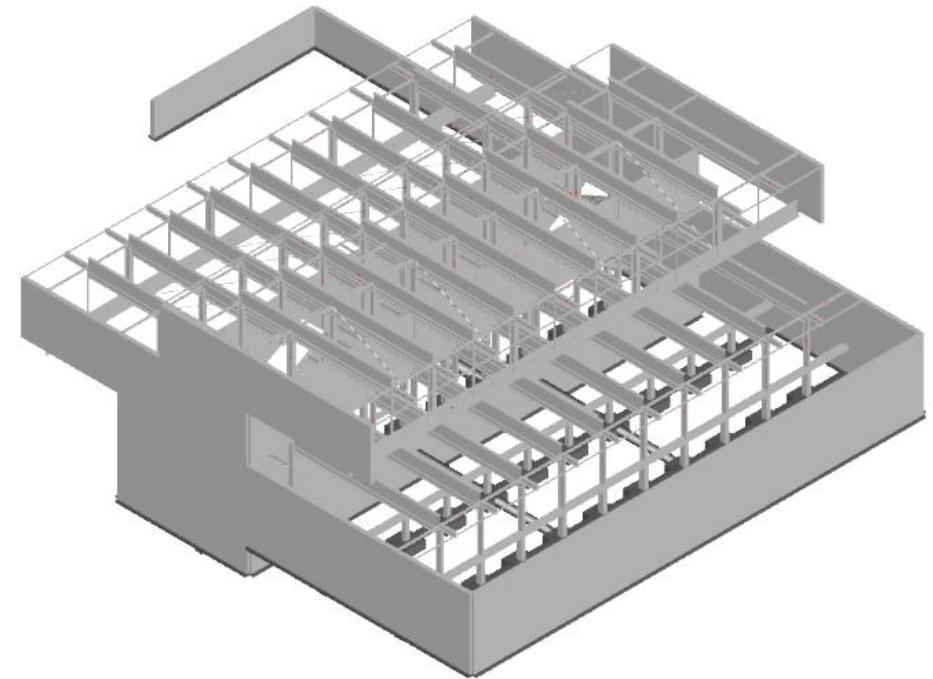


Ilustración 47. Isométrica alzado Este

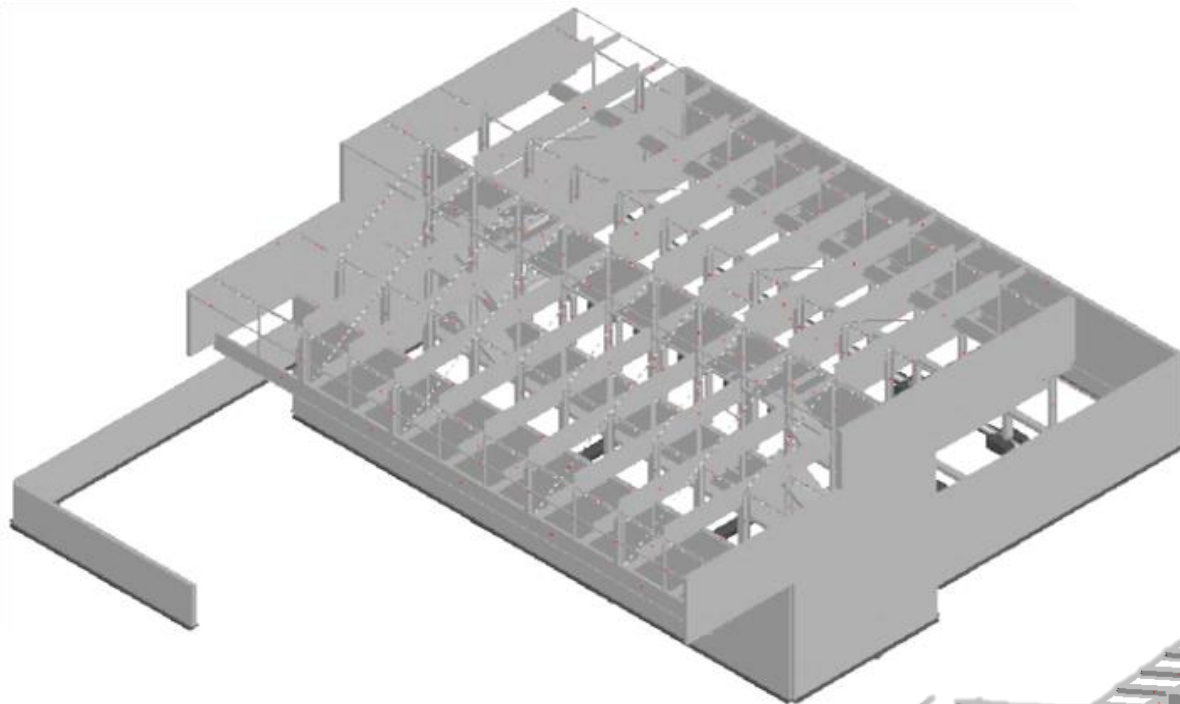


Ilustración 48. Isométrica alzado Oeste

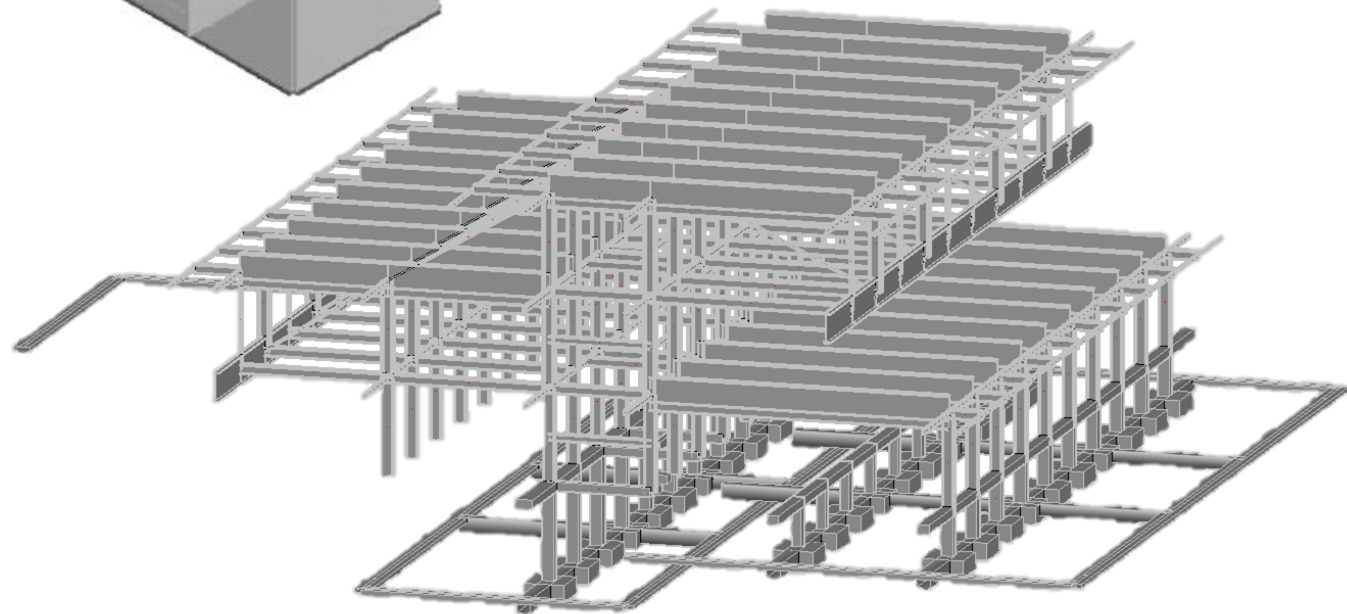


Ilustración 49. Modelización pórticos metálicos.



Ilustración 50. Estructura pórticos metálicos en la obra. [13]

En la siguiente ilustración 51 se puede observar el descuelgue de las vigas en el voladizo, esto se debe a que las hemos alineado con las vigas en la otra dirección, y el programa las dibuja sobre el eje de inercia, comparando con la ejecución real de la estructura que encontramos en la ilustración 52 podemos ver la diferencia.

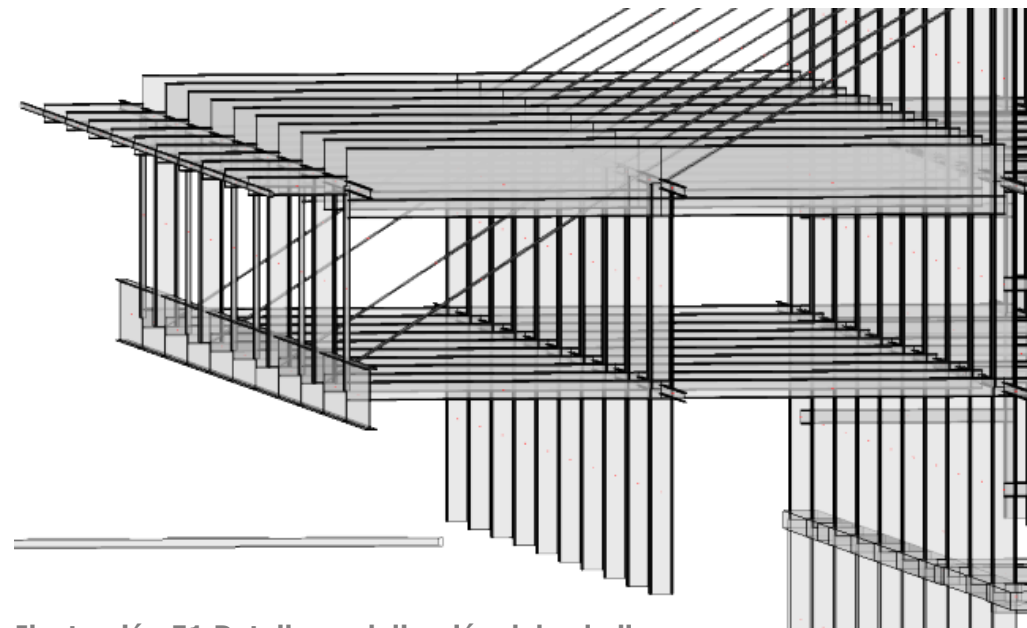


Ilustración 51. Detalle modelización del voladizo.

6. EVALUACIÓN DE CARGAS

Una vez realizada la modelización del edificio se procede a la evaluación de cargas en la estructura. Para ello se toma como norma el Código Técnico de la Edificación (CTE) [10], en concreto en el Documento Básico. Seguridad Estructural. Acciones en la Edificación (DB_SE_AE).

6.1. ACCIONES PERMANENTES

Dentro de las acciones permanentes que actúan sobre la estructura encontramos el peso propio de los elementos constructivos, el programa de cálculo Architrave® [11] incluye este valor en el cálculo, en función del material y las dimensiones que hemos asignado.

Sin embargo, por la simplificación que se realiza sobre de algunos de los elementos constructivos como por ejemplo los forjados, y basándonos en la información aportada por el arquitecto sobre esta obra, se obtienen las cargas de los diferentes forjados.

Forjado unidireccional (25+5)x70cm	1.25 kN/m ²
Forjado chapa grecada colaborante (H=140mm)	2.45 kN/m ²
Forjado chapa grecada + tablero (H=102mm)	0.4 kN/m ²
Cubierta	1.75 kN/m ²
Falso techo + instalaciones	0.5 kN/m ²
Solado	1.25 kN/m ²
Tabiquería (Zona ofi.)	1 kN/m ²
Tabiquería (Zona circulaciones)	0 kN/m ²

6.2. ACCIONES VARIABLES

6.2.1. SOBRECARGA DE USO

De acuerdo con el DB-SE AE del CTE[10], la sobrecarga de uso para la zona de oficinas y aulas será de 3 kN/m², y para la zona de circulación será de 5 kN/m². Para la cubierta la sobrecarga de uso será en todos los casos 1 kN/m². Valores obtenidos de la tabla 3.1 adjuntada en la ilustración 52.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso	Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1 Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2 Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas		2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1 Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2 Zonas con asientos fijos	4	4
		C3 Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4 Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5 Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1 Locales comerciales	5	4
		D2 Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)		2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾		1	2
		G1 ⁽⁷⁾ Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾⁽⁶⁾	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1 ⁽⁷⁾ Cubiertas ligeras sobre correas (sin torzado) ⁽⁴⁾	0,4 ⁽⁵⁾	1
		G2 Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Ilustración 52. Sobrecarga de uso. [10]

6.2.2.SOBRECARGA DE NIEVE

Según el CTE DB-SE AE:

La distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre una cubierta, depende del clima del lugar, del tipo de precipitación, del relieve del entorno, de la forma del edificio o de la cubierta, de los efectos del viento, y de los intercambios térmicos en los paramentos exteriores.

Como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:

$$q_n = \mu \cdot s \cdot k$$

Siendo:

μ coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3

s el valor característico de la carga de nieve sobre un terreno horizontal según 3.5.2

En nuestro caso μ será igual a la unidad ya que la cubierta es plana y s tendrá el valor de 0,2 que se obtiene de la tabla 3.8. de CTE. Por lo que el valor de la sobrecarga será de 0,2 KN/m².

6.2.3.CARGA HORIZONTAL DE VIENTO

La acción del viento es una fuerza que ejerce una fuerza perpendicular a la superficie que puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$$

El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa eólico de la figura D.1 del CTE (Ilustración 53) y obteniendo la presión dinámica a través de la siguiente fórmula $q_b = 0.5 \cdot \delta \cdot v_b^2$. Así mismo la presión dinámica es, respectivamente de 0,42 kN/m² 2 0,45 kN/m² y 0,52 kN/m² para las zonas A, B y C de dicho mapa. Por lo que en este caso será de 0,45 KN/m².



Ilustración 53. Mapa Valor básico velocidad del viento. [10]

El coeficiente de exposición tiene en cuenta los efectos de las turbulencias originadas por el relieve y la topografía del terreno. Su valor se puede tomar de la tabla 3.4 del CTE (ilustración 54), siendo la altura del punto considerado la medida respecto a la rasante media de la fachada a barlovento.

Tabla 3.4. Valores del coeficiente de exposición c_e

Grado de aspereza del entorno	Altura del punto considerado (m)							
	3	6	9	12	15	18	24	30
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	2,2	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	2,1	2,5	2,7	2,9	3,0	3,1	3,3	3,5
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	1,6	2,0	2,3	2,5	2,6	2,7	2,9	3,1
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	1,3	1,4	1,7	1,9	2,1	2,2	2,4	2,6
V Centro de negocio de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	1,2	1,2	1,2	1,4	1,5	1,6	1,9	2,0

Ilustración 54. Coeficiente de exposición. [10]

Para el cálculo del coeficiente eólico se adoptan los de la tabla 3.5 (Ilustración 55).

Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos

	Esbeltéz en el plano paralelo al viento					
	< 0,25	0,50	0,75	1,00	1,25	≥ 5,00
Coefficiente eólico de presión, c_p	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,8
Coefficiente eólico de succión, c_s	-0,3	-0,4	-0,4	-0,5	-0,6	-0,7

Ilustración 55. Coeficiente eólico. [10]

Tomando valores intermedios de estas tablas según la altura considerada obtenemos para la dirección Sur-Norte:

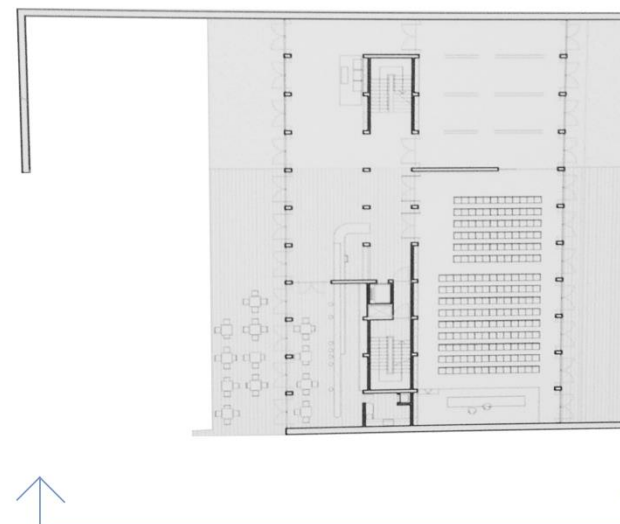


Ilustración 56. Esquema dirección viento sur-norte w1.

$$q_{e,0,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,32 \cdot 0,7 = 0,4158 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,0,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,32 \cdot -0,35 = 0,208 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,1,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,5 \cdot 0,7 = 0,4725 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,1,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,5 \cdot -0,35 = 0,263 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,2,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,8 \cdot 0,7 = 0,575 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,2,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,8 \cdot -0,35 = 0,283 \text{ KN/m}^2$$

6.3. COMBINACIÓN DE ACCIONES

Tomando valores intermedios de estas tablas según la altura considerada obtenemos para la dirección Oeste-Este:

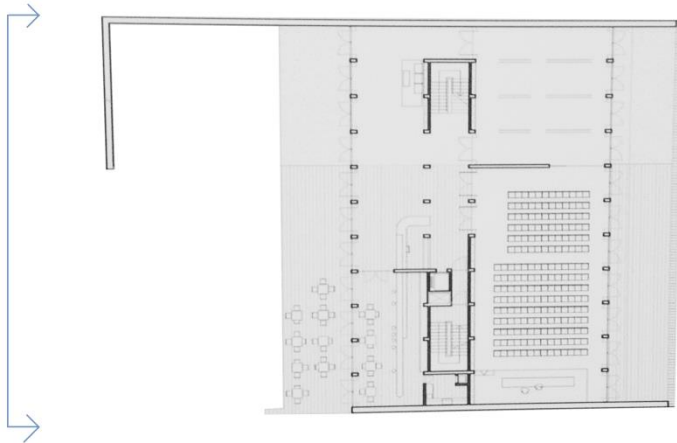


Ilustración 57. Esquema dirección viento oeste-este w2.

$$q_{e,0,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,32 \cdot 0,7 = 0,4158 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,0,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,32 \cdot -0,328 = 0,195 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,1,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,5 \cdot 0,7 = 0,4725 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,1,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,5 \cdot -0,328 = 0,221 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,2,p} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,8 \cdot 0,7 = 0,575 \text{ KN/m}^2$$

$$q_{e,2,s} = q_b \cdot c_e \cdot c_p = 0,45 \cdot 1,8 \cdot -0,328 = 0,265 \text{ KN/m}^2$$

La combinación de cargas la realiza el programa Architrave® [11] una vez asignados los valores de ponderación de las acciones obtenidos, de acuerdo a lo establecido en el Código Técnico de la Edificación (CTE), según el DBSE apartado 4.

Los Estados Límites Últimos según el apartado 3.2.1 del CTE, son los que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas. Para la combinación de las acciones se seguirá el punto 4.2.2. del CTE.

Los coeficientes parciales de seguridad y de simultaneidad se obtendrán de las tablas 4.1 del CTE (ilustración 58) y 4.2 del CTE (ilustración 59) respectivamente del código técnico.

4.2.2 Combinación de acciones

- 1 El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación persistente o transitoria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.3)$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- a) todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- b) una acción variable cualquiera, en valor de cálculo ($\gamma_Q \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
- c) el resto de las acciones variables, en valor de cálculo de combinación ($\gamma_Q \cdot \psi_0 \cdot Q_k$).

Los valores de los coeficientes de seguridad, γ , se establecen en la tabla 4.1 para cada tipo de acción, atendiendo para comprobaciones de resistencia a si su efecto es desfavorable o favorable, considerada globalmente.

Para comprobaciones de estabilidad, se diferenciará, aun dentro de la misma acción, la parte favorable (la estabilizadora), de la desfavorable (la desestabilizadora).

Los valores de los coeficientes de simultaneidad, ψ , se establecen en la tabla 4.2

- 2 El valor de cálculo de los efectos de las acciones correspondiente a una situación extraordinaria, se determina mediante combinaciones de acciones a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_P \cdot P + A_d + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.4)$$

es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor de cálculo ($\gamma_G \cdot G_k$), incluido el pretensado ($\gamma_P \cdot P$);
- una acción accidental cualquiera, en valor de cálculo (A_d), debiendo analizarse sucesivamente con cada una de ellas.
- una acción variable, en valor de cálculo frecuente ($\gamma_Q \cdot \psi_1 \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal, una tras otra sucesivamente en distintos análisis con cada acción accidental considerada.
- El resto de las acciones variables, en valor de cálculo casi permanente ($\gamma_Q \cdot \psi_2 \cdot Q_k$).

En situación extraordinaria, todos los coeficientes de seguridad ($\gamma_G, \gamma_P, \gamma_Q$), son iguales a cero si su efecto es favorable, o a la unidad si es desfavorable, en los términos anteriores.

- 3 En los casos en los que la acción accidental sea la acción sísmica, todas las acciones variables concomitantes se tendrán en cuenta con su valor casi permanente, según la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + A_d + \sum_{i > 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.5)$$

Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad (γ) para las acciones

Tipo de verificación ⁽¹⁾	Tipo de acción	Situación persistente o transitoria	
		desfavorable	favorable
Resistencia	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,35	0,80
	Empuje del terreno	1,35	0,70
	Presión del agua	1,20	0,90
	Variable	1,50	0
		desestabilizadora	estabilizadora
Estabilidad	Permanente		
	Peso propio, peso del terreno	1,10	0,90
	Empuje del terreno	1,35	0,80
	Presión del agua	1,05	0,95
	Variable	1,50	0

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

Ilustración 58. Coeficientes de seguridad. [10]

Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad (ψ)

	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Sobrecarga superficial de uso (Categorías según DB-SE-AE)			
• Zonas residenciales (Categoría A)	0,7	0,5	0,3
• Zonas administrativas (Categoría B)	0,7	0,5	0,3
• Zonas destinadas al público (Categoría C)	0,7	0,7	0,6
• Zonas comerciales (Categoría D)	0,7	0,7	0,6
• Zonas de tráfico y de aparcamiento de vehículos ligeros con un peso total inferior a 30 kN (Categoría E)	0,7	0,7	0,6
• Cubiertas transitables (Categoría F)		⁽¹⁾	
• Cubiertas accesibles únicamente para mantenimiento (Categoría G)	0	0	0
Nieve			
• para altitudes > 1000 m	0,7	0,5	0,2
• para altitudes ≤ 1000 m	0,5	0,2	0
Viento	0,6	0,5	0
Temperatura	0,6	0,5	0
Acciones variables del terreno	0,7	0,7	0,7

⁽¹⁾ En las cubiertas transitables, se adoptarán los valores correspondientes al uso desde el que se accede.

Ilustración 59. Coeficientes de simultaneidad. [10]

Quedando las siguientes combinaciones:

ELU 01: Todo cargado

H01	H02	H03	H04
1.35	1.5	0	0

ELU 02: Dominante Uso

H01	H02	H03	H04
1.35	1.5	1.05	0.9

ELU 03: Dominante Nieve

H01	H02	H03	H04
1.35	1.05	1.5	0.9

ELU 04: Dominante Viento w1

H01	H02	H03	H04
1.35	1.05	1.05	±1.5

ELU 05: Dominante Viento w2

H01	H02	H03	H04
1.35	1.05	1.05	±1.5

Los Estados Límites Servicio según el apartado 3.2.2, son los que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios. Para la combinación de las acciones se seguirá el punto 4.3.2.

4.3.2 Combinación de acciones

- Para cada situación de dimensionado y criterio considerado, los efectos de las acciones se determinarán a partir de la correspondiente combinación de acciones e influencias simultáneas, de acuerdo con los criterios que se establecen a continuación.
- Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar irreversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado característica, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.6)$$

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
 - una acción variable cualquiera, en valor característico (Q_k), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
 - el resto de las acciones variables, en valor de combinación ($\psi_0 \cdot Q_k$).
- Los efectos debidos a las acciones de corta duración que pueden resultar reversibles, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado frecuente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.7)$$

siendo

Es decir, considerando la actuación simultánea de:

- todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
 - una acción variable cualquiera, en valor frecuente ($\psi_1 \cdot Q_k$), debiendo adoptarse como tal una tras otra sucesivamente en distintos análisis;
 - el resto de las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 \cdot Q_k$).
- Los efectos debidos a las acciones de larga duración, se determinan mediante combinaciones de acciones, del tipo denominado casi permanente, a partir de la expresión

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + P + \sum_{i \geq 1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \quad (4.8)$$

siendo:

- todas las acciones permanentes, en valor característico (G_k);
- todas las acciones variables, en valor casi permanente ($\psi_2 \cdot Q_k$).

Quedando las siguientes combinaciones:

ELS 01: Todo cargado

H01	H02	H03	H04
1	1	0	0

ELS 02: Dominante Uso

H01	H02	H03	H04
1	1	0.5	0.6

ELS 03: Dominante Nieve

H01	H02	H03	H04
1	0.7	1	0.6

ELS 04: Dominante Viento w1

H01	H02	H03	H04
1	0.7	0.5	±1

ELS 05: Dominante Viento w2

H01	H02	H03	H04
1	0.7	0.5	±1

ELS 06: Frecuente Uso

H01	H02	H03	H04
1	0.5	0	0

ELS 07: Frecuente Nieve

H01	H02	H03	H04
1	0.3	0.2	0

ELS 08: Frecuente Viento w1

H01	H02	H03	H04
1	0.3	0	± 0.5

ELS 09: Frecuente Viento w2

H01	H02	H03	H04
1	0.3	0	± 0.5

ELS 10: Cuasi Permanente

H01	H02	H03	H04
1	0.3	0	0

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

En este apartado vamos a analizar los resultados de la puesta en carga del modelo dados por la herramienta de cálculo Architrave®[11]. Obteniéndose unas conclusiones del conjunto de la estructura según las cargas que soporta del peso propio, del uso y del viento.

Gracias a la aplicación obtendremos los valores de las tensiones, los momentos flectores, axiles y cortantes, y también la deformación que se produce.

Se analizará la estructura en sus diferentes plantas, en los muros y los soportes, y finalmente se realizará un análisis global del conjunto.

7.1. ANÁLISIS PLANTAS

Primero vamos a realizar el análisis de los esfuerzos en cada una de las plantas:

PLANTA BAJA

El análisis de los esfuerzo se ha llevado a cabo con la combinación ELU 02 siendo la carga dominante la de uso.

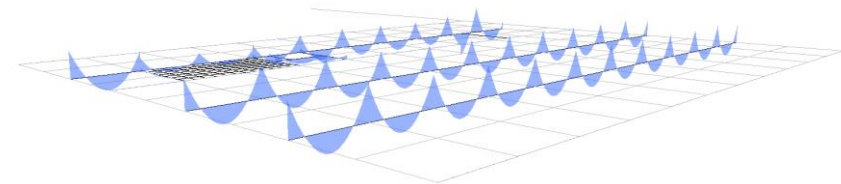


Ilustración 60. Gráfica momentos flectores Mz. Planta baja.

Primero se analizarán los momentos M_z sobre las vigas de la planta baja. Estas vigas son de hormigón de secciones 40x30 cm, 60x30 cm y 50x30cm, detalladas en el punto 3.2.2. Se puede observar un reparto de los momentos bastante regular rondando entre los 28 KNm en el centro de los vanos y los 59 KN/m en los apoyos.

Cabe destacar que el mayor momento flector se encuentra en las vigas donde apoya la segunda escalera, ya que ese nudo soporta más carga alcanzando un momento de 82.82 KNm en el apoyo, y 69.47 KNm en el centro de vano.

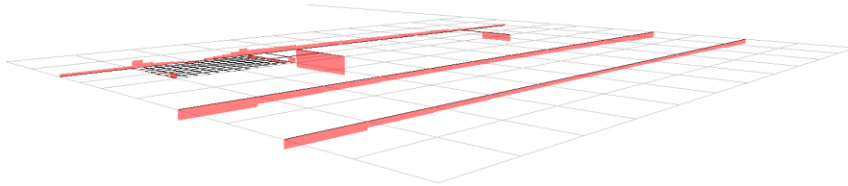


Ilustración 61. Gráfica axiles. Planta baja.

Por otra parte, se obtienen los esfuerzos axiales en los que se ve la justificación de los mayores momentos en los encuentros con la viga de escalera y el zuncho del hueco del ascensor, alcanzando en este último un valor de 45 KN el resto de valores se encuentran en torno a los 17 KN.

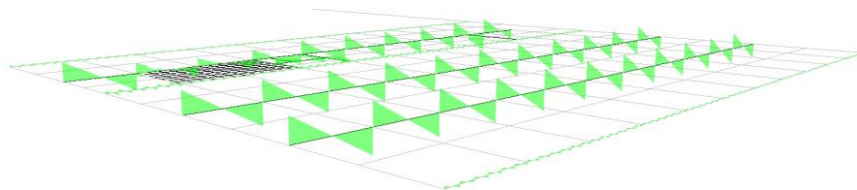


Ilustración 62. Gráfica cortantes Vy. Planta baja.

Por último, los esfuerzos cortantes V_y en las barras también siguen el patrón anterior, siendo más alto donde apoya la escalera llegando a los 156.35 KN y el resto de valores encontrándose alrededor de los 110 KN.

Además del análisis de los esfuerzos, también se va a llevar a cabo el análisis de las deformaciones, el cual se realiza con la combinación ELS 02 cuya carga dominante es la de uso. Se analizará la deformada obtenida de la estructura.

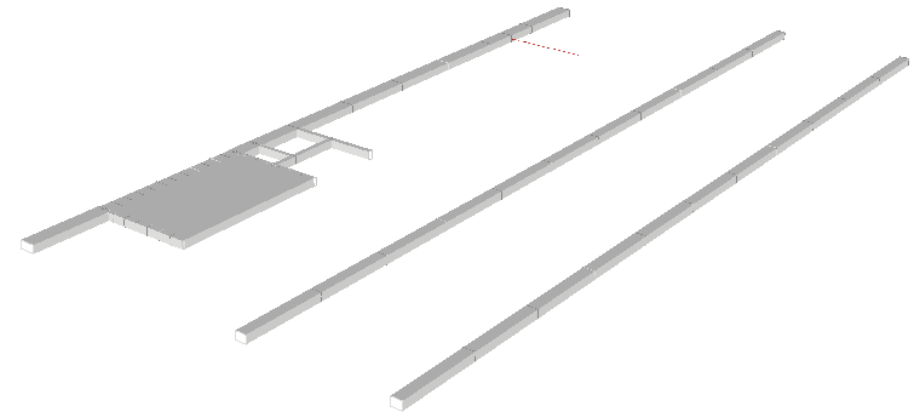


Ilustración 63. Indeformada de la planta baja.

Como se puede observar en las vigas de planta baja no hay grandes deformaciones, ya que las luces entre apoyos no son excesivas y las cargas que soportan tampoco lo son, hablando de la flecha absoluta, tenemos la mayor flecha con un valor de 0.068 cm, siendo un valor muy bajo, por lo que las deformaciones de esta planta no nos preocupan.

En la ilustración 64 se puede ver las deformaciones nombradas y su pequeño impacto, además de ser bastante homogéneas en todas las barras.



Ilustración 64. Deformada de la planta baja

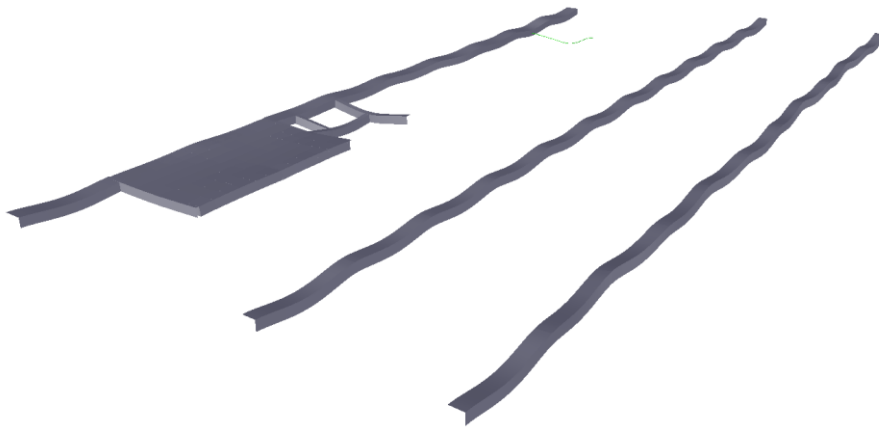


Ilustración 65. Volumetría de la deformada en planta baja.

