



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA  
SUPERIOR DE  
ARQUITECTURA

TRABAJO FIN DE GRADO

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN  
ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA  
DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.**

Grado en Fundamentos de la Arquitectura

Escuela Técnica Superior de Arquitectura

2019-2020

Autor: CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT  
Tutor: LUIS MARÍA DE MAZARREDO AZNAR

## RESUMEN

La búsqueda del modelo estructural ideal, no sólo en el campo económico, sino en la aplicación de los Objetivos de Desarrollo Sostenible marcados por la agenda 2030, es fundamental a la hora de abordar un nuevo proyecto. Así, en el diseño de una nueva estructura, existen factores determinantes que influyen directa e indirectamente, a nivel social, económico y ambiental; como son la elección de los materiales y la geometría de la estructura, que determinan además la configuración necesaria para ofrecer una respuesta adecuada a los esfuerzos a los que está sometida.

En este estudio se han analizado, partiendo de la propuesta estructural y su correspondiente presupuesto, distintas configuraciones para un mismo proyecto, con la finalidad de conseguir la estructura óptima en cuanto a economía e impacto medioambiental.

VIVIENDA UNIFAMILIAR - OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL - CÁLCULO ESTRUCTURAL – ECONOMÍA - ODS

## RESUM

La recerca del model estructural ideal, no només en el camp econòmic, sinó en l'aplicació dels Objectius de Desenvolupament Sostenible marcats per l'agenda 2030, és fonamental a l'hora d'abordar un nou projecte. Així, en el disseny d'una nova estructura, hi ha factors determinants que influeixen directa i indirectament, a nivell social, econòmic i ambiental; com ara l'elecció dels materials i la geometria de l'estructura, que determinen a més la configuració necessària per oferir una resposta adequada als esforços a què està sotmesa.

En aquest estudi s'han analitzat, partint de la proposta estructural i el corresponent pressupost, diferents configuracions per a un mateix projecte, amb la finalitat d'aconseguir l'estructura òptima respecte a economia i impacte mediambiental.

HABITATGE UNIFAMILIAR - OPTIMITZACIÓ ESTRUCTURAL - CÀLCUL ESTRUCTURAL - ECONOMIA - ODS

## SCRIPT

The research for the ideal structural model, not only economically, but also in the application of the Sustainable Development Goals set by the 2030 agenda, is essential when dealing with a new project. In a new structure design, there are many factors that influence direct and indirectly, at a social, economic and environmental level; such as the choice of materials and the geometry of the structure, which also determine the necessary configuration to offer an adequate response to the stresses to which it is subjected.

In this study, different configurations for the same project have been analyzed, starting from the structural proposal and its corresponding budget, in order to achieve the optimal structure in terms of economy and environmental impact.

SINGLE-FAMILY HOUSE - STRUCTURAL OPTIMIZATION - STRUCTURAL CALCULATION - ECONOMY – SDG

- 0 AGENDA 2030**
  
- 1 OBJETIVOS**
  
- 2 METODOLOGÍA**
  
- 3 LA VIVIENDA**
  
- 4 PROPUESTA ESTRUCTURAL**
  
- 5 ANÁLISIS ESTRUCTURAL:**
  - 5.1 ACCIONES A CONSIDERAR**
  - 5.2 VALORES DE CÁLCULO**
  
- 6 PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO**
  - 6.1 ACCIONES**
  - 6.2 GEOMETRÍA**
  - 6.3 MATERIALES**
  - 6.4 ENLACES**
  - 6.5 PREDIMENSIONADO**
  - 6.6 HIPÓTESIS DE CARGA**
  - 6.7 COMBINACIÓN DE HIPÓTESIS**
  - 6.8 ANÁLISIS. MÉTODO DE CÁLCULO**
  - 6.9 COEFICIENTES DE PONDERACIÓN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE SECCIÓN DE BARRAS**
  - 6.10 DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA**
  
- 7 MODELO 01: ESTRUCTURA DE MUROS DE CARGA DE HORMIGÓN ARMADO**
  - 7.1 SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU**
  - 7.2 RESULTADO DEL DIMENSIONADO**
  - 7.3 MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

**8        MODELO 02: ESTRUCTURA PORTICADA DE HORMIGÓN ARMADO. LUCES DE 3 METROS**

**8.1        SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU**

**8.2        RESULTADO DEL DIMENSIONADO**

**8.3        MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

**9        MODELO 03: ESTRUCTURA PORTICADA DE HORMIGÓN ARMADO. LUCES DE 6 METROS**

**9.1        SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU**

**9.2        RESULTADO DEL DIMENSIONADO**

**9.3        MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

**10        MODELO 04: ESTRUCTURA PORTICADA DE HORMIGÓN ARMADO. LUCES DE 12 METROS**

**10.1        SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU**

**10.2        RESULTADO DEL DIMENSIONADO**

**10.3        MEDICIONES Y PRESUPUESTO**

**11        COMPARATIVA**

**12        ANÁLISIS DE RESULTADOS**

**13        CONCLUSIONES**

**14        REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

**15        SOFTWARE**

**16        GLOSARIO DE IMÁGENES**

**ANEJO 1: DESGLOSE DE PRESUPUESTOS**

## 0 - AGENDA 2030

*“La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible fue firmada en 2015 por los jefes de Estado y de Gobierno de los países miembros de Naciones Unidas. Representa el compromiso internacional para hacer frente a los retos sociales, económicos y medioambientales de la globalización, poniendo en el centro a las personas, el planeta, la prosperidad y la paz, bajo el lema de “no dejar a nadie atrás”.*

*La Agenda pretende avanzar hacia sociedades con un crecimiento económico inclusivo y mayor cohesión y justicia social, en paz y con un horizonte medioambiental sostenible. Explica cómo ha de procederse en 17 objetivos de desarrollo sostenible (ODS), que cubren todas las políticas públicas domésticas, la acción exterior y la cooperación para el desarrollo. Los ODS son universales, se aplican por igual a países desarrollados y en vías de desarrollo, abordan las raíces de la pobreza, la desigualdad y la degradación del planeta, y pretenden ser profundamente transformadores.”*

*La Agenda 2030 implica también la acción de la sociedad civil, el sector privado, los sindicatos, las universidades... Genera responsabilidades del gobierno central, los autonómicos y los municipales. Induce nuevas formas de trabajar en el interior de cada país y un modelo innovador de relaciones internacionales, consciente de la creciente interdependencia.*

*Cada uno de los países signatarios tiene el compromiso de someterse a un Examen Nacional Voluntario, en el que presenta un Plan de Acción, con las líneas de acción y los instrumentos con que cuenta para alcanzar los ODS en 2030.*

*El Consejo de ministros aprobó el 29 de junio de 2018 el Plan de Acción para la Implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, y lo remitió a las Naciones Unidas como soporte del Examen Nacional Voluntario al que España se sometió el 18 de julio de 2018 en Nueva York.*

*El Plan pretende impulsar de forma urgente la implementación de la Agenda 2030 en España, al tiempo que evoluciona la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible que arrancó en 2019.*

*El Plan de Acción, elaborado a través de un proceso abierto, participativo y transparente y de la interlocución con todos los actores sociales y administraciones territoriales, se estructura en lo esencial en dos partes. Por un lado, el análisis del estado de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en España, la situación de partida y una cartografía de responsabilidades competenciales de todos los departamentos. Y por otro, las acciones a través de las cuales se impulsa la Agenda en 2018-2020: nuevas políticas y medidas públicas, gobernanza de la Agenda, mecanismos de seguimiento y rendición de cuentas de todos los actores.*

*El Plan recoge un primer conjunto de áreas prioritarias de políticas denominadas palanca, con capacidad de acelerar el progreso transversalmente y a mayor escala en el conjunto de los 17 ODS: prevención y lucha contra la pobreza, la desigualdad y la exclusión social; Plan Estratégico de Igualdad de Oportunidades; Agenda Urbana; economía circular; Ley de Cambio Climático y Transición Energética; investigación científica y técnica para los ODS; Estrategia de la Economía Social; Plan de Gobierno Abierto; y la Cooperación Española.*

*El Plan incorpora un conjunto de medidas transformadoras, de carácter transversal, para sentar las bases necesarias para impulsar los ODS: impulsar una función pública con conocimientos y capacidades para implementar los ODS así como la educación para el desarrollo sostenible como pilar fundamental del sistema educativo; alineamiento de los presupuestos generales y la compra pública del Estado con los ODS; memoria ODS de impacto normativo en toda la actividad legislativa; vinculación de la Agenda 2030 y el Plan Nacional de Reformas; impulso de las alianzas entre todos los actores; situar la Agenda 2030 en el centro de la identidad de España en el mundo; pacto para la comunicación y plataforma en línea de la Agenda 2030; la cultura como elemento clave para la transformación.*

*La gobernanza de la Agenda descansa en la reciente creación de un Alto Comisionado para la Agenda 2030 en la Presidencia del Gobierno, de un Consejo de Desarrollo Sostenible, de carácter consultivo, de la de articulación entre los tres niveles de las administraciones públicas y en puesta en marcha de una Comisión mixta Congreso-Senado para su seguimiento.*

*Especial importancia tiene la inclusión de los compromisos y avances de las comunidades autónomas, de los gobiernos locales a través de las estrategias consensuadas en el seno de la FEMP y del resto de actores, sociedad civil, empresas, sindicatos, universidades y colegios profesionales, lo que permite configurar el Plan como el esfuerzo de toda la sociedad.”*

Agenda 2030, <https://www.agenda2030.gob.es/>

## 1 - OBJETIVOS

La aplicación al campo de las estructuras de los objetivos de la Agenda 2030 trata de conseguir la configuración óptima en cuanto a economía e impacto medioambiental del proyecto, teniendo en cuenta que los factores de mayor influencia serán el control de consumo de recursos, la reducción de emisiones contaminantes y la correcta gestión de los residuos generados.

Estos factores vienen condicionados por los materiales empleados, su proceso de fabricación, el volumen necesario para la ejecución y su transporte, y el aprovechamiento de sus propiedades en el diseño de la estructura.

Es el diseño el punto de partida de dicha configuración óptima. Una vez determinadas las acciones que actúan sobre la estructura, es fundamental poder establecer una geometría y disposición adecuada para asegurar el comportamiento eficiente del conjunto, que implica la optimización de la forma de trabajo de los materiales, así como su consumo y por tanto, la generación de residuos de su proceso de fabricación.

La reducción de estos efectos negativos influye de manera directa sobre la economía, la sociedad y el medio ambiente de diversas formas:

- Factor económico: La utilización de materiales autóctonos y mano de obra de la propia zona fomentan el crecimiento económico local, así como la promoción de la ciudad inclusiva y sostenible; y el uso eficiente de los recursos disponibles. De forma añadida, el coste final de la construcción se reduce notablemente al reducir la cantidad de material necesario, así como al prescindir de largos desplazamientos, tanto de materiales como de mano de obra.
- Factor social: La optimización de los costes de producción y transporte, conlleva un menor impacto económico que se verá reflejado en el precio final de la vivienda. De esta manera, la propia vivienda será asequible para un porcentaje mayor de la población, contribuyendo así a la mejora en las condiciones económicas globales.
- Factor ambiental: La producción de los materiales de construcción ha sido duramente criticada por la huella ambiental que genera. Es por eso que la optimización en cuanto a la elección del material implica la utilización de métodos de producción nuevos o alternativos que reduzcan este impacto tan negativo para el medio ambiente, incluso la utilización de materiales naturales, adecuadamente tratados, para adecuarlos a una función estructural. Por otra parte, al tratarse de elementos de producción local, se minimiza el impacto producido por el transporte a pie de obra.

Vista la relevancia de un proceso tan habitual como es el diseño inicial, este estudio trata de abordar la optimización de la estructura de una vivienda unifamiliar, partiendo de distintas configuraciones estructurales, con sus respectivas mediciones y valoraciones, a través de la comparativa de resultados como la forma de trabajo, el volumen de material empleado y el presupuesto final.

La importancia de este estudio radica en la forma de trabajo actual, organizada en equipos multidisciplinares, en los que el arquitecto que diseña la estructura no tiene por qué ser quien finalmente lleve a cabo el cálculo, pero debe conocer de antemano qué tipo de estructura funcionará de manera más eficaz en cada proyecto, para poder diseñar la mejor opción.

A lo largo del bloque de Estructuras, perteneciente al Grado en Arquitectura de la ETSAV, el futuro arquitecto aprende a calcular reacciones, solicitaciones, efectos del viento o el sismo, a dimensionar las piezas en función del esfuerzo a que están sometidas y a calcular el armado, anclaje o tornillería necesarios. Para ello, se parte siempre de unas premisas básicas, entre las que cabe destacar una, que se repite de forma general en todos los bloques y departamentos, y es la que trata sobre la conveniencia de proyectar con luces de dimensiones entorno a los 5-6 metros.

Así pues, este estudio ofrece la posibilidad de comparar, mediante un análisis detallado y posterior cálculo, la configuración estructural “por defecto” con otras de diferentes dimensiones, a priori válidas por igual, y justificar el motivo por el que dicha configuración es la que funciona de manera más eficiente.

Para ello, se ha seleccionado una vivienda unifamiliar aislada, modelo de la firma INHAUS, y, tras su análisis exhaustivo, se han propuesto varias alternativas estructurales que se adaptan a su geometría y funcionalidad.

Dichas propuestas parten de un modelo inicial proyectado con luces de 6 metros, en el que se ha variado la cantidad de soportes para dar lugar a una variante de pequeñas luces, y otra de grandes luces.

Para completar la comparativa, se ha proyectado un modelo adicional con muros de carga de hormigón armado, para conocer la efectividad de este tipo de estructura aplicada a un programa de estas características.

De esta forma se han obtenido cuatro configuraciones estructurales diferentes para un mismo programa, cuya comparativa permite evaluar la viabilidad de cada una de ellas, según los criterios de eficiencia, sostenibilidad y economía, analizando similitudes y diferencias entre ellas, así como los datos obtenidos respecto a los materiales utilizados y los presupuestos desglosados por categorías.

El resultado del estudio revela el modelo estructural óptimo, de entre los analizados, para el programa propuesto, siendo el resultado aplicable a estructuras de características similares.

## 2 - METODOLOGÍA

Para el desarrollo del análisis de cada uno de los modelos considerados, se ha estudiado la vivienda escogida, y se ha propuesto una serie de condicionantes para la estructura, de manera que ésta pueda adaptarse a las características espaciales y funcionales que define la firma para este modelo.

Se ha realizado una evaluación de las diferencias entre los modelos propuestos, a fin de establecer los elementos comunes a todos ellos, definiendo así el conjunto de acciones que actúan sobre la estructura, independientemente de su configuración, como son los acabados, falsos techos, tabiquería y carpintería. Así, el conjunto de acciones permanentes que actúa sobre la estructura únicamente varía de un modelo a otro en función del peso propio de la misma.

Para la consideración de acciones variables, dependientes fundamentalmente de la ubicación de la vivienda, se ha optado por establecer un ambiente salino, y una zona de viento menos favorable que la presente en la mayor parte de la península, como se ha detallado en el cálculo correspondiente.

Se ha determinado, de acuerdo con la normativa vigente, la acción que ejercen sobre la estructura elementos como la nieve y el viento, descartando la acción térmica por las reducidas dimensiones de la estructura, y las acciones accidentales por su escasa relevancia frente a otras solicitaciones.

Con los datos obtenidos, se ha trazado un modelo base en el programa AutoCAD® al que se han aplicado las cargas comunes, y en el que se han ido definiendo, individualmente para cada modelo, las secciones oportunas según un predimensionado básico, en función de las luces establecidas.

Cada uno de los modelos se ha exportado al programa Architrave® para su análisis y dimensionado, teniendo en cuenta la normativa vigente y las buenas prácticas de construcción, procurando homogeneizar elementos para facilitar su puesta en obra, de manera que el resultado sea lo más similar posible al que se adoptaría en un proyecto real.

Una vez obtenidos los planos de estructura definitivos, se ha realizado la medición de cada uno de los modelos, mediante la aplicación de Architrave® Diseño, obteniendo así los datos necesarios acerca de superficies, volúmenes y relación peso-volumen de cada uno de los materiales necesarios para la construcción.

Mediante el Generador de precios (Generador de Precios. España, 2020) y la aplicación Arquímedes®, se ha obtenido el presupuesto detallado de cada uno de los modelos, teniendo en cuenta las fases de acondicionamiento del terreno, cimentaciones, estructuras y gestión de residuos, considerando que las restantes fases de la construcción serán comunes a todos ellos y, por tanto, no influirán en el resultado del estudio.

Por último, se ha realizado una comparativa entre las distintas propuestas, tomando como referencia tanto el presupuesto obtenido como el volumen de material empleado, para establecer el modelo más viable desde el punto de vista económico y el medioambiental.



### 3 - LA VIVIENDA



IMG01 – Vivienda modelo Torre Vieja

*“Un diseño con la capacidad de dirigir las vistas hacia lo que realmente nos importa e introducir luz en el interior gracias a los patios distribuidos dentro del volumen.*

*Con dos plantas, cuenta con amplios espacios tanto en las zonas más públicas como en las privadas. La fuerte vinculación del interior y el exterior del volumen propio de la vivienda la protegen de las vistas indiscretas del exterior, mientras los espacios interiores se llenan de luz. El programa lo componen, en planta baja, una amplia zona de salón comedor y cocina conectados, con acceso a un porche cubierto y dos dormitorios, contando cada uso con su espacio propio y salida independiente al exterior. La doble altura, que dialoga con los dos patios interiores, cose ambos niveles presidiendo esta vivienda.*

*La planta superior completa el programa con tres dormitorios con baño y vestidor, y una zona de estudio vinculada a uno de los patios.”*

INHAUS, <https://casasinhaus.com/>

## INHAUS

La firma INHAUS es una empresa dedicada al diseño y construcción de viviendas modulares en España. Ofrece gran variedad de modelos de vivienda prefabricada, que se adapta en cada caso particular a las necesidades y gustos del cliente, al emplazamiento y al entorno.

La naturaleza del proceso constructivo, de fabricación en taller y posterior transporte al emplazamiento, es el motivo por el que todas sus viviendas cuentan con unas características estandarizadas, en cuanto a definición constructiva y dimensiones, lo que permite la optimización de recursos y procesos.



IMG02 – Transporte de módulo de vivienda

Esta firma trabaja exclusivamente con viviendas unifamiliares exentas, abiertas generalmente en una de sus fachadas a la parcela en que se sitúan, dando una gran importancia al entorno. Se trata de viviendas amplias y luminosas, donde prima la relación entre estancias y la continuidad del espacio, así como la interacción con el exterior.

Los diferentes modelos se catalogan según diferentes tipologías, en función de la volumetría general, el número de plantas, la cantidad de dormitorios o la superficie total de la vivienda, disponiendo de modelos de variada geometría, de hasta 7 dormitorios, estructurados en una o dos plantas, que oscilan entre los 100 y los 800 m<sup>2</sup>.



IMG03 – Modelos de vivienda en “E” y en “H” de la firma

La estructura de estas viviendas, en hormigón y acero, está proyectada para soportar, además de las acciones propias debidas a las cargas a que está sometida, el movimiento que supone el traslado a su destino, ya que su fabricación se lleva a cabo en un único lugar, incluidos acabados, instalaciones y electrodomésticos, y se transporta por módulos a su ubicación final, donde únicamente es necesario ensamblar los módulos entre sí.

Dado el proceso constructivo empleado en la fabricación de los diferentes modelos, y su posterior transporte e implantación, es necesario destacar el avance que supone la estandarización y la optimización de recursos y procesos, y la eficiencia en todos los campos del resultado, habida cuenta de los compromisos que se han establecido en la Agenda 2030 para el desarrollo sostenible.

Es por ello que, a la hora de abordar el estudio de un proyecto para su optimización estructural, se ha escogido una vivienda de esta firma como modelo, aplicando los procesos habituales de construcción in situ.

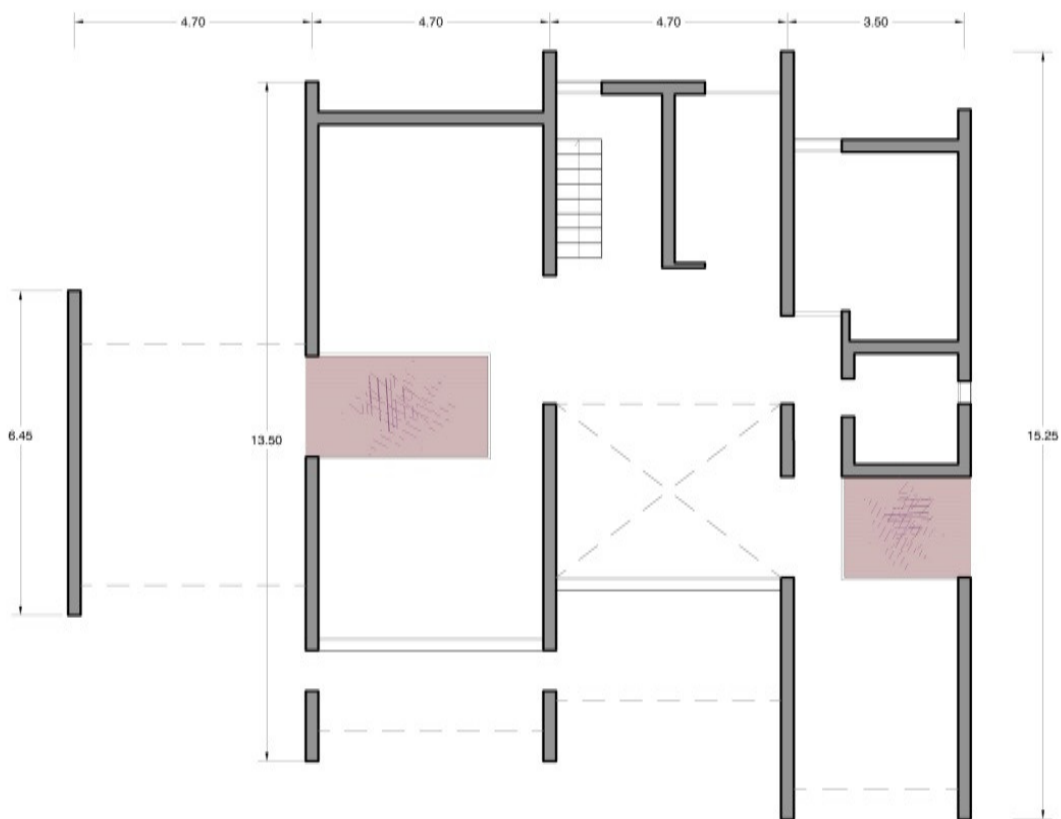
### Vivienda industrializada de diseño Torre Vieja 6D 2P 2.326

La vivienda modelo TORREVIEJA de esta firma es la escogida para el análisis. Se trata de una vivienda unifamiliar exenta, catalogada como de forma en "E" y diseño de líneas verticales, que cuenta con 320 m<sup>2</sup>, distribuidos en dos alturas. Se compone de cuatro módulos por planta, de diferentes longitudes, que provocan un juego de planos variable en las fachadas frontal y posterior.

El módulo principal, que da acceso a la vivienda, actúa como conexión de los módulos contiguos, conformando un espacio de cocina, salón y zona de estar exterior conjuntos, al que se adhiere un módulo de dormitorios y servicios, y un porche cubierto en el extremo opuesto.

Así, los módulos que componen la planta baja se aúnan en un único espacio que recorre la vivienda longitudinalmente, en el que aparecen dos patios que lo vinculan visualmente con el exterior, y con la planta superior, sumando en iluminación al conjunto, ya de por sí amplio y luminoso debido a la permeabilidad de su piel exterior, compuesta por carpinterías que abarcan la totalidad de la fachada posterior.

La fachada principal, por el contrario, se abre al exterior únicamente de forma puntual, otorgando un mayor nivel de privacidad a las estancias de ambos niveles, y añadiendo protagonismo al espacio exterior situado en el interior de la parcela.



IMG04 – Vivienda modelo Torre Vieja. Planta baja

En la planta superior, a la que se accede a través de la pieza central, cada uno de los módulos se corresponde con un espacio más privado, compuesto de dormitorio, baño y vestidor, siempre conectados entre sí a través de los patios interiores y gracias al volumen del salón que se extiende en el módulo central a doble altura, que relaciona así ambos niveles y dirige las visuales hacia el exterior.

El modelo seleccionado para el estudio es una vivienda que, a priori, podría situarse en cualquier ubicación. Por ello, y para concretar el cálculo de acciones, se ha escogido una ubicación aproximada, que reúne unas condiciones de ambiente y grado de aspereza poco favorables, de manera que el cálculo obtenido sea válido para mayor variedad de ubicaciones.

Teniendo en cuenta las características del modelo, en cuanto a superficie, orientación óptima y espacio exterior, se ha escogido una parcela de aproximadamente 1300 m<sup>2</sup> situada en la calle Vía Láctea, 14B, de Denia (Alicante), cercana a la Cala de les Rotes, por lo que para la consideración de acciones se tendrá en cuenta el ambiente salino (IIIa) y la zona B de viento que corresponde a dicha ubicación.



IMG05 – Fotografía satélite de la parcela escogida como ubicación.

La vivienda se ha ubicado junto al linde noreste de la parcela, con acceso a la misma desde la calle Vía Láctea, de manera que la fachada principal recae a orientación noreste, y la fachada posterior a suroeste, como se indica en el plano de emplazamiento siguiente.



IMG06 – Emplazamiento propuesto

De las coordenadas de la ubicación seleccionada se han obtenido los datos referentes al tipo de suelo necesarios para el estudio, a partir de la aplicación Geoweb, que asiste en la planificación gráfica de los estudios geotécnicos para edificación a partir de ciertos parámetros recogidos en una cartografía (tipo de suelo, riesgos,..) y de datos del edificio y del entorno.

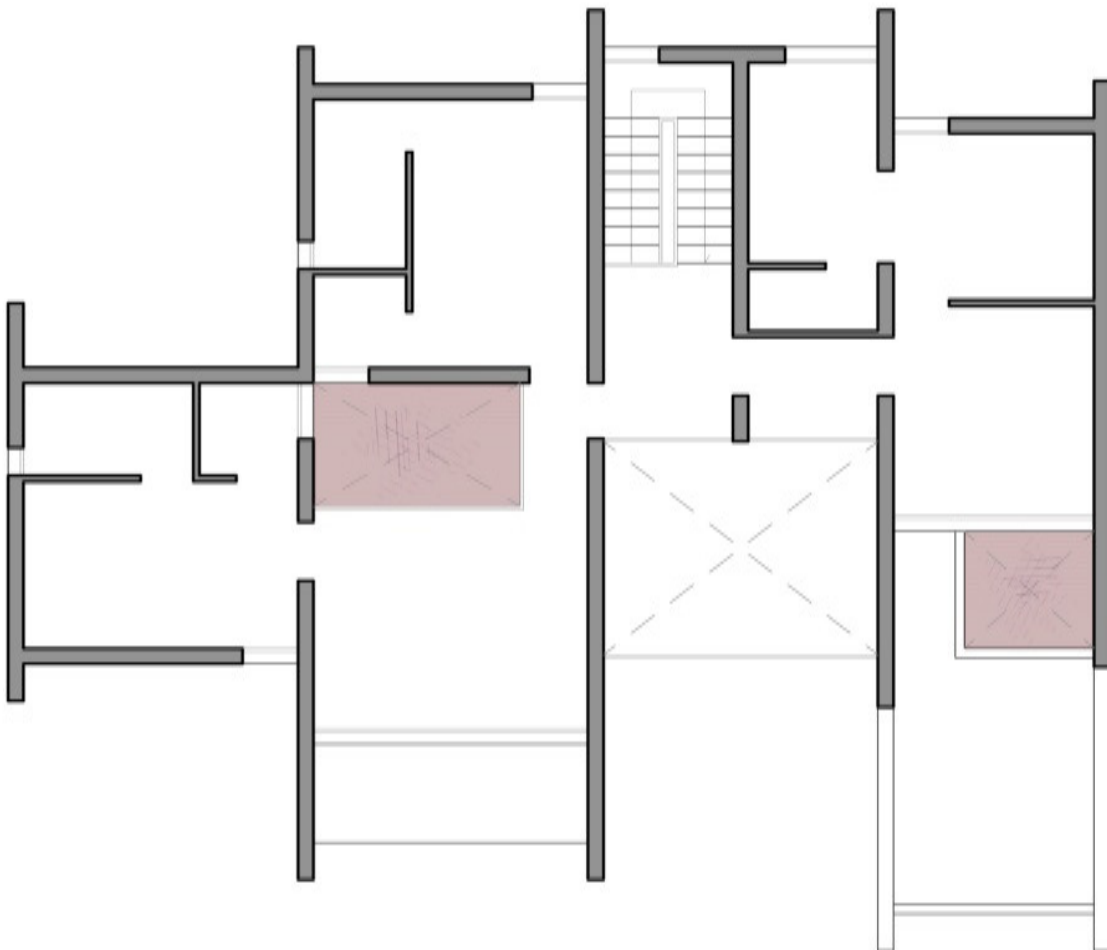
Los datos obtenidos son los siguientes:

#### Información básica del suelo

<b>UTM X</b>	774285.18741214
<b>UTM Y</b>	4301731.4543941
<b>Municipio</b>	Denia
<b>Comarca</b>	Marina Alta
<b>Provincia</b>	Alicante
<b>Número de hoja/nombre</b>	1616
<b>Tipo de suelo</b>	Calizas
<b>Geomorfología</b>	Cuaternario
<b>Riesgos geotécnicos</b>	Terrenos kársticos
<b>Aceleración sísmica</b>	0.06
<b>Coeficiente de contribución</b>	1
<b>Tensión característica inicial</b>	200 kN/m <sup>2</sup>
<b>Espesor conocido de suelos blandos</b>	No se conocen
<b>Pendiente mayor de 15°</b>	Sí
<b>Peso específico aparente</b>	18 kN/m <sup>3</sup>
<b>Grupo de terreno</b>	T-3
<b>Profundidad por empotramiento de la cimentación en la capa de apoyo</b>	2.0 m

## 4 - PROPUESTA ESTRUCTURAL

La vivienda escogida cuenta con una estructura fuertemente definida a través de los paños que dividen transversalmente el espacio. Estas líneas se proyectan hacia el exterior de la vivienda, comunicando y relacionando ambos ambientes, y marcando un ritmo constante en sus fachadas.



IMG07 – Vivienda modelo Torre Vieja. Planta primera

Es ésta marcada definición espacial la que determina la tipología estructural, de modo que, debido a la aparición de los espacios a doble altura, se hace necesario conservar estas líneas transversales como ejes naturales y soporte de la estructura de la planta superior.

Por ello, y tomando como líneas principales o pórticos dichas transversales que recorren el proyecto, se han propuesto varias alternativas estructurales para su posterior comparación, partiendo del hormigón armado y el acero como materiales principales y manteniendo la distancia entre pórticos constante, para conservar, en la medida de lo posible, la configuración inicial de la vivienda.

La variación de un modelo respecto a los demás estriba en el número de puntos de apoyo de que dispone la estructura para dirigir las cargas hasta el terreno. Así, a medida que el número de apoyos se reduce, aumenta la distancia entre ellos y varía por tanto el funcionamiento de la estructura completa, así como el dimensionado de los elementos que la componen y la forma en que transmite las cargas al terreno.

Los modelos se han presentado en función del contacto con el terreno de que disponen, de mayor a menor número de puntos de apoyo.

Para el primer modelo se ha proyectado una estructura de muros de carga y forjados de losa maciza de hormigón armado. La cimentación planteada es de tipo superficial, con zapatas corridas bajo los muros, de modo que la estructura apoya de manera continua a lo largo de cada pórtico. Esta configuración permite que las cargas recibidas se distribuyan uniformemente a lo largo de una superficie mayor de apoyo, de manera que el asiento que pueda producirse será más homogéneo que en otras soluciones estudiadas.