PERITACIÓN DE LAS VIGAS

En las vigas de planta baja tras realizar el dimensionado con el programa de cálculo architrave[®][11], se puede decir que todas las vigas cumplen a excepción de una detallada en la ilustración 62 en color azul, la viga que era de 15 x 30 cm se decide cambiar ya que no cumple la comprobación de Estado Límite Último a flexión, como se ve en la ilustración 67. La nueva sección adoptada será de 20x30 cm aumentando en 5 cm la base de la viga y cumpliendo ya así la comprobación, que se puede observar en la ilustración 68.

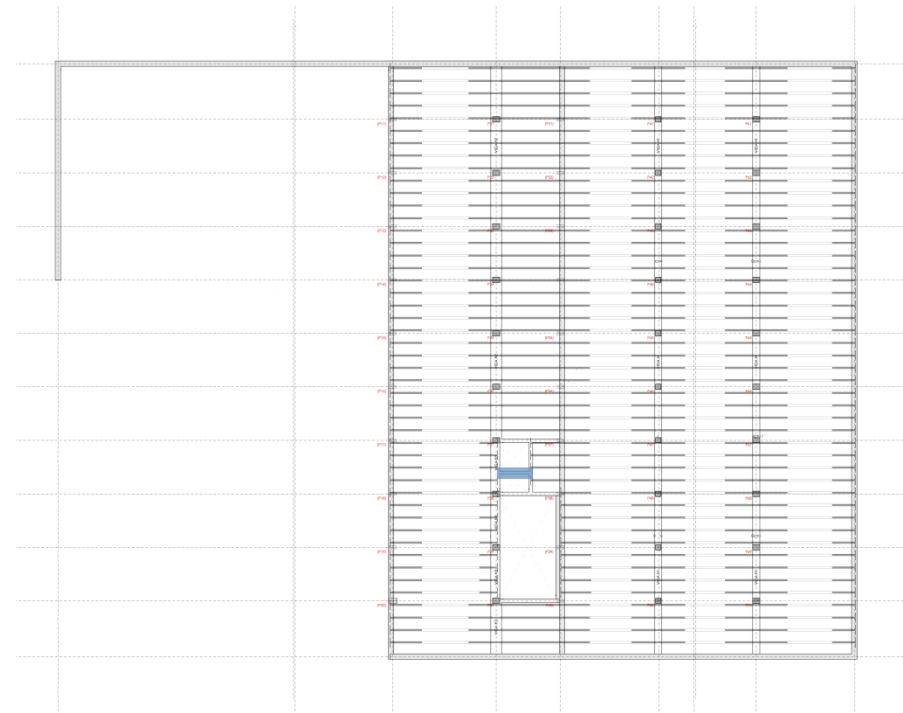


Ilustración 66. Esquema planta baja. [13]

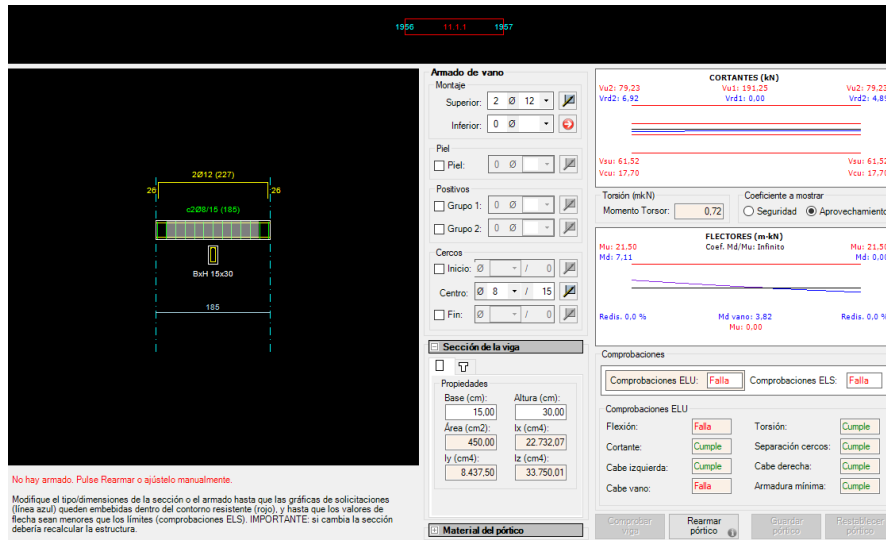


Ilustración 67. Peritación viga 15x30 cm.

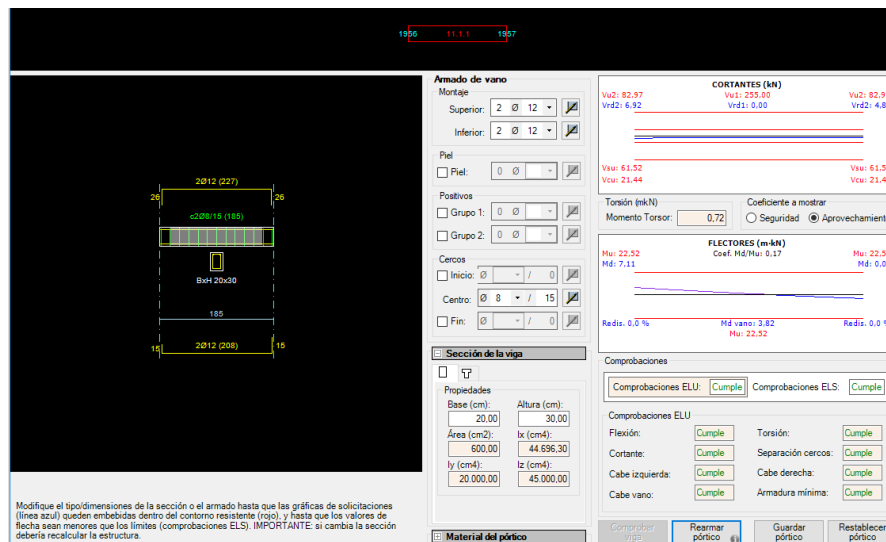


Ilustración 68. Peritación viga 20x30 cm.

PRIMERA PLANTA

En esta planta, al igual que en el resto, se analizarán los esfuerzos tomando en consideración la combinación ELU02 con carga dominante la de uso.

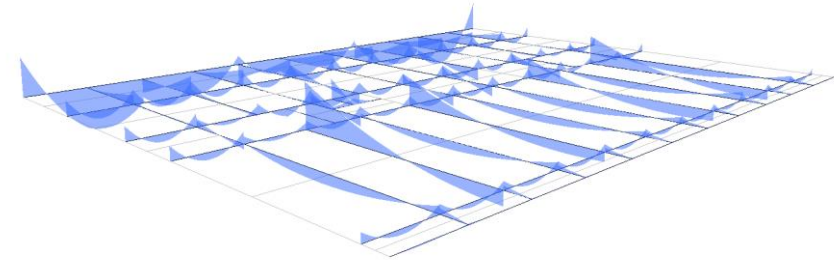


Ilustración 69. Gráfica momentos Mz. Primera planta.

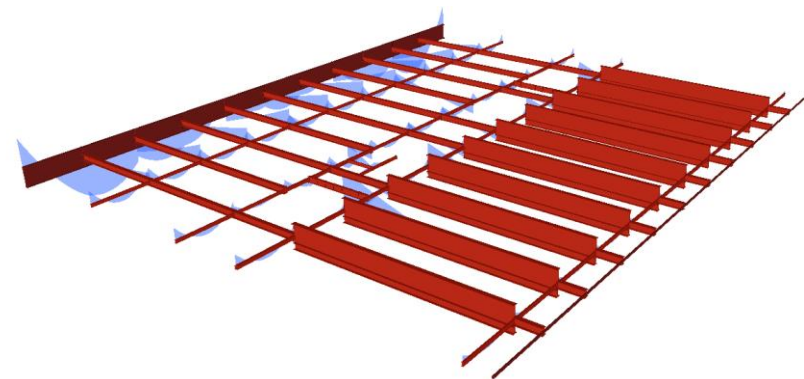


Ilustración 70. Gráfica momentos Mz planta primera con volumetría.

En primer lugar se analizan los momentos M_z sobre las vigas de la primera planta que son perfiles metálicos de diferentes secciones encontrado vigas tipo V1, V3, V5, V6, V7 y V8 detalladas en la ilustración 37. El momento más grande en centro de vano es de 166,261 KNm en las vigas que se hallan en el voladizo de la parte izquierda, también destacan las vigas tipo V1 en la otra dirección que soportan 148 KNm. En la ilustración 70 se puede observar que estos momentos están aplicados sobre vigas de mayor canto, viendo en la volumetría la diferencia de éstas con el resto. El resto de vigas soportan notablemente un esfuerzo menor a las anteriores.

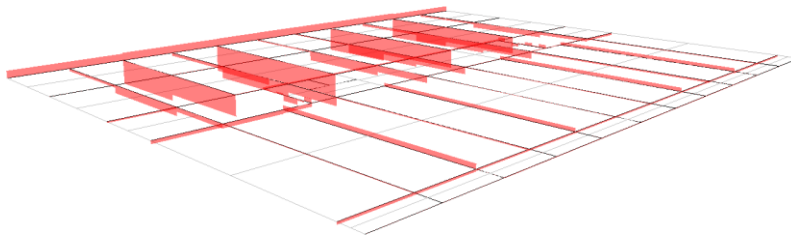


Ilustración 71. Gráfica axiles. Primera Planta.

En segundo lugar, se analizan los esfuerzos axiles, se ven mayores esfuerzos entre los vanos 1 y 2 donde se encuentran vigas tipo V3 compuestas por medio IPE600 y una chapa de grosor 20 mm. El esfuerzo llega a alcanzar 193.618 KN, mientras que en el resto de vigas que no son las cuatro con mayor esfuerzo, este ronda los 50-20 KN.

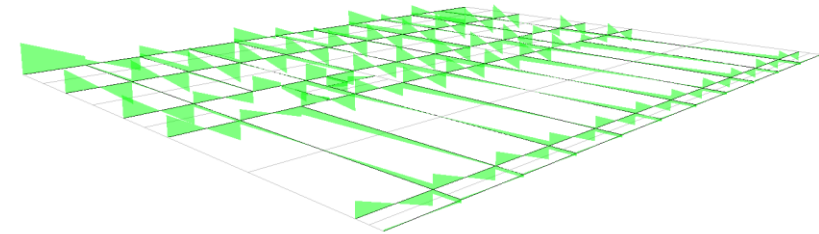


Ilustración 72. Gráfica cortantes V_y . Primera planta.

Por último, el análisis de los esfuerzos cortantes V_y se puede observar que en el extremo alcanza el mayor cortante llegando a 193.68 KN, siendo en el resto de vigas en torno a los 100 KN, habiendo valores menores.

Además del análisis de los esfuerzos, también se va a llevar a cabo el análisis de las deformaciones, el cual se realiza con la combinación ELS 02 cuya carga dominante es la de uso. Se analizará la deformada obtenida de la estructura.

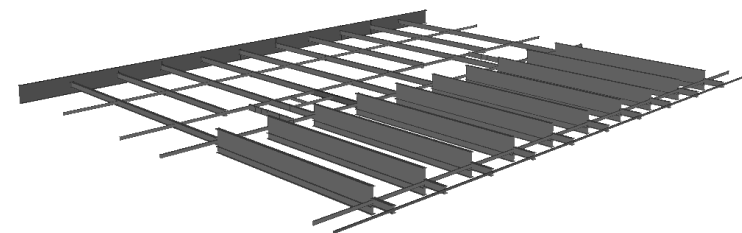


Ilustración 73. Indeformada de la primera planta.

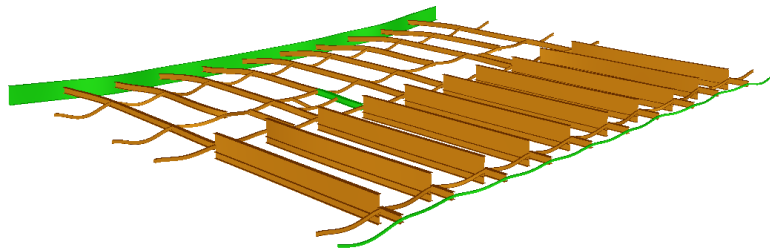


Ilustración 74. Deformada de la primera planta.

En esta planta ya vemos que las deformaciones empiezan a aumentar, ya que en el extremo izquierdo destacado en la ilustración 75 vemos que hay un voladizo de 5.5 metros. Es en ese punto donde encontramos las mayores de formaciones que alcanzan en valor absoluto 1.2 cm. Vemos pese a que los mayores esfuerzos se encontraban también en las vigas centrales de mayor canto, estas no deforman tanto debido a su sección y que están apoyadas.

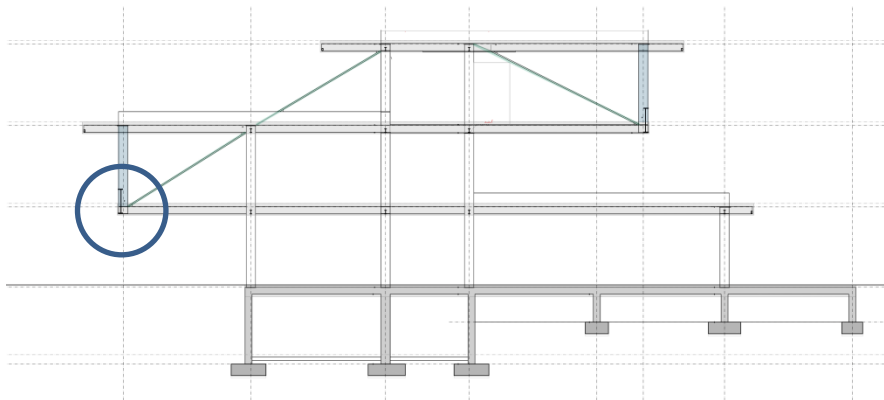


Ilustración 75. Esquema de la sección de la estructura.

PERITACIÓN DE VIGAS

En esta primera planta al realizar el cálculo de la estructura en Architrave®[11] se observa que las vigas longitudinales que más esfuerzos soportan, que son de mayor sección, cumplen con las solicitaciones que reciben. Sin embargo, las vigas en dirección transversal destacadas en la ilustración 72 fallan a resistencia, tratándose todas de IPN 160 y UPN 160.

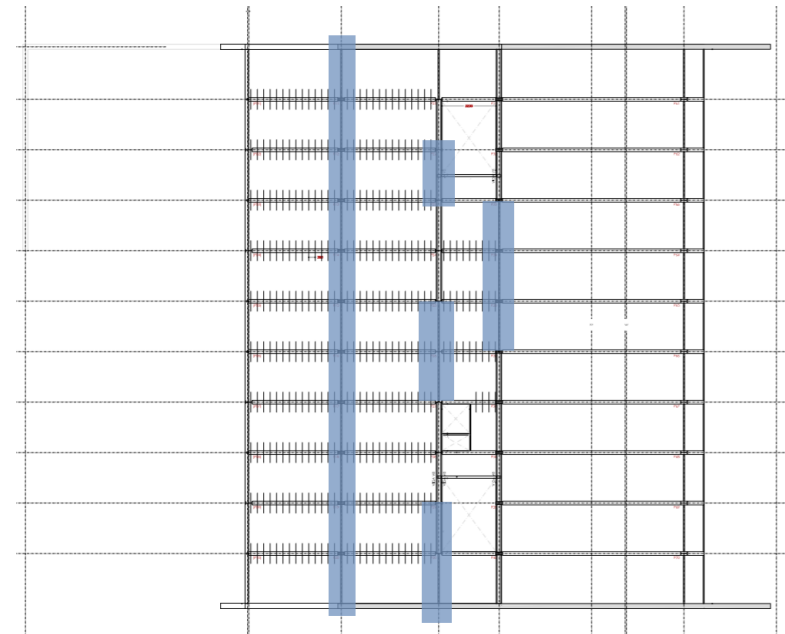


Ilustración 76. Esquema primera planta. [13]

En el caso de esta primera planta, en el primer grupo de vigas que se encuentran a la izquierda todas de tipo IPE160, se han tenido que redimensionar a IPN 200 y IPN 220, según el caso.

En las siguientes ilustraciones, se ven dos casos tipos de los nombrados

Peritar Viga 11.2.11 (Barra: 831)

Sección: IPE 160

Propiedades:

- Base: 8,20 cm
- Altura: 16,00 cm
- Área: 20,16 cm²
- Ix: 3,40 cm⁴
- Iy: 68,34 cm⁴
- Iz: 872,47 cm⁴

Material: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 11.2, Nº de vigas: 11, Viga actual: 11.2.11

Longitud viga (m): 3,13

Comprobaciones: **Falla**

Peritar Viga 11.2.8 (Barra: 787)

Sección: IPE 160

Propiedades:

- Base: 8,20 cm
- Altura: 16,00 cm
- Área: 20,16 cm²
- Ix: 3,40 cm⁴
- Iy: 68,34 cm⁴
- Iz: 872,47 cm⁴

Material: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 11.2, Nº de vigas: 11, Viga actual: 11.2.8

Longitud viga (m): 3,00

Comprobaciones: **Falla**

Ilustración 77. Peritación viga 831

Ilustración 79. Peritación viga 787.

Peritar Viga 11.2.11 (Barra: 831)

Sección: IPE 220

Propiedades:

- Base: 11,00 cm
- Altura: 22,00 cm
- Área: 33,48 cm²
- Ix: 8,65 cm⁴
- Iy: 204,96 cm⁴
- Iz: 2.782,38 cm⁴

Material: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 11.2, Nº de vigas: 11, Viga actual: 11.2.11

Longitud viga (m): 3,13

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Peritar Viga 11.2.8 (Barra: 787)

Sección: IPE 200

Propiedades:

- Base: 10,00 cm
- Altura: 20,00 cm
- Área: 28,60 cm²
- Ix: 6,61 cm⁴
- Iy: 142,44 cm⁴
- Iz: 1.951,88 cm⁴

Material: ACERO_S275, Tipo Acero: S275, Fyk: 275.000, Fu: 410.000

Pórtico de vigas: Nombre del pórtico: 11.2, Nº de vigas: 11, Viga actual: 11.2.8

Longitud viga (m): 3,00

Comprobaciones: **Cumple normativa**

Ilustración 78. Dimensionado viga 831.

Ilustración 80. Dimensionado viga 787.

En el hueco inferior a la izquierda (Ilustración 76) se encuentra una viga tipo UPN 160 que no cumple a resistencia, por lo que se procede a peritar la viga, pasando a ser un UPN 180.

Además, también se hallan perfiles compuestos por dos UPN, que no cumplen a resistencia y se realiza otra vez el mismo proceso obteniendo lo siguiente:

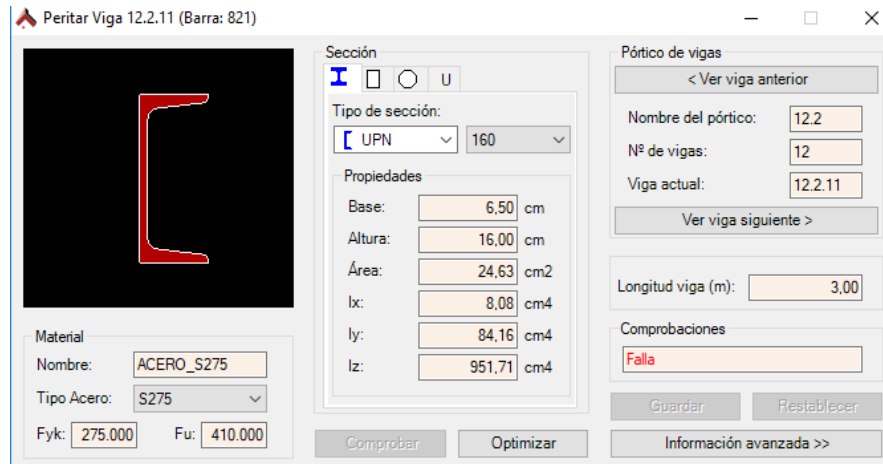


Ilustración 81. Peritación viga 821.

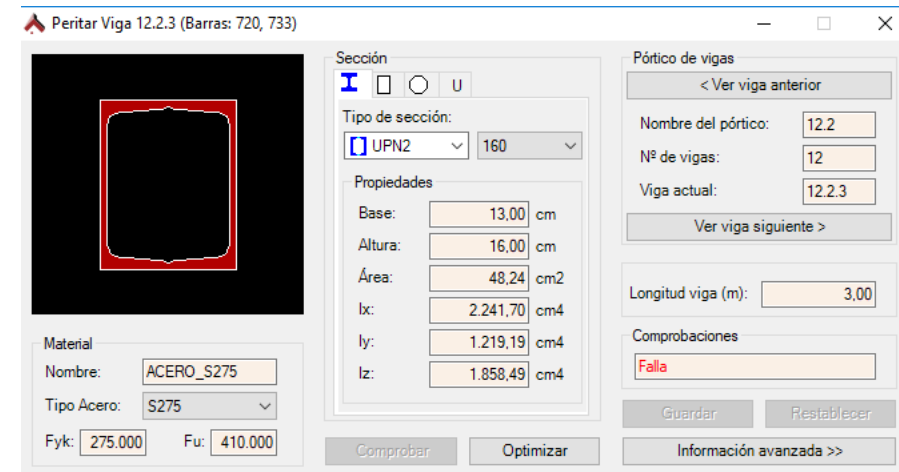


Ilustración 83. Peritación viga 720/733

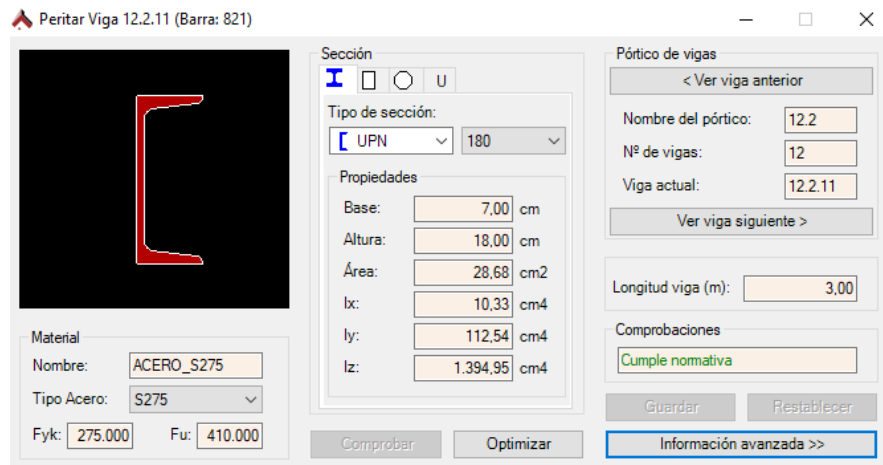


Ilustración 82. Dimensionado viga 821.

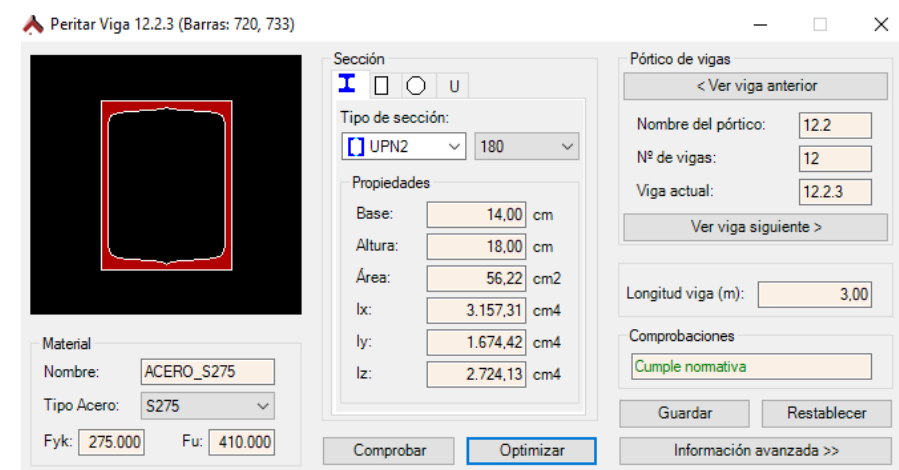


Ilustración 84. Dimensionado viga 720/733.

SEGUNDA PLANTA.

Otra vez, pasaremos a realizar el análisis en esta otra planta. Comenzando por el análisis de los esfuerzos obtenidos con la combinación ELU02 con carga dominante de uso.

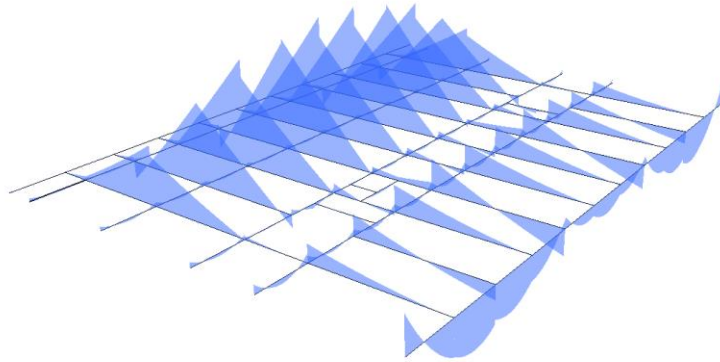


Ilustración 85. Gráfica momentos Mz. Segunda planta.

En el análisis de los momentos Mz se puede ver a primera vista que en esta planta el esfuerzo es mucho mayor que en las anteriores. Entre los vanos 1 y 3 se hallan momentos que alcanzan los 750 KNm en el apoyo entre los dos tramos, por otra parte el más alto en centro de vano estaría en el extremo derecho llegando a los 253KNm. El resto de valores son notablemente menores rondando los 100 KNm.

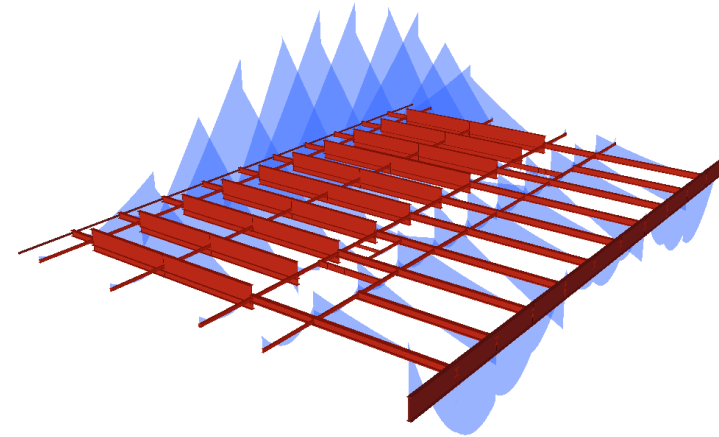


Ilustración 86. Gráfica momentos segunda planta con volumetría.

En la ilustración 86 se puede observar en la volumetría que otra vez se usan las vigas de mayor canto en las zonas con mayor esfuerzo, siendo en el extremo vigas tipo V5 y entre los vanos 1 y 3 tipo V1.

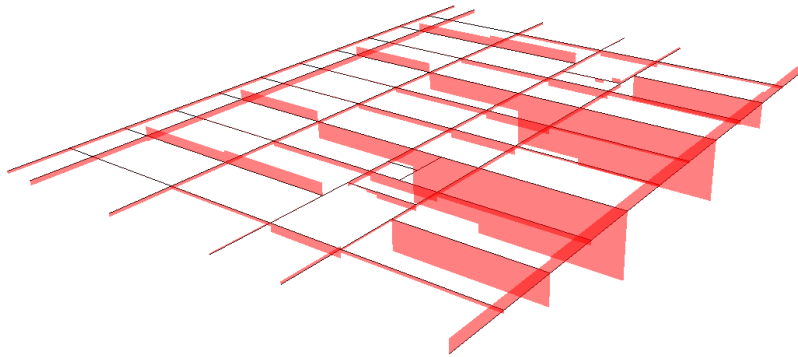


Ilustración 87. Gráfica axiles. Segunda planta.

Por otra parte, en el análisis de los esfuerzos axiles, se observa que estos son mayores entre los vanos 4 y 6, llegando a 359,21 KN, en este la luz entre apoyos es más grande, en el resto de vigas encontramos valores alrededor de los 100 KN.

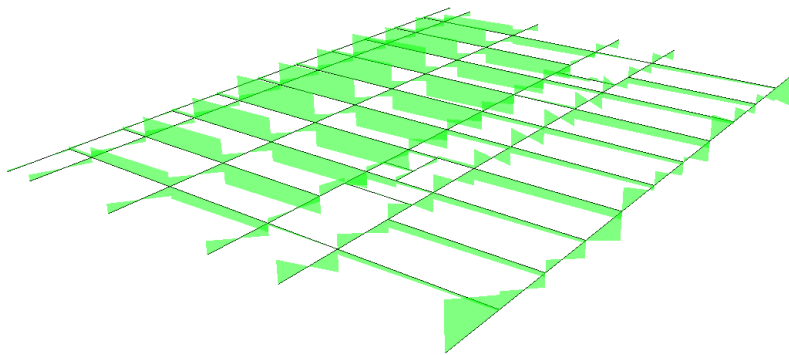


Ilustración 88. Gráfica cortantes Vy. Segunda planta.

Por último, se obtienen los esfuerzos cortantes que al igual que los momentos son más altos en los mismos lugares, llegando a 195 KN en el extremo derecho inferior, entre los vanos antes nombrados el valor de los esfuerzo sería de unos 130 KN, y el resto de zonas tiene unos valores más bajos.

Además del análisis de los esfuerzos, también se va lleva a cabo el análisis de las deformaciones, el cual se realiza con la combinación ELS 02 cuya carga dominante es la de uso. Se analizará la deformada obtenida de la estructura.

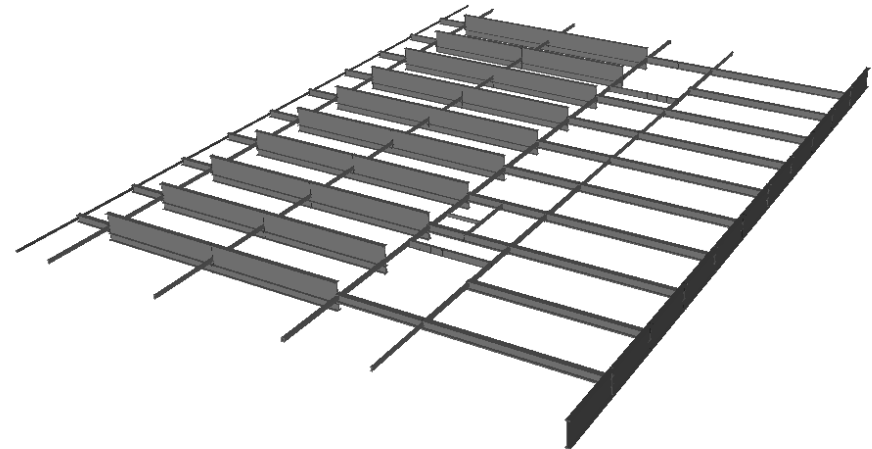


Ilustración 89. Indeformada de la segunda planta.

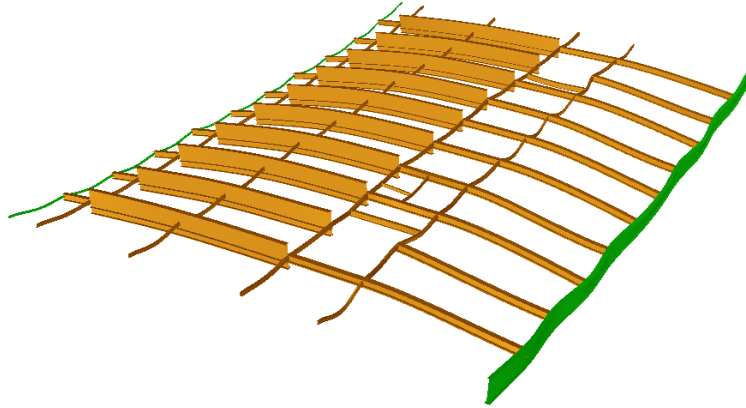


Ilustración 90. Deformada de la segunda planta.