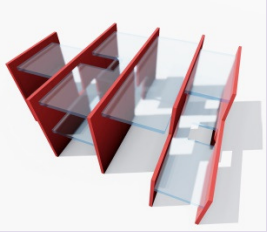


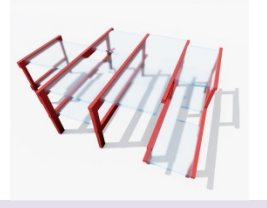
El segundo modelo se plantea como una estructura porticada de hormigón armado, en la que el muro desaparece para dar lugar a soportes situados cada 3 metros. Los forjados se resuelven de manera unidireccional, con vigas de hormigón armado embebidas en el forjado, viguetas prefabricadas y bovedillas de hormigón. Si bien la cimentación continúa siendo de tipo superficial, las zapatas aparecen aisladas y centradas respecto al soporte que reciben. Este modelo cuenta con un total de 23 soportes con sus respectivas zapatas de apoyo, que reciben una carga similar por unidad de superficie, por lo que se prevé un asiento uniforme para toda la cimentación.

La variación de la estructura para el tercer modelo, consiste en la eliminación de parte de los soportes, de manera que las luces entre ellos sean de 6 metros. El material empleado es hormigón armado, y el forjado unidireccional, de viguetas prefabricadas y bovedillas de hormigón, como el modelo anterior. Éste se plantea con vigas colgadas, de manera que permiten mantener la dimensión uniforme de las líneas que definen la fachada sin variar la sección de una pieza a lo largo de su longitud. En este modelo el número de soportes, y por tanto de zapatas, se reduce a 14.

Finalmente, el cuarto modelo se ha proyectado con el mínimo número de soportes posible, de manera que cuenta con pórticos de un único vano, con luces de hasta 12 metros, que se han resuelto con vigas colgadas de gran sección. En este caso, las piezas más solicitadas sí varían sus dimensiones a lo largo de su longitud, ya que el momento que actúa en centro de vano es mucho mayor que el que aparece en los extremos volados. Los soportes, hasta ahora de sección cuadrada, aparecen apantallados, y mantienen su sección constante a lo largo de su longitud. Este modelo cuenta con 10 soportes con sus respectivas zapatas de apoyo.

Las alternativas propuestas son las desarrolladas a continuación, y se relacionan en la siguiente tabla:

**TABLA COMPARATIVA MODELOS PROPUESTOS**

<b>MODELO 01</b>		<b>Tipología estructural</b>	Muros de carga	Losa maciza
		<b>Material</b>	Hormigón armado	HA-30
		<b>Tipología cimentación</b>	Superficial	Zapatas corridas
		<b>. Nº apoyos</b>	5	
<b>MODELO 02</b>		<b>Tipología estructural</b>	Estructura porticada	Forjado unidireccional
		<b>Material</b>	Hormigón armado	HA-30
		<b>Tipología cimentación</b>	Superficial	Zapatas aisladas
		<b>. Nº apoyos</b>	23	
		<b>Luz máxima</b>	3 metros	
<b>MODELO 03</b>		<b>Tipología estructural</b>	Estructura porticada	Forjado unidireccional
		<b>Material</b>	Hormigón armado	HA-30
		<b>Tipología cimentación</b>	Superficial	Zapatas aisladas
		<b>. Nº apoyos</b>	14	
		<b>Luz máxima</b>	6 metros	
<b>MODELO 04</b>		<b>Tipología estructural</b>	Estructura porticada	Forjado unidireccional
		<b>Material</b>	Hormigón armado	HA-30
		<b>Tipología cimentación</b>	Superficial	Zapatas aisladas
		<b>. Nº apoyos</b>	10	
		<b>Luz máxima</b>	12 metros	



## 5 - ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Para el desarrollo del análisis estructural, se han tomado como punto de partida las reglas y procedimientos que dicta la normativa vigente, el Código Técnico de la Edificación, en su documento DB-SE (Seguridad estructural), conjuntamente con los siguientes:

DOCUMENTO	
DB-SE	Seguridad estructural
DB-SE-AE	Acciones en la edificación
DB-SE-C	Cimentaciones
EHE-08	Instrucción de hormigón estructural

### Artículo 10. Exigencias básicas de seguridad estructural (SE)

1. El objetivo del requisito básico "Seguridad estructural" consiste en asegurar que el *edificio* tiene un *comportamiento estructural adecuado* frente a las *acciones e influencias previsibles* a las que pueda estar sometido durante su *construcción y uso previsto*.
2. Para satisfacer este objetivo, los *edificios* se proyectarán, fabricarán, construirán y mantendrán de forma que cumplan con una fiabilidad adecuada las exigencias básicas que se establecen en los apartados siguientes.
3. Los Documentos Básicos "DB-SE Seguridad Estructural", "DB-SE-AE Acciones en la Edificación", "DB-SE-C Cimientos", "DB-SE-A Acero", "DB-SE-F Fábrica" y "DB-SE-M Madera", especifican parámetros objetivos y procedimientos cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de seguridad estructural.

#### 10.1. Exigencia básica SE 1: Resistencia y estabilidad

La resistencia y la estabilidad serán las adecuadas para que no se generen *riesgos* indebidos, de forma que se mantenga la resistencia y la estabilidad frente a las *acciones e influencias previsibles* durante las fases de *construcción y usos previstos* de los *edificios*, y que un evento extraordinario no produzca consecuencias desproporcionadas respecto a la causa original y se facilite el *mantenimiento previsto*.

#### 10.2. Exigencia básica SE 2: Aptitud al servicio

La aptitud al servicio será conforme con el *uso previsto* del *edificio*, de forma que no se produzcan *deformaciones inadmisibles*, se limite a un nivel aceptable la probabilidad de un *comportamiento dinámico inadmisibles* y no se produzcan *degradaciones o anomalías inadmisibles*.

IMG08 – Aplicación del CTE DB-SE

## 5.1 - ACCIONES A CONSIDERAR

Para la determinación de las acciones que influyen sobre la vivienda y verificar el cumplimiento de los requisitos de seguridad estructural y aptitud al servicio, se han seguido las indicaciones del Documento Básico DB-SE-AE (Seguridad estructural, Acciones en la edificación):

### ACCIONES PERMANENTES

#### PESO PROPIO

“El peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, carpinterías, revestimientos, rellenos y equipo fijo”.

Dado que los modelos a estudiar difieren en la estructura y, por tanto, en su peso propio, en esta primera aproximación a las acciones consideradas, no se va a tener en cuenta el mismo, definiendo únicamente las acciones que se mantienen constantes a lo largo del estudio.

El peso de los elementos que se relacionan a continuación se ha establecido según lo indicado en el Anejo C: Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno, del Documento DB-SE-AE.

Tabla C.3 Peso por unidad de superficie de elementos de pavimentación

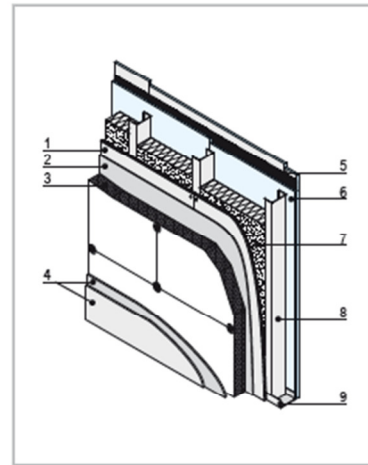
Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>	Materiales y elementos	Peso kN/m <sup>2</sup>
Baldosa hidráulica o cerámica (incluyendo material de agarre)		Linóleo o loseta de goma y mortero	
0,03 m de espesor total	0,50	20 mm de espesor total	0,50
0,05 m de espesor total	0,80	Parque y tarima de 20 mm de espesor sobre rastreles	0,40
0,07 m de espesor total	1,10	Tarima de 20 mm de espesor rastreles recibidos con yeso	0,30
Corcho aglomerado		Terrazo sobre mortero, 50 mm espesor	0,80
tarima de 20 mm y rastrel	0,40		

Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

Elemento	Peso
<b>Forjados</b>	<b>kN / m<sup>2</sup></b>
Chapa grecada con capa de hormigón; grueso total < 0,12 m	2
Forjado unidireccional, luces de hasta 5 m; grueso total < 0,28 m	3
Forjado uni o bidireccional; grueso total < 0,30 m	4
Forjado bidireccional, grueso total < 0,35 m	5
Losa maciza de hormigón, grueso total 0,20 m	5
<b>Cerramientos y particiones</b> (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	<b>kN / m</b>
Tablero o tabique simple; grueso total < 0,09 m	3
Tabicón u hoja simple de albañilería; grueso total < 0,14 m	5
Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m	7
<b>Solados</b> (incluyendo material de agarre)	<b>kN / m<sup>2</sup></b>
Lámina pegada o moqueta; grueso total < 0,03 m	0,5
Pavimento de madera, cerámico o hidráulico sobre plastón; grueso total < 0,08 m	1,0
Placas de piedra, o peldañado; grueso total < 0,15 m	1,5
<b>Cubierta, sobre forjado</b> (peso en proyección horizontal)	<b>kN / m<sup>2</sup></b>
Faldones de chapa, tablero o paneles ligeros	1,0
Faldones de placas, teja o pizarra	2,0
Faldones de teja sobre tableros y tabiques palomeros	3,0
Cubierta plana, recrecido, con impermeabilización vista protegida	1,5
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava	2,5
<b>Rellenos</b>	<b>kN / m<sup>3</sup></b>
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje <sup>(1)</sup>	20

**FACHADAS:** Para el cerramiento perimetral de la vivienda, se ha previsto un sistema de fachada ligera, compuesto de estructura auxiliar metálica, capa aislante y paneles de revestimiento en ambas caras, de tipo variable en función del ambiente existente en cada una de ellas. Para el cálculo, se ha escogido el modelo Aquapanel + SATE de la casa KNAUF, del que se adjunta cuadro de características técnicas.

Sistema	Características técnicas				
	WE321.es Tabique Aquapanel + SATE EPS	Peso kg/m <sup>2</sup>	Resistencia al fuego EI	Aislamiento acústico dBA	Transmitancia térmica U (W/m <sup>2</sup> K)
	WM321.es 200/600 (80 EPS+12,5 Aq.+75+12,5 A+15 A+BV)+LM 70	51	60*	≥ 49,2*	0,22
	WM321.es 285/600 (140 EPS+12,5 Aq.+100+12,5 A+15 A+BV)+LM 100	53	60*	≥ 49,9*	0,14
	WM321.es 325/600 (180 EPS+12,5 Aq.+100+12,5 A+15 A+BV)+LM 100	54	60*	≥ 49,9*	0,12
* Los valores de estos ensayos no incluyen el panel de aislamiento EPS.					
Leyenda:					
1- Placa Knauf Aquapanel Outdoor		4- Revestimiento y acabado		7- Lana mineral	
2- Mortero adhesivo		5- Placa Knauf A+BV		8- Montante exterior	
3- Panel de aislamiento EPS		6- Placa Knauf A		9- Canal exterior	



IMG10 - Características técnicas fachada

**FALSO TECHO:** Se prevé la colocación de un falso techo uniforme de placas de yeso laminado sobre estructura auxiliar metálica, anclada al forjado, cuyo peso no exceda de 0.2 kN/m<sup>2</sup>.

**CARPINTERÍAS:** Dado que existen paños completos de fachada compuestos únicamente de carpintería, se ha incluido en el cálculo de cargas una diferenciación entre éstos y los planos de fachada ciegos o con huecos. La carpintería considerada para el cálculo es el modelo COR VISION PLUS de la casa Cortizo, de la que se adjunta cuadro de características técnicas.



## COR VISION PLUS

RPT

### CATEGORÍAS ALCANZADAS EN BANCO DE ENSAYOS

Protección frente a los agentes atmosféricos

Permeabilidad al aire (UNE-EN 12207):

Clase 4

Estanqueidad al agua (UNE-EN 12208):

Clase 7A\*/9A\*\*

Resistencia al viento (UNE-EN 12210):

Clase C3\*/C4\*\*

\* Ensayo de referencia balconera 4,00 x 3,00 m, 2 hojas.

\*\* Ensayo de referencia balconera 4,00 x 3,00 m, 1 hoja + 1 fijo.

SECCIONES	Marco 180 mm Tricarril 278 mm Hoja 69 mm
ESPESOR PERFLERÍA	Puerta 2,0 mm
DIMENSIONES MÁXIMAS	Ancho (L) = 4000 mm Alto (H) = 4000 mm Superficie acristalada ≤ 14 m <sup>2</sup>
PESO MÁXIMO/ HOJA	400 Kg Manual 700 Kg Motorizada

Consultar peso y dimensiones máximas según tipología.

ALEACIÓN DE EXTRUSIÓN	6063 T-5
LONGITUD VARILLA POLIAMIDA	Poliamida 6.6 reforzada con un 25% de fibra de vidrio de 18 a 40 mm
POSIBILIDADES DE APERTURA	Corredera de 2, 3, 4 y 6 hojas. Posibilidad mono y tricarril (1 hoja+1 fijo) (2 hojas+1 fijo). Posibilidad de encuentros a 90° sin parteluz.

IMG11 - Características técnicas carpinterías

**TABIQUERÍA:** Con el fin de facilitar los posibles cambios que puedan producirse en un futuro en las particiones interiores de la vivienda, en lugar de considerar las cargas puntuales correspondientes a la tabiquería incluida en proyecto, se han tenido en cuenta, como se indica en el apartado 2.1 del DB-SE-AE, una carga uniforme de 1kN por cada metro cuadrado de superficie construida.

**PAVIMENTO:** Se ha previsto para toda la vivienda una tarima de madera de 20mm, montada sobre rastreles anclados al forjado, cuyo peso es de 0.3 kN/m<sup>2</sup>.

**ACABADO CUBIERTA:** Para el forjado de cubierta, no transitable, cuyo acceso se producirá únicamente para labores de mantenimiento, se ha tenido en cuenta la colocación de una lámina de impermeabilización protegida sobre el forjado tipo, que supone un incremento del peso del forjado en 1,5 kN/m<sup>2</sup>.

## ACCIONES VARIABLES

### SOBRECARGA DE NIEVE

Como se especifica en el apartado 3.5. del DB-SE-AE, *“la distribución y la intensidad de la carga de nieve sobre un edificio, o en particular sobre la 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”*.

Determinación de la carga de nieve: La sobrecarga de nieve sobre un terreno horizontal se especifica en la tabla 3.8 del DB-SE-AE, en función de la situación geográfica de la construcción. Para Alicante, con una altitud sobre el nivel del mar de 0 m, esta sobrecarga corresponde a 0.2 kN/m<sup>2</sup>.

### SOBRECARGA DE USO

Al tratarse de una vivienda unifamiliar, la sobrecarga de uso considerada, según indica la tabla 3.1 del DB SE AE, será la correspondiente a la categoría A: Zona residencial-vivienda, establecida en 2 kN/m<sup>2</sup>.

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m <sup>2</sup> ]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación <sup>(3)</sup>	G1 <sup>(7)</sup>	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 <sup>(4)</sup> <sup>(6)</sup>	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) <sup>(5)</sup>	0,4 <sup>(4)</sup>	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

IMG12 – Extracto de la tabla 3.1 CTE DB-SE-AE

Para el forjado de cubierta, cuyo uso exclusivo es el de mantenimiento, se ha considerado una carga de 1 kN/m<sup>2</sup>, correspondiente a la categoría G de la citada tabla, para cubiertas accesibles para conservación, con inclinación inferior a 20°.

## ACCIÓN DEL VIENTO

“La distribución y el valor de las presiones que ejerce el viento sobre un edificio y las fuerzas resultantes dependen de la forma y de las dimensiones de la construcción, de las características y de la permeabilidad de la superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento”.

El CTE, en el apartado 3.3 del documento DB SE AE, regula las condiciones que debe reunir el edificio para poder establecer la acción ejercida por el viento. Así, esta normativa no es aplicable a edificios situados a más de 2.000 m de altura, ni a construcciones de esbeltez superior a 6, en las que habría que tener en cuenta los efectos dinámicos del viento.

La esbeltez del edificio, tal y como se recoge en el Anejo A del CTE DB SE AE, es la “relación entre la máxima altura sobre rasante y el fondo en la dirección del viento”.

En el caso objeto de estudio, la altura máxima sobre rasante es de 6,3 m, y el fondo considerado, en el caso más desfavorable (dirección paralela al pórtico), es de 13.50 m, por lo que en ningún caso la esbeltez de la construcción supera el valor de 6.

Se relacionan a continuación el cálculo y los datos de partida a tener en cuenta para conocer la acción del viento sobre la estructura:

La acción del viento se expresa como una fuerza perpendicular a la superficie expuesta, de valor:

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

### $q_b$ : Presión dinámica del viento

El valor de la presión dinámica del viento se obtiene a partir del apartado D.1 del Anejo D del CTE DB-SE-AE, en función del emplazamiento de la obra.



IMG13 – Valor básico de la velocidad del viento.

La ubicación escogida para la vivienda pertenece a la población de Dénia, en la provincia de Alicante, a la que corresponde, según la imagen IMG14, la zona B. Conocidas la densidad del aire y el valor básico de la velocidad del viento, aportados por el CTE, la presión dinámica se expresa como:

$$q_b = 0.5 \cdot \delta \cdot v_b^2$$

Siendo:

Densidad del aire	$\delta$	1.25 kg/m <sup>3</sup>
Valor básico de la velocidad del viento	$v_b$	27 m/s

$$q_b = 0.5 \cdot 1.25 \cdot 27^2 = 455.6 = 0.46 \text{ kN/m}^2$$

### **C<sub>e</sub>: Coeficiente de exposición**

El coeficiente de exposición es una variable relacionada con la altura del punto considerado y el grado de aspereza del entorno donde se ubica la construcción. Dado que la construcción no supera los 30 metros de altura, dicho valor podría determinarse de acuerdo a lo establecido en el apartado 3.3.3., aunque en éste se especifica también que se obtienen valores más exactos siguiendo el procedimiento indicado en el apartado D.2 del Anejo D, en el que se expresa el valor del coeficiente de exposición en función de:

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k)$$

$$F = k \cdot \ln[\max(z, Z)/L]$$

Siendo k, L, Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla siguiente:

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
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	0,156	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

IMG14 – Coeficientes según tipo de entorno.

Dado que el grado de aspereza considerado es el correspondiente a la categoría I; los coeficientes correspondientes para el cálculo son:

$$k = 0.156,$$

$$L (m) = 0.003,$$

$$Z (m) = 1$$

### **C<sub>p</sub>: Coeficiente eólico o de presión**

Depende de la forma y orientación de la superficie respecto al viento. Su valor, para construcciones con forjados que conectan todas las fachadas a intervalos regulares, se establece en la siguiente tabla.

**Tabla 3.5. Coeficiente eólico en edificios de pisos**

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

IMG15 – Coeficiente eólico.

Siendo necesario el cálculo en dos direcciones ortogonales entre sí, el coeficiente eólico variará en función de la dirección considerada. Interpolando los valores de la tabla en función de la esbeltez:

Dirección considerada	$\lambda$	$c_p$	$c_s$	Ámbito
Paralela al plano del pórtico	0.467	0.7	0.387	107.10 m <sup>2</sup>
Perpendicular al plano del pórtico	0.358	0.7	0.343	96.08 m <sup>2</sup>

Así, los coeficientes adoptados para el cálculo, y el valor de la acción del viento en cada una de las direcciones especificadas anteriormente, vienen dados en la siguiente tabla:

#### Dirección paralela al plano del pórtico

$q_b =$	0.46	$k =$	0.16	$L =$	0.003	$Z =$	1	$c_p =$	0.70	$c_s =$	0.39
---------	------	-------	------	-------	-------	-------	---	---------	------	---------	------

Planta	z	máx{z,Z}	ln	F	$c_e$	$q_{e,p}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{e,s}$ (kN/m <sup>2</sup> )
<b>2</b>	6	6	7.601	1.186	<b>2.701</b>	<b>0.870</b>	<b>0.481</b>
<b>1</b>	3	3	6.908	1.078	<b>2.338</b>	<b>0.753</b>	<b>0.416</b>

#### Dirección perpendicular al plano del pórtico

$q_b =$	0.46	$k =$	0.16	$L =$	0.003	$Z =$	1	$c_p =$	0.70	$c_s =$	0.34
---------	------	-------	------	-------	-------	-------	---	---------	------	---------	------

Planta	z	máx{z,Z}	ln	F	$c_e$	$q_{e,p}$ (kN/m <sup>2</sup> )	$q_{e,s}$ (kN/m <sup>2</sup> )
<b>2</b>	6	6	7.601	1.186	<b>2.701</b>	<b>0.870</b>	<b>0.426</b>
<b>1</b>	3	3	6.908	1.078	<b>2.338</b>	<b>0.753</b>	<b>0.369</b>

### ACCIONES TÉRMICAS

Según lo dispuesto en el apartado 3.4 del DB-SE-AE, en edificios habituales con elementos estructurales de hormigón, pueden no considerarse acciones térmicas cuando no existan elementos continuos de más de 40 m de longitud, por lo que en este estudio las acciones térmicas no son de aplicación.

## 5.2 - VALORES DE CÁLCULO

Así, los valores adoptados para el cálculo, para cada uno de los elementos anteriormente relacionados, vienen dados en la siguiente tabla:

### FORJADO NIVEL 1

CARGAS SUPERFICIALES	VALOR
<b>(G) FORJADO TIPO</b>	<b>5 kN/m<sup>2</sup></b>
Forjado unidireccional de 30 cm de espesor / losa maciza de hormigón, de hasta 20 cm de espesor	
<b>(G) PAVIMENTO</b>	<b>0.3 kN/m<sup>2</sup></b>
Tarima de espesor igual a 20 mm. Rastreles recibidos con yeso	
<b>(G) FALSO TECHO</b>	<b>0.2 kN/m<sup>2</sup></b>
Falso techo de placa tipo Pladur®	
<b>(G) TABIQUERÍA</b>	<b>1 kN/m<sup>2</sup></b>
Distribución homogénea en planta, previsión de posteriores modificaciones	
<b>(Q) SOBRECARGA DE USO: VIVIENDA</b>	<b>2 kN/m<sup>2</sup></b>
CARGAS LINEALES	VALOR
<b>(G) CARPINTERÍAS</b>	<b>2 kN/m</b>
Carpintería corredera aluminio RPT casa <i>CORTIZO</i> , incluida barandilla	
<b>(G) FACHADAS</b>	<b>1.5 kN/m</b>
Fachada ligera <i>Aquapanel</i> casa <i>KNAUF</i>	

### FORJADO NIVEL 2

CARGAS SUPERFICIALES	VALOR
<b>(G) FORJADO DE CUBIERTA</b>	<b>5 kN/m<sup>2</sup></b>
Forjado unidireccional de 30 cm de espesor / losa maciza de hormigón, de hasta 20 cm de espesor	
<b>(G) FALSO TECHO</b>	<b>0.2 kN/m<sup>2</sup></b>
Falso techo de placa tipo Pladur®	
<b>(G) ACABADO CUBIERTA</b>	<b>1.5 kN/m<sup>2</sup></b>
Cubierta plana, con impermeabilización vista protegida	
<b>(Q) SOBRECARGA DE USO: CUBIERTA</b>	<b>1 kN/m<sup>2</sup></b>
Sobrecarga por uso mantenimiento	
<b>(Q) SOBRECARGA DE NIEVE</b>	<b>0.2 kN/m<sup>2</sup></b>
Correspondiente a altitud 0m, Alicante	

### VIENTO en dirección paralela al plano del pórtico

Planta	Presión	Succión
<b>2</b>	<b>0.870 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0.481 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>1</b>	<b>0.753 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0.416 kN/m<sup>2</sup></b>

### VIENTO en dirección perpendicular al plano del pórtico

Planta	Presión	Succión
<b>2</b>	<b>0.870 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0.426 kN/m<sup>2</sup></b>
<b>1</b>	<b>0.753 kN/m<sup>2</sup></b>	<b>0.369 kN/m<sup>2</sup></b>



## 6 - PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO

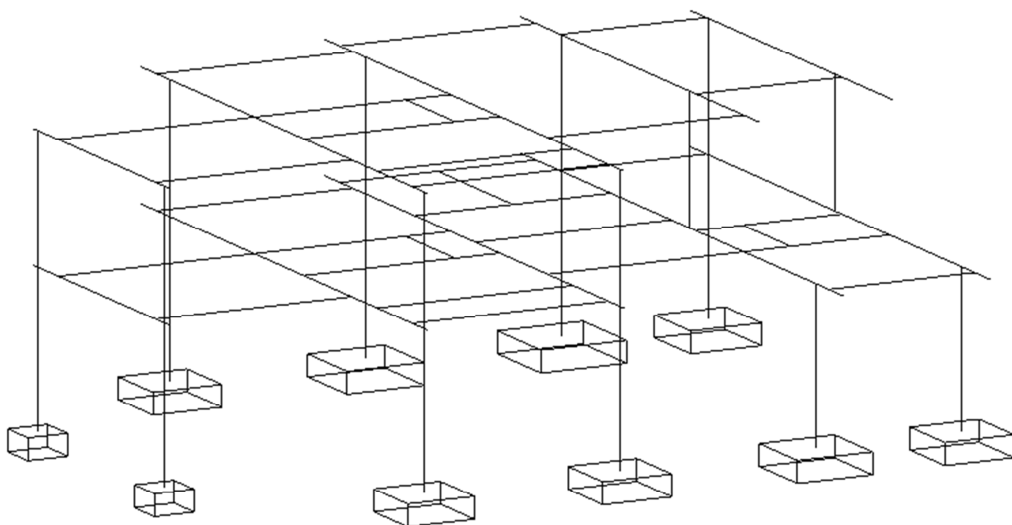
El estudio de cada uno de los modelos se ha realizado individualmente, partiendo de los datos iniciales y siguiendo un proceso similar que se detalla a continuación, relacionando y justificando las pautas y datos comunes utilizados.

### 6.1 - ACCIONES

Las acciones que actúan sobre la estructura se han modelizado mediante fuerzas estáticas que corresponden a las cargas puntuales y uniformemente repartidas, correspondientes al cálculo obtenido en el análisis previo. Éstas se han clasificado en diferentes hipótesis de carga en base a su procedencia e incidencia sobre la estructura.

### 6.2 - GEOMETRÍA

La geometría básica de la estructura se ha representado mediante una malla alámbrica de barras que corresponden con los ejes baricéntricos de los elementos lineales que la componen, conectadas entre sí mediante nudos puntuales, y elementos finitos de tipo superficial para elementos tales como muros y losas. El conjunto configura el mapa a partir del que se puede generar la estructura de la matriz de rigidez, que permite el análisis estructural.



IMG16 – Representación geométrica de la estructura en el programa de cálculo Architrave®.

### 6.3 - MATERIALES

Las propiedades relativas a la resistencia de los materiales se han representado por su valor característico, según la normativa vigente. Los materiales se han supuesto con comportamiento elástico y lineal a efectos de la obtención de las leyes de esfuerzos y las deformaciones.

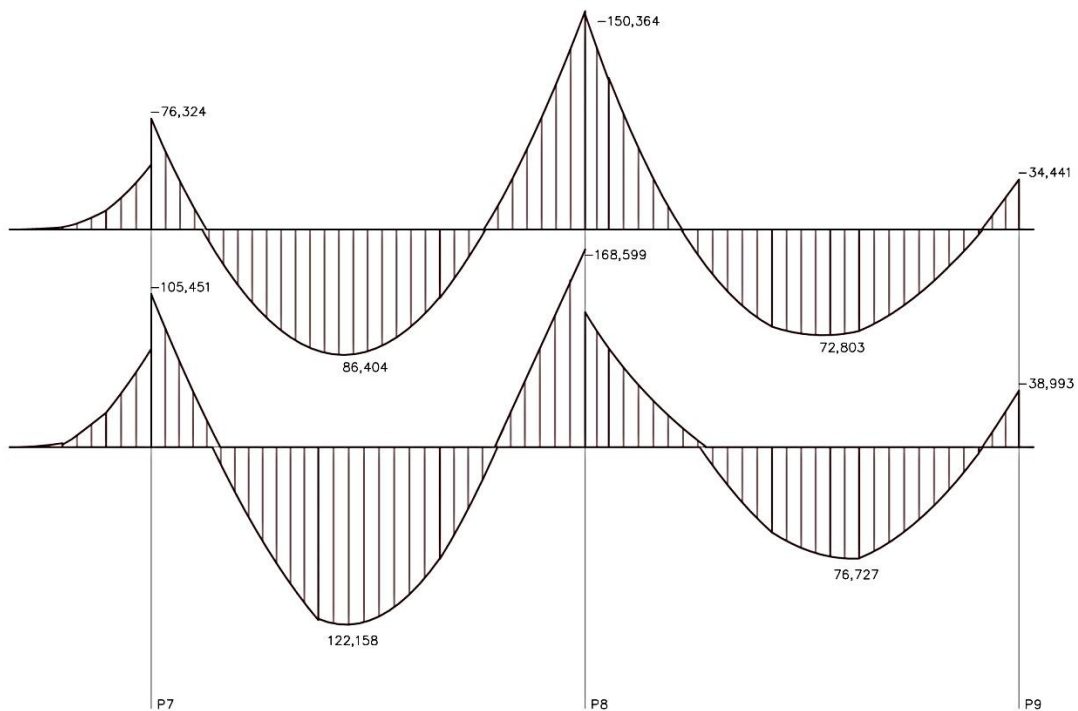
La fase de comprobación o verificación de la seguridad estructural se rige por las consideraciones particulares del documento básico correspondiente. Para el caso del hormigón armado y del acero, la verificación de la resistencia se realiza en rotura, por lo tanto en régimen plástico, a partir de los resultados de esfuerzos obtenidos del análisis elástico y lineal.

### 6.4 - ENLACES

Los enlaces entre barras se han modelizado mediante grados de liberación o vinculación de movimientos relativos entre las barras concurrentes a un mismo nudo. En el caso de estructuras de hormigón armado, los nudos se consideran perfectamente rígidos.

### 6.5 - PREDIMENSIONADO

A partir de los valores obtenidos en el análisis estructural, se ha realizado un cálculo aproximado de las secciones necesarias para cubrir los esfuerzos a los que está sometida la estructura, partiendo de los momentos que actúan en centro de vano en caso de elementos sometidos a flexión, y del dimensionado mínimo establecido por normativa en el caso de los soportes, dadas las dimensiones totales de la estructura.



IMG17 – Representación de solicitaciones en el programa de cálculo Architrave®.

## 6.6 - HIPÓTESIS DE CARGA

Las variada naturaleza de las acciones que actúan sobre la estructura, de manera permanente o transitoria, y la probabilidad de que se den simultáneamente, hacen necesaria su diferenciación por tipologías para el posterior cálculo. Dados los datos obtenidos en el análisis estructural, se han establecido 7 hipótesis de carga para cada modelo, relacionadas en la siguiente tabla:

HIPÓTESIS	TIPO	ORIGEN
HIP 01	Permanente	Peso propio
HIP 02	Variable	Sobrecarga de uso
HIP 03	Variable	Sobrecarga de nieve
HIP 04	Variable	Viento dirección N-S
HIP 05	Variable	Viento dirección S-N
HIP 06	Variable	Viento dirección E-O
HIP 07	Variable	Viento dirección O-E

## 6.7 - COMBINACIÓN DE HIPÓTESIS

El capítulo 4 del DB-SE establece que para el dimensionado de la estructura se deben considerar todas las condiciones de carga previsible durante la ejecución y la utilización de la obra, teniendo en cuenta la probabilidad de que se produzcan, y la simultaneidad entre ellas. Para ello, se establecen combinaciones de acciones que responden a situaciones de carga persistente, referidas a las condiciones normales de uso, y situaciones de carga transitoria, que hacen referencia a condiciones aplicables durante un tiempo limitado.