En esta planta aumentan las deformaciones, otra vez respecto de la anterior vemos que el voladizo situado en la planta inferior afecta a las deformaciones en el lado izquierdo, y que el voladizo en esta planta en el lado izquierdo también afecta en mayor medida a la estructura en esa parte, este voladizo siendo aún mayor que el anterior, ahora de 7.5 metros nos da unas deformaciones de hasta 2.3 cm en valor absoluto. En la ilustración 91 se pueden ver los voladizos comentados.

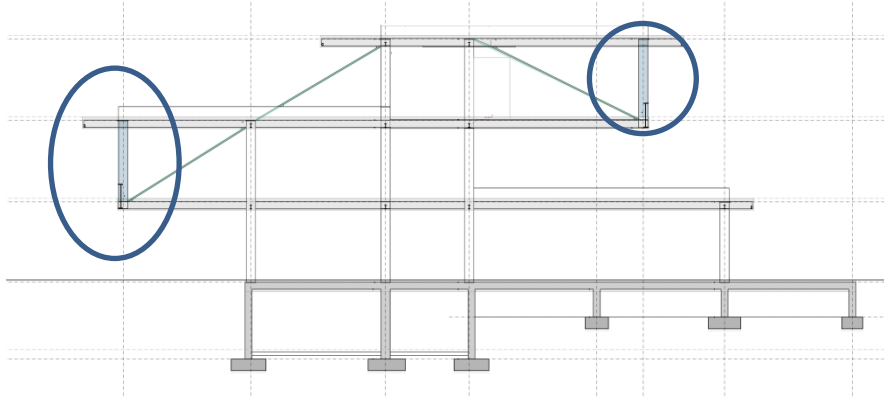


Ilustración 91. Esquema de la sección de la estructura.

PERITACIÓN DE VIGAS

En esta segunda planta al realizar el cálculo de la estructura en Architrave[®][11] vemos que las vigas longitudinales que más esfuerzos soportan, pero son de mayor sección, soportan las solicitaciones que reciben. Sin embargo, las vigas en dirección transversal destacadas en la ilustración 92 en color amarillo fallan a pandeo, tratándose de vigas tipo V, y las destacadas en azul fallan a resistencia, siendo igual que en el caso anterior IPE160 que pasan a ser IPE200 o IPE220, y 2UNP160 que pasan a ser 2UPN 180.

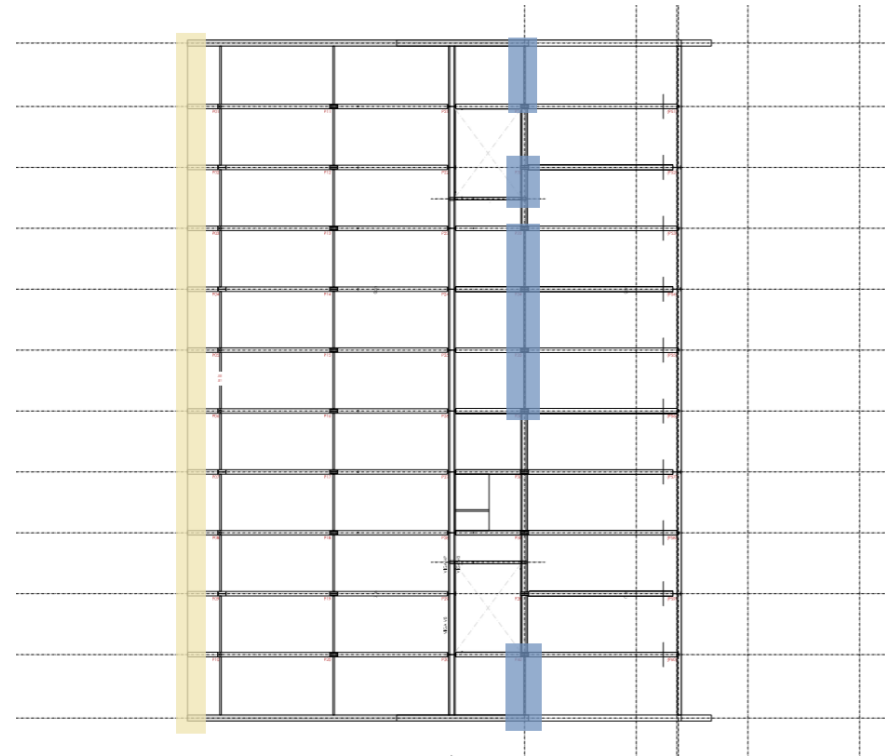


Ilustración 92. Esquema segunda planta.

En el tren de vigas destacado en amarillo, encontramos una sección especial, alveolar con forma rectangular de 100x60 mm con 4 mm de grosor, para poder poner una sección que cumpla, se decide cambiar estos perfiles por 2UPN 100.

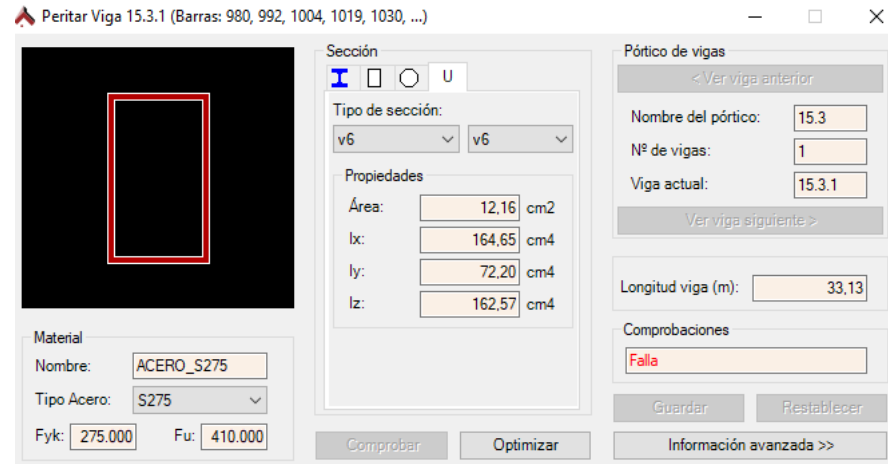


Ilustración 93. Peritación tren de viga 15.3.1

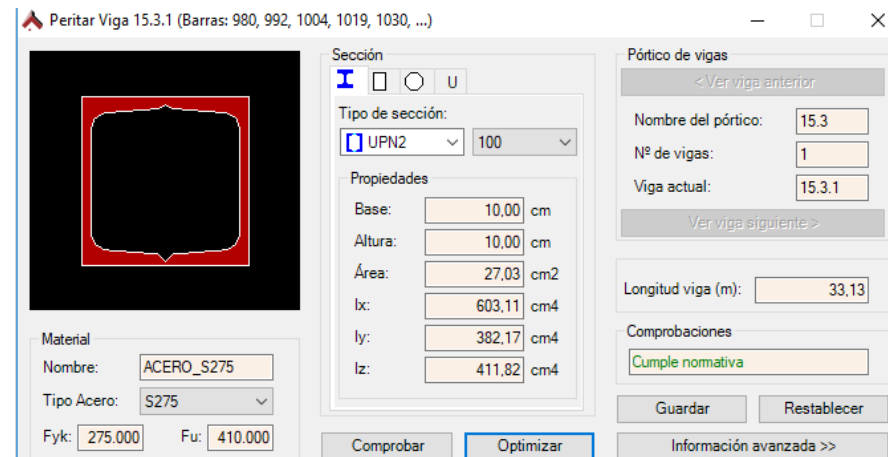


Ilustración 94. Dimensionado tren de viga 15.3.1

PLANTA CUBIERTA.

Por último se analizan los valores de los esfuerzos en la cubierta, también usando la combinación ELU02 con carga dominante de uso.

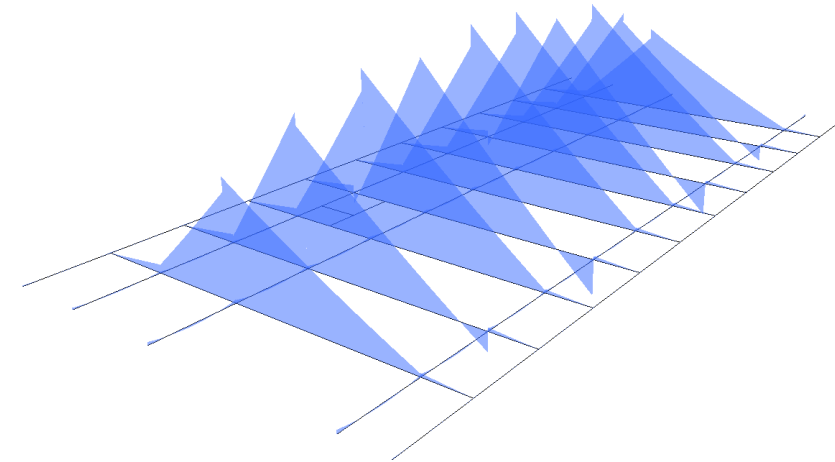


Ilustración 95. Gráfica momentos Mz. Planta cubierta.

En el esfuerzo de los momentos se observa cómo se repiten los casos de las anteriores plantas, los momentos mayores se encuentran en las vigas de los vanos del 3 al 6 siendo bastante mayores que en las planta anteriores, alcanzando los 1350.6 KNm en el apoyo medio y los 273.8 KNm en el apoyo derecho. Siendo el resto de valores considerablemente más bajos, rondando los 25/10 KNm.

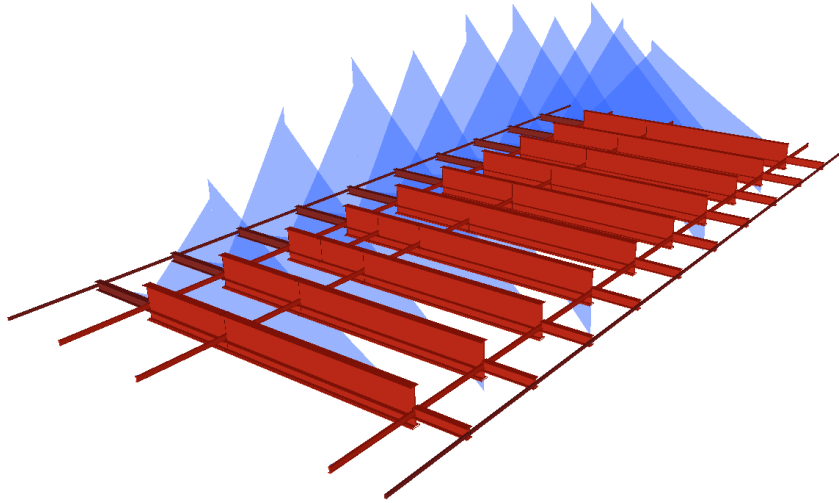


Ilustración 96. Gráfica momentos planta cubierta en volumetría.

Al igual que en los anteriores casos, donde se hallan los mayores esfuerzos hay un perfil de mayor canto siendo en este caso de tipo v9 y v2 según el pórtico.

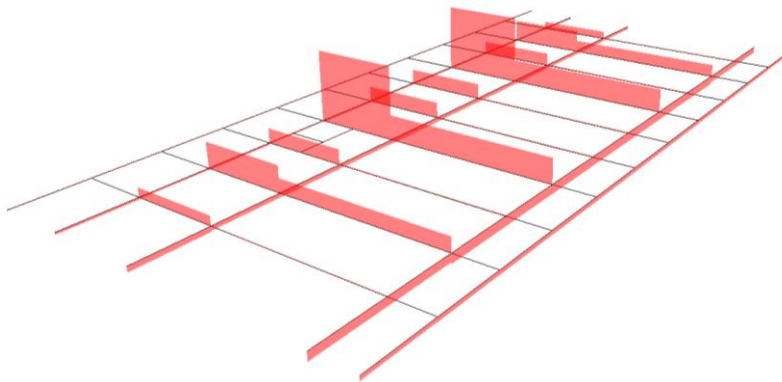


Ilustración 97. Gráfica axiles. Planta cubierta.

En el caso de los axiles también se encuentran los mayores esfuerzos en la misma posición que antes, llegando a los 384.95 KN, y en las vigas de la otra dirección localizamos un máximo negativo de 49.88 KN. El resto de valores son notablemente más bajos.

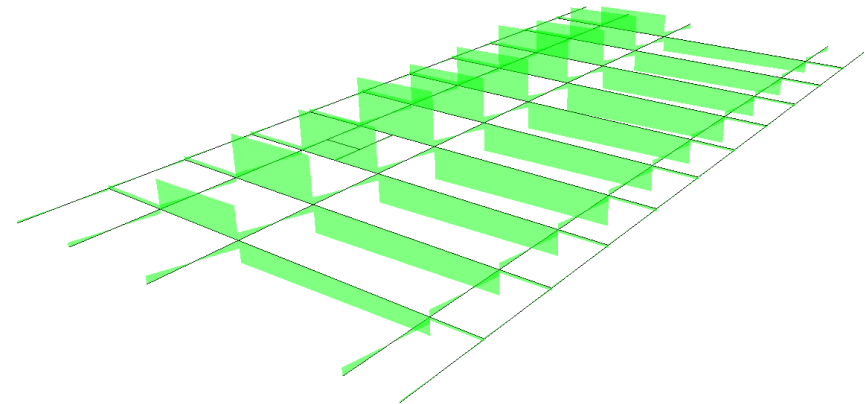


Ilustración 98. Gráfica cortantes Vy. Planta cubierta.

Por último, en este análisis de esfuerzos por plantas se analizan los cortantes de la planta de cubierta, que tiene un valor máximo positivo de 353.29 KN entre los vanos 3 y 4 entre los que se sitúa la zona de circulaciones, y un máximo negativo de -217 KN en el vano adyacente. El resto de valores esta en torno a los 50 KN.

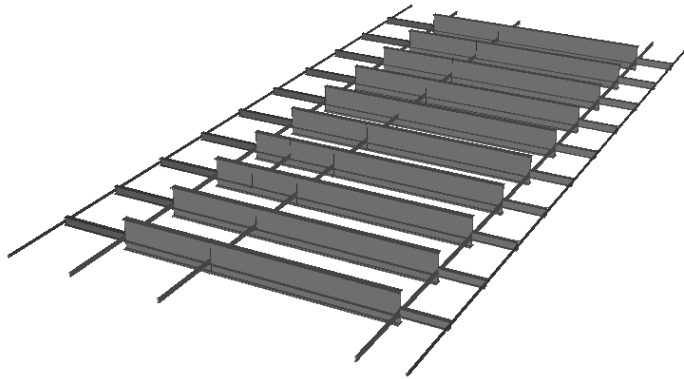


Ilustración 99. Indeformada de la planta de cubierta.

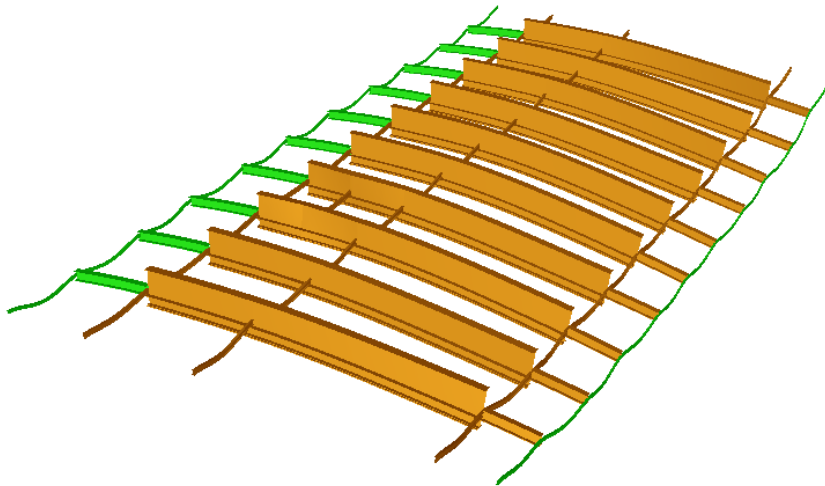


Ilustración 100. Deformada de la planta de cubierta.