Estas combinaciones se reflejan en los Estados Límite, situaciones que, al superarse, pueden ocasionar que la construcción no cumpla con alguno de los requisitos estructurales para los que ha sido proyectada.

En este punto, diferenciamos los Estados Límite Últimos y los Estados Límite de Servicio.

Los Estados Límite Últimos son aquellos que, de ser superados, constituyen un riesgo para las personas, ya sea por colapso total o parcial del edificio por pérdida de equilibrio, o por su mera puesta fuera de servicio debida a inestabilidad, deformaciones excesivas o rotura de elementos estructurales o uniones, independientemente de su origen.

Los Estados Límite de Servicio se definen como aquellos que, de ser superados, afectan al confort y al bienestar de los usuarios, al correcto funcionamiento del edificio, instalaciones y equipos, o a la apariencia de la construcción. Se consideran en esta categoría las deformaciones por flecha, asientos o desplomes, las vibraciones y el deterioro, que puedan afectar a la durabilidad y la funcionalidad de la obra.

Las combinaciones necesarias para el cálculo de los efectos de las acciones sobre la estructura, correspondientes a situaciones persistentes o transitorias, vienen dadas por la expresión:

$$\sum_{j \geq 1} Y_{G,j} \cdot G_{k,j} + Y_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i > 1} Y_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

Considerando la acción simultánea de todas las acciones permanentes, en su valor de cálculo ( $Y_{G,j} \cdot G_{k,j}$ ), y una de las acciones variables, en su valor de cálculo ( $Y_{Q,1} \cdot Q_{k,1}$ ), adoptando cada una de ellas en distintos análisis. El resto de acciones variables se incluyen en su valor de combinación ( $Y_{Q,i} \cdot \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$ ). Los coeficientes parciales de seguridad aplicados ( $\gamma$ ) y los coeficientes de simultaneidad ( $\Psi$ ) se especifican en la siguiente imagen:

**Tabla 4.1 Coeficientes parciales de seguridad ( $\gamma$ ) para las acciones**

Tipo de verificación <sup>(1)</sup>	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
		<b>desestabilizadora</b>	<b>estabilizadora</b>
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

**Tabla 4.2 Coeficientes de simultaneidad ( $\psi$ )**

	$\Psi_0$	$\Psi_1$	$\Psi_2$
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

IMG18 – Tablas 4.1 y 4.2 CTE DB-SE

Así, las combinaciones que se han tenido en cuenta para el cálculo de Estados Límite Últimos y Estados Límite de Servicio son las siguientes:

COMBINACIÓN	FACTOR PESO PROPIO	FACTOR SOBRECARGA DE USO	FACTOR SOBRECARGA DE NIEVE	DIRECCIÓN DEL VIENTO	FACTOR SOBRECARGA DE VIENTO
ELU 01	1.35	1.50	0.75	-	-
ELU 02	1.35	1.05	1.5	-	-
ELU 03	1.35	1.50	0.75	N-S	0.90
ELU 04	1.35	1.50	0.75	S-N	0.90
ELU 05	1.35	1.50	0.75	E-O	0.90
ELU 06	1.35	1.50	0.75	O-E	0.90
ELU 07	1.35	1.05	1.50	N-S	0.90
ELU 08	1.35	1.05	1.50	S-N	0.90
ELU 09	1.35	1.05	1.50	E-O	0.90
ELU 10	1.35	1.05	1.50	O-E	0.90
ELU 11	1.35	1.05	0.75	N-S	1.50
ELU 12	1.35	1.05	0.75	S-N	1.50
ELU 13	1.35	1.05	0.75	E-O	1.50
ELU 14	1.35	1.05	0.75	O-E	1.50

COMBINACIÓN	FACTOR PESO PROPIO	FACTOR SOBRECARGA DE USO	FACTOR SOBRECARGA DE NIEVE	DIRECCIÓN DEL VIENTO	FACTOR SOBRECARGA DE VIENTO
ELS 01	1.00	1.00	0.50	-	-
ELS 02	1.00	0.70	1.00	-	-
ELS 03	1.00	1.00	0.50	N-S	0.60
ELS 04	1.00	1.00	0.50	S-N	0.60
ELS 05	1.00	1.00	0.50	E-O	0.60
ELS 06	1.00	1.00	0.50	O-E	0.60
ELS 07	1.00	0.70	1.00	N-S	0.60
ELS 08	1.00	0.70	1.00	S-N	0.60
ELS 09	1.00	0.70	1.00	E-O	0.60
ELS 10	1.00	0.70	1.00	O-E	0.60
ELS 11	1.00	0.70	0.50	N-S	1.00
ELS 12	1.00	0.70	0.50	S-N	1.00
ELS 13	1.00	0.70	0.50	E-O	1.00
ELS 14	1.00	0.70	0.50	O-E	1.00

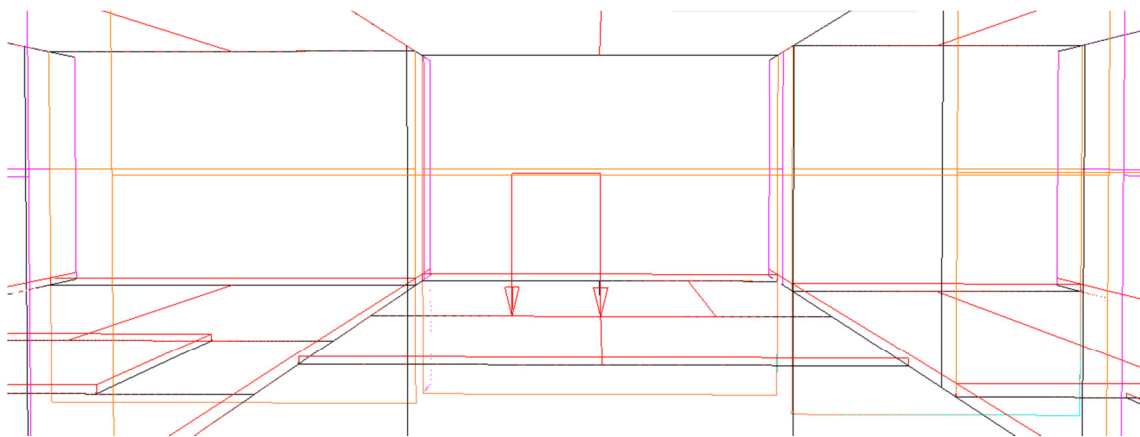
Las combinaciones 01 y 02 no se han tenido en cuenta para el cálculo porque, al no contemplar datos acerca del viento, están incluidas en los supuestos posteriores, en ambos casos.

## 6.8 - ANÁLISIS. MÉTODO DE CÁLCULO

Para la fase de análisis, el programa Architrave® realiza un cálculo espacial en tres dimensiones por métodos matriciales de rigidez, definidos los elementos que forman la estructura mediante barras.

Para determinados elementos superficiales, tales como muros y losas, emplea una modelización local por medio de elementos finitos de tipo superficial. Establece la compatibilidad de deformación en todos los nudos considerando seis grados de libertad y se crea la hipótesis de indeformabilidad del plano de cada planta, para simular el comportamiento del forjado, impidiendo los desplazamientos relativos entre nudos.

A efectos de obtención de solicitaciones y desplazamientos, para todos los estados de carga, realiza un cálculo estático y supone un comportamiento lineal de los materiales.



IMG18 – Representación de cargas en el programa de cálculo Architrave®.

## 6.9 - COEFICIENTES DE PONDERACIÓN DE CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE SECCIÓN DE BARRAS

El análisis y cálculo de la estructura con Architrave® consiste en la obtención de las reacciones en los apoyos, las solicitaciones en barras y elementos finitos y la deformada completa de la estructura objeto de cálculo.

Una vez definidas las hipótesis de cálculo y sus combinaciones, se ha abordado el análisis de la estructura, para el que se han aplicado los coeficientes de ponderación de características mecánicas de sección de barras, que modifican la rigidez de las barras, simulando el comportamiento frecuente del material.

La corrección del área en soportes es recomendable para edificios de mediana o gran altura (más de 8 plantas), por lo que no es aplicable a la estructura objeto de estudio.

No obstante, la corrección de inercia a torsión en barras de hormigón armado sí es de aplicación, dado que las barras de hormigón armado tienen una inercia a torsión muy grande, pero sometidas a una torsión pequeña se fisuran, perdiendo en gran medida su capacidad de resistir este tipo de solicitaciones. Por ello, es recomendable disminuir su factor de torsión a 0.2.

Una vez aplicados los coeficientes necesarios, se ha procedido al análisis de la estructura, que confirma que la modelización y el comportamiento de la estructura corresponden con la forma esperada de trabajo.

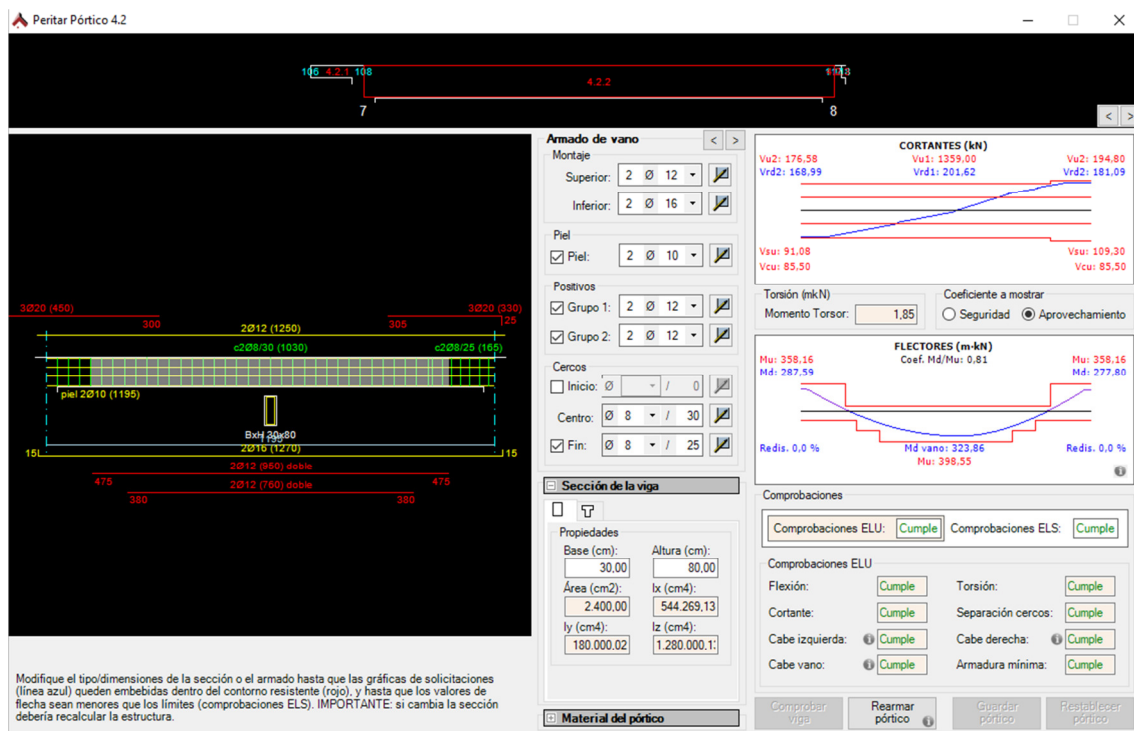
## 6.10 - DIMENSIONADO DE LA ESTRUCTURA

El dimensionado de la estructura consiste en verificar si las secciones dispuestas pueden ser armadas de manera que cumplan con los requisitos establecidos, y obtener en su caso el armado necesario.

Para ello, siguiendo las directrices de la normativa vigente (EHE-08), se han establecido los criterios relativos al hormigón y al acero de las armaduras, así como al proceso de carga, de manera que el programa de cálculo pueda interpretar el correcto comportamiento de la estructura.

En lo relativo al tipo de hormigón, la normativa establece la resistencia mínima en función de la clase de exposición a que está sometida la estructura, así como el recubrimiento mínimo de las armaduras, función de la durabilidad prevista para el proyecto.

El armado definido para elementos lineales, así como para la cimentación, es el habitualmente empleado en edificación, fijadas las cuantías mínimas por la normativa vigente, así como los coeficientes de seguridad.



IMG19 – Peritaje de vigas en el programa de cálculo Architrave®.

La siguiente tabla relaciona los datos que se han considerado para el dimensionado de la estructura mediante el programa Architrave®:

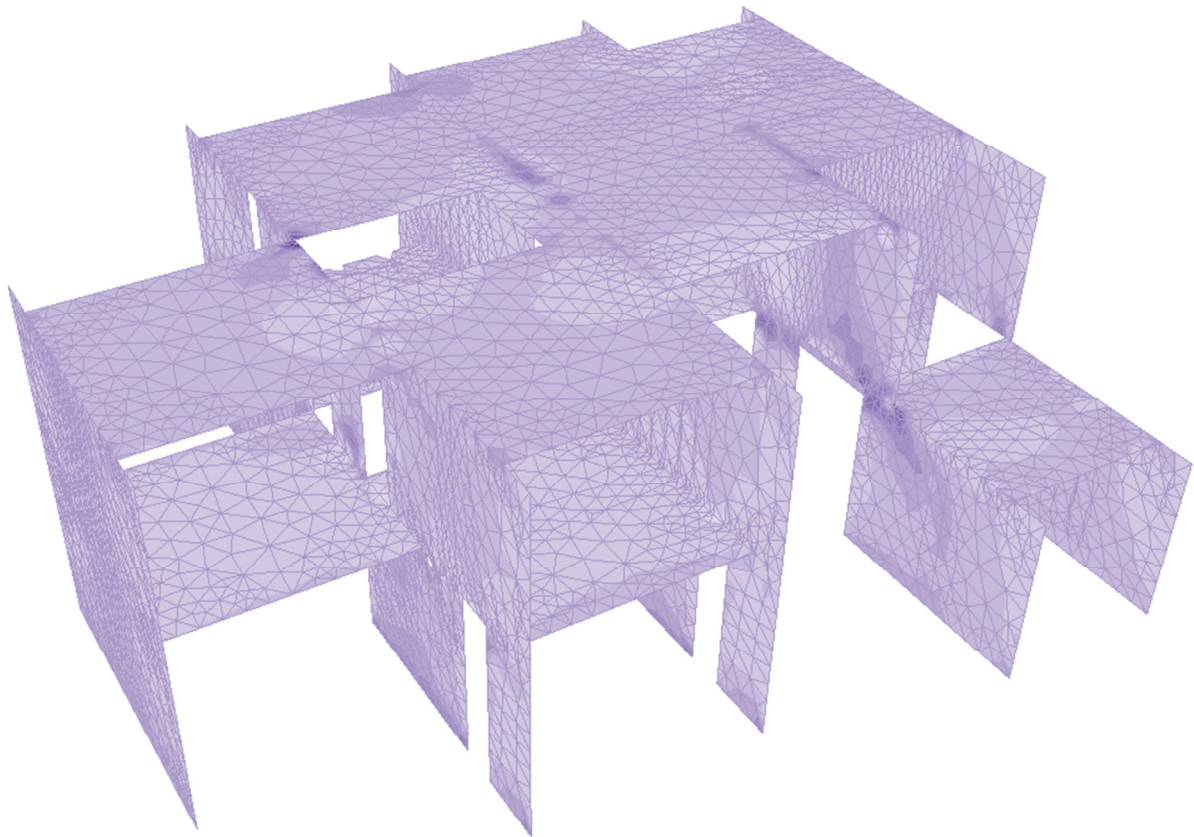
#### Consideraciones previas al dimensionado

<b>Tipo de hormigón</b>	HA-30
<b>Tipo de acero</b>	B-500
<b>Control de hormigón y acero</b>	NORMAL
<b>Limitación de flecha activa</b>	L/400
<b>Limitación de flecha instantánea</b>	L/250
<b>Limitación de flecha total</b>	L/500
<b>Tipo de fojado</b>	Viguetas o losa
<b>Uso del edificio</b>	Residencial o carga moderada
<b>Velocidad de construcción</b>	Lenta
<b>Construcción de la tabiquería</b>	Después del pavimento
<b>Clase de exposición</b>	IIIa
<b>Vida útil prevista</b>	50 años
<b>Recubrimiento mínimo</b>	35 mm
<b>Recubrimiento nominal</b>	45 mm
<b>Diámetros de armado, armado cercos</b>	12-16-20 mm, 8-10 mm
<b>Armadura de montaje mínima</b>	Ø12
<b>Separación entre cercos</b>	≥10 cm
<b>Coefficientes de seguridad</b>	
<b>Hormigón</b>	1.50 (control normal)
<b>Acero armaduras</b>	1.15 (control normal)
<b>Mayoración global de acciones, cimentación</b>	1.40 (usual)
<b>Diámetros armado cimentación flexión</b>	12-16-20 mm
<b>Recubrimiento nominal cimentación</b>	50 mm
<b>Separación entre armaduras</b>	10 ≤ S ≤ 30
<b>Tipo de suelo*</b>	Cohesivo
<b>Tensión admisible</b>	200 kN/m <sup>2</sup>
<b>Peso específico</b>	18 kN/m <sup>3</sup>

El dimensionado obtenido con Architrave® se ha homogeneizado para facilitar su puesta en obra, tanto en la cimentación, como en vigas y soportes.

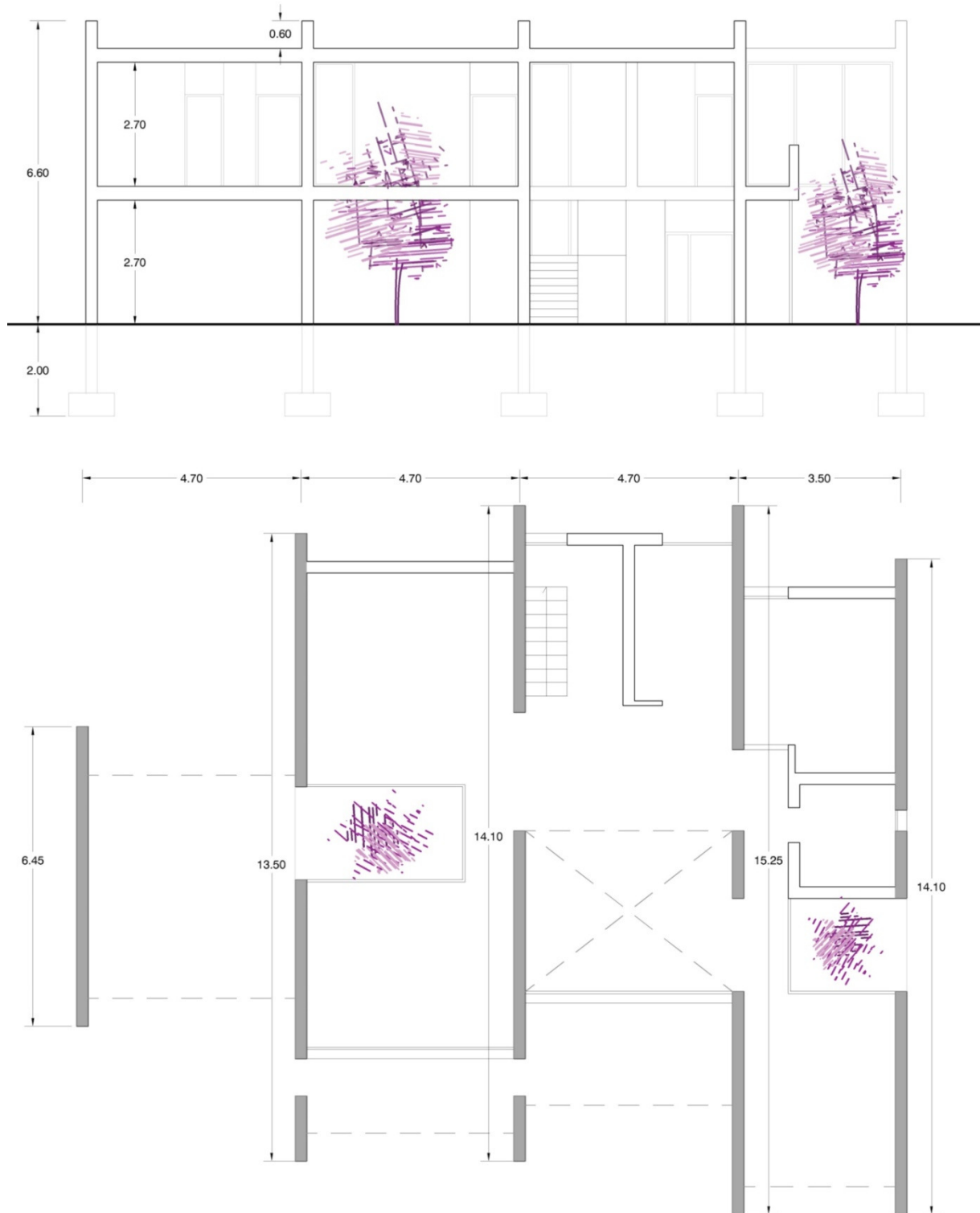


## 7 - MODELO 01: ESTRUCTURA DE MUROS DE CARGA DE HA



IMG21 – Modelo 01. Modelización volumétrica

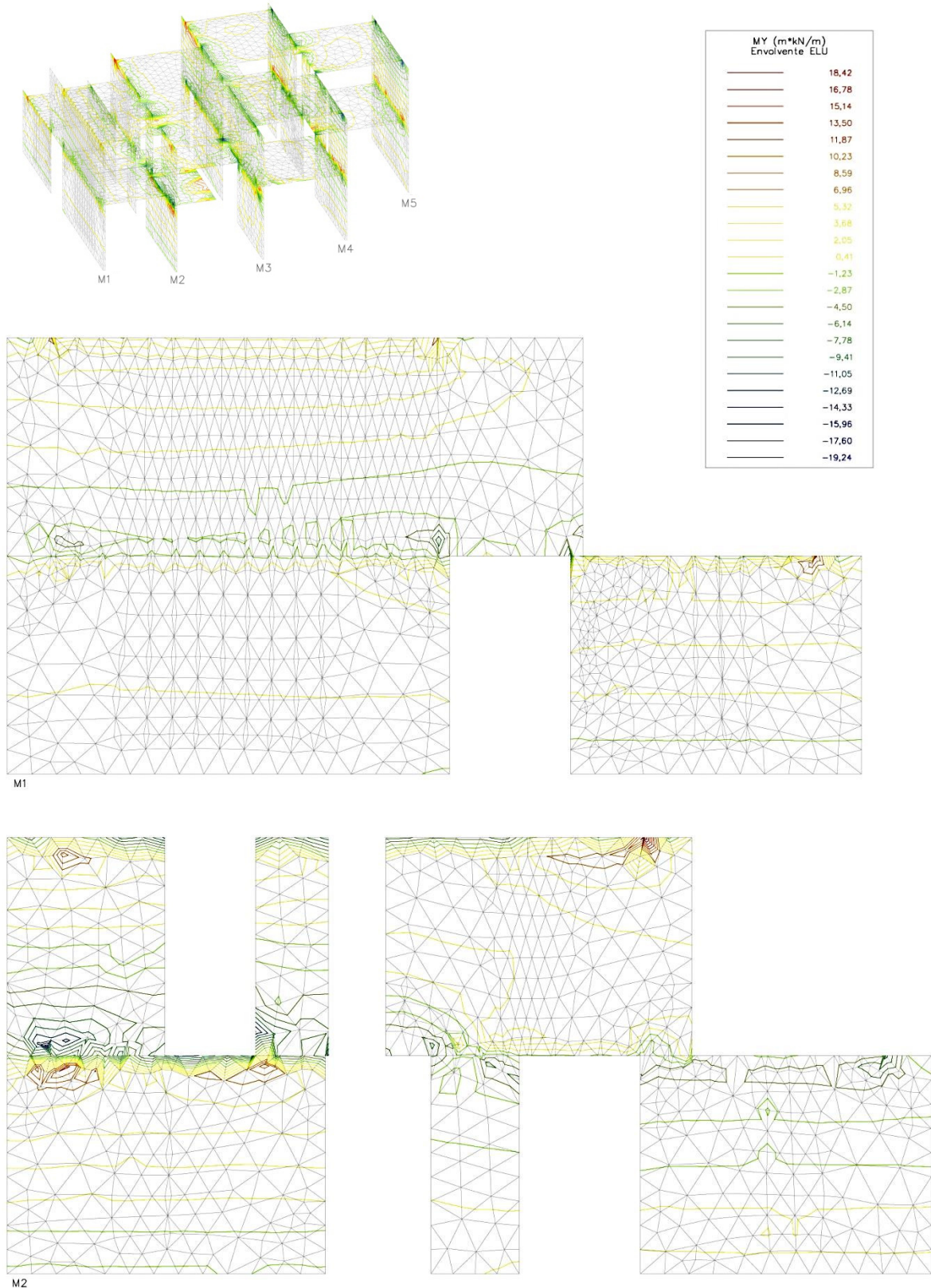
El primer modelo analizado se ha desarrollado con una estructura de muros de carga de hormigón armado, de 25 cm de espesor, dispuestos cada 3.5 y 4.7 metros. Los forjados se han resuelto con losa maciza de hormigón armado, de 20 cm de espesor, y la cimentación adoptada es de tipo superficial, con zapatas continuas bajo muros.



IMG22 – Modelo 01. Planta baja y sección longitudinal

### 7.1 - SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU

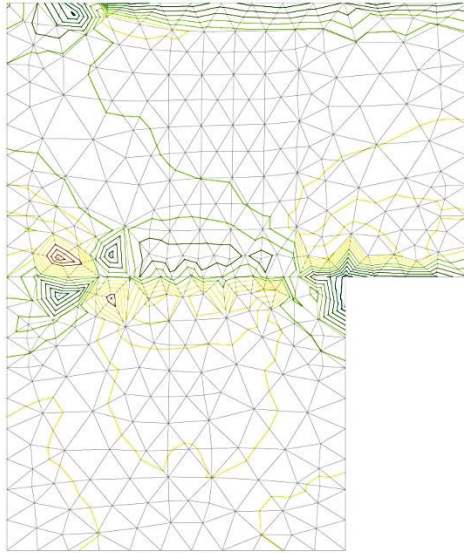
Este modelo, que apoya en el suelo de manera continua a lo largo de los muros, cuenta con una distribución de momentos homogénea, alcanzando valores entorno a los 19 mkN en los puntos más desfavorables, tratándose de zonas puntuales de encuentros de elementos.



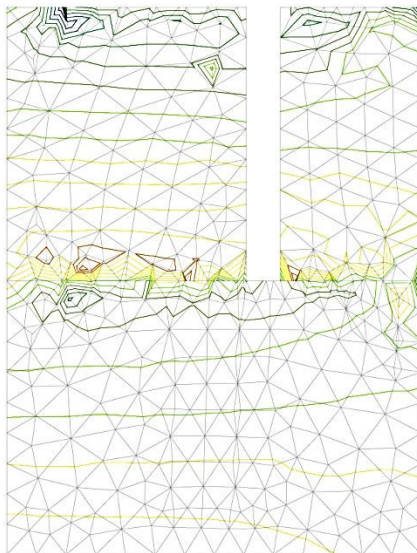
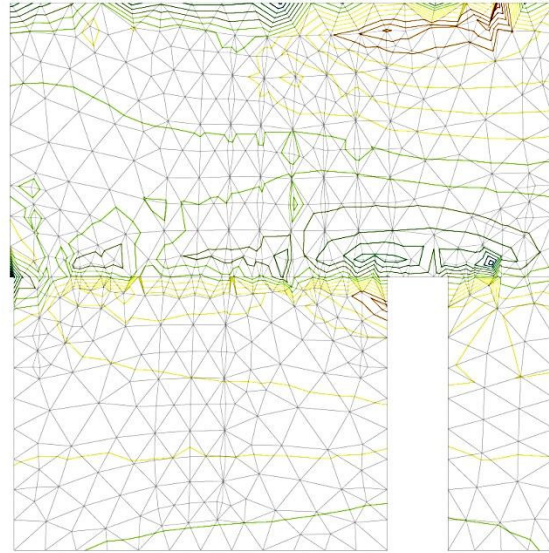
IMG23 – Modelo 01. Solicitaciones My, Muros M1-M2

ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

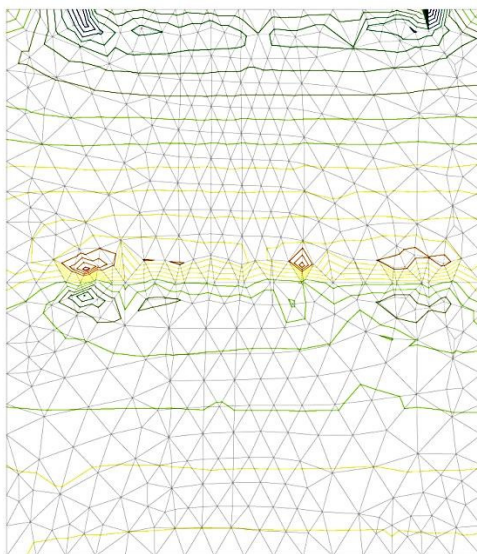
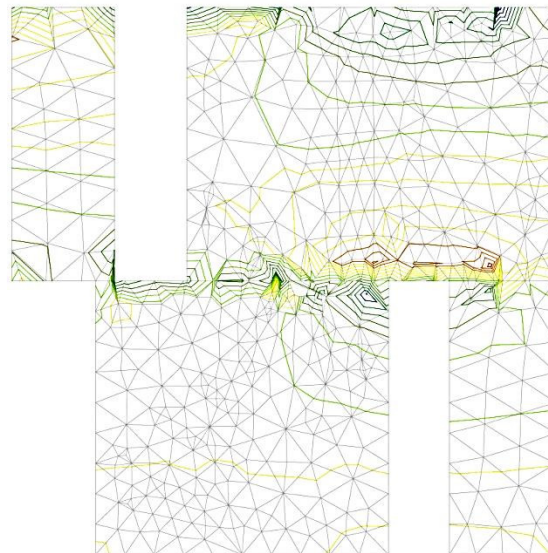
CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT



M3



M4



M5

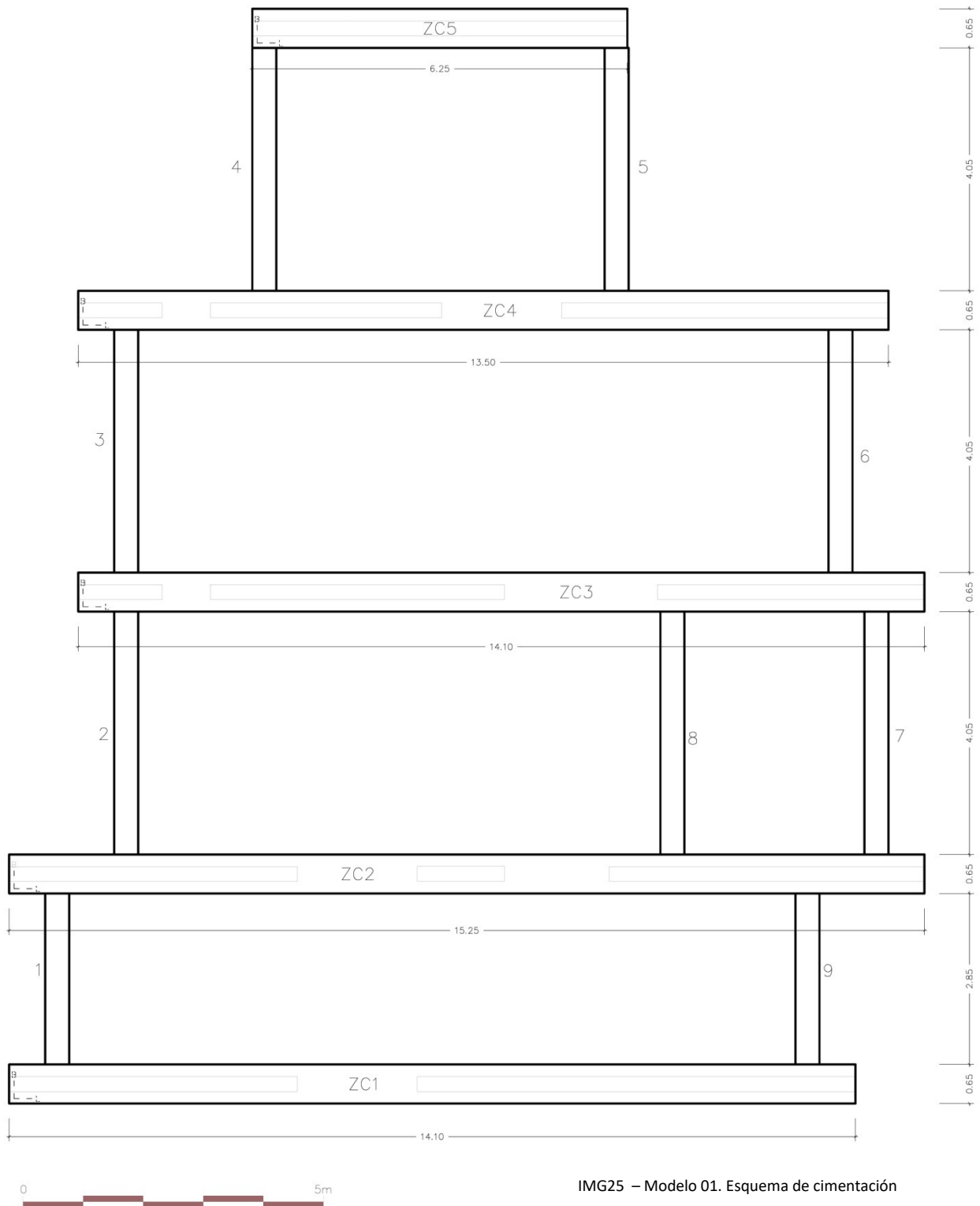


IMG24 – Modelo 01. Solicitaciones M<sub>y</sub> Muros M3--M4-M5

## 7.2 - RESULTADO DEL DIMENSIONADO

### CIMENTACIÓN

La cimentación proyectada para esta variante es de tipo superficial, a base de zapatas corridas bajo muro, dispuestas según se indica en el siguiente esquema de planta.



IMG25 – Modelo 01. Esquema de cimentación

Se establece un armado inferior homogéneo de  $\emptyset 12/25$  cm en ambas direcciones para todas las zapatas, según se indica en la tabla siguiente:

CUADRO DE ZAPATAS MODELO 01

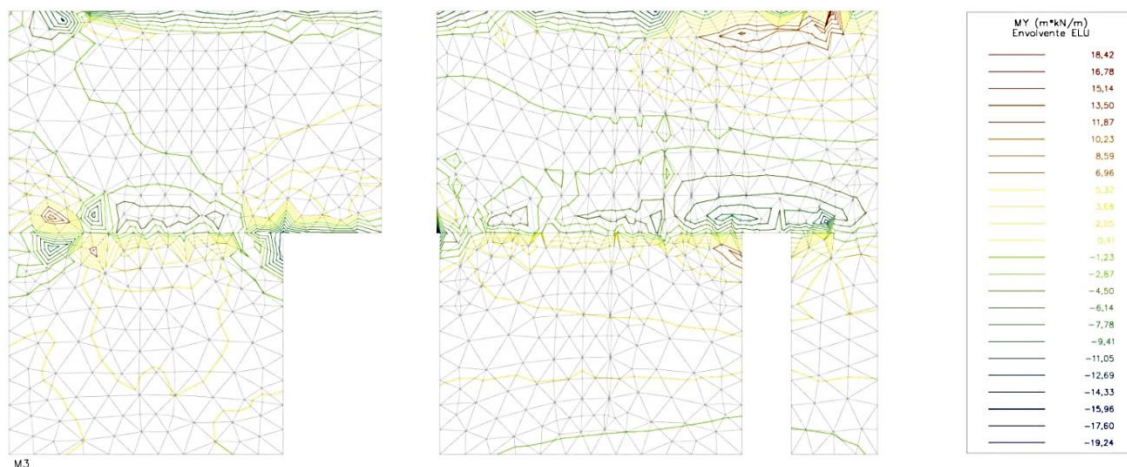
Nº	Tipo	Carga (kN)	LxBxH (cm)	Armadura longitudinal	Armadura transversal	Armadura superior
ZC1	Muro centrado	902.47	1409.9x65x50	3 $\emptyset 12/25$ cm	57 $\emptyset 12/25$ cm	-
ZC2	Muro centrado	1376.07	1524.9x65x50	3 $\emptyset 12/25$ cm	61 $\emptyset 12/25$ cm	-
ZC3	Muro centrado	1663.00	1409.9x65x50	3 $\emptyset 12/25$ cm	57 $\emptyset 12/25$ cm	-
ZC4	Muro centrado	1402.26	1349.9x65x50	3 $\emptyset 12/25$ cm	54 $\emptyset 12/25$ cm	-
ZC5	Muro centrado	587.47	624.9x65x50	3 $\emptyset 12/25$ cm	25 $\emptyset 12/25$ cm	-

CUADRO DE RIOSTRAS MODELO 01

Nº	BxH (cm)	Armadura superior	Armadura inferior	Piel	Estribos
1-9	40x40	3 $\emptyset 12/1$ capa	2 $\emptyset 16$	2 $\emptyset 12$	2 $\emptyset 8/30$ cm

### MUROS DE CARGA

Para el armado del muro, dados los diagramas de solicitaciones, se ha partido de la pieza central M3, como elemento tipo para la comprobación de esfuerzos, siendo aplicable la solución obtenida a las restantes piezas de la estructura.



IMG26 – Modelo 01. Solicitaciones M, Muro M3

El diagrama de solicitaciones indica que el esfuerzo al que está sometido el muro oscila entre los 11 mkN en tracción, y 8 mkN en compresión, salvo zonas puntuales donde se aprecian hasta 19 mkN de solicitación.

El esfuerzo de compresión queda totalmente absorbido por la sección de hormigón, puesto que el hormigón empleado es HA-30, que alcanza una resistencia a compresión a los 28 días de 30 kN.

El esfuerzo de tracción deberá ser absorbido por la sección de acero, que se ha dimensionado a continuación, tomando como referencia una sección de muro de ancho igual a un metro.

**Dimensiones de la sección**

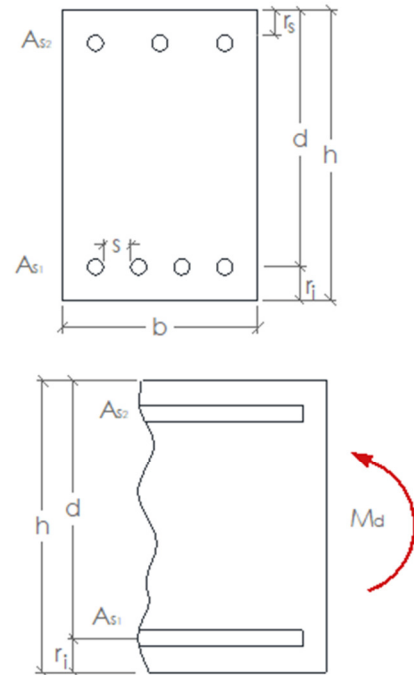
h	<b>0.25</b>	m
b	<b>1</b>	m
$r_{mec,inf}$	<b>0.035</b>	m
$r_{mec,sup}$	<b>0.035</b>	m
d	<b>0.22</b>	m

**Características de los materiales**

$f_{yk}$	<b>500</b>	N/mm <sup>2</sup>
$f_{ck}$	<b>30</b>	N/mm <sup>2</sup>
TMA	<b>20</b>	mm
$\gamma_s$	<b>1.15</b>	u
$\gamma_c$	<b>1.5</b>	u
$\alpha_{cc}$	<b>1</b>	u
$f_{yd}$	<b>434.8</b>	N/mm <sup>2</sup>
$f_{cd}$	<b>20.00</b>	N/mm <sup>2</sup>

**Esfuerzos de cálculo**

$M_d$	<b>11.00</b>	m kN
-------	--------------	------



**Diagrama rectangular**

$x_{lim}$	<b>0.13</b>	m
$y_{lim}$	<b>0.11</b>	m
$F_{c,lim}$	<b>2122.0</b>	kN
$M_{lim}$	<b>343.7</b>	m kN

$M_d \leq M_{lim}$

x	<b>0.003</b>	m
y	<b>0.003</b>	m
$F_c$	<b>51.47</b>	kN

**Armadura mínima de cálculo**

$A_{s1}$	<b>1.18</b>	cm <sup>2</sup>
$A_{s2}$	<b>0.00</b>	cm <sup>2</sup>

**Armadura mínima por normativa**

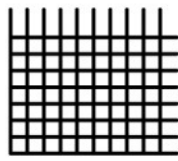
$A_{s1}$	<b>7.00</b>	cm <sup>2</sup>
$A_{s2}$	<b>2.10</b>	cm <sup>2</sup>

Según el cálculo realizado, se ha establecido para el conjunto de muros el armado siguiente, habiendo comprobado que es suficiente para los esfuerzos que actúan sobre los mismos y que cumple la normativa vigente.

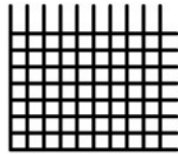
**Armado muros**

$A_{s1}$	<b>1Ø12/15 cm</b>	7Ø12/m	7.92 cm <sup>2</sup> /m
$A_{s2}$	<b>1Ø12/25 cm</b>	4Ø12/m	4.53 cm <sup>2</sup> /m

ARMADO FORJADO 1

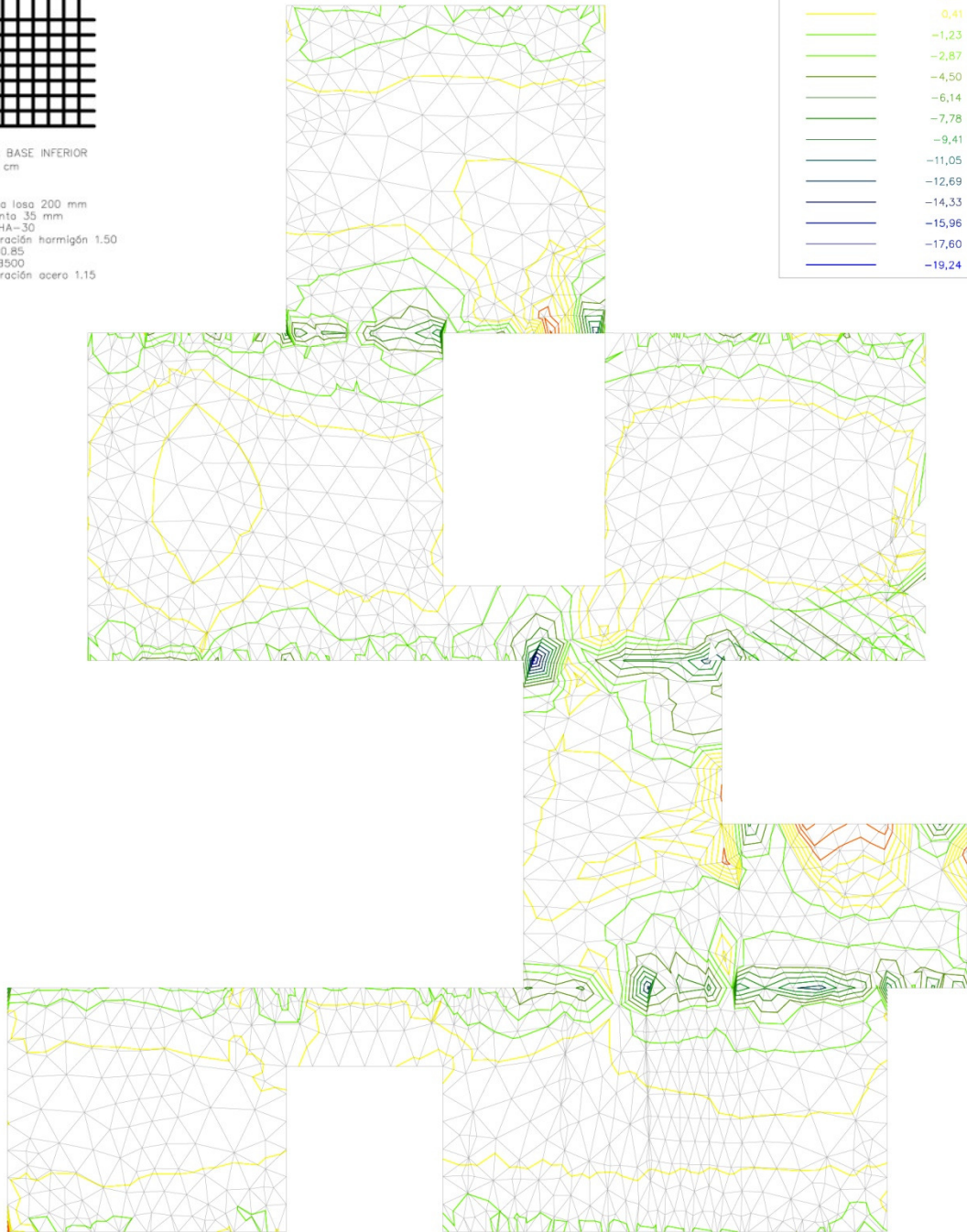


ARMADURA BASE SUPERIOR  
#8/15x15 cm



ARMADURA BASE INFERIOR  
#10/15x15 cm

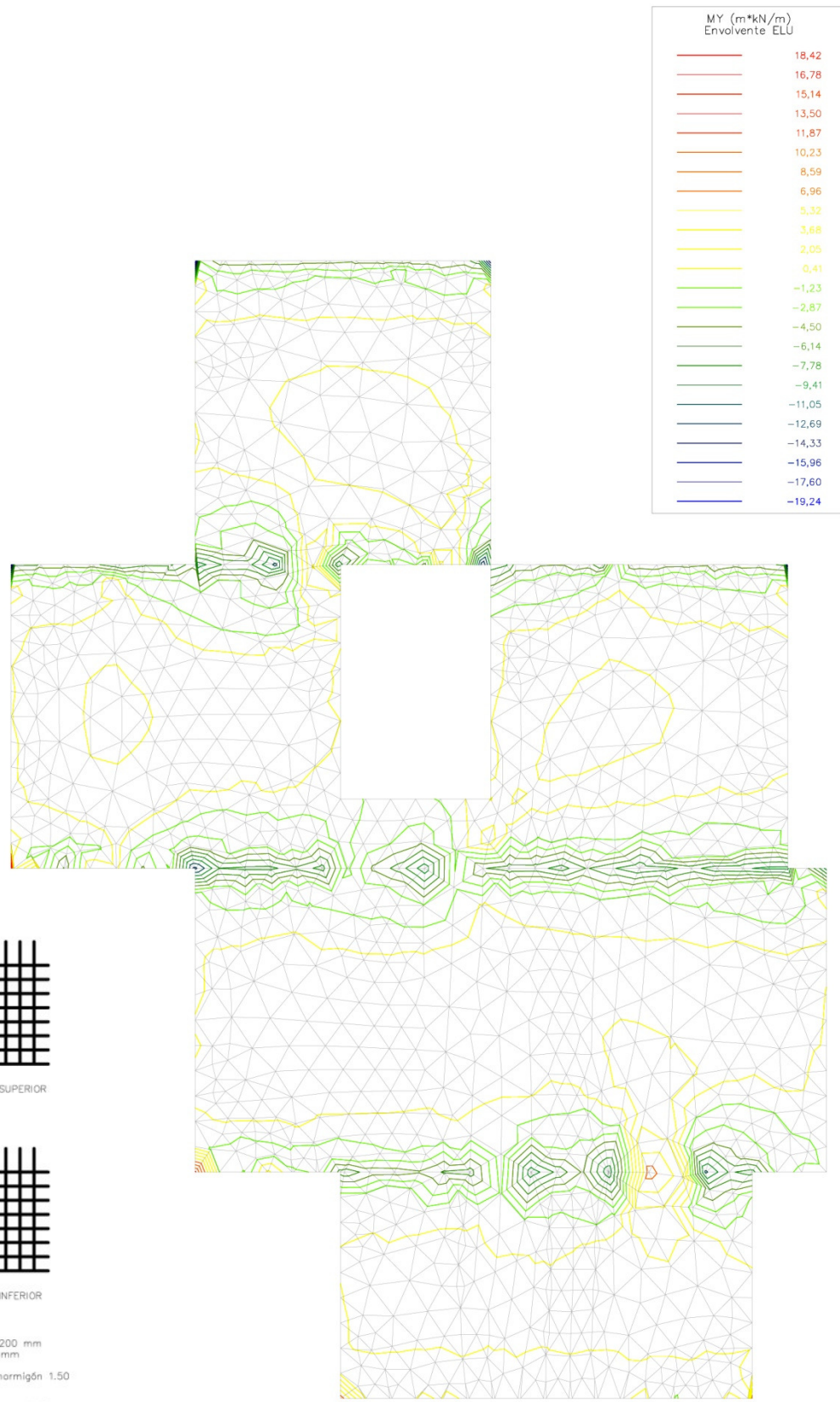
Canto de la losa 200 mm  
Recubrimiento 35 mm  
Hormigón HA-30  
Coef. minoración hormigón 1.50  
Coef. alfa 0.85  
Acero B500  
Coef. minoración acero 1.15



IMG27 – Modelo 01. Solicitaciones My y armado forjado 1



ARMADO FORJADO 2



IMG28 – Modelo 01. Solicitaciones  $M_y$  y armado forjado 2

7.3 - MEDICIONES Y PRESUPUESTO

MEDICIONES MODELO 01

EXCAVACIÓN	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> TIERRA	
a	2	14,10	0,75	1,20	25,38	EXCAVACIÓN ZAPATAS
b	1	15,25	0,75	1,20	13,72	56,88 m <sup>3</sup>
c	1	13,50	0,75	1,20	12,15	SUPERFICIE EXCAVACIÓN
d	1	6,25	0,75	1,20	5,62	47,40 m <sup>2</sup>

H. LIMPIEZA	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> HM	
a	2	14,10	0,75	0,10	2,11	
b	1	15,25	0,75	0,10	1,14	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
c	1	13,50	0,75	0,10	1,01	4,74 m <sup>3</sup>
d	1	6,25	0,75	0,10	0,47	47,40 m <sup>2</sup>

CIMENTACIÓN	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
ZAPATAS	23,68	PARRILLA	337,30	CUANTÍA ACERO ZAPATAS
		ARRANQUE	298,20	26,84 Kg/m <sup>3</sup>

ESTRUCTURA	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
MUROS PB	5,625	VERTICAL	316,80	
		HORIZONTAL	316,80	
	9,63	VERTICAL	542,36	
		HORIZONTAL	542,36	
	9,68	VERTICAL	545,04	
		HORIZONTAL	545,04	
	10,36	VERTICAL	583,05	
		HORIZONTAL	583,05	
	10,89	VERTICAL	613,32	
		HORIZONTAL	613,32	
MUROS P1	8,55	VERTICAL	481,54	
		HORIZONTAL	481,54	
	7,965	VERTICAL	448,59	
		HORIZONTAL	448,59	CUANTÍA ACERO MUROS PB
	11,88	VERTICAL	669,08	5201,15 Kg
		HORIZONTAL	669,08	112,64 Kg/m <sup>3</sup>
	10,08	VERTICAL	567,71	
		HORIZONTAL	567,71	CUANTÍA ACERO MUROS P1
	5,63	VERTICAL	316,80	4967,42 Kg

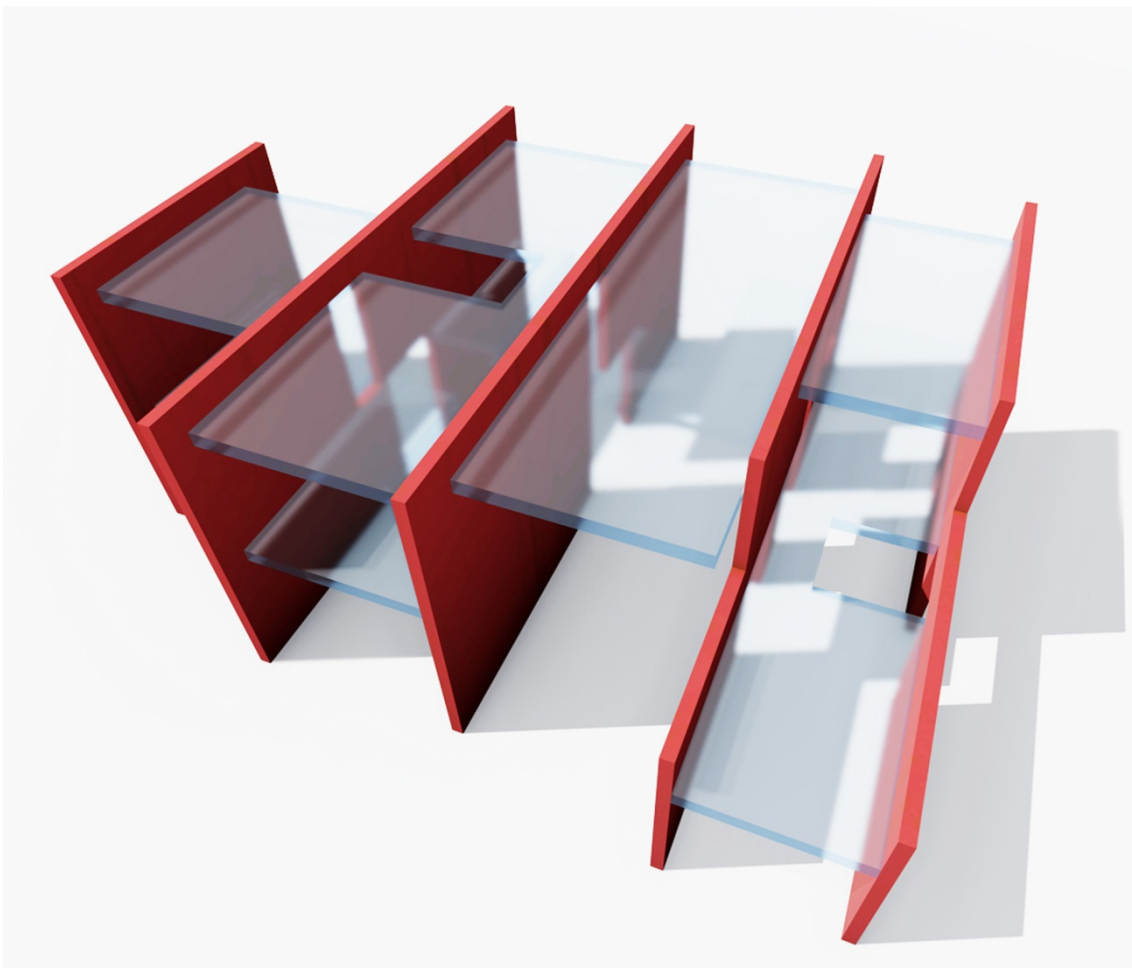
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA  
DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

		HORIZONTAL	316,80	112,64	Kg/m <sup>3</sup>
<b>FORJADOS</b>	<b>m<sup>2</sup> SUPERFICIE</b>	<b>Kg ACERO</b>			
LOSA 01	178,69	EMPARRILLADO	1857,50	CUANTÍA ACERO LOSA 01	
		REFUERZOS	0,00	10,40	Kg/m <sup>3</sup>
LOSA 02	156,13	EMPARRILLADO	1752,90	CUANTÍA ACERO LOSA 02	
		REFUERZOS	0,00	11,23	Kg/m <sup>3</sup>
VOL. EXCAVACIÓN					
				56,88	m <sup>3</sup>
VOL. CIMENTACIÓN					
				28,42	m <sup>3</sup>
VOL. RELLENO					
				28,46	m <sup>3</sup>
VOL. TIERRA SOBRANTE					
				28,42	m <sup>3</sup>

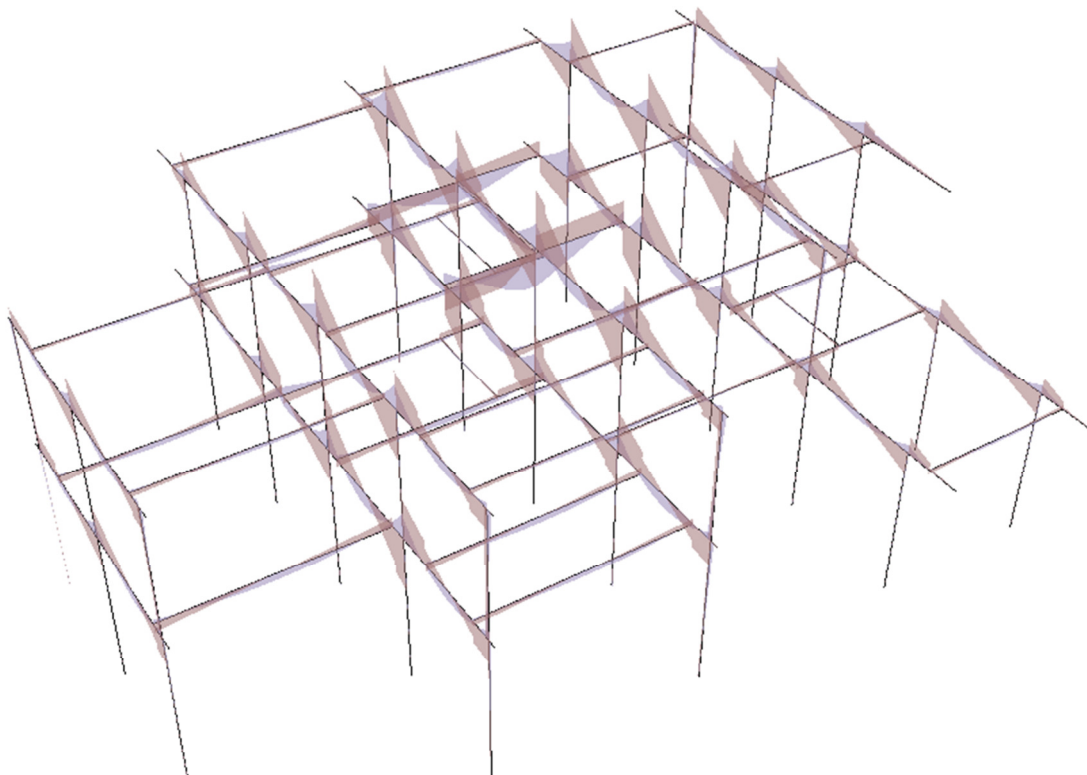
**PRESUPUESTO MODELO 01**

<b>MODELO 01</b>		<b>64.723,47 €</b>
Código	Resumen	Importe (€)
<b>Acondicionamiento del terreno</b>		<b>1.388,72</b>
AD	Movimiento de tierras en edificación	1.388,72
<b>Cimentaciones</b>		<b>3.490,50</b>
CR	Regularización	365,45
CS	Superficiales	3.125,05
<b>Estructuras</b>		<b>59.283,90</b>
EH	Hormigón armado	59.283,90
	EHM Muros	35.877,99
	EHU Forjados	23.403,92
<b>Gestión de residuos</b>		<b>560,35</b>
GT	Gestión de tierras	560,35



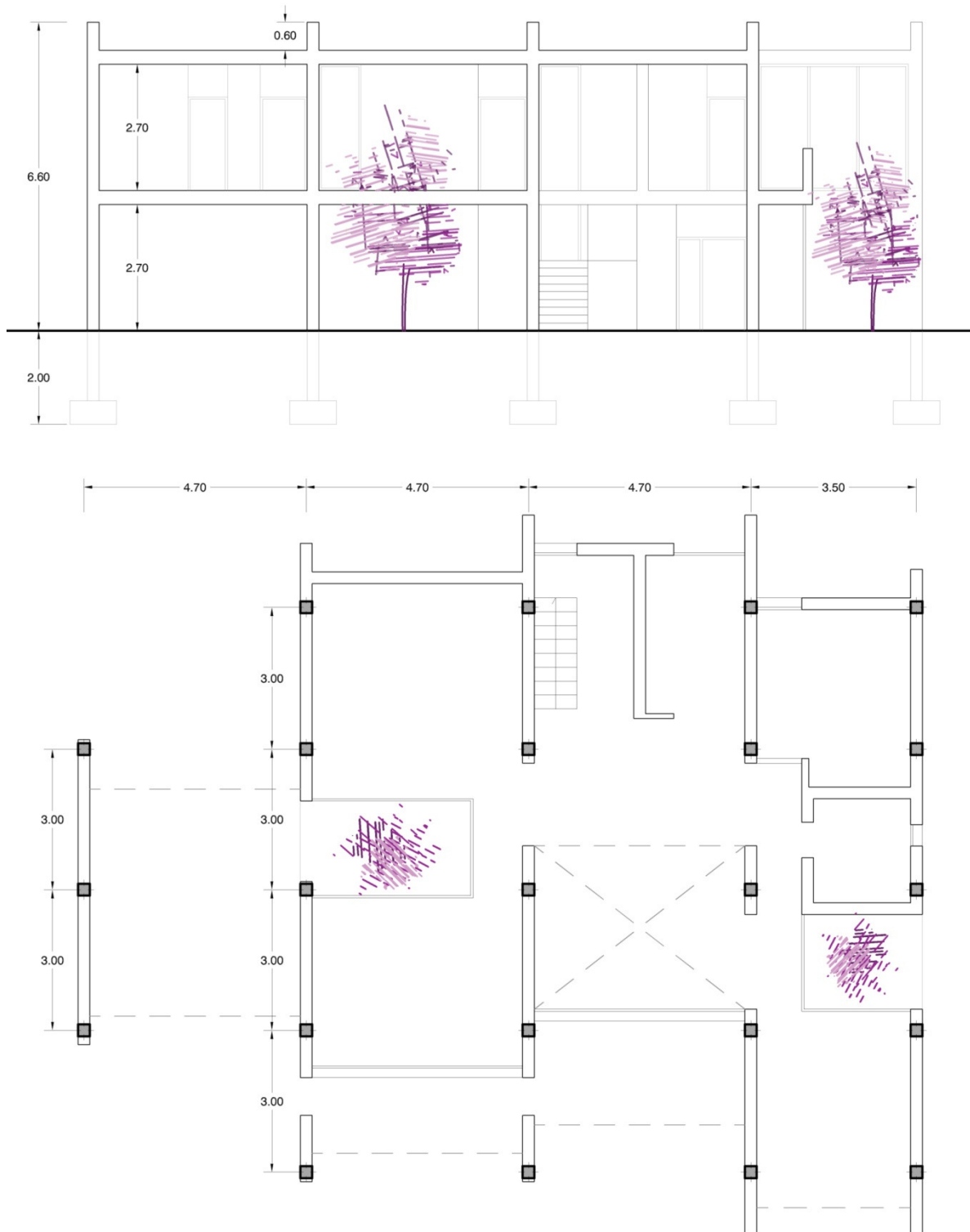
IMG29 – Modelo 01. Volumetría básica

## 8 - MODELO 02: ESTRUCTURA PORTICADA DE HA. LUCES DE 3 METROS



IMG30 – Modelo 02. Solicitaciones

El segundo modelo analizado es una estructura porticada de hormigón armado compuesta por 5 pórticos de 2 y 4 vanos, con voladizo en los extremos, dispuestos cada 3.5 y 4.7 metros, cuyas luces entre soportes no superan los 3 metros.