En la cubierta se observa que la deformada es mayor en el lado derecho debido al voladizo que también afecta a la planta inferior, alcanzando aquí valores de 3.2 cm. Por otra parte se ve que en el otro extremo la deformada es un poco mayor que en el resto de la estructura pero ya no tanto como antes, ya que hay un pequeño vuelo de la cubierta de casi 3 metros.

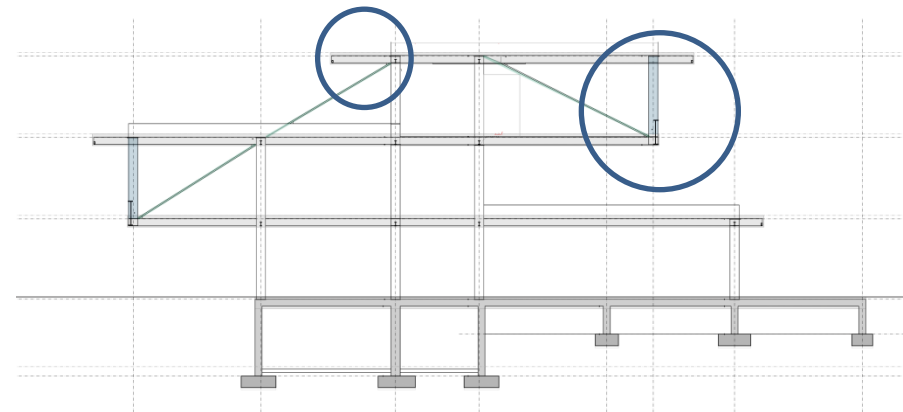


Ilustración 101. Esquema de la sección de la estructura. [13]

PERITACIÓN DE VIGAS

En la planta de cubierta al realizar el cálculo de la estructura en Architrave®[11] vemos que las vigas longitudinales que más esfuerzos soportan, pero son de mayor sección, soportan las solicitaciones que reciben. Sin embargo, las vigas en dirección transversal destacadas en la ilustración 102 en color amarillo fallan a pandeo, tratándose de vigas tipo 3, y las destacadas en azul fallan a resistencia, siendo igual que en el caso anterior IPE 160 que pasan a ser IPE 180 como en las ilustraciones 77 y 78.

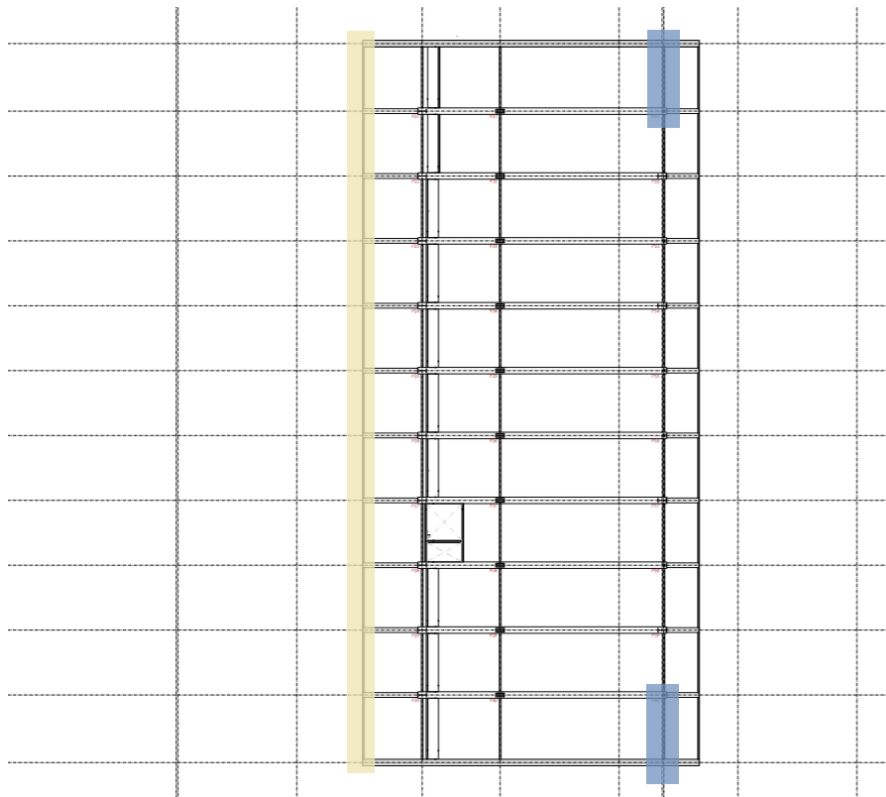


Ilustración 102. Esquema planta cubierta. [13]

En el tren de vigas destacado en amarillo, se halla de nuevo una sección especial, alveolar con forma rectangular de 100x60 mm con 4 mm de grosor, para poder poner una sección que cumpla, se decide cambiar estos perfiles por 2UPN 80.

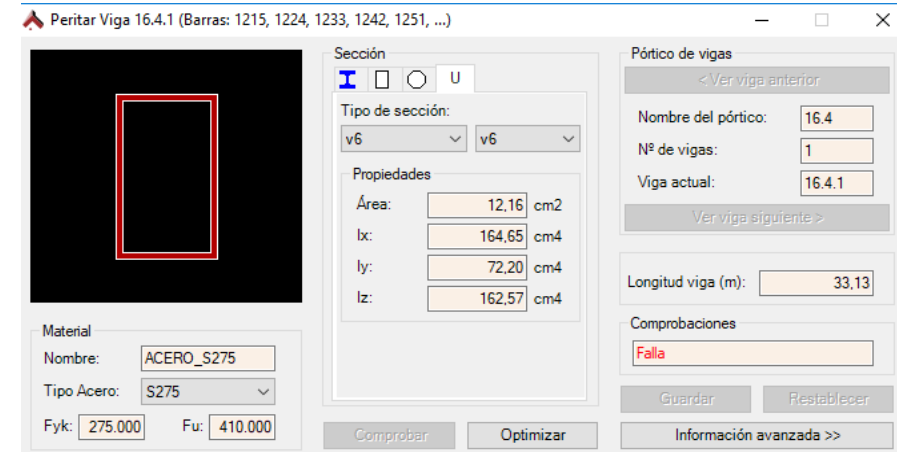


Ilustración 103. Peritación tren de viga 16.4.1

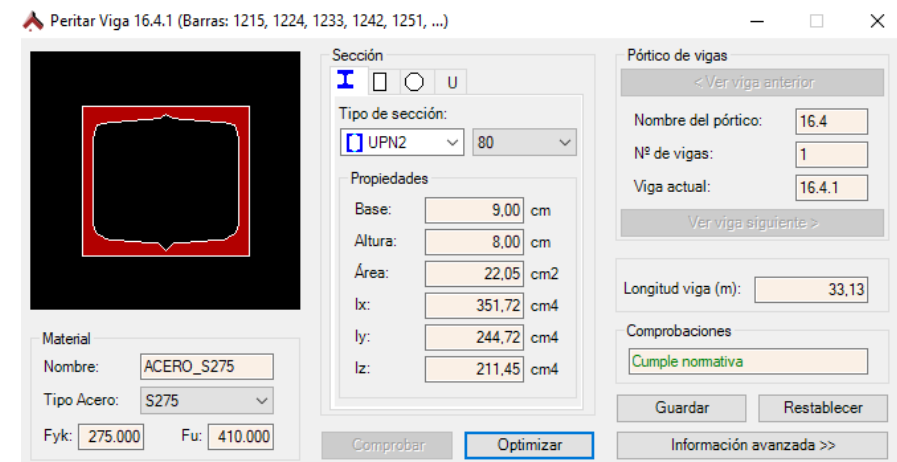


Ilustración 104. Dimensionado tren de viga 16.4.1.

7.2. ANÁLISIS SOPORTES

En este punto vamos a analizar las tensiones que soportan los soportes que forman la estructura, tanto muros como pilares

MUROS

El análisis de los esfuerzos que soportan los muros se realiza con la combinación ELU02 con carga dominante de uso. Las sollicitaciones principales son las que tienen la misma dirección que la gravedad.

Los valores de las sollicitaciones como se puede ver en la ilustración 105, son en casi todos sus puntos nulas. En la cubierta vemos zonas en roja con valores de hasta 5.84 N/mm^2 , estas zonas trabajan a flexión por la influencia del voladizo.

Además, se observan otras dos zonas de los muros principales en color azul que corresponden al encuentro con el forjado de la segunda planta, en ese mismo punto izquierdo se distinguen valores que rondan los 12 N/mm^2 , esta zona trabaja a compresión.

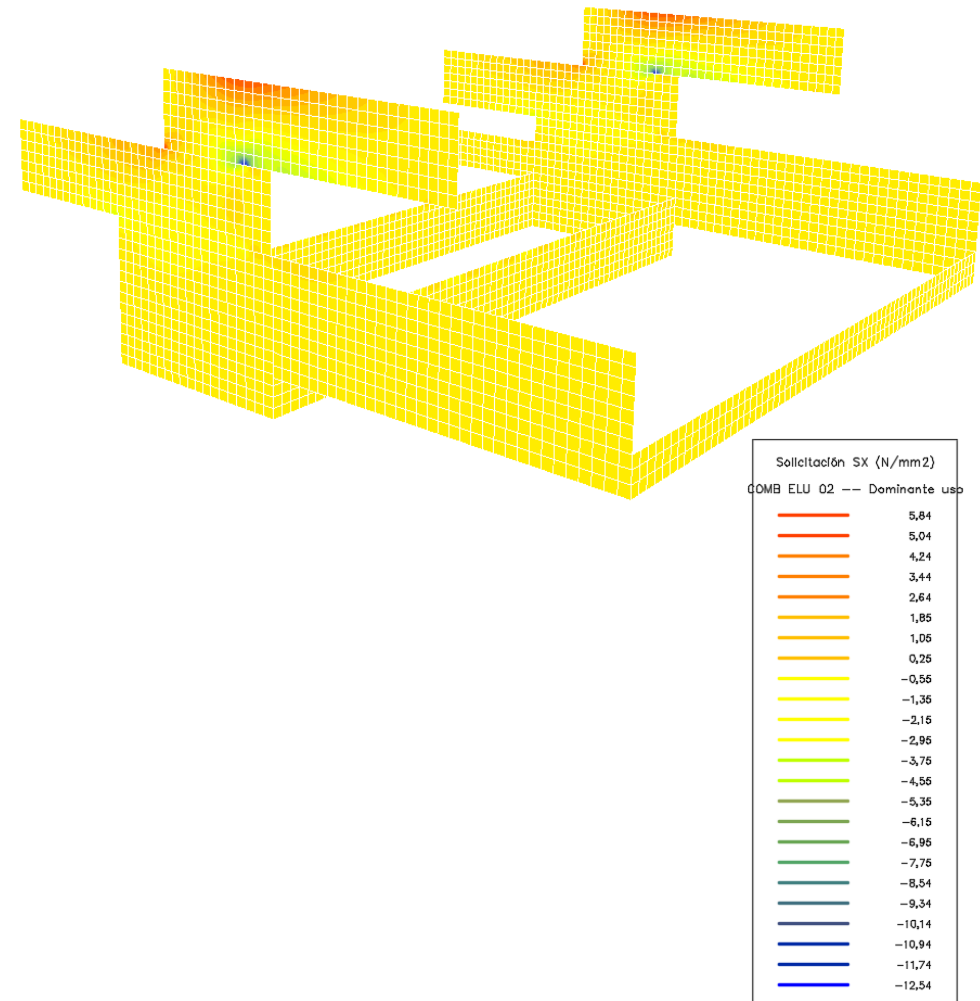


Ilustración 105. Esquema de sollicitaciones en los muros.

Por último, se pasa a analizar las deformaciones horizontales del muro, a través de la combinación ELS02 con carga dominante uso. En la ilustración 106, vemos que la zona más afectada es la parte derecha del voladizo de última planta coloreada en azul llegando a alcanzar deformaciones verticales, en la punta del voladizo de 0.92 cm en la punta, siendo en el resto de la estructura casi nulas, a excepción de en el otro voladizo inferior, que en la imagen se ve la zona más anaranjada, teniendo ahí deformaciones de 0.21cm. Por otra parte, este mismo análisis realizado con la combinación de ELS 04 en la que dominaría en viento nos da una distribución de las deformaciones igual que en la anterior pero de unos valores sensiblemente menores, como se ve en la ilustración 107.

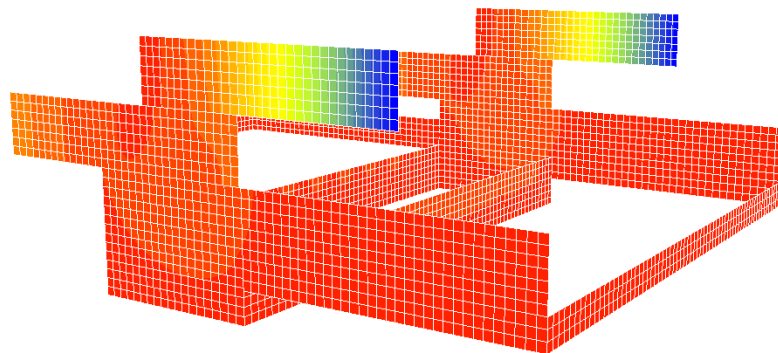


Ilustración 106. Desplazamiento Dz, vertical de los muros ELS02.

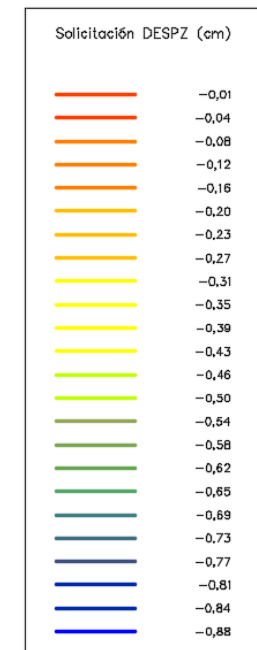


Ilustración 107. Desplazamiento Dz ELS 02 (izquierda), Desplazamiento Dz ELS 04 (derecha).

El mismo proceso se realiza con las deformaciones horizontales D_x y D_y . En primer lugar se analizan las deformaciones D_y en la combinación ELS02, estas deformaciones son las que llevan el mismo sentido que los muros principales. Las zonas que más desplazamiento sufren se vuelven a encontrar en el mismo voladizo alcanzando esta vez 0.19 cm de desplazamiento en las zonas rojas y 0.08 cm en las azules, pese a ser los desplazamientos máximos son valores muy bajos, sufriendo el resto del edificio en tonos verdes casi ningún desplazamiento.

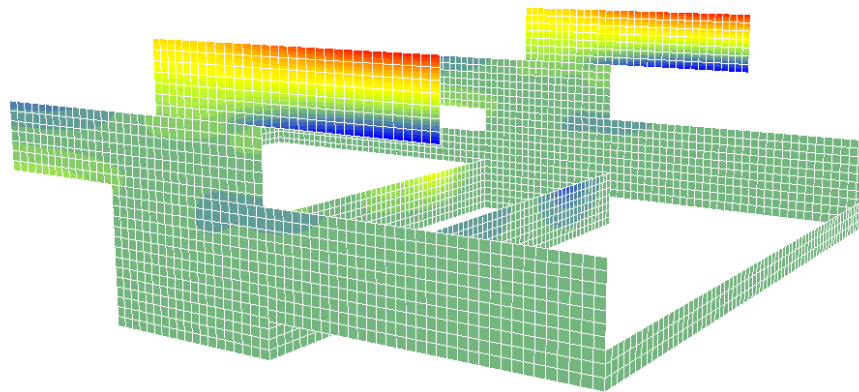


Ilustración 109. Desplazamiento D_y en la dirección de los muros principales ELS02

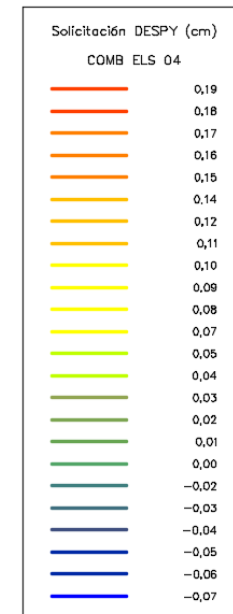
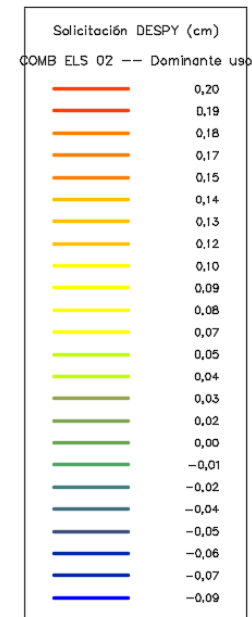


Ilustración 108. Desplazamiento D_y ELS 02 (izquierda). Desplazamiento DY ELS 04 (derecha)

Por último, volvemos a realizar este proceso con los desplazamientos D_x , en la dirección perpendicular al muro, se vuelve a repetir que son prácticamente iguales para tanto la combinación ELS02 dominante el uso, que para la combinación ELS04 dominante viento. La diferencia entre ambas combinaciones de los valores, en este caso es de 0.1 mm, en las zonas rojas el desplazamiento de es 0.05 cm y en las zonas azules, otra vez situadas en el voladizo superior, los desplazamientos son mayores alcanzando los 0.33 cm.