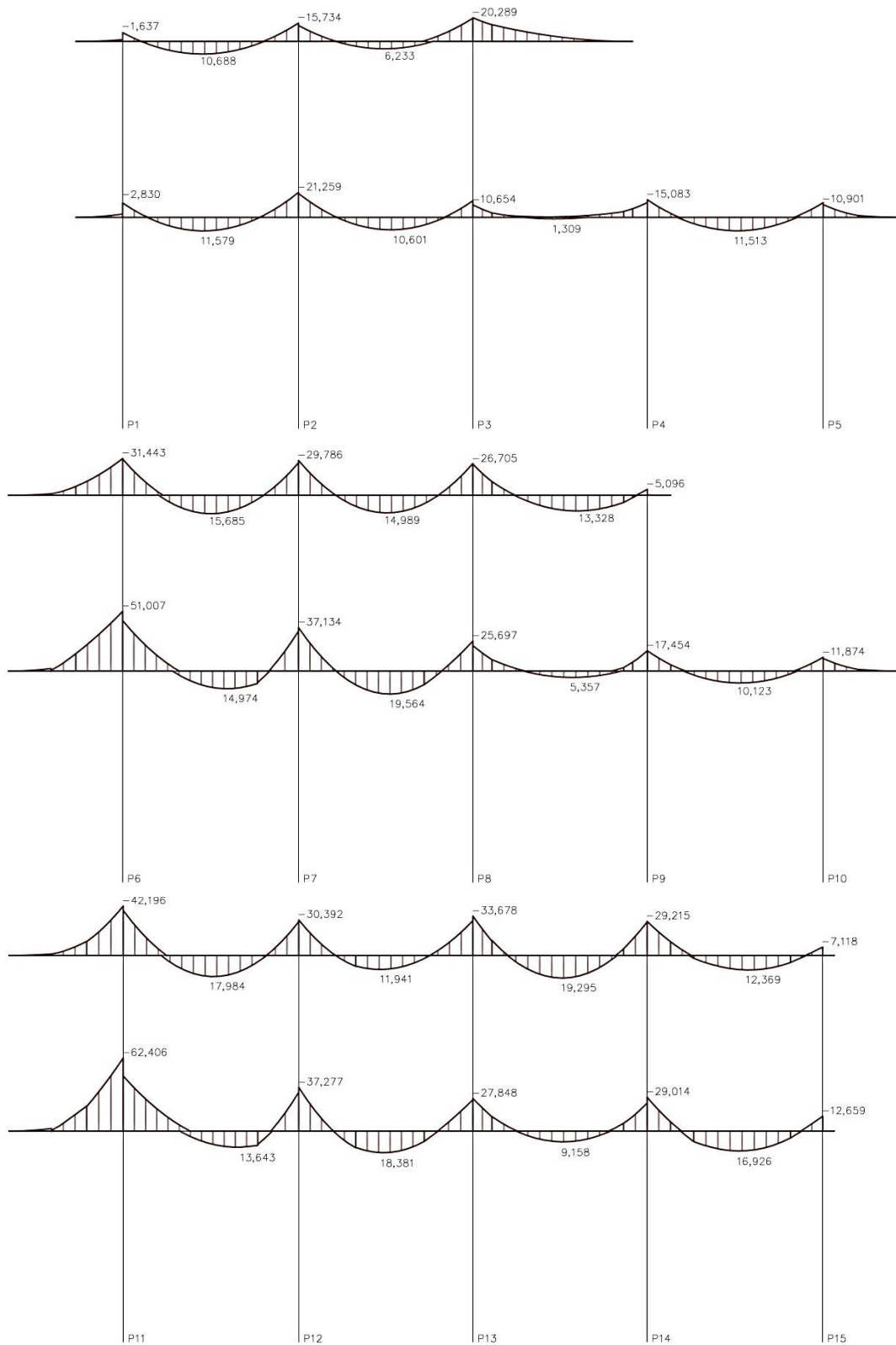


IMG31 – Modelo 02. Planta baja y sección longitudinal

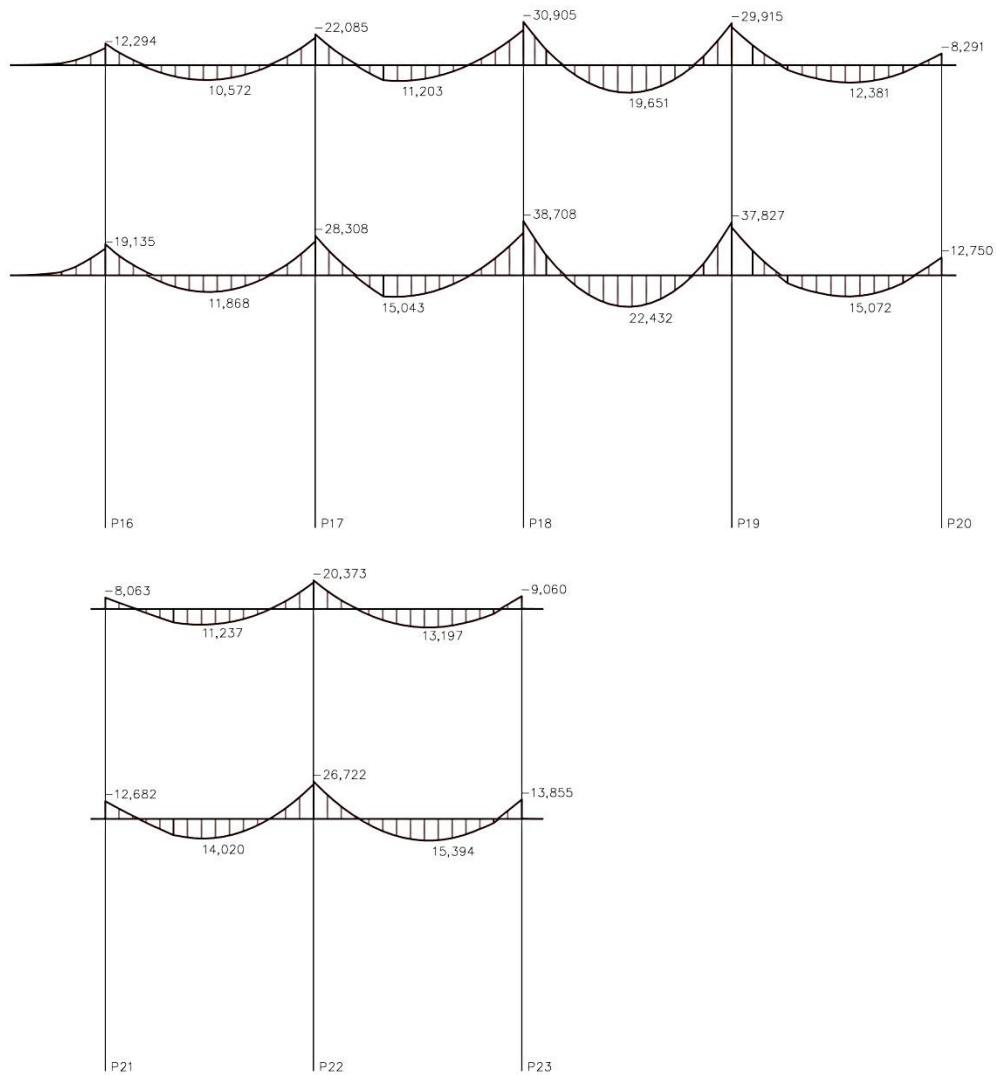
Los forjados, unidireccionales, de viguetas pretensadas y bovedillas de hormigón, rigidizan el conjunto, que se completa con una cimentación superficial por zapatas aisladas centradas.

8.1 - SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU

Este modelo, que cuenta con 23 puntos de apoyo, posee una distribución de momentos homogénea, alcanzando un máximo de 22.5 mkN en centro de vano en el punto más desfavorable.



IMG32 – Modelo 02. Pórticos 1-3



IMG33 – Modelo 02. Pórticos 4-5

La ley de momentos del modelo se ve incrementada en el primer vano de los pórticos centrales, debido al apoyo de la escalera que conecta ambos niveles. Siendo éste un punto singular de la estructura, se ha realizado el predimensionado partiendo del valor del momento flector señalado anteriormente, que corresponde a 22.5 mkN. Las dimensiones de partida asignadas al modelo se relacionan en la siguiente tabla:

**MODELO 02**

Material	Hormigón armado	HA-30
<b>Cimentación</b>	Superficial. Zapatas aisladas	H=50 cm
<b>Riostras</b>	Sección rectangular homogénea	40x40 cm
<b>Soportes</b>	Sección rectangular homogénea	25x25 cm
<b>Vigas</b>	Sección rectangular homogénea	30x30 cm
<b>Zunchos</b>	Sección rectangular homogénea	20x30 cm

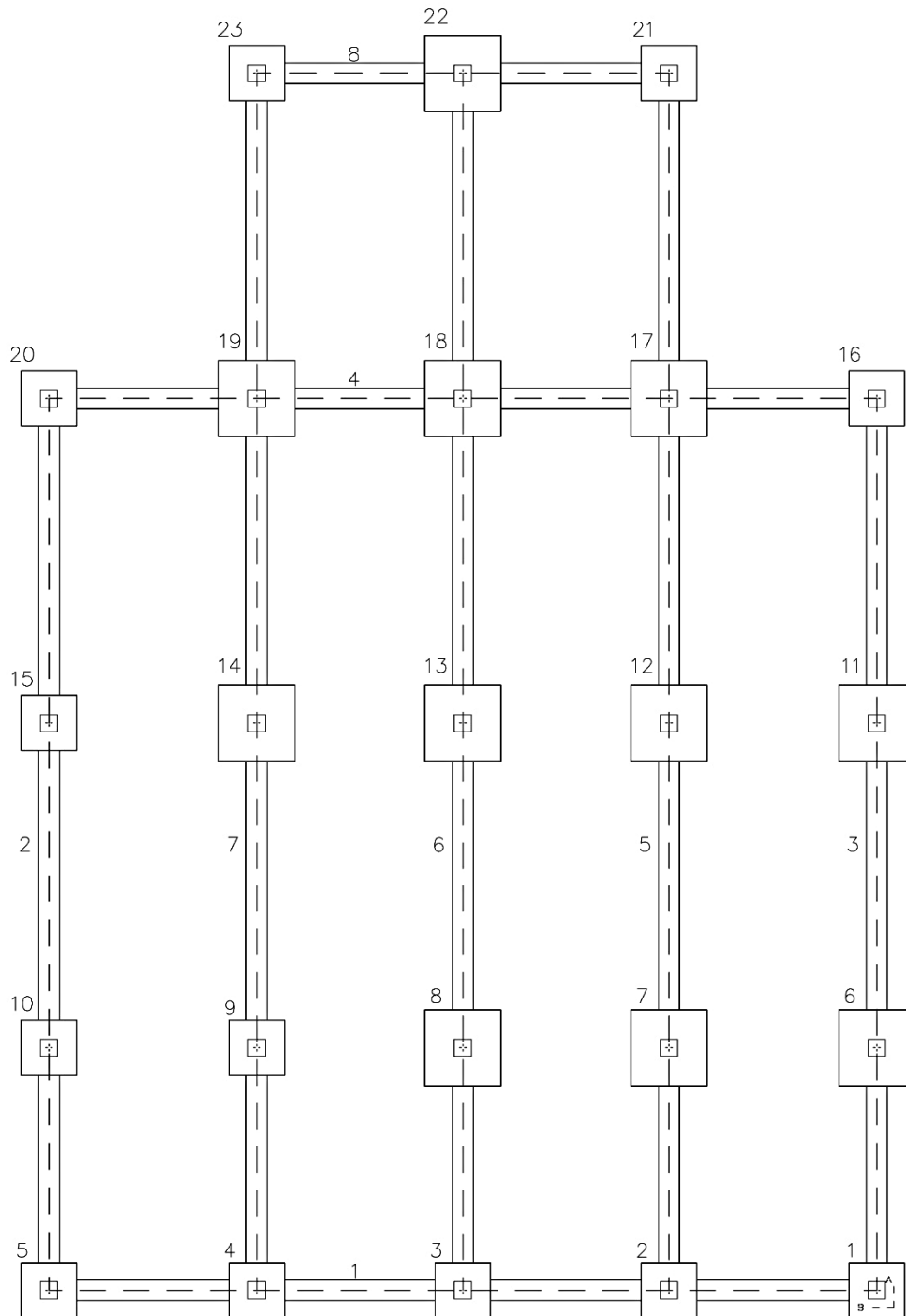


8.2 - RESULTADO DEL DIMENSIONADO

CIMENTACIÓN

Cimentación  
 Nivel 0. Cota: -2,00 m.  
 Material predominante: HA30  
 Tensión admisible para zapatas: 200,00 kN/m<sup>2</sup>  
 Tipo de suelo para zapatas: Cohesivo

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α larga duración	γ <sub>c</sub>	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15



IMG34 – Modelo 02. Esquema de cimentación

El dimensionado obtenido mediante Architrave® para la cimentación constaba de zapatas de dimensiones que oscilaban entre los 55 y los 110 cm de lado. Se han homogeneizado los resultados, agrupando las zapatas en dos dimensiones diferentes: 80x80 cm y 110x110 cm, de manera que se facilite la puesta en obra.

CUADRO DE ZAPATAS MODELO 02

Nº	Tipo	AxBxH (cm)	Armadura en dirección A	Armadura en dirección B	Esperas - solape
1-5 9-10 15-16 20-21 23	Centrada	80x80x50	4Ø12/25cm	4Ø12/25cm	4Ø12-30cm
6-8 11-14 17-19 22	Centrada	110x110x50	5Ø12/25cm	5Ø12/25cm	4Ø12-30cm -

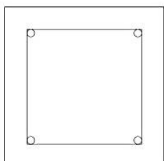
CUADRO DE RIOSTRAS MODELO 02

Nº	BxH (cm)	Armadura superior	Armadura inferior	Piel	Estribos
1-8	40x40	3Ø12/1capa	2Ø16	2Ø12	2Ø8/30cm

## ESTRUCTURA

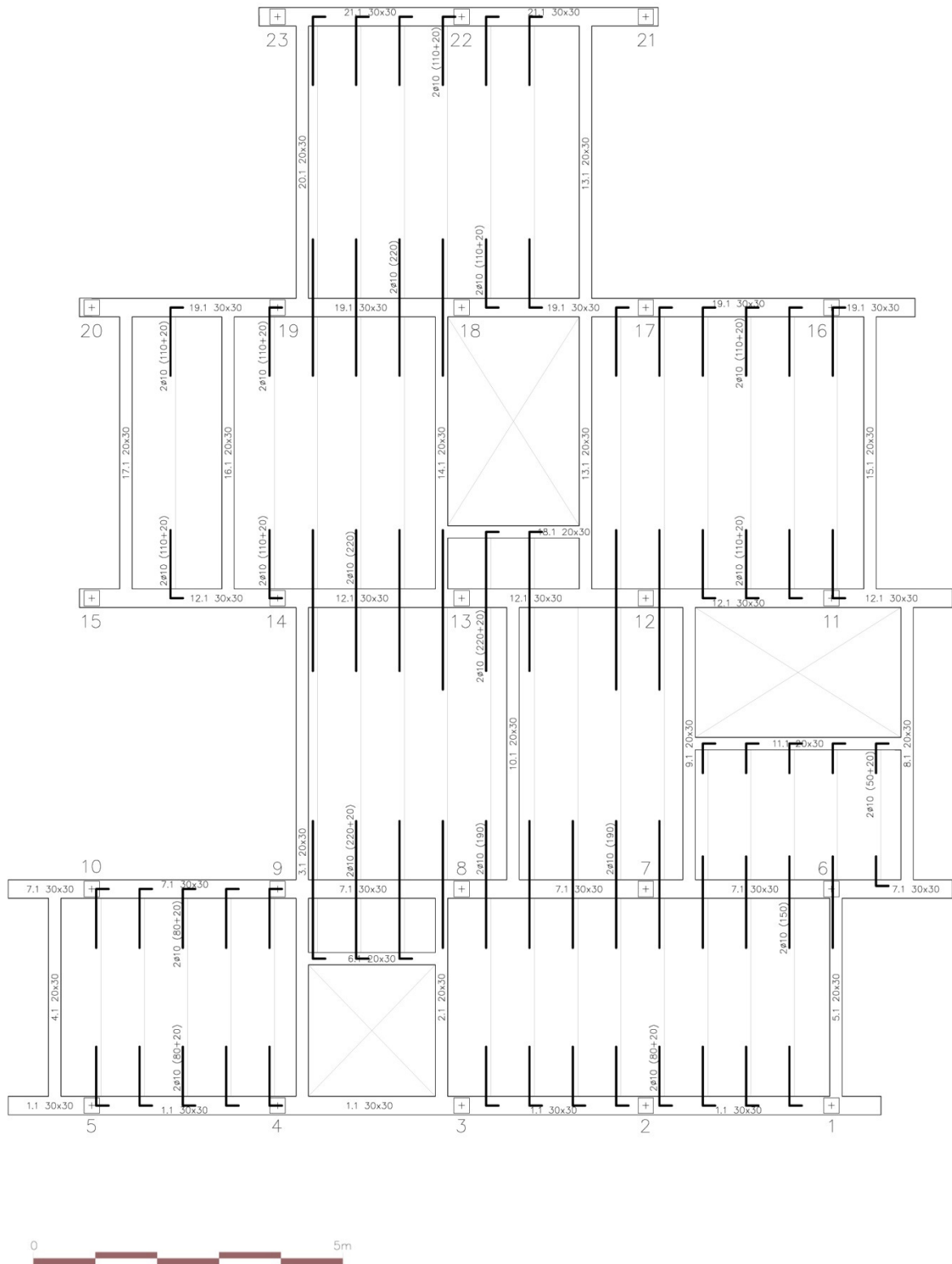
Los soportes correspondientes a este modelo cumplen las exigencias con la dimensión mínima según normativa, 25x25 cm, y un armado de 2Ø12 por cara, dispuesto como se indica:

CUADRO DE PILARES MODELO 02

Sección	BxH (cm)	Armado por cara	Armado total	L (cm)	Estribos
	25x25	2Ø12	4Ø12	360+30	Ø8/15cm

El dimensionado de las vigas y zunchos del modelo cumple con la premisa fijada en las características del modelo: las vigas quedan embebidas en el canto del forjado, resultando todas ellas de dimensiones 30x30 cm, incluidos voladizos. Se detalla su numeración y armado a continuación.

FORJADO 1



IMG35 – Modelo 02. Disposición vigas forjado 1

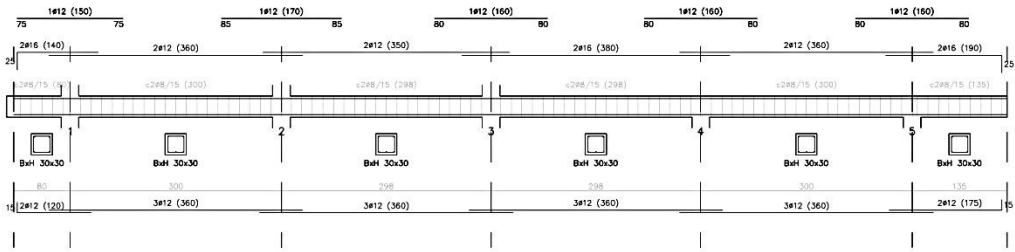
# ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

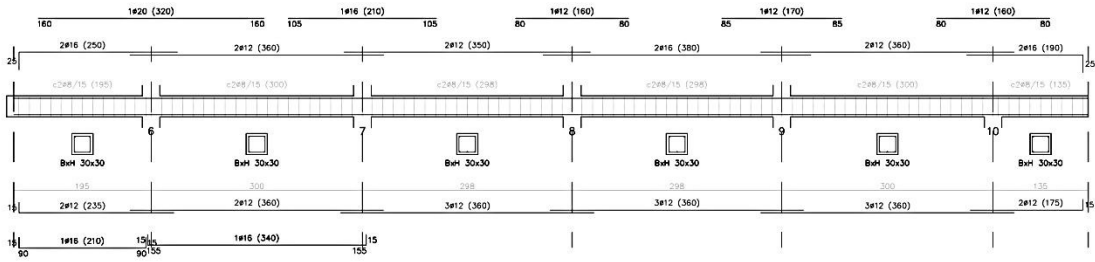
**PÓRTICOS**  
Forjado 1. Cota: +3,60 m.  
Material predominante: HA30

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α larga duración	γ <sub>c</sub>	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

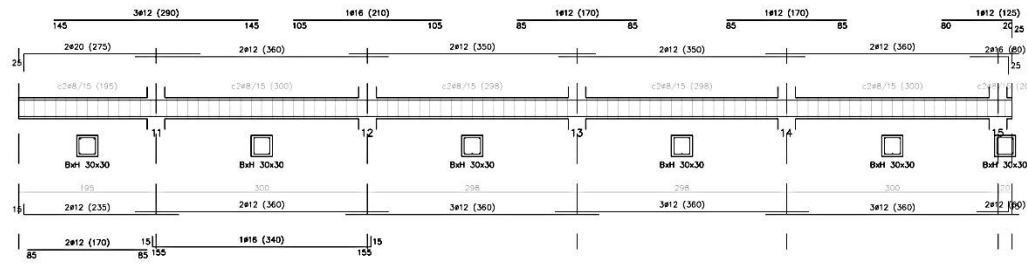
Pórtico 1.1



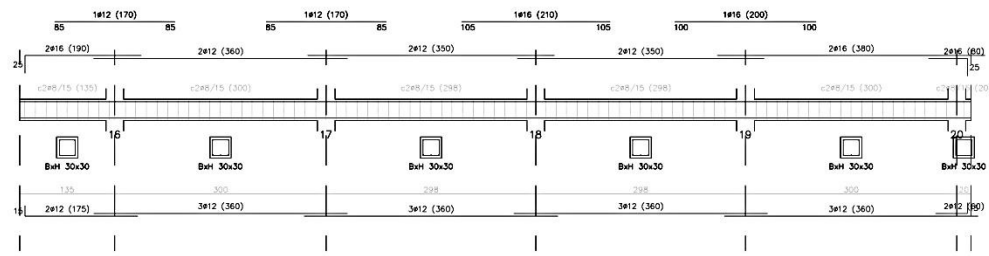
Pórtico 7.1



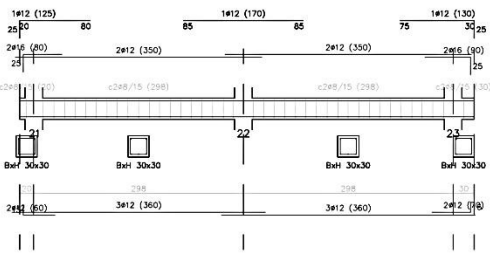
Pórtico 12.1



Pórtico 19.1

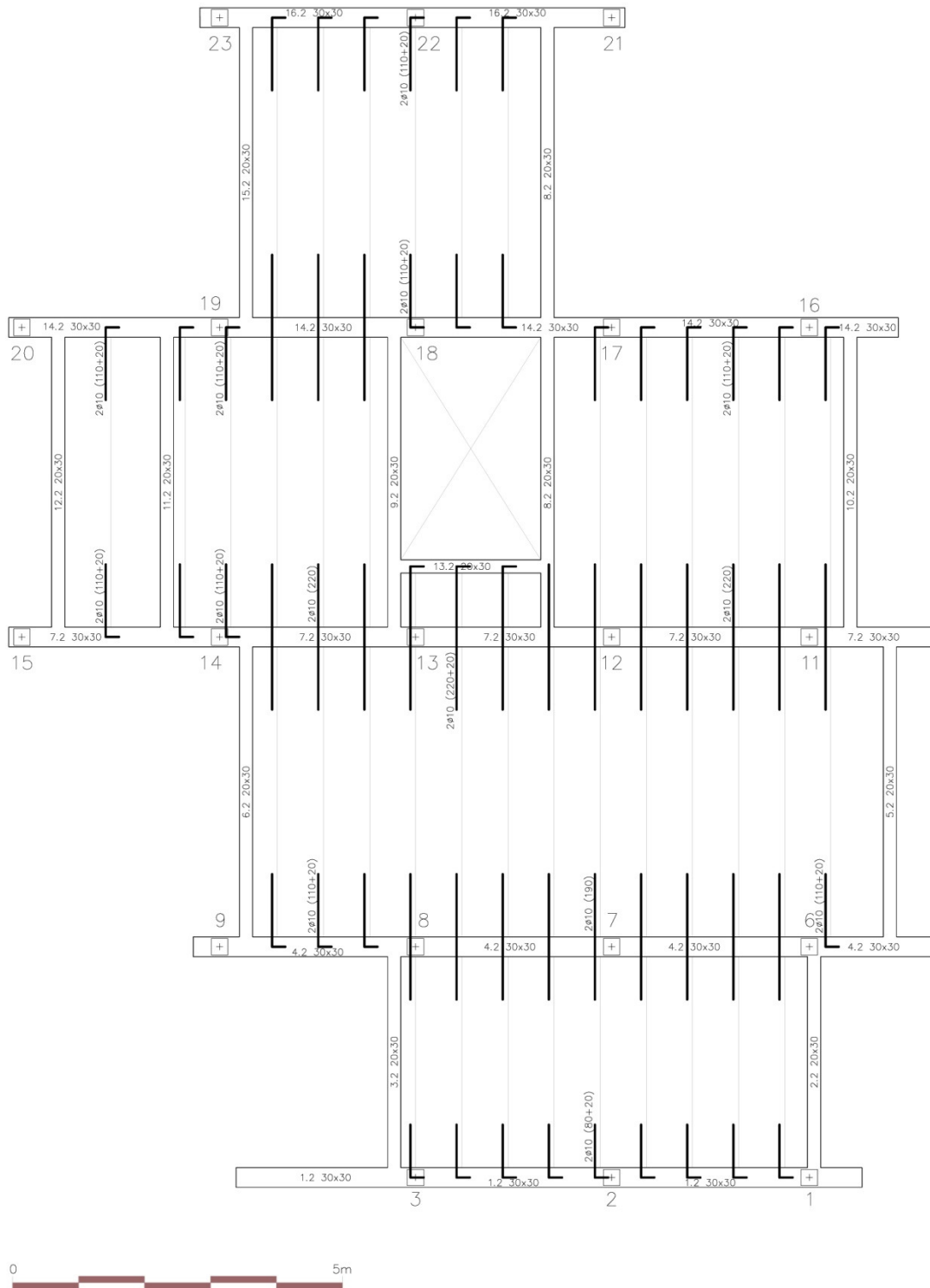


Pórtico 21.1



IMG36 – Modelo 02. Armado vigas forjado 1

FORJADO 2



IMG37 – Modelo 02. Disposición vigas forjado 2

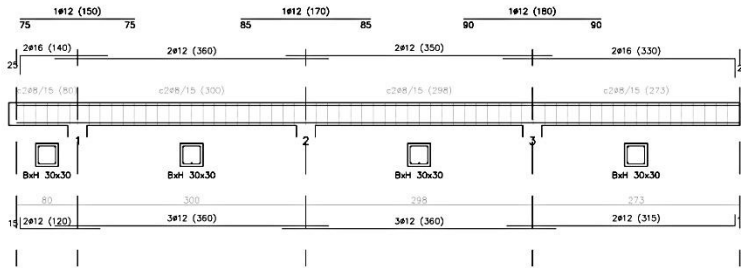
# ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

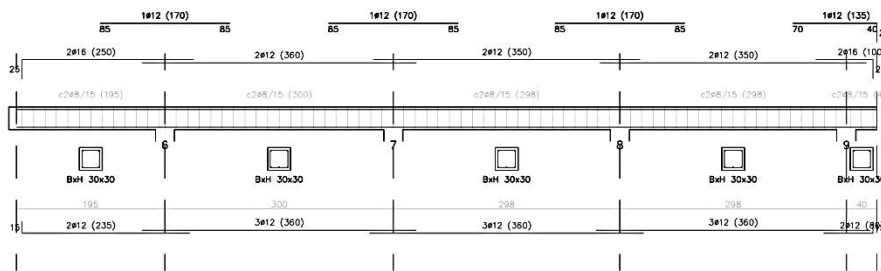
PÓRTICOS  
Forjado 2. Cota: +6,60 m.  
Material predominante: HA30

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α larga duración	γ <sub>c</sub>	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15

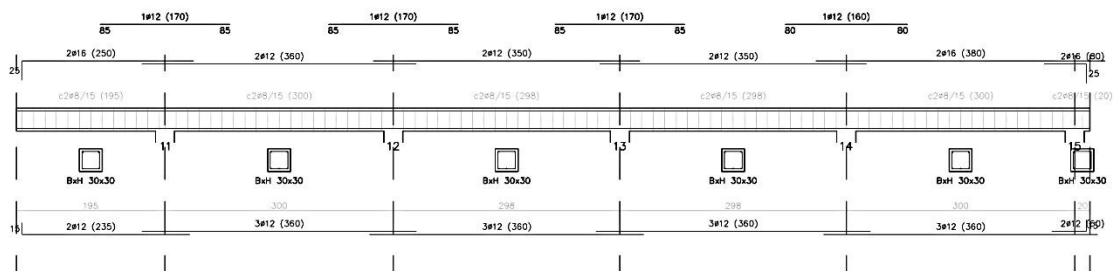
Pórtico 1.2



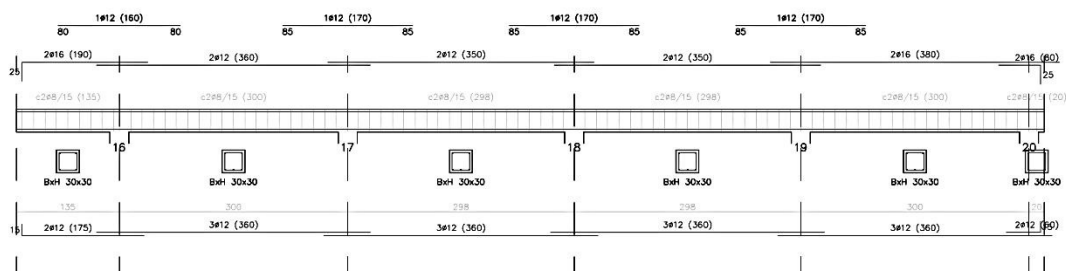
Pórtico 4.2



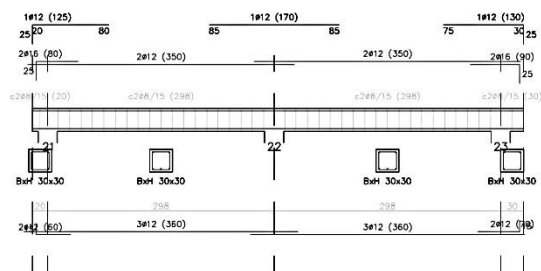
Pórtico 7.2



Pórtico 14.2



Pórtico 16.2



0 5m

IMG38 – Modelo 02. Armado vigas forjado 2

### 8.3 - MEDICIONES Y PRESUPUESTO

#### MEDICIONES MODELO 02

EXCAVACIÓN	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> TIERRA	
a	12	0,80	0,80	1,20	9,22	EXCAVACIÓN ZAPATAS
b	11	1,10	1,10	1,20	15,97	25,19 m <sup>3</sup>
r1	10	2,20	0,30	1,20	7,92	EXCAVACIÓN RIOSTRAS
r2	5	2,70	0,30	1,20	4,86	30,87 m <sup>3</sup>
r3	10	3,90	0,30	1,20	14,04	SUPERFICIE EXCAVACIÓN
r4	3	3,75	0,30	1,20	4,05	46,72 m <sup>2</sup>

H. LIMPIEZA	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> HM	
a	12	0,80	0,80	0,10	0,77	
b	11	1,10	1,10	0,10	1,33	
r1	10	2,20	0,30	0,10	0,66	
r2	5	2,70	0,30	0,10	0,41	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
r3	10	3,90	0,30	0,10	1,17	4,67 m <sup>3</sup>
r4	3	3,75	0,30	0,10	0,34	46,72 m <sup>2</sup>