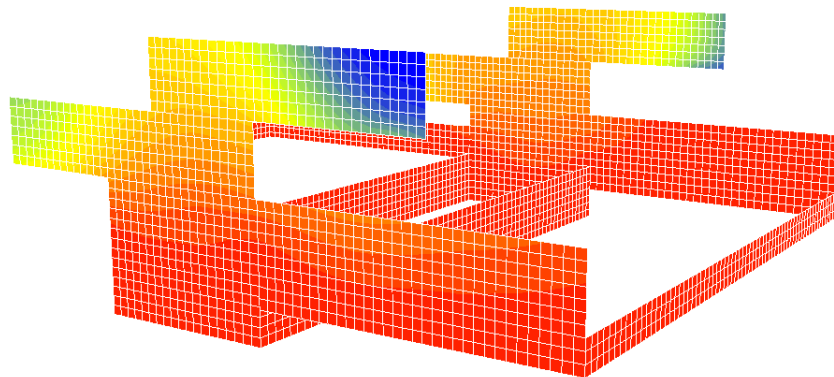


Ilustración 111. Desplazamiento D_x en dirección perpendicular a los muros principales.

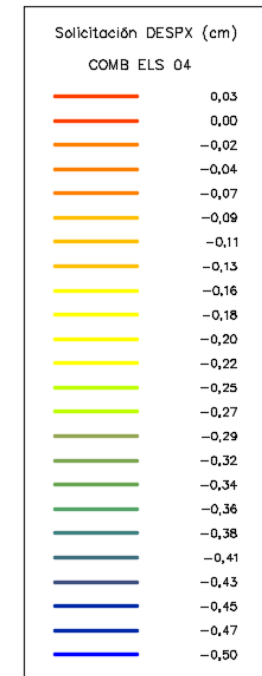
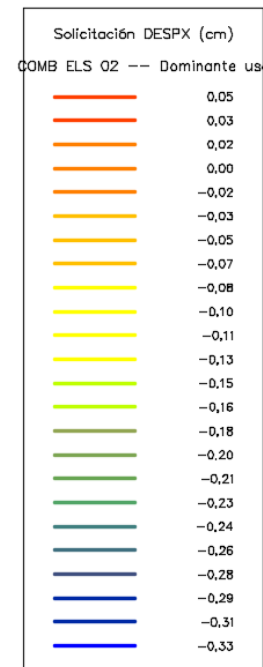


Ilustración 110. Desplazamiento D_x ELS 02 (izquierda). Desplazamiento D_x ELS 04 (derecha).

PILARES

En la ilustración 112 se muestran el conjunto de todos los pilares del edificio y sus esfuerzos axiales para la combinación ELU 02 carga dominante la de uso. Podemos ver que el axil, es mayor en las plantas de abajo, debido que el peso se va pasando de una planta a otra, siendo en la más baja mayor. En esta última, siendo la planta de cimentación se alcanzan valores de 324 KN, pese a ello, en la planta superior en la tercera fila de pilares, que estos descansan sobre el muro de cimentación se alcanzan valores de 772 KN.

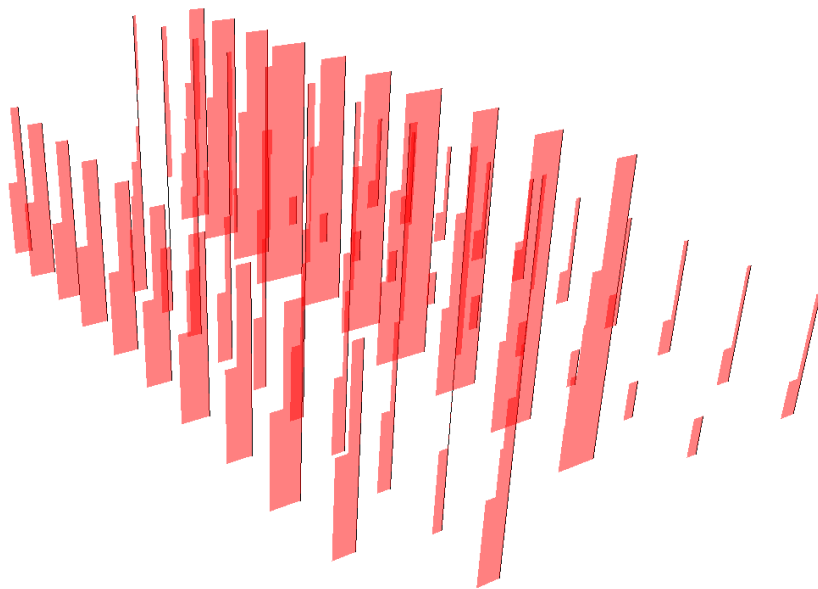


Ilustración 112. Esfuerzos axiales sobre los pilares

Además, también se tendrán en cuenta los esfuerzos de los momentos flectores. En la planta de cimentación (Ilustración 113), el mayor momento se encuentra en la primera fila de pilares siendo de 23.54 KNm y en la tercera de 21.89 KNm, la segunda fila los valores son prácticamente despreciables.

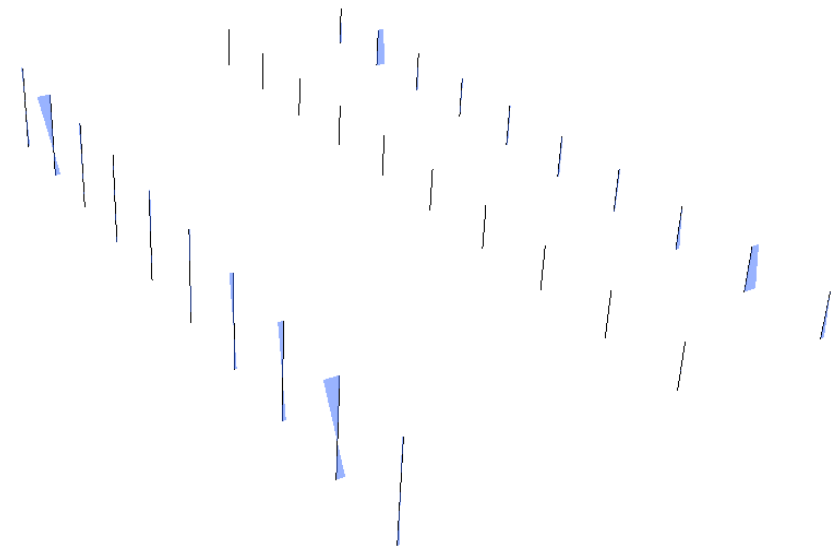


Ilustración 113. Momentos flectores pilares planta cimentación.

En los pilares de la planta baja (Ilustración 114), los valores máximos son mayores que en la anterior alcanzando los 59.82 KNm, siendo el resto de valores grandes menores a este, pero la gran mayoría de pilares tienen un momento menor de 12 KNm, por lo que vemos que el esfuerzo más importante sobre los pilares es el axial. En la primera y segunda planta los valores en general son más altos llegando a los 171 KNm y 110 KNm respectivamente, esto se debe a la influencia del voladizo en estas.

Tras realizar el dimensionado de toda la estructura, todos los pilares que se han puesto en el proyecto, tal como indicaba el arquitecto, cumplen la normativa, por lo tanto soportan los esfuerzos a los que están sometidos.

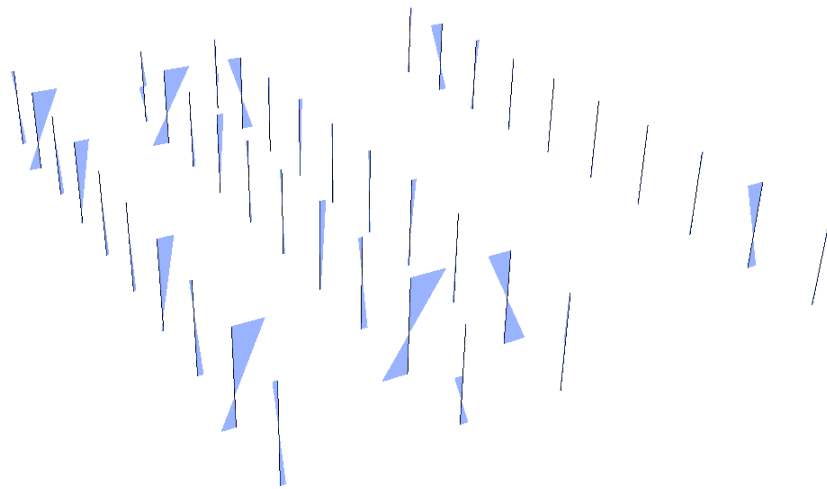


Ilustración 114. Momentos flectores pilares planta baja.

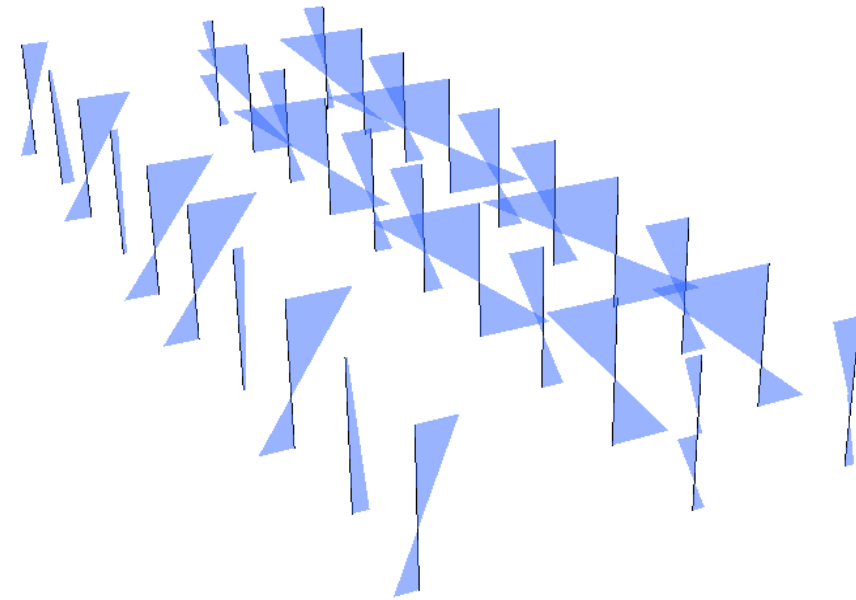


Ilustración 115. Momentos flectores pilares primera planta.

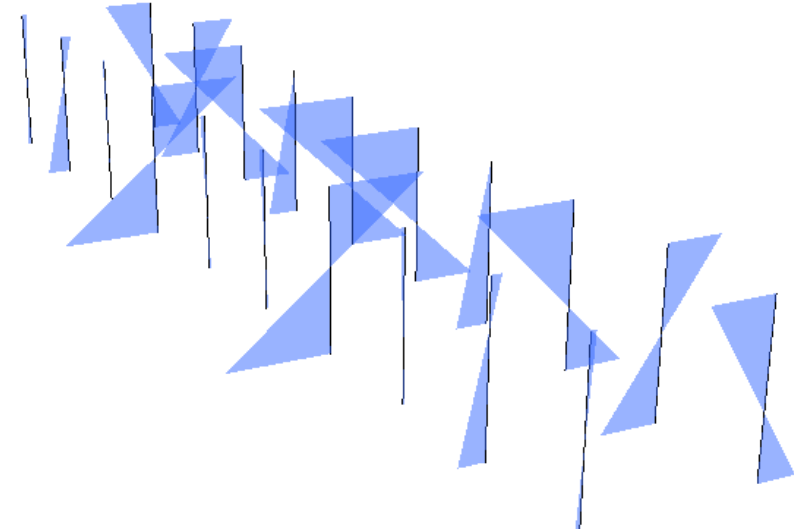


Ilustración 116. Momentos flectores pilares segunda planta.

RIGIDIZADORES ANTEPECHO

Al analizar el comportamiento del antepecho frente a axiles y momentos se advierte que los axiles de ambas plantas son bastante pequeños siendo de 42.99 KN el máximo en la primera planta y de 62.41 en la segunda, por otra parte los momentos flectores son de 116 KNm y 201KNm respectivamente. Se observa que son mayores en la segunda planta ya que este corresponde al voladizo mayor y que más deformaciones sufre. También, destaca que los momentos flectores mayores están aplicados sobre los rigidizadores de tipo HEB 400, detallado en la ilustración 45.

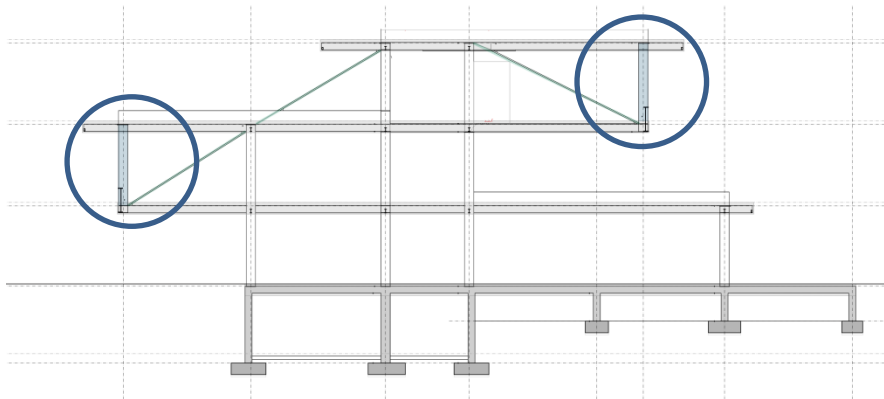


Ilustración 117. Esquema posición de los rigidizadores. [13]

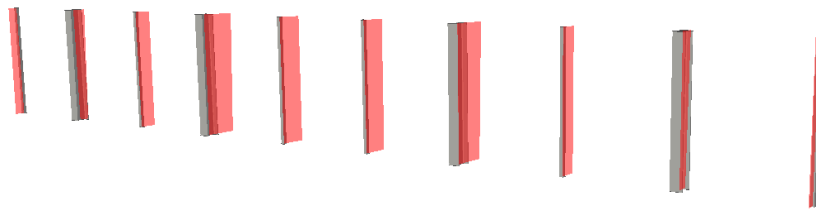


Ilustración 118. Esfuerzos axiales rigidizadores primera planta.

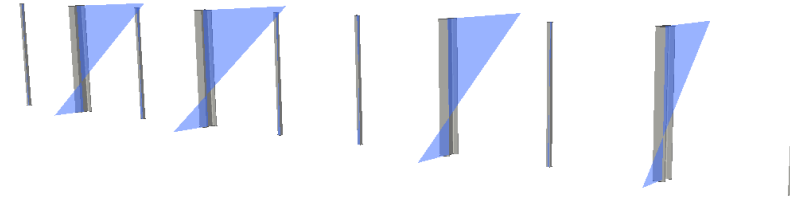


Ilustración 119. Momentos flectores rigidizadores primera planta.

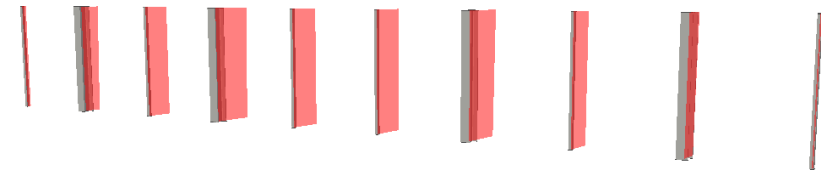


Ilustración 120. Esfuerzos axiales rigidizadores segunda planta.