CIMENTACIÓN	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
ZAPATAS	10,50	PARRILLA	175,60	CUANTÍA ACERO ZAPATAS
		ARRANQUE	106,20	26,84 Kg/m <sup>3</sup>
RIOSTRAS	15,47	LONGITUDINAL	823,80	CUANTÍA ACERO RIOSTRAS
		TRANSVERSAL	228,20	68,00 Kg/m <sup>3</sup>

ESTRUCTURA	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
SOPORTES PB	5,18	LONGITUDINAL	318,50	CUANTÍA SOPORTES PB
		TRANSVERSAL	204,20	100,91 Kg/m <sup>3</sup>
SOPORTES P1	3,75	LONGITUDINAL	234,40	CUANTÍA SOPORTES P1
		TRANSVERSAL	149,20	102,29 Kg/m <sup>3</sup>

FORJADOS	m <sup>2</sup> SUPERFICIE	Kg ACERO		
FORJADO 01	178,69	MONTAJE	654,70	
		POSITIVOS	33,60	CUANTÍA FORJADO 01
		NEGATIVOS	181,92	1091,00 Kg
		TRANSVERSAL	351,60	6,84 Kg/m <sup>2</sup>
FORJADO 02	156,13	MONTAJE	520,20	CUANTÍA FORJADO 02
		NEGATIVOS	25,80	821,30 Kg
		TRANSVERSAL	275,30	6.03 Kg/m <sup>2</sup>

#### VOL. EXCAVACIÓN

56,06 m<sup>3</sup>

#### VOL. CIMENTACIÓN

30,64 m<sup>3</sup>

#### VOL. RELLENO

25,42 m<sup>3</sup>

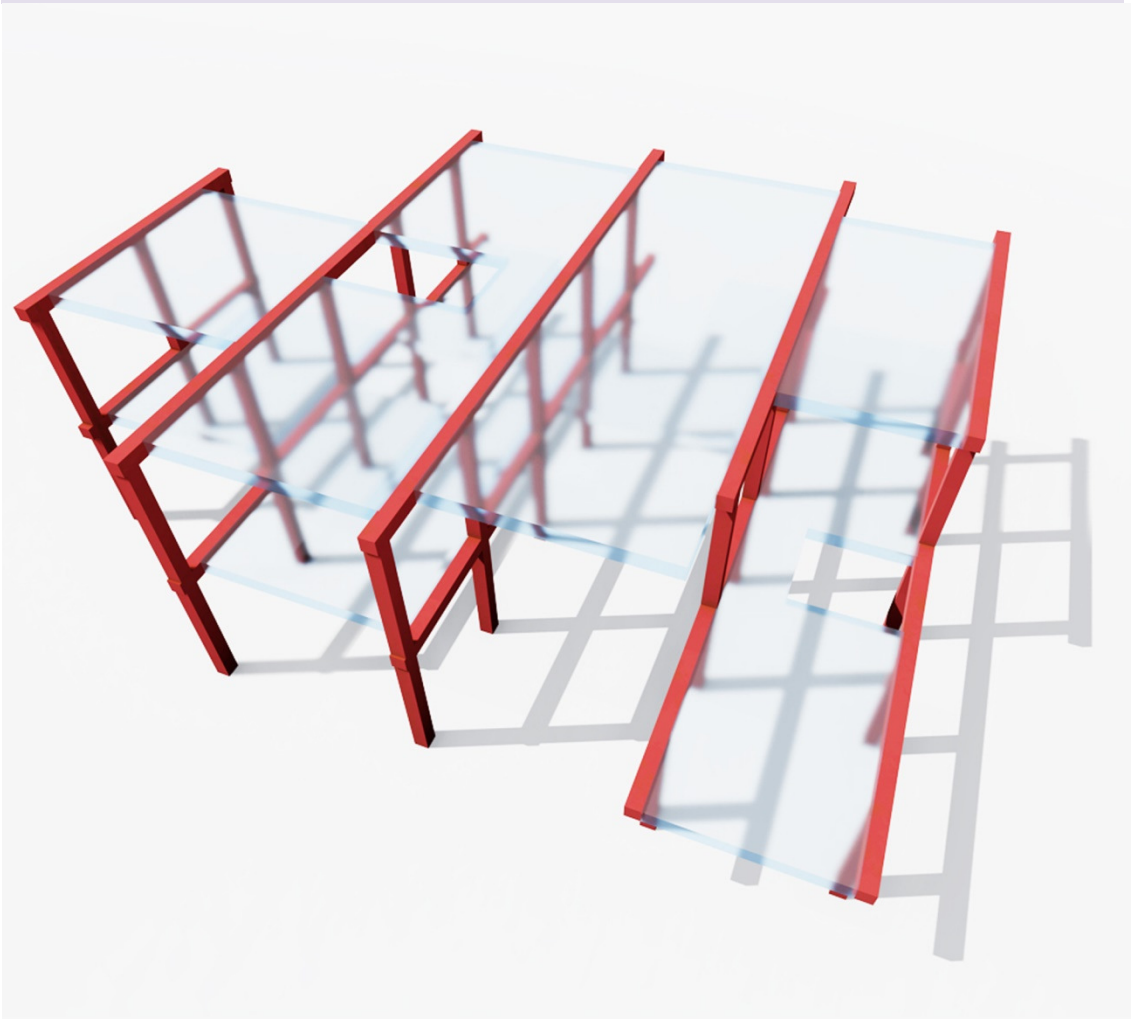
#### VOL. TIERRA SOBRANTE

30,64 m<sup>3</sup>

PRESUPUESTO MODELO 02

**MODELO 02** **33.777,66 €**

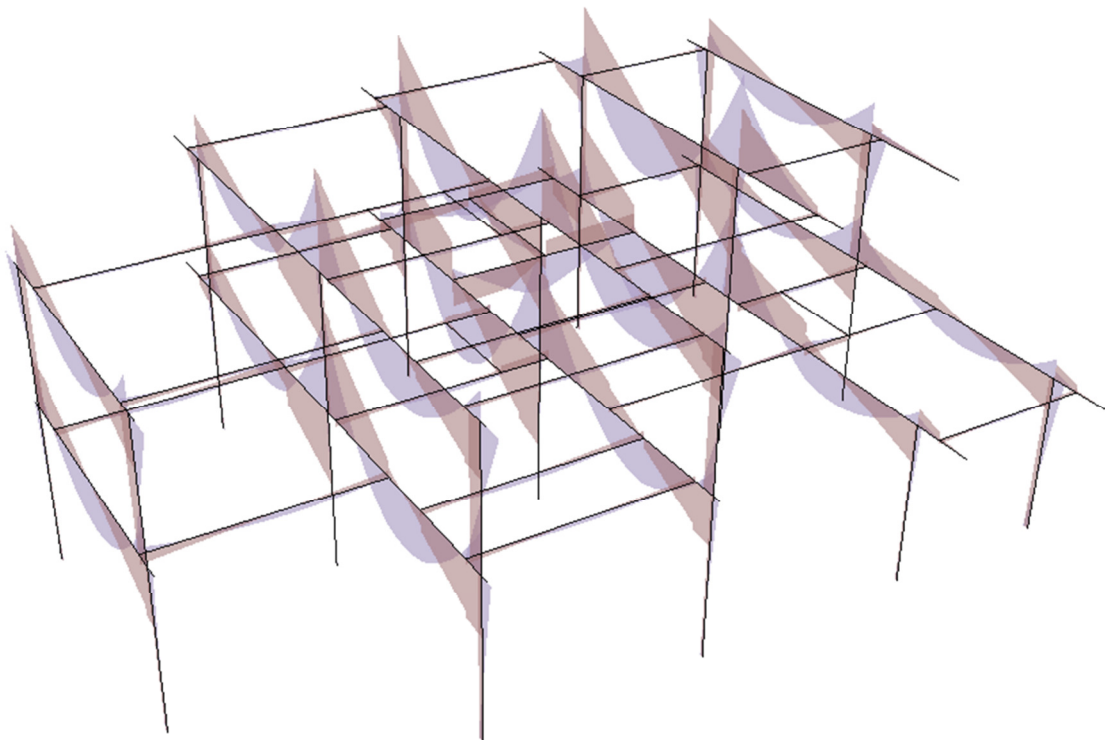
Código	Resumen	Importe (€)
<b>Acondicionamiento del terreno</b>		<b>1.398,39</b>
AD	Movimiento de tierras en edificación	1.398,39
<b>Cimentaciones</b>		<b>4.375,34</b>
CR	Regularización	360,21
CS	Superficiales	1.385,69
CA	Arriostramientos	2.629,44
<b>Estructuras</b>		<b>27.443,58</b>
EH	Hormigón armado	27.443,58
	EHS Soportes	5.049,46
	EHU Forjados	22.394,12
<b>Gestión de residuos</b>		<b>560,35</b>
GT	Gestión de tierras	560,35



IMG39 – Modelo 02. Volumetría básica

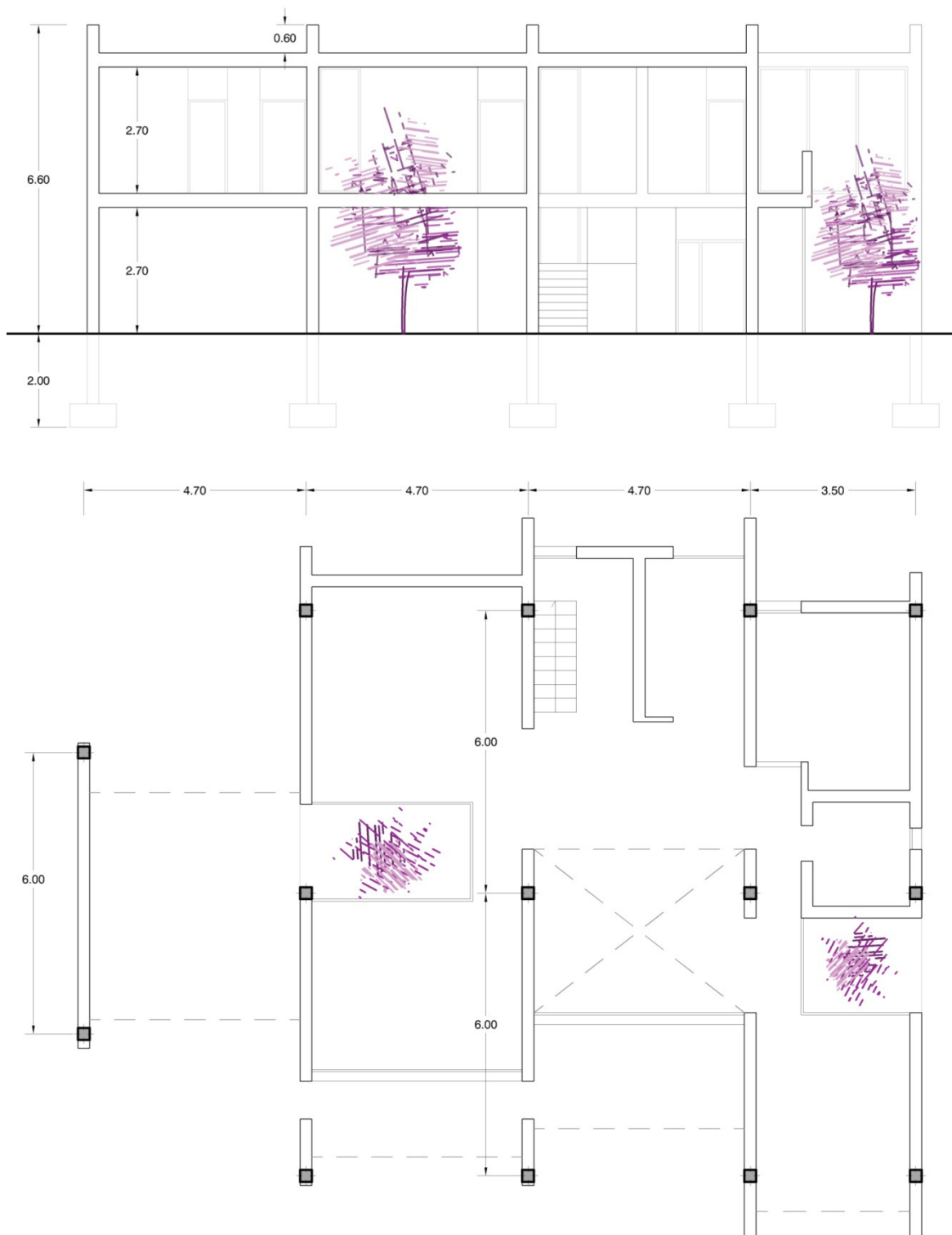


## 9 - MODELO 03: ESTRUCTURA PORTICADA DE HA. LUCES DE 6 METROS



IMG40 – Modelo 03. Solicitaciones

La tercera variación analizada es una estructura porticada de hormigón armado compuesta por 5 pórticos de 1 y 2 vanos, con voladizo en los extremos, dispuestos cada 3.5 y 4.7 metros, cuyas distancias entre soportes no superan los 6 metros.

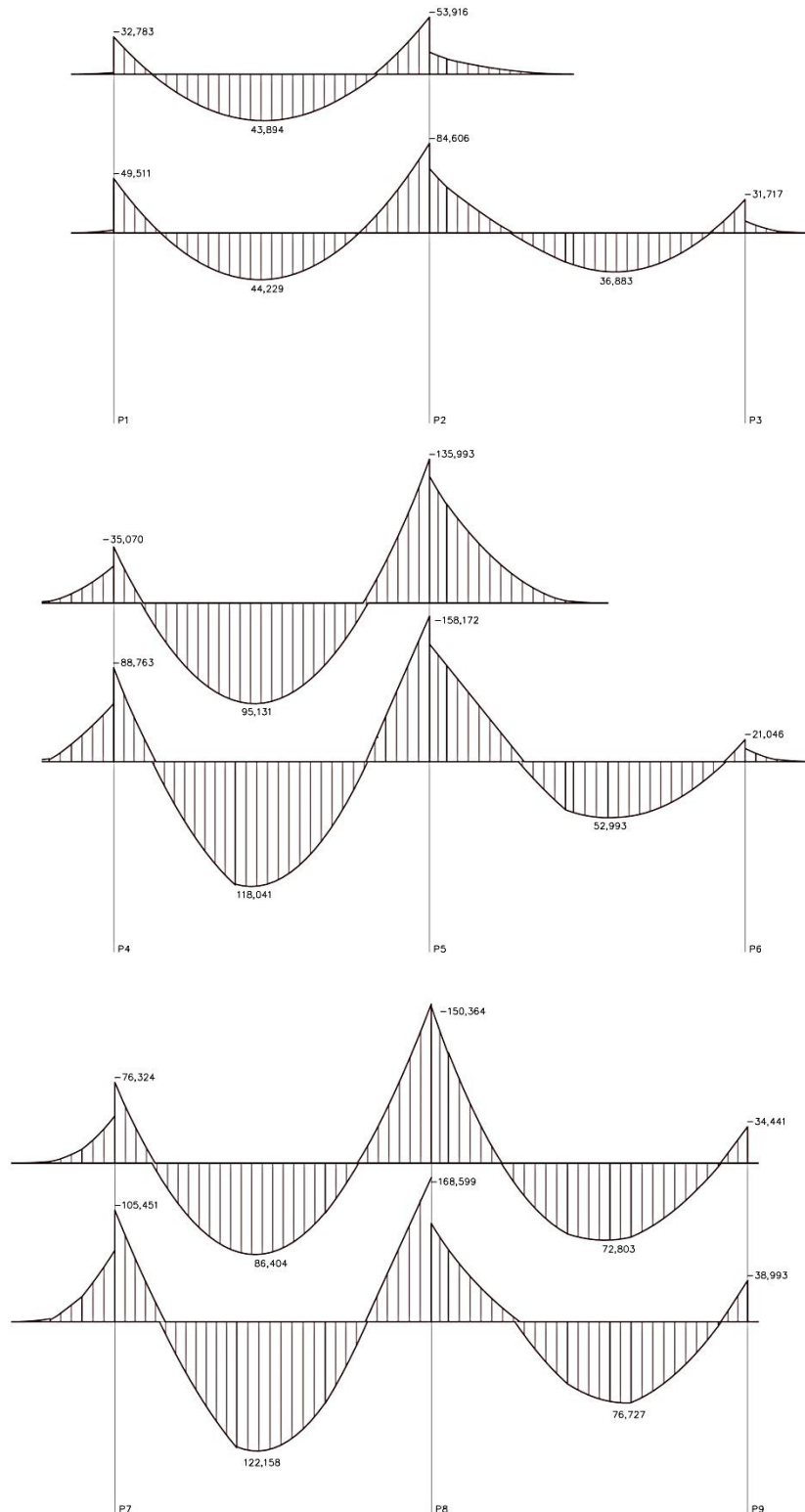


IMG41 – Modelo 02. Planta baja y sección longitudinal

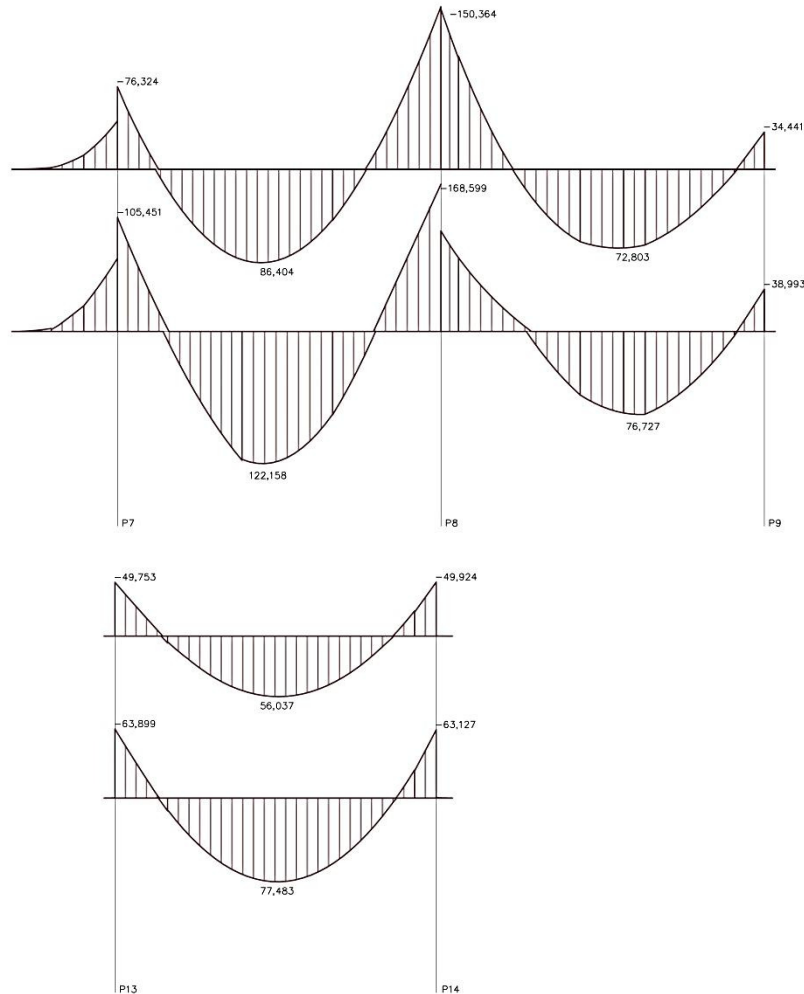
Los forjados, unidireccionales, de viguetas pretensadas y bovedillas de hormigón, rigidizan el conjunto, que se completa con una cimentación superficial por zapatas aisladas centradas.

### 9.1 - SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU

Este modelo, que dirige las cargas al terreno a través de 14 puntos de apoyo, cuenta con una distribución de momentos menos homogénea, siendo más acusada en los pórticos centrales, donde se concentran más cargas y aparecen voladizos de mayor longitud, alcanzando un máximo de 122 mkN en centro de vano en el punto más desfavorable.



IMG42 – Modelo 03. Pórticos 1-3



IMG43 – Modelo 03. Pórticos 4-5

La ley de momentos del modelo se ve incrementada en el primer vano de los pórticos centrales, debido al apoyo de la escalera que conecta ambos niveles. Siendo éste un punto singular de la estructura, se ha realizado el predimensionado partiendo del valor del momento flector señalado anteriormente, que corresponde a 122 mkN. Las dimensiones de partida asignadas al modelo se relacionan en la siguiente tabla:

**MODELO 02**

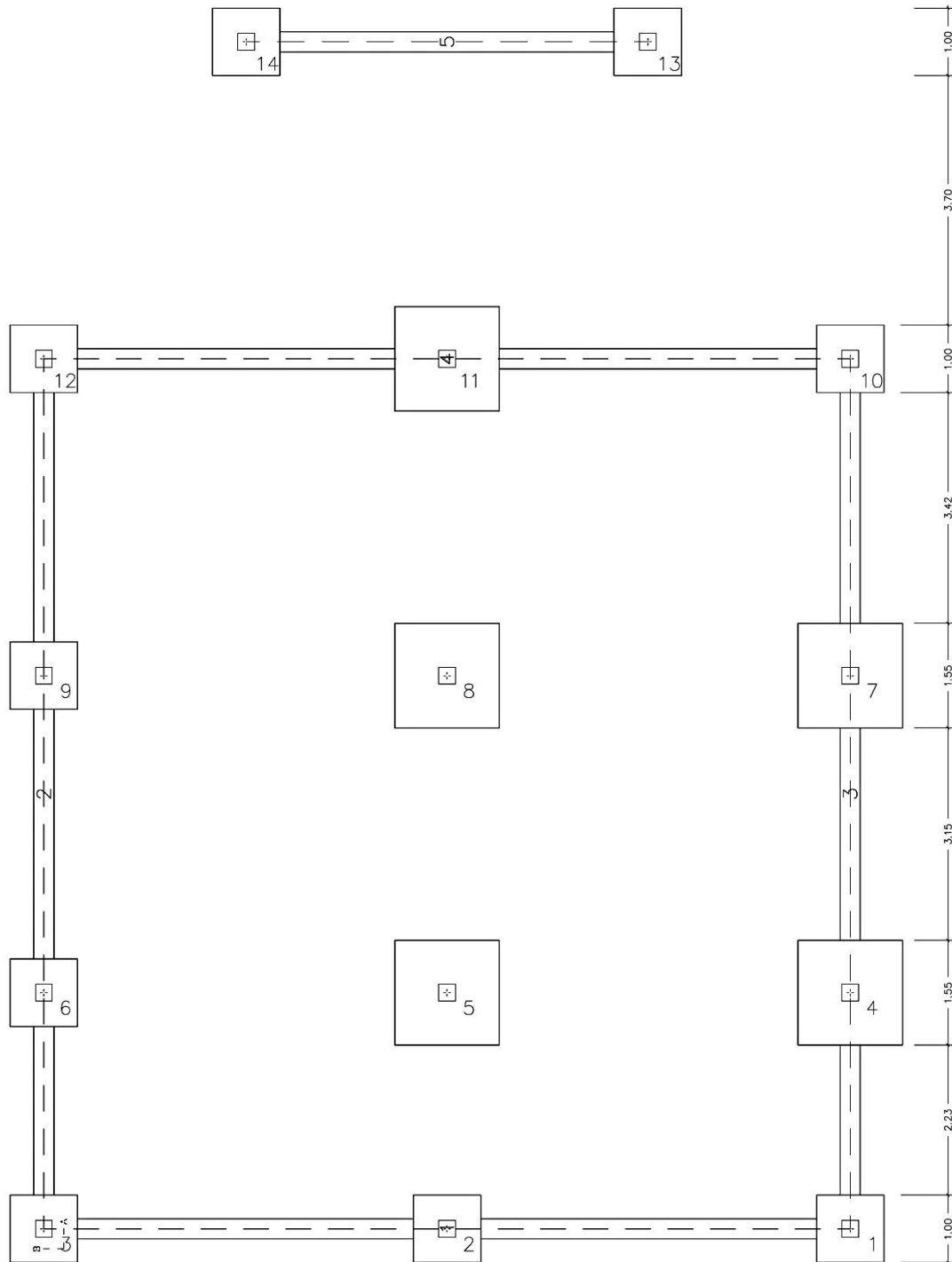
<b>Material</b>	Hormigón armado	HA-30
<b>Cimentación</b>	Superficial. Zapatas aisladas	H=50 cm
<b>Riostras</b>	Sección rectangular homogénea	40x40 cm
<b>Soportes</b>	Sección rectangular homogénea	25x25 cm
<b>Vigas</b>	Sección rectangular homogénea	30x50 cm
<b>Zunchos</b>	Sección rectangular homogénea	20x30 cm

9.2 - RESULTADO DEL DIMENSIONADO

CIMENTACIÓN

Cimentación  
 Nivel 0. Cota: -2,00 m.  
 Material predominante: HA30  
 Tensión admisible para zapatas: 200,00 kN/m<sup>2</sup>  
 Tipo de suelo para zapatas: Cohesivo

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α larga duración	γ <sub>c</sub>	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15



IMG44 – Modelo 03. Esquema de cimentación



El dimensionado obtenido mediante Architrave® para la cimentación constaba de zapatas de dimensiones que oscilaban entre los 65 y los 155 cm de lado. Se han homogeneizado los resultados, agrupando las zapatas en dos dimensiones diferentes: 100x100 cm y 155x155 cm, de manera que se facilite la puesta en obra.

CUADRO DE ZAPATAS MODELO 03

Nº	Tipo	AxBxH (cm)	Armadura en dirección A	Armadura en dirección B	Esperas - solape
1-3 6 9-10 12-14	Centrada	100x100x50	4Ø12/25cm	4Ø12/25cm	4Ø16-40cm
4-5 7-8 11	Centrada	155x155x50	7Ø12/25cm	7Ø12/25cm	4Ø12-30cm -

CUADRO DE RIOSTRAS MODELO 03

Nº	BxH (cm)	Armadura superior	Armadura inferior	Piel	Estribos
1-5	40x40	3Ø12/1capa	2Ø16	2Ø12	2Ø8/30cm

### ESTRUCTURA

Los soportes correspondientes a este modelo cumplen las exigencias con la dimensión mínima según normativa, 25x25 cm, variando el armado de 2Ø12 a 2Ø20 por cara, dispuesto como se indica:

CUADRO DE PILARES MODELO 03

Nº	Sección	BxH (cm)	Armado por cara	Armado total	L (cm)	Estribos
3-6 8 11		25x25	2Ø12	4Ø12	360+30	Ø8/15cm
1-2 7 9-10		25x25	2Ø16	4Ø16	360+40	Ø8/15cm
12-14		25x25	2Ø20	4Ø20	360+55	Ø8/15cm

El dimensionado de las vigas y zunchos del modelo cumple con la premisa fijada en las características del modelo: las vigas colgadas mantienen la misma sección a lo largo de toda su longitud, de manera que la quedan embebidas en el grosor de los paños transversales, resultando secciones desde 30x30 hasta 30x50 cm, incluidos voladizos. Se detalla su numeración y armado a continuación.

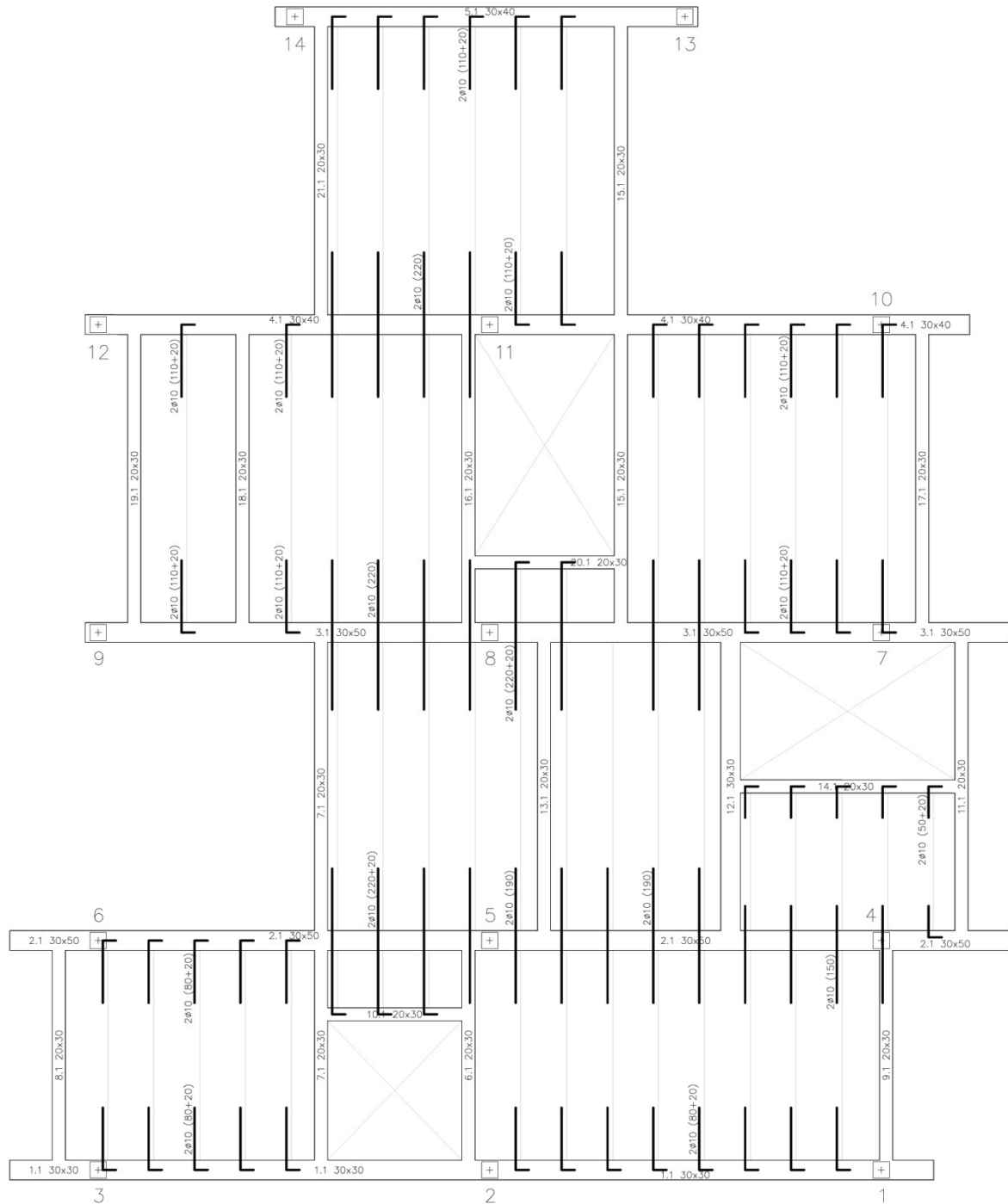
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

FORJADO 1

Forjado  
Nivel 1. Cota: +3,60 m.  
Material predominante: HA30

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	$\alpha$ larga duración	$\gamma_c$	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	$\gamma_s$
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15



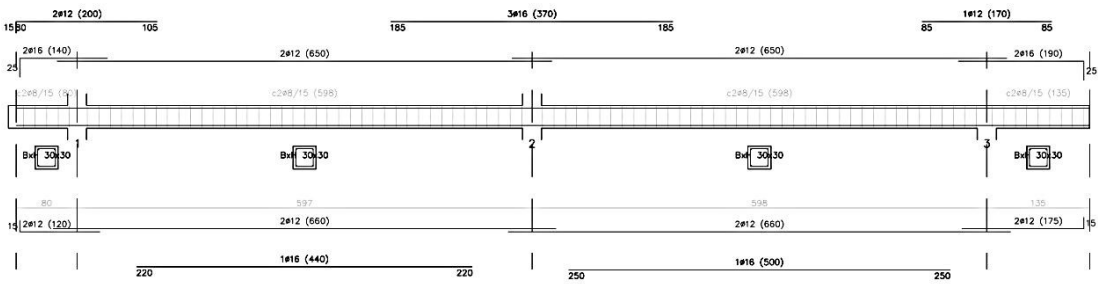
IMG45 – Modelo 03. Disposición vigas forjado 1



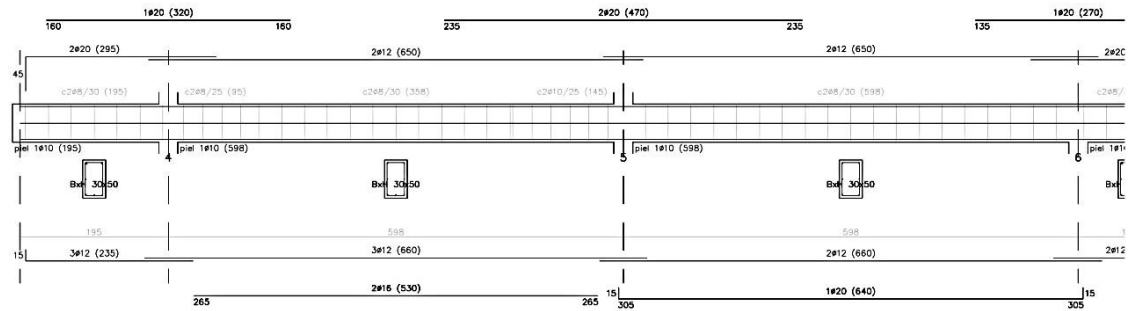
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

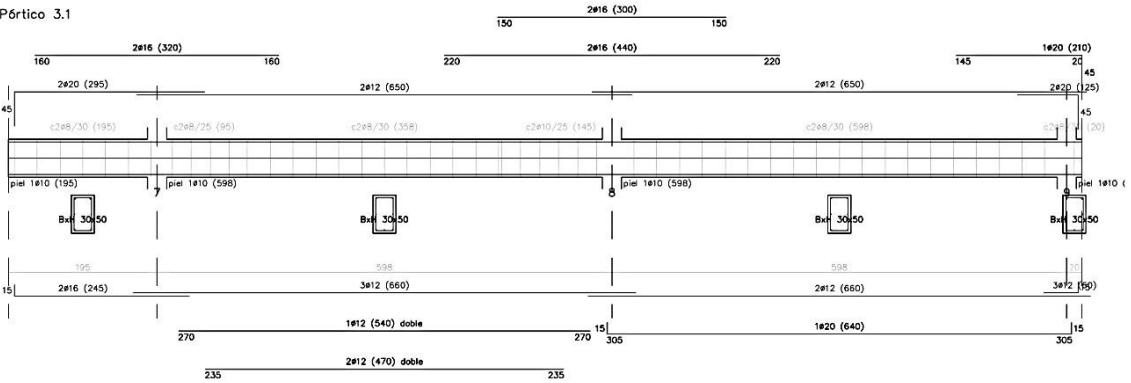
Pórtico 1.1



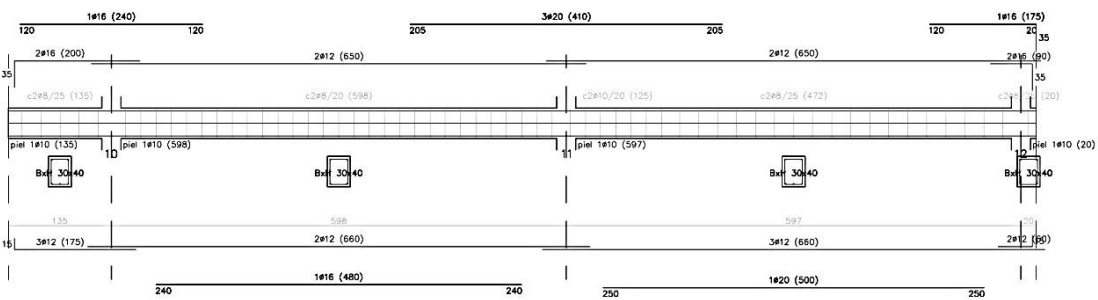
Pórtico 2.1



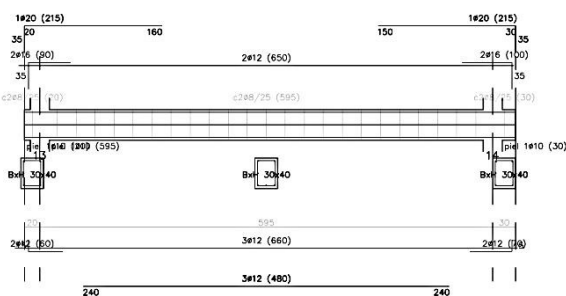
Pórtico 3.1



Pórtico 4.1



Pórtico 5.1

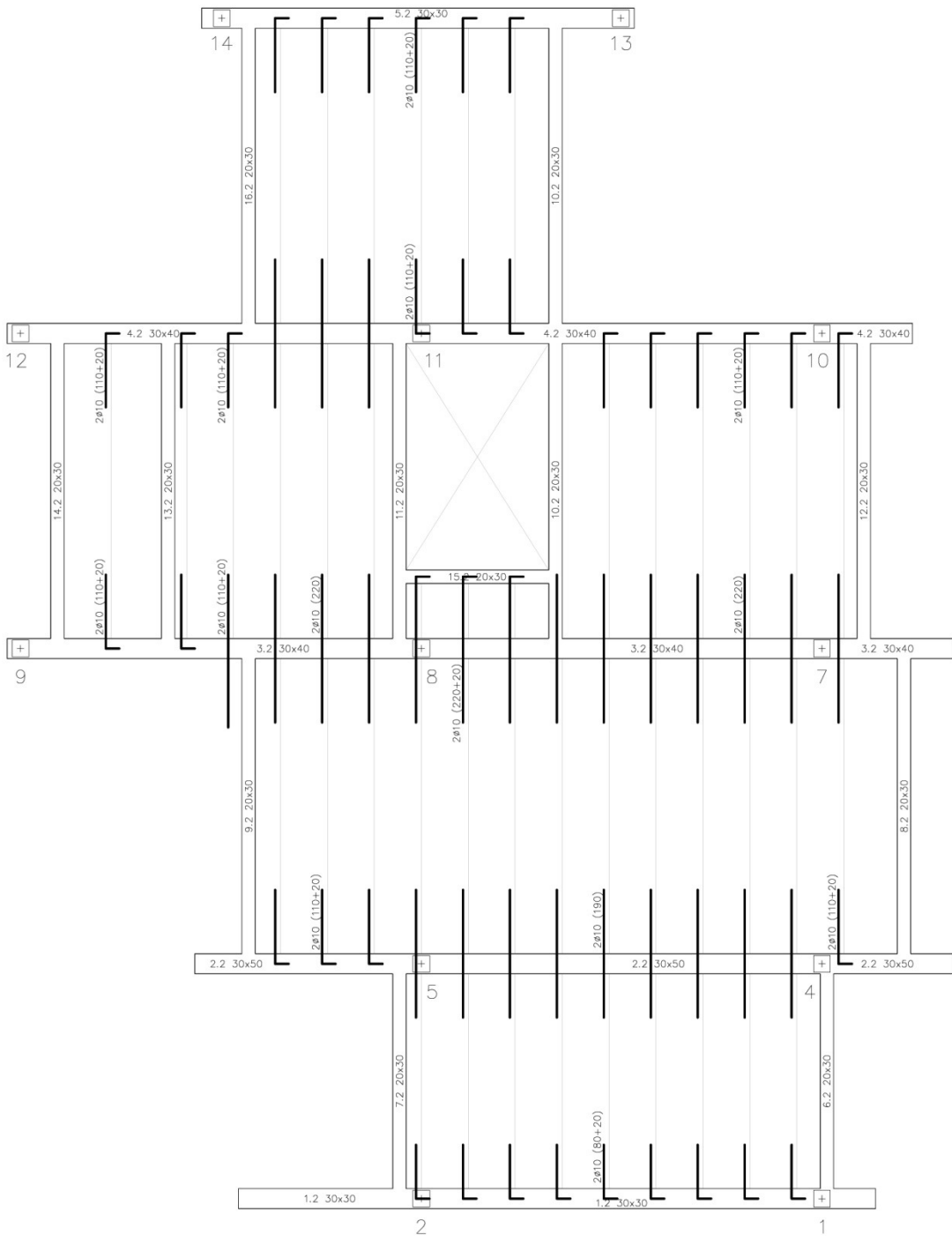


IMG46 – Modelo 03. Armado vigas forjado 1



Forjado  
Nivel 2. Cota: +6,60 m.  
Material predominante: HA30

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	α larga duración	γc	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γs
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15



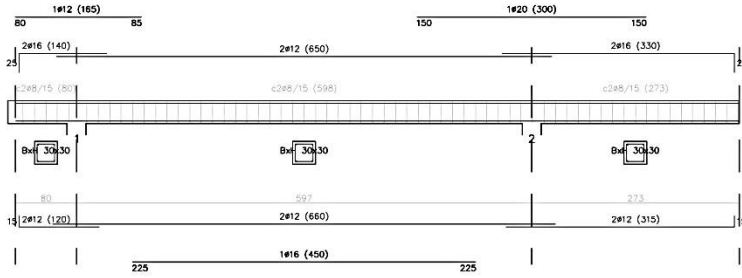
IMG47 – Modelo 03. Disposición vigas forjado 2



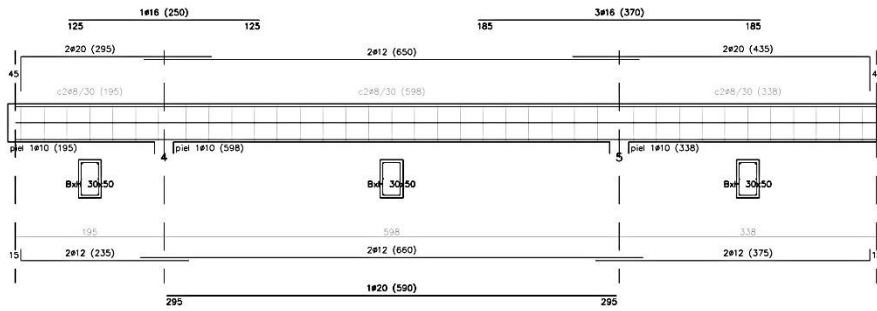
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

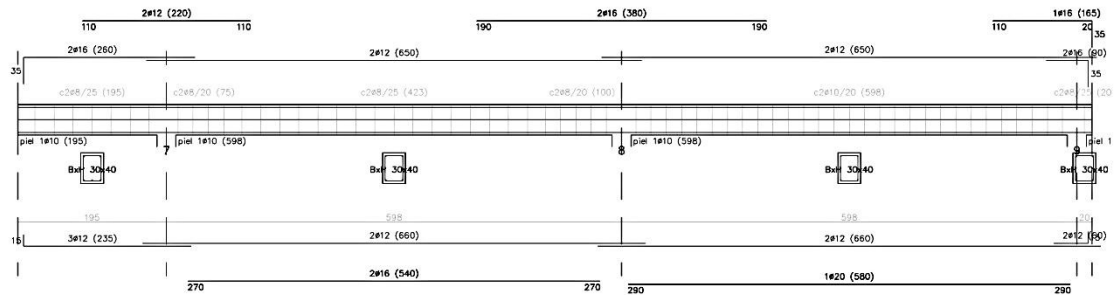
Pórtico 1.2



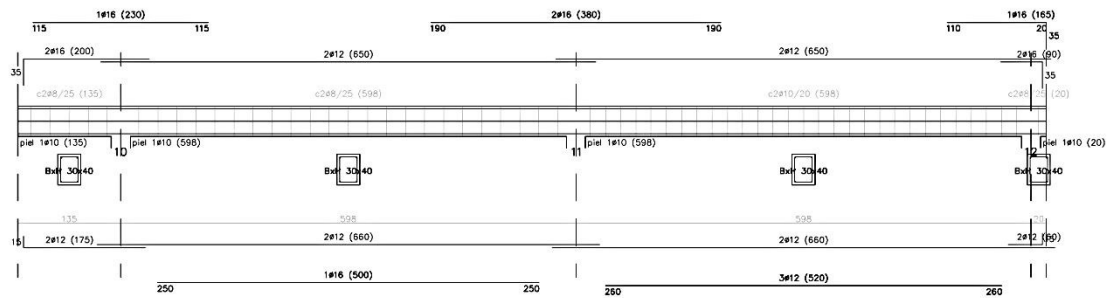
Pórtico 2.2



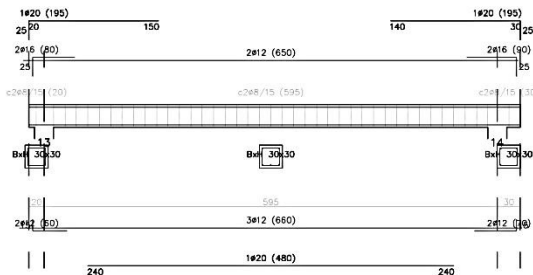
Pórtico 3.2



Pórtico 4.2



Pórtico 5.2



IMG48 – Modelo 03. Armado vigas forjado 1



9.3 - MEDICIONES Y PRESUPUESTO

MEDICIONES MODELO 03

EXCAVACIÓN	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> TIERRA	
a	9	1,00	1,00	1,20	10,80	EXCAVACIÓN ZAPATAS
b	5	1,55	1,55	1,20	14,42	25,22 m <sup>3</sup>
r1	2	2,50	0,30	1,20	1,80	EXCAVACIÓN RIOSTRAS
r2	4	3,70	0,30	1,20	5,33	16,07 m <sup>3</sup>
r3	5	4,97	0,30	1,20	8,95	SUPERFICIE EXCAVACIÓN
						34,41 m <sup>2</sup>

H. LIMPIEZA	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> HM	
a	9	1,00	1,00	0,10	0,90	
b	5	1,55	1,55	0,10	1,20	
r1	2	2,50	0,30	0,10	0,15	
r2	4	3,70	0,30	0,10	0,44	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
r3	5	4,97	0,30	0,10	0,75	3,44 m <sup>3</sup>
						34,41 m <sup>2</sup>

CIMENTACIÓN	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
ZAPATAS	10,51	PARRILLA	160,30	CUANTÍA ACERO ZAPATAS
		ARRANQUE	117,80	26,46 Kg/m <sup>3</sup>
RIOSTRAS	7,68	LONGITUDINAL	422,70	CUANTÍA ACERO RIOSTRAS
		TRANSVERSAL	117,10	70,29 Kg/m <sup>3</sup>

ESTRUCTURA	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
SOPORTES PB	3,15	LONGITUDINAL	332,20	CUANTÍA ACERO SOPORTES PB
		TRANSVERSAL	124,30	144,92 Kg/m <sup>3</sup>
SOPORTES P1	2,25	LONGITUDINAL	259,30	CUANTÍA ACERO SOPORTES P1
		TRANSVERSAL	89,50	155,02 Kg/m <sup>3</sup>

FORJADOS	m <sup>2</sup> SUPERFICIE	Kg ACERO		
FORJADO 01	178,69	MONTAJE	266,10	CUANTÍA ACERO FORJADO 01
		CERCOS Y ESTRIBOS	163,60	429,70 Kg
FORJADO 02	156,13	MONTAJE	195,70	2,40 Kg/m <sup>2</sup>
		CERCOS Y ESTRIBOS	122,20	CUANTÍA ACERO FORJADO 02
				317,90 Kg

FORJADO 01	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
VIGAS 30x30	1,69	MONTAJE	79,90	
		POSITIVOS	25,20	
		NEGATIVOS	24,30	
		CERCOS Y ESTRIBOS	52,40	CUANTÍA ACERO VIGAS 30x30
VIGAS 30x40	2,39	MONTAJE	129,30	107,57 Kg/m <sup>3</sup>
		POSITIVOS	32,70	

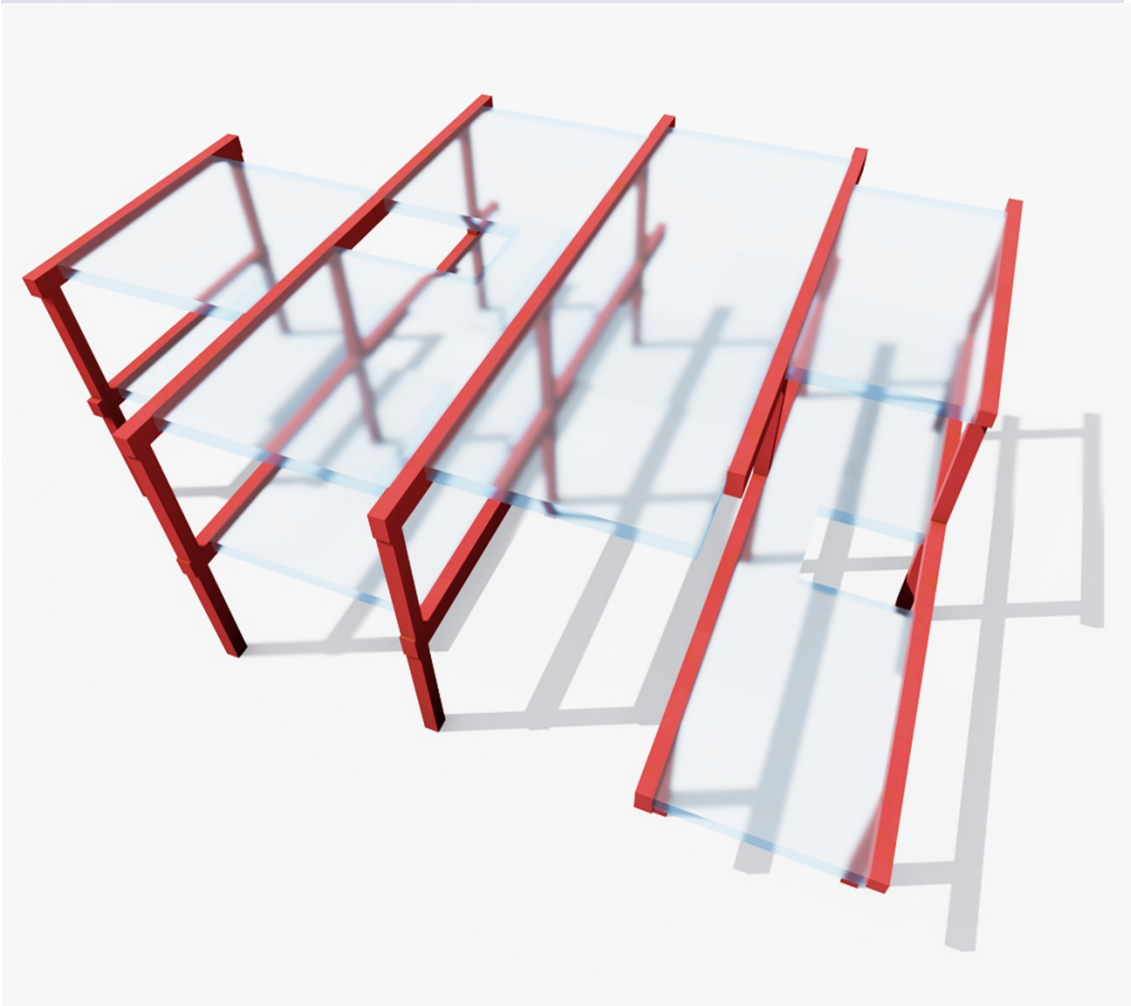
**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA  
DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.**

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

		NEGATIVOS	47,50	<b>CUANTÍA ACERO VIGAS 30x40</b>	
		CERCOS Y ESTRIBOS	43,60	105,90	Kg/m <sup>3</sup>
VIGAS 30x50	4,41	MONTAJE	206,50		
		POSITIVOS	61,40	<b>CUANTÍA ACERO VIGAS 30x50</b>	
		NEGATIVOS	76,40	91,36	Kg/m <sup>3</sup>
		CERCOS Y ESTRIBOS	58,60		
<b>FORJADO 02</b>	<b>m<sup>3</sup> HORM</b>	<b>Kg ACERO</b>			
VIGAS 30x30	1,44	MONTAJE	82,60		
		POSITIVOS	18,90		
		NEGATIVOS	18,50		
		CERCOS Y ESTRIBOS	44,50	<b>CUANTÍA ACERO VIGAS 30x30</b>	
VIGAS 30x40	3,31	MONTAJE	158,80	114,24	Kg/m <sup>3</sup>
		POSITIVOS	53,10		
		NEGATIVOS	53,80	<b>CUANTÍA ACERO VIGAS 30x40</b>	
		CERCOS Y ESTRIBOS	76,00	103,23	Kg/m <sup>3</sup>
VIGAS 30x50	1,7	MONTAJE	84,00		
		POSITIVOS	14,60	<b>CUANTÍA ACERO VIGAS 30x50</b>	
		NEGATIVOS	21,50	82,71	Kg/m <sup>3</sup>
		CERCOS Y ESTRIBOS	20,50		
		<b>VOL. EXCAVACIÓN</b>			
				41,29	m <sup>3</sup>
		<b>VOL. CIMENTACIÓN</b>			
				21,63	m <sup>3</sup>
		<b>VOL. RELLENO</b>			
				19,66	m <sup>3</sup>
		<b>VOL. TIERRA SOBRANTE</b>			
				21,63	m <sup>3</sup>

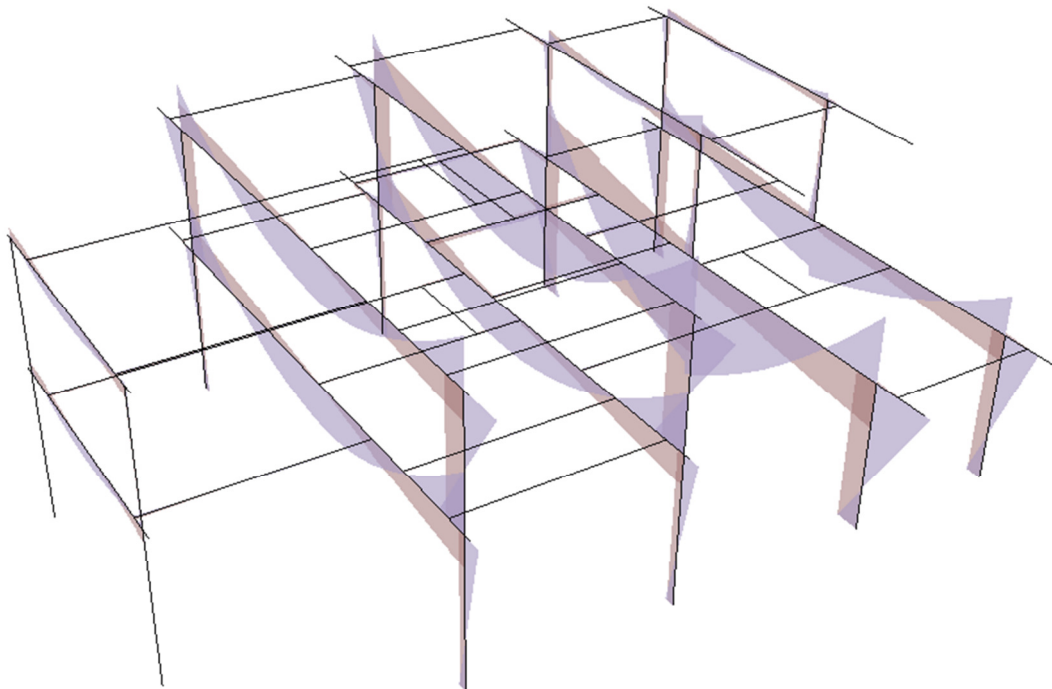
**PRESUPUESTO MODELO 03**

<b>MODELO 03</b>		<b>30.680,21</b>
Código	Resumen	Importe (€)
<b>Acondicionamiento del terreno</b>		<b>1.025,15</b>
AD	Movimiento de tierras en edificación	1.025,15
<b>Cimentaciones</b>		<b>2.957,67</b>
CR	Regularización	265,30
CS	Superficiales	1.387,00
CA	Arriostramientos	1.305,37
<b>Estructuras</b>		<b>26.249,11</b>
EH	Hormigón armado	26.249,11
	EHS	Soportes
EHU	Forjados	23.195,19
<b>Gestión de residuos</b>		<b>448,28</b>
GT	Gestión de tierras	448,28



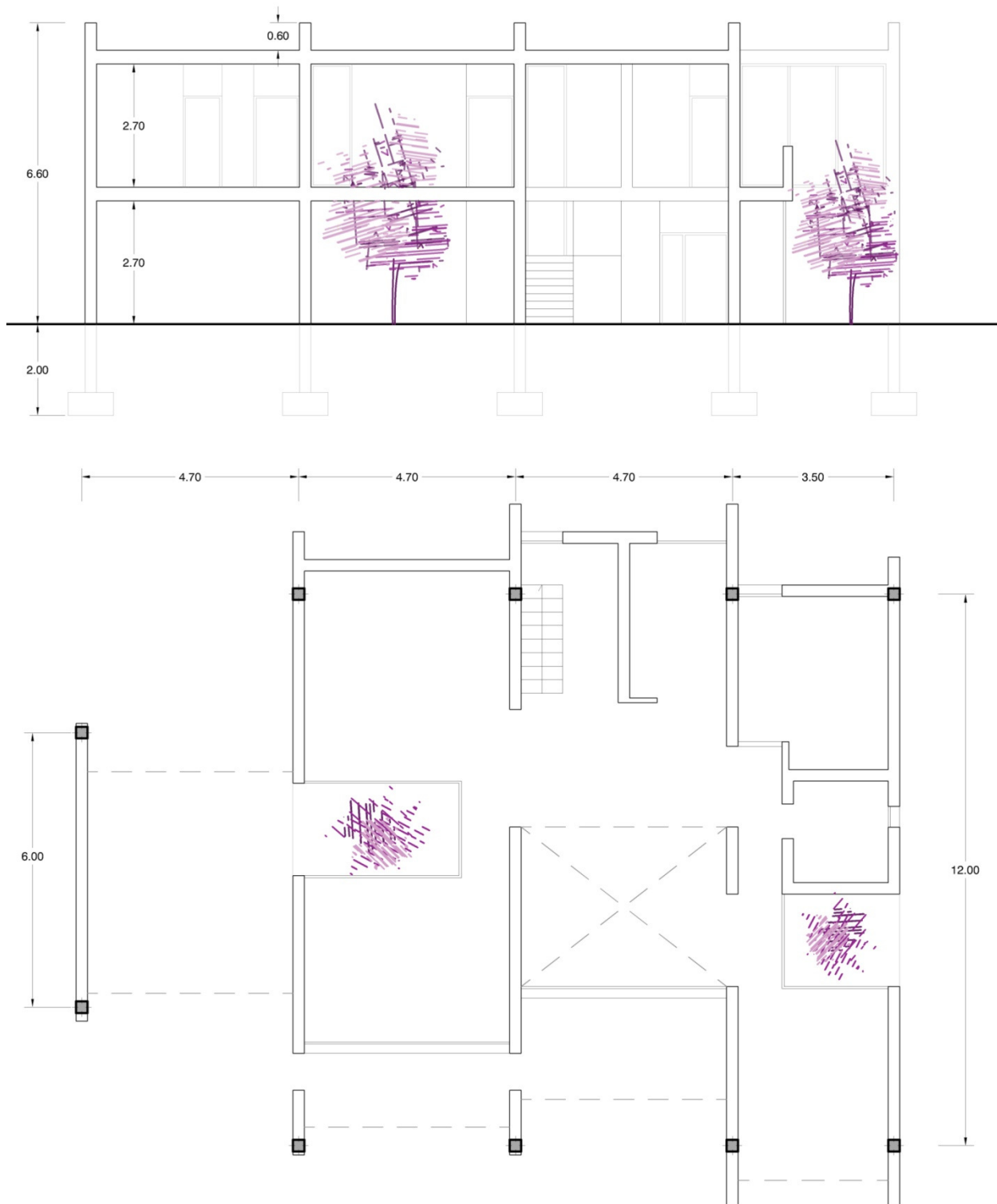
IMG49 – Modelo 03. Volumetría básica

## 10 - MODELO 04: ESTRUCTURA PORTICADA DE HA. LUCES DE 12 METROS



IMG50 – Modelo 04. Solicitaciones

El cuarto modelo propuesto es una estructura porticada de hormigón armado compuesta por 5 pórticos de 1 y 2 vanos con voladizo en los extremos, dispuestos cada 3.5 y 4.7 metros, con luces entre soportes de 12 metros, salvo el pórtico 5, que mantiene la luz de 6 por sus dimensiones.

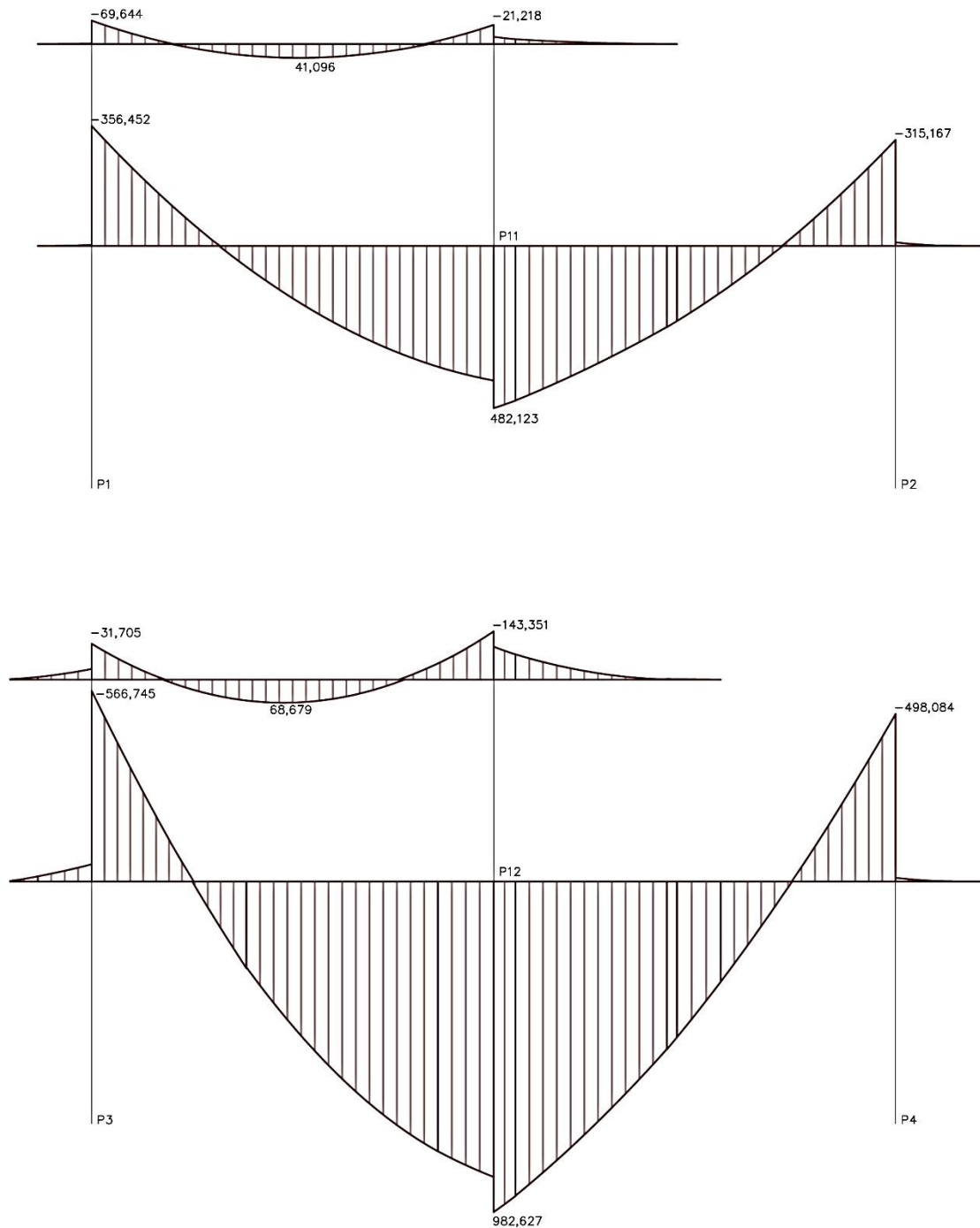


IMG51 – Modelo 02. Planta baja y sección longitudinal

Los forjados, unidireccionales, de viguetas pretensadas y bovedillas de hormigón, rigidizan el conjunto, que se completa con una cimentación superficial por zapatas aisladas centradas.