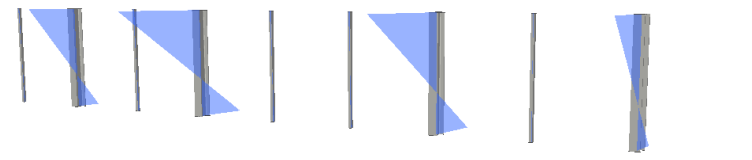


Ilustración 121. Momentos flectores rigidizadores segunda planta.

8. CONCLUSIONES

En el trabajo realizado se lleva a cabo el análisis estructural del edificio Quorum de la Universidad Miguel Hernández, proyectado y diseñado por Javier García Solera. Previo conocimiento de su vida, como esta le llevo hacia la arquitectura por las raíces que la unen a ella.

Pariendo del análisis de su trayectoria y sus obras construidas se llega a tener conocimiento de su forma de proyectar, ésta, resalta los valores visuales y constructivos. Ya en las primeras obras, se esfuerza por crear relaciones con vistas cruzadas, creando una arquitectura que recupera la vida de los espacios. Pese al carácter moderno de su arquitectura, tiene una relación muy intensa con el entorno. De igual manera, la precisión en los detalles constructivos son claves en sus proyectos, prestando interés en el encuentro del edificio con el suelo, o en las esquinas haciéndolas desaparecer tratando el encuentro. Por último, destaca en muchos de sus proyectos la disolución del espacio interior y exterior fundiéndose y aprovechándose el uno del otro, detalle que refuerza la relación con el entorno.

El análisis estructural se realiza partiendo del modelaje de la estructura intentando ser lo más fiel posible a la realidad, pese a no haber podido detallar con la mayor precisión los encuentros entre los elementos metálicos, por no detallar las placas de anclaje, se ha optado por una simplificación en estos casos.

La estructura pese a parecer compleja por la dificultad de los voladizos, se simplifica en tres decisiones: muros laterales de hormigón armado, estructura interior porticada de elementos metálicos y forjados de poca sección y ligeros.

A parte de estas decisiones, se emplean otras técnicas para conseguir alcanzar los grandes vuelos de 7 y 9 metros, para ello los muros testers se refuerzan con mayor armado en las zonas de voladizo y en la cubierta. Para el refuerzo de estos voladizos también se emplean rigidizadores en los antepechos compuestos por perfiles metálicos colocados en la modulación que siguen los pilares de la planta. Además, en la primera y segunda planta también se emplean rigidizadores oblicuos constituidos por cables de acero de 50 mm de diámetro.

La trama de pilares y vigas se realiza en su mayoría con perfiles metálicos, usando en su mayoría para las vigas perfiles compuestos por más de uno o reforzados con placas, así en las zonas donde los esfuerzos son mayores se colocan vigas de mayor canto pero base reducida gracias a por ejemplo secciones creadas con la suma de un perfil y mitad de otro.

Pese a esto, tras la puesta en carga del edificio, se observa que algunas de las vigas, en su mayoría las transversales, han de ser redimensionadas ya que no cumplen las comprobaciones, por vigas del mismo tipo pero mayores, además como es el caso de la primera planta vemos que en una misma fila de vigas encontramos diferentes tipos de sección, aunque el coste de esto sería menor, se podría tomar la decisión de unificar todas las secciones tomando el perfil mayor, en el caso de la primera planta un IPN 220, siendo así más sencilla su puesta en obra e igualmente cumpliría las comprobaciones. Sin embargo, tras el análisis de los soportes se ve que todos ellos cumplen las comprobaciones y no es necesario redimensionar.

Además, en las vigas que componen los pórticos vemos que hay algunas de mayor sección, por ejemplo en la primera planta esto se debe a que ahí el momento es más grande por la influencia del voladizo y además la luz entre pilares es mayor que en el resto de los casos, llegando aquí a los 10 metros, por ello el mayor canto hace que la flecha no se excesiva. Esto mismo se repite en la segunda planta, que además encontramos otra viga de mayor canto en el extremo del voladizo, en el antepecho.

El conjunto de todos los resultados indican que el factor más importante es el peso propio de los voladizos, tras esta conclusión vemos que lo más importante serán las deformaciones en esta zona, que gracias al diseño de los muros y sus refuerzos y la trama de vigas y pilares metálicos y la existencia de arriostramiento en los voladizos, las deformaciones no son excesivas, estando en unos valores razonables.

Todos estos matices y detalles en la estructura hacen que la solución de la estructura sea muy apropiada, la suma de forjados ligeros, piezas estructurales importantes, como son los muros, y una trama sencilla con refuerzos en las zonas adecuadas, funcionan debidamente, dando como resultado un edificio que mantiene los valores del arquitecto.

Se puede concluir que el edificio Quorum cumple con sus funciones, sin dejar de lado el diseño moderno del edificio y utilizando un elemento, el voladizo, que le hace destacar, teniendo un buen comportamiento estructural pese a esta dificultad.

9. BIBLIOGRAFÍA Y FUENTES

LIBROS

[1] **Javier García Solera-works, AA²¹ Arquitecturas de autor**
T6 ediciones SL.

[2] **Javier García Solera, Deados 2**
Colegio Oficial de Arquitectos de Almería

PÁGINAS WEB

Javier García solera vida

[3] <http://www.miprimeraez.es/2014/10/javier-garcia-solera-vera/>

[4] http://www.via-arquitectura.net/01_prem/01p-056.htm

[5] <https://publiesarq.wordpress.com/2013/05/15/entrevista-profesores-javier-garcia-solera/>

[6] <https://www.upv.es/catedrablanca/myf5/arquitectos/5garciasolera/gsolera.htm>

Casa de la cascada

[7] <http://www.fallingwater.org/132/fallingwater-drawings-and-plans>

Centro de cine Busan

[8] <http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-294992/centro-de-cine-busan-coop-himmelb-l-au>

[9] <https://es.wikiarquitectura.com/edificio/busan-cinema-center/>

NORMAS

[10] **Código Técnico de la Edificación (CTE). Documento Básico SE-AE. Seguridad Estructural Acciones en la edificación (2009)**

Ministerio de Fomento. Gobierno de España

PROGRAMAS

[11] PEREZ-GARCIA, Agustín, ALONSO DURÁ, Adolfo, GÓMEZ MARTÍNEZ, Fernando, ALONSO AVALOS, José Miguel and Pau.

Architrave 2015

Valencia (Spain). Universitat Politècnica de València. 2015.

Available from: www.architrave.es

[12] Autodesk AutoCAD 2016© Copyright 2017 Autodesk, Inc.

OTROS

[13] Información proporcionada por el arquitecto

FOTOFRAFÍAS

[14] Ilustración 1. Javier García Solera.

<https://www.upv.es/catedrablanca/myf5/arquitectos/5garciasolera/gsolera.htm>

[15] Ilustración 2. Casa con invernadero

<http://www.miprimeraez.es/2014/10/javier-garcia-solera-vera/>

[16] Ilustración 3. Oficinas diputación Alicante

<http://www.erredoble.es/?galleries=taming-set>

[17] Ilustración 4. Instituto Bernabeu

<http://www.erredoble.es/?galleries=taming-set>

[18] Ilustración 5. Edificio Germán Benácer
<http://vidalymolina-arquitectos.com/arquitecto-de-alicantegarcia-solera/>

[19] Ilustración 6. Muelle y café, Puerto de Alicante
<http://vacarquitectura.es/pabellon-de-servicios-en-el-puerto-dealicante/>

[20] Ilustración 7. IVI
<http://vacarquitectura.es/instituto-valenciano-de-infertilidad/>

[21] Ilustración 8. Edificio Gesem
<http://vacarquitectura.es/edificio-gesem/>

[22] Ilustración 9. Centro tecnología química
Foto extraída de AA21 2002 Works Javier García Solera.P.23

[23] Ilustración 10. Restaurante Monastrell
<http://hunterartmagazine.com/interiorismo-arquitectura-lolaalonso-javier-garcia-solera-arquitecto/>

[24] Ilustración 11. Edificio Aulario 3
<http://vacarquitectura.es/aulario-iii/>

[25] Ilustración 12. Edificio CITTIB
<http://miesarch.com/work/1681>

[26] Ilustración 13. Escuela oficial de idiomas
<http://vacarquitectura.es/escuela-oficial-de-idiomias/>

[27] Ilustración 14. Casa de la juventud
<https://www.via-arquitectura.net/15/15-078.htm>

[28] Ilustración 15. Viviendas tuteladas
<http://vacarquitectura.es/viviendas-tuteladas-y-centro-de-dia/>

[29] Ilustración 16. Café del puerto
<http://www.via-arquitectura.net/ara07/036-ara07.htm>

[30] Ilustración 17. Edificio Benigar
<https://www.via-arquitectura.net/ara07/068-ara07.htm>

[31] Ilustración 18. Centro de interpretación
<https://web.ua.es/es/laalcudia/centro-de-interpretacion.html>

[32] Ilustración 19. Viviendas tuteladas
<http://www.ondisenio.com/proyecto.php?id=1599>

[33] Ilustración 20. Estación de tram mercado
<https://joanroig.com/portfolio/tram-estacion-mercado-centralalicante-arq-javier-garcia-solera/>

[34] Ilustración 21. Estación de tram luceros
http://davidfrutos.com/wpcontent/uploads/2010/06/06910_021D FR.jpg

[35] Ilustración 22. Edificio QUORUM
<http://www.lavirtu.com/imagenes/cache/8/42/46/38103589.jpg>

[36] Ilustración 23. Casa de la Cascada
<http://www.fallingwater.org/132/fallingwater-drawings-and-plans>

[37] Ilustración 24. Centro de cine Busan
<http://www.plataformaarquitectura.cl/cl/02-294992/centro-decine-busan-coop-himmelb-l-au>

[38] Ilustración 25. Vista exterior Edificio Quorum.
<http://vacarquitectura.es/wpcontent/uploads/2012/11/Edificio%20Quorum%20I%2001.jpg>

Ilustración 26. Plano situación. [13]

Ilustración 27. Plano planta baja. [13]

Ilustración 28. Plano planta primera. [13]
Ilustración 29. Plano segunda planta. [13]
[39] Ilustración 30. Detalle fachada de muros y Celosía. [13]
<http://www.lavirtu.com/imagenes/cache/66/55/69/21712010.jpg>
Ilustración 31. Planta cimentación. [13]
Ilustración 32. Forjado de planta baja. [13]
Ilustración 33. Sección forjado planta baja [13]
Ilustración 34. Detalle vigas planta baja. [13]
Ilustración 35. Forjado planta primera. [13]
Ilustración 36. Forjado planta segunda. [13]
Ilustración 37. Selección de vigas. [13]
Ilustración 38. Sección tipo forjados plantas superiores. [13]
Ilustración 39. Forjado planta cubierta. [13]
Ilustración 40. Muro testero 1. [13]
Ilustración 41. Muro testero 2. [13]
Ilustración 42. Pórtico 1. [13]
Ilustración 43. Pórtico 2. [13]
Ilustración 44. Pórtico 3. [13]
Ilustración 45. Rigidizadores antepecho. [13]
Ilustración 46. Tabla soportes. [13]
Ilustración 47. Isométrica alzado Este*
Ilustración 48. Isométrica alzado Oeste*
Ilustración 49. Modelización pórticos metálicos.*
Ilustración 50. Estructura pórticos metálicos en la obra.
Ilustración 51. Detalle modelización del voladizo.*
Ilustración 52. Sobrecarga de uso. [10]
Ilustración 53. Mapa Valor básico velocidad del viento. [10]
Ilustración 54. Coeficiente de exposición. [10]
Ilustración 55. Coeficiente eólico. [10]
Ilustración 56. Esquema dirección viento sur-norte.*
Ilustración 57. Esquema dirección viento oeste-este.*
Ilustración 58. Coeficientes de seguridad. [10]

Ilustración 59. Coeficientes de simultaneidad. [10]
Ilustración 60. Gráfica momentos flectores Mz. Planta baja.*
Ilustración 61. Gráfica axiles. Planta baja.*
Ilustración 62. Gráfica cortantes Vy. Planta baja.*
Ilustración 63. Indeformada de la planta baja.*
Ilustración 64. Deformada de la planta baja*
Ilustración 65. Volumetría de la deformada en planta baja.*
Ilustración 66. Esquema planta baja. [13]
Ilustración 67. Peritación viga 15x30 cm.*
Ilustración 68. Peritación viga 20x30 cm.*
Ilustración 69. Gráfica momentos Mz. Primera planta.*
Ilustración 70. Gráfica momentos Mz planta primera con volumetría.*
Ilustración 71. Gráfica axiles. Primera Planta.*
Ilustración 72. Gráfica cortantes Vy. Primera planta.*
Ilustración 73. Indeformada de la primera planta.*
Ilustración 74. Deformada de la primera planta.*
Ilustración 75. Esquema de la sección de la estructura. [13]
Ilustración 76. Esquema primera planta. [13]
Ilustración 77. Peritación viga 831*
Ilustración 78. Dimensionado viga 831.*
Ilustración 79. Peritación viga 787.*
Ilustración 80. Dimensionado viga 787.*
Ilustración 81. Peritación viga 821.*
Ilustración 82. Dimensionado viga 821.*
Ilustración 83. Peritación viga 720/733*
Ilustración 84. Dimensionado viga 720/733.*
Ilustración 85. Gráfica momentos Mz. Segunda planta.*
Ilustración 86. Gráfica momentos segunda planta con volumetría.*
Ilustración 87. Gráfica axiles. Segunda planta.*
Ilustración 88. Gráfica cortantes Vy. Segunda planta.*
Ilustración 89. Indeformada de la segunda planta.*

Ilustración 90. Deformada de la segunda planta.*
Ilustración 91. Esquema de la sección de la estructura. [13]
Ilustración 92. Esquema segunda planta. [13]
Ilustración 93. Peritación tren de viga 15.3.1*
Ilustración 94. Dimensionado tren de viga 15.3.1*
Ilustración 95. Gráfica momentos Mz. Planta cubierta.*
Ilustración 96. Gráfica momentos planta cubierta en volumetría.*
Ilustración 97. Gráfica axiles. Planta cubierta.*
Ilustración 98. Gráfica cortantes Vy. Planta cubierta.*
Ilustración 99. Indeformada de la planta de cubierta.*
Ilustración 100. Deformada de la planta de cubierta.*
Ilustración 101. Esquema de la sección de la estructura. [13]
Ilustración 102. Esquema planta cubierta. [13]
Ilustración 103. Peritación tren de viga 16.4.1*
Ilustración 104. Dimensionado tren de viga 16.4.1.*
Ilustración 105. Esquema de sollicitaciones en los muros.*
Ilustración 106. Desplazamiento Dz, vertical de los muros ELS02.*
Ilustración 107. Desplazamiento Dz ELS 02 (izquierda),
Desplazamiento Dz ELS 04 (derecha).*
Ilustración 108. Desplazamiento Dy ELS 02 (izquierda).
Desplazamiento DY ELS 04 (derecha)*
Ilustración 109. Desplazamiento Dy en la dirección de los muros principales ELS02*
Ilustración 110. Desplazamiento Dx ELS 02
(izquierda). Desplazamiento Dx ELS 04 (derecha).*
Ilustración 111. Desplazamiento Dx en dirección perpendicular a los muros principales.*
Ilustración 112. Esfuerzos axiles sobre los pilares*
Ilustración 113. Momentos flectores pilares planta cimentación.*
Ilustración 114. Momentos flectores pilares planta baja.*
Ilustración 115. Momentos flectores pilares primera planta.*
Ilustración 116. Momentos flectores pilares segunda planta.*

Ilustración 117. Esquema posición de los rigidizadores.*
Ilustración 118. Esfuerzos axiles rigidizadores primera planta.*
Ilustración 119. Momentos flectores rigidizadores primera planta.*
Ilustración 120. Esfuerzos axiles rigidizadores segunda planta.*
Ilustración 121. Momentos flectores rigidizadores segunda planta.*