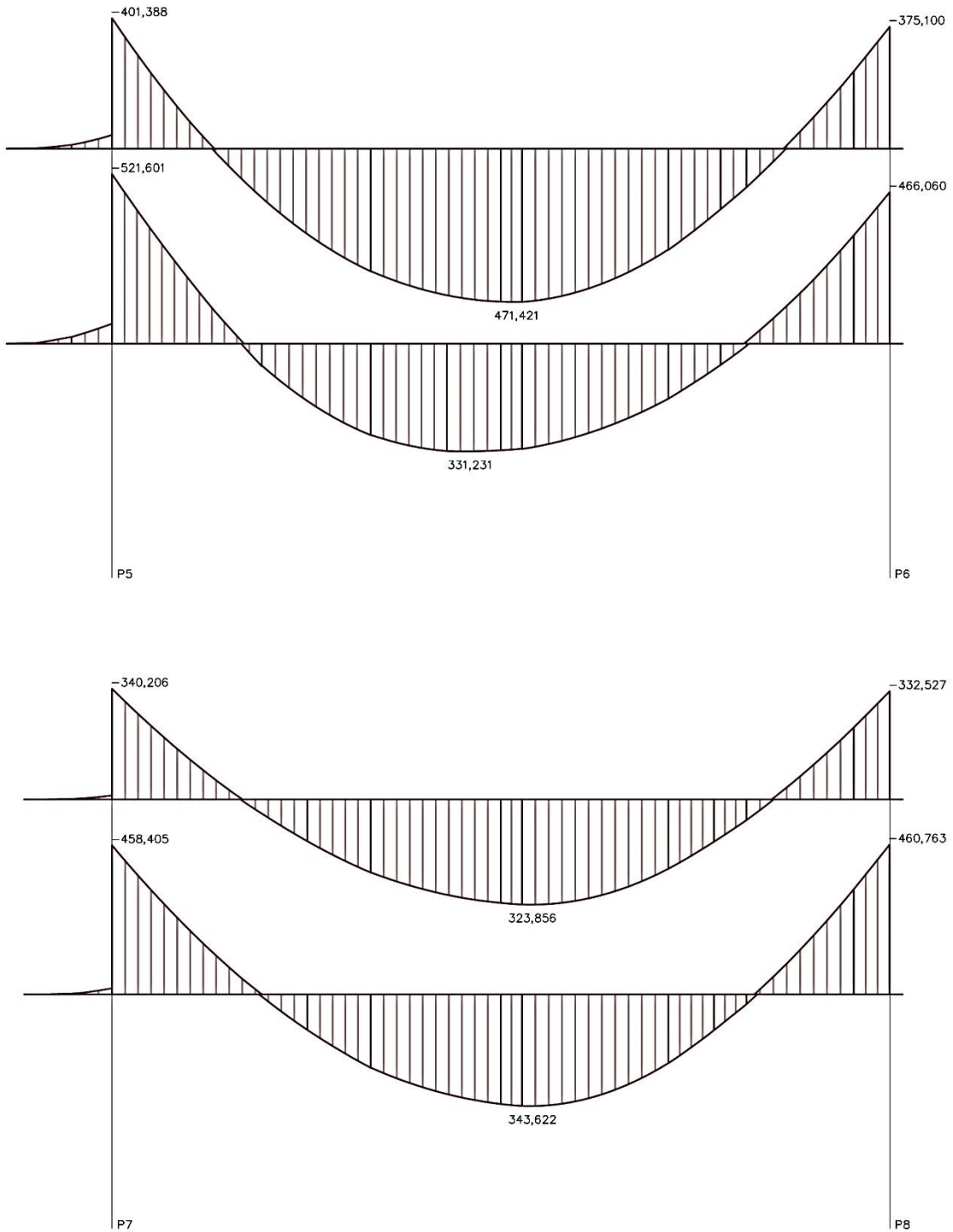
### 10.1 - SOLICITACIONES. ENVOLVENTE ELU

Este modelo, que ha sido proyectado con el mínimo número de soportes posible, cuenta con 10 puntos de apoyo. Los soportes que aparecen en la primera planta, en el centro del vano inferior, provocan una discontinuidad importante en las solicitaciones, por lo que en estos puntos se encuentran momentos de más de 900 mKn.

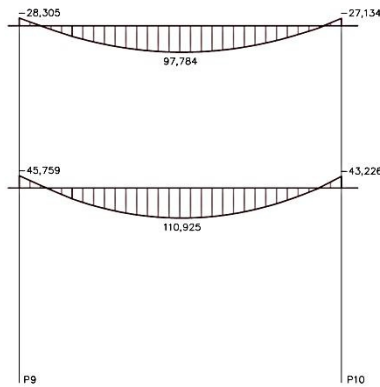


IMG52 – Modelo 04. Pórticos 1-2





IMG53 – Modelo 04. Pórticos 3-4



IMG54 – Modelo 04. Pórtico 5

La ley de momentos del modelo se ve incrementada en los pórticos 1 y 2 por la presencia de los soportes de la planta superior anteriormente mencionados. Exceptuando dichas acciones puntuales, el modelo se comporta de la forma propia de las grandes luces. Se hace necesario proyectar vigas de grandes dimensiones con las que cubrir los momentos generados. El predimensionado de la estructura parte de vigas colgadas embebidas en el grosor de las particiones, manteniendo la sección de soportes, zunchos y las dimensiones de la cimentación. Las dimensiones de partida asignadas al modelo se relacionan en la siguiente tabla:

**MODELO 02**

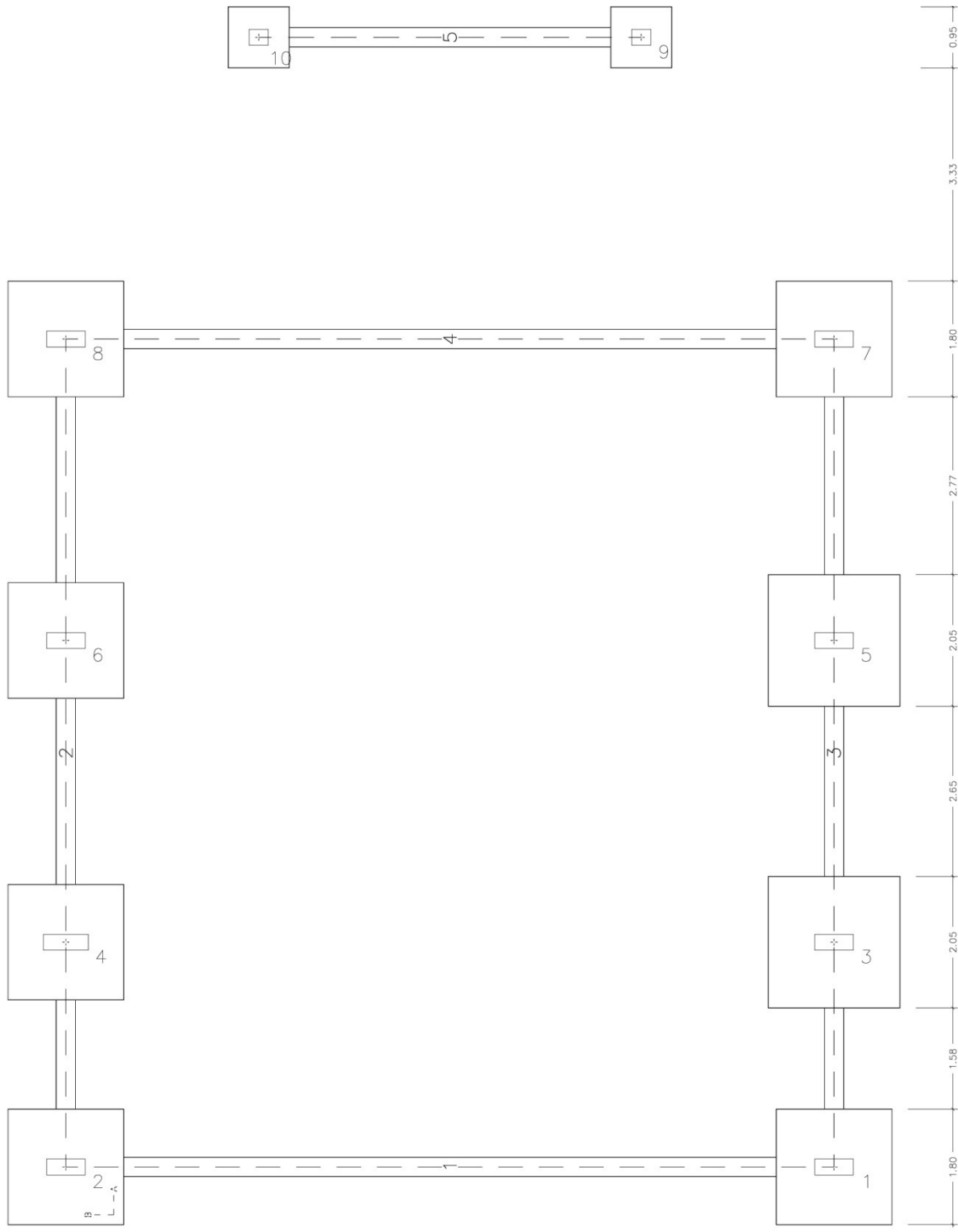
<b>Material</b>	Hormigón armado	HA-30
<b>Cimentación</b>	Superficial. Zapatas aisladas	H=50 cm
<b>Riostras</b>	Sección rectangular homogénea	40x40 cm
<b>Soportes</b>	Sección rectangular homogénea	25x25 cm
<b>Vigas</b>	Sección rectangular homogénea	30x70 cm
<b>Zunchos</b>	Sección rectangular homogénea	20x30 cm

10.2 - RESULTADO DEL DIMENSIONADO

CIMENTACIÓN

Cimentación  
 Nivel 0. Cota: -2,00 m.  
 Material predominante: HA30  
 Tensión admisible para zapatas: 200,00 kN/m<sup>2</sup>  
 Tipo de suelo para zapatas: Cohesivo

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	α larga duración	γ <sub>c</sub>	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	γ <sub>s</sub>
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15



IMG55 – Modelo 05. Esquema de cimentación

El dimensionado obtenido mediante Architrave® para la cimentación consta de zapatas de dimensiones variables, que oscilan entre los 95 y los 205 cm de lado. No obstante, aparecen únicamente tres variables, por lo que se ha decidido mantener los resultados obtenidos, en lugar de homogeneizar los resultados como se ha hecho en los modelos anteriores

Así, la cimentación obtenida se relaciona en la tabla siguiente:

CUADRO DE ZAPATAS MODELO 04

Nº	Tipo	AxBxH (cm)	Armadura en dirección A	Armadura en dirección B	Esperas - solape
1-2 4 6-8	Centrada	180x180x50	8Ø16/25cm	8Ø16/25cm	10Ø20-55cm
3 5	Centrada	205x205x50	11Ø20/20cm	11Ø20/20cm	12Ø20-55cm -
9-10	Centrada	95x95x50	4Ø12/25cm	4Ø12/25cm	4Ø12-30cm -

CUADRO DE RIOSTRAS MODELO 04

Nº	BxH (cm)	Armadura superior	Armadura inferior	Piel	Estribos
1-5	40x40	3Ø12/1capa	2Ø16	2Ø12	2Ø8/30cm

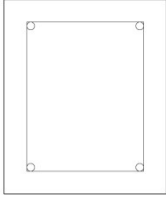
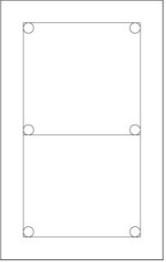
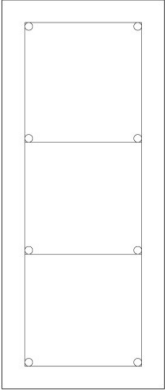
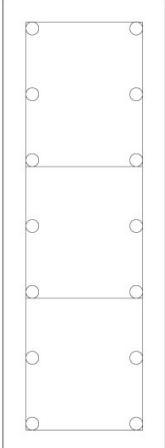
## ESTRUCTURA

El dimensionado de pilares, vigas y zunchos del modelo no cumple con la premisa fijada en las características del modelo, que partía de sección mínima en soportes y vigas colgadas embebidas en el grosor de las particiones proyectadas.

Los soportes de este modelo requieren de una sección mayor para resistir los esfuerzos a que están sometidos, por lo que, para mantener la linealidad de los paños transversales, se ha decidido proyectar soportes apantallados de 25 cm de espesor.

Las vigas colgadas que se han obtenido con el dimensionado son, por el mismo motivo, de unas dimensiones superiores a las previstas, por lo que para mantenerse embebidas en el grosor de las particiones, debían alcanzar cantos de más de 1 metro, lo que imposibilitaba la comunicación entre módulos por falta de altura libre. Por ello, se han modificado las secciones, de manera que en el dimensionado definitivo aumentan su grosor, y por tanto no se mantienen embebidas en el grosor de las particiones. Para cumplir con el requisito formal de la fachada, se ha decidido variar la sección de las vigas en su prolongación hacia el exterior. De esta manera, las secciones resultantes varían desde 30x65 hasta 45x90 cm, con una sección de 30x30 o 30x45 cm en los voladizos.

A continuación se detalla el armado de la estructura aérea del modelo.

Nº	Sección	BxH (cm)	Armado por cara	Armado total	L (cm)	Estribos
3-6 8 11		25x30	2Ø12	4Ø12	360+30	Ø8/15cm
1-2 7 9-10		25x40	3Ø16	6Ø16	360+40	Ø8/15cm
12-14		25x60	4Ø12	8Ø12	360+30	Ø8/15cm
12-14		25x70	7Ø20	14Ø20	360+55	Ø8/10cm

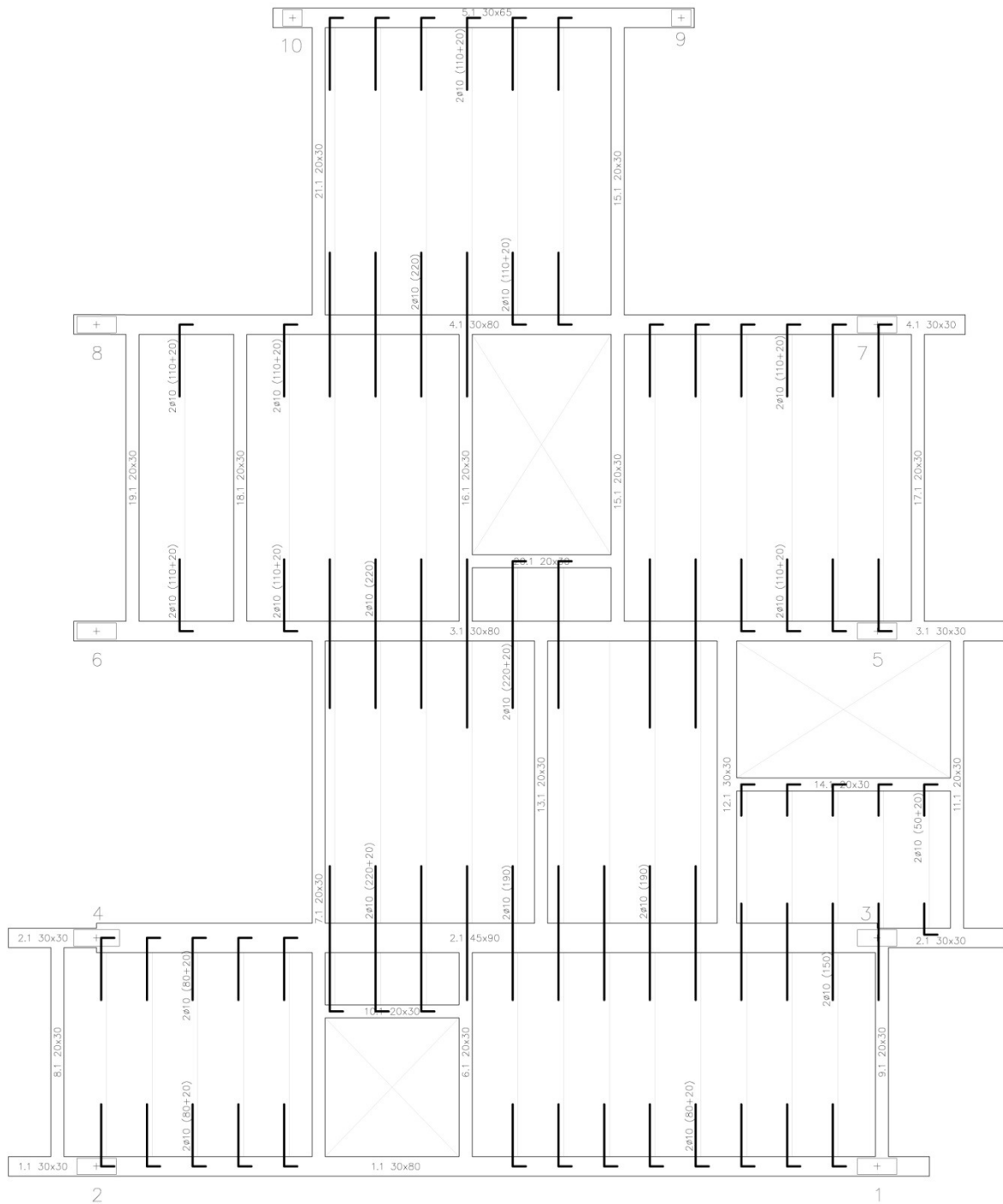
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

FORJADO 1

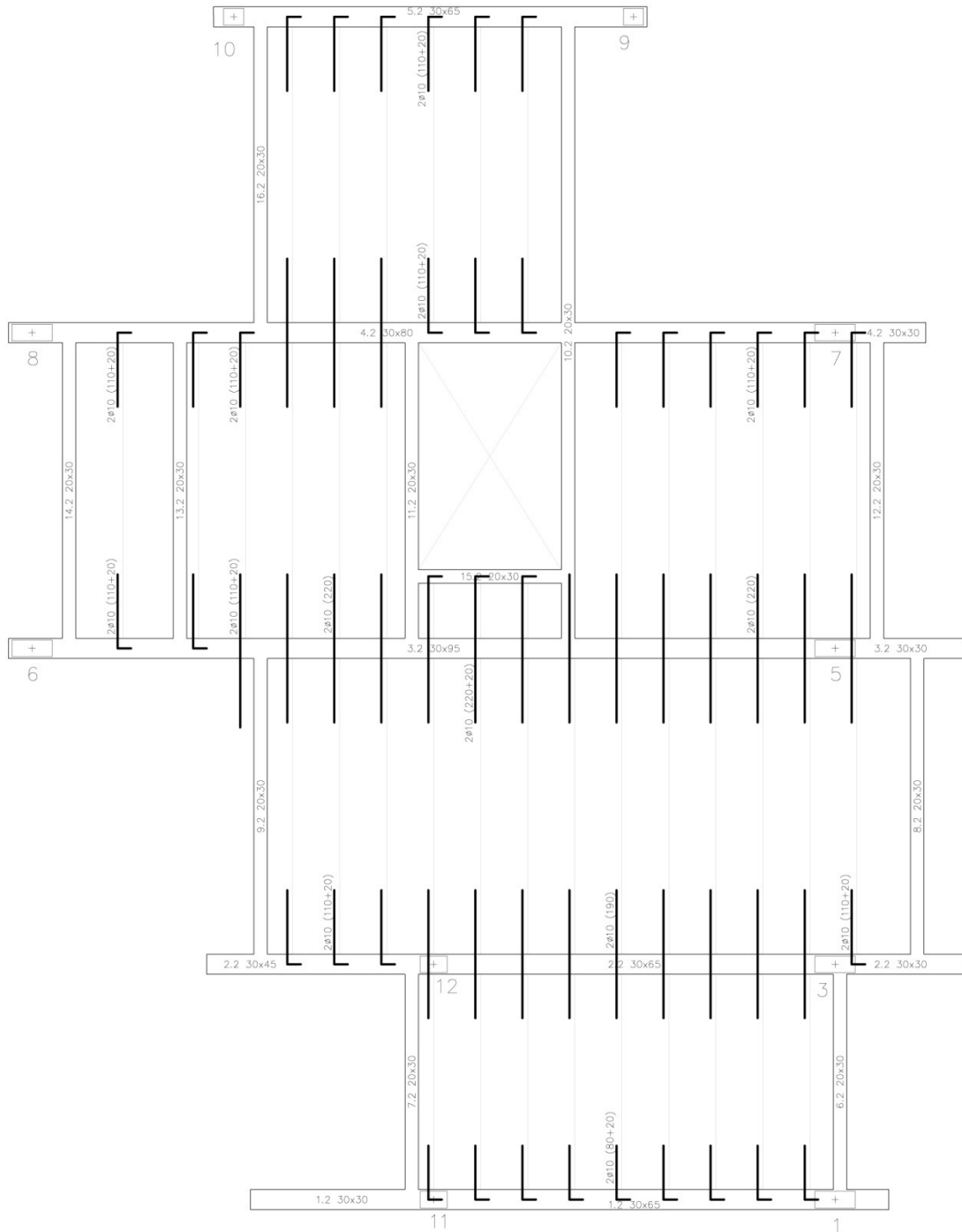
Forjado  
Nivel 1. Cota: +3,60 m.  
Material predominante: HA30

HORMIGÓN ARMADO						
Tipo	fck (N/mm <sup>2</sup> )	$\alpha$ larga duración	$\gamma_c$	Acero arm. pilares	Acero arm. vigas	$\gamma_s$
HA30	30,00	1,00	1,50	B500	B500	1,15



IMG56 – Modelo 04. Disposición vigas forjado 1

FORJADO 2



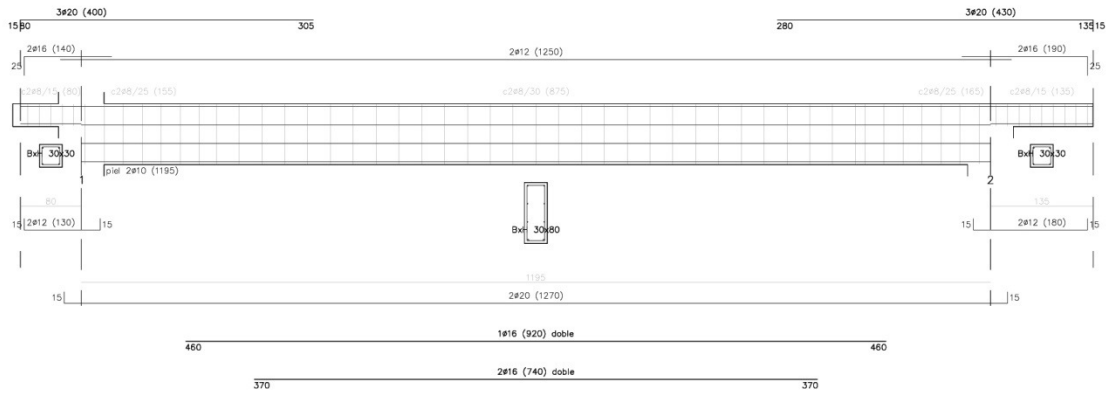
IMG57 – Modelo 04. Disposición vigas forjado 2



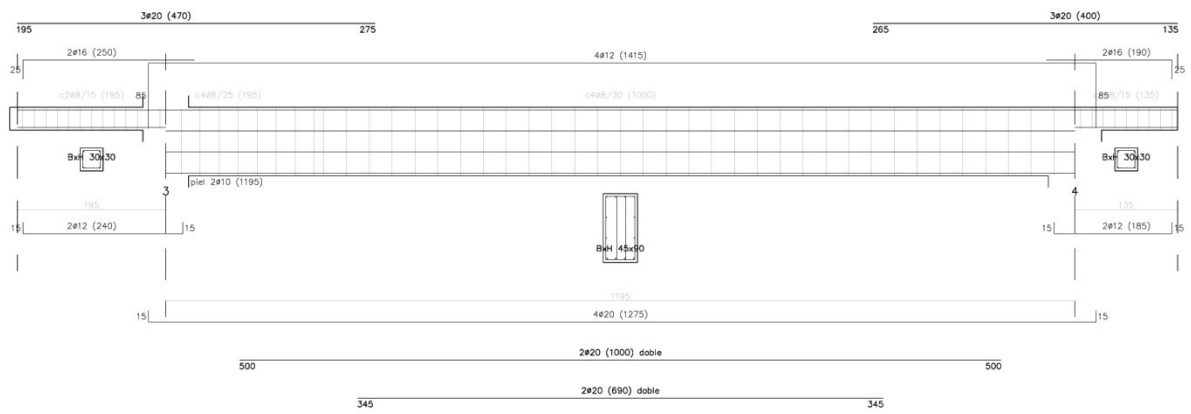
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

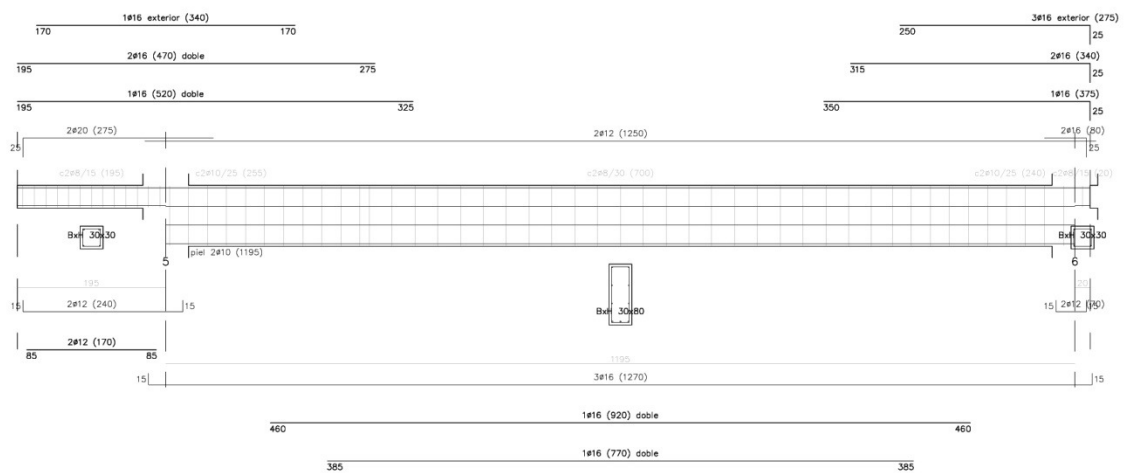
Pórtico 1.1



Pórtico 2.1



Pórtico 3.1



IMG58 – Modelo 04. Armado pórticos 1-3 forjado 1

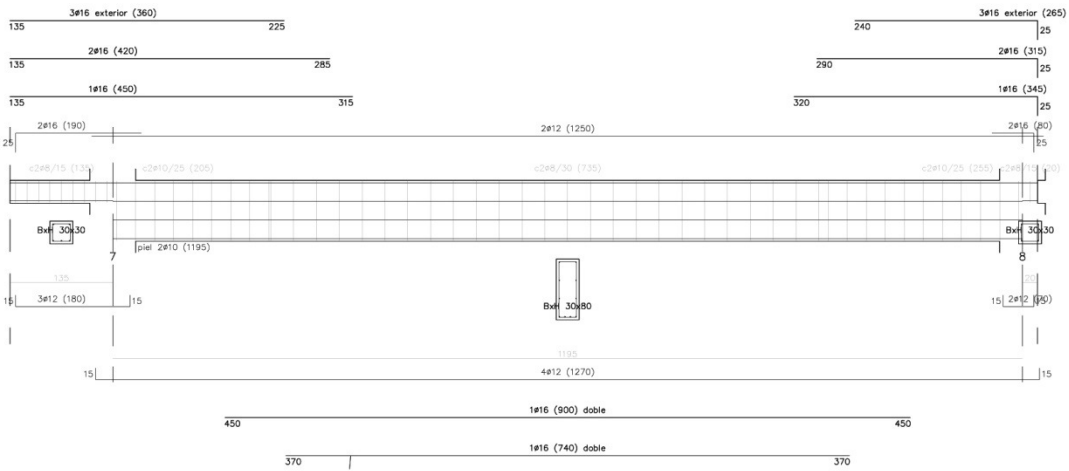




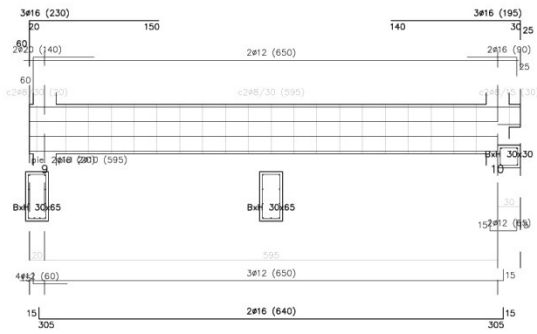
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

Pórtico 4.1

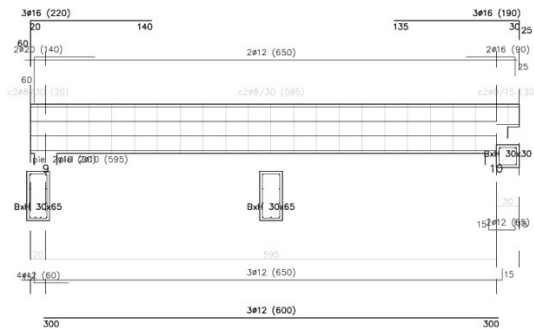


Pórtico 5.1



IMG59 – Modelo 04. Armado pórticos 4-5 forjado 1

Pórtico 5.2



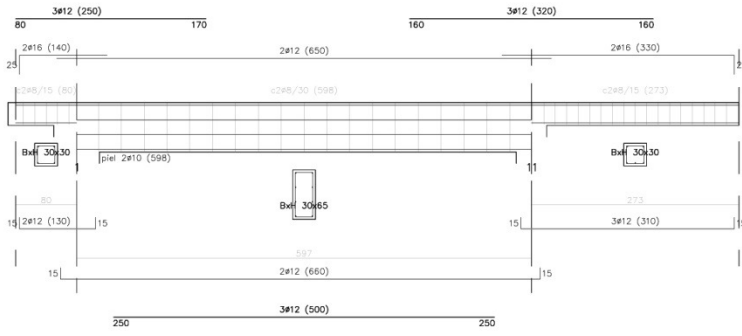
IMG60 – Modelo 04. Armado pórtico 5 forjado 2



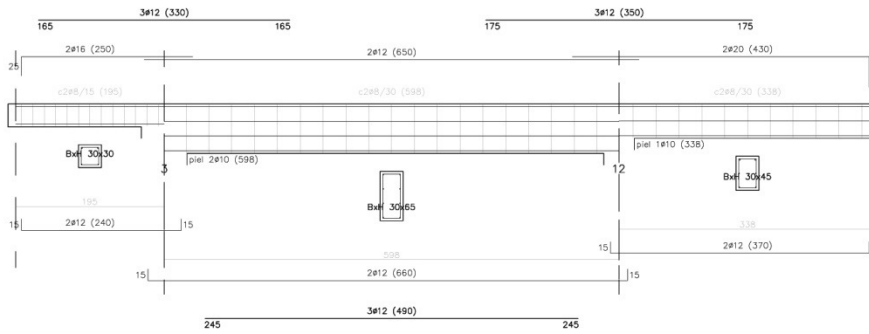
ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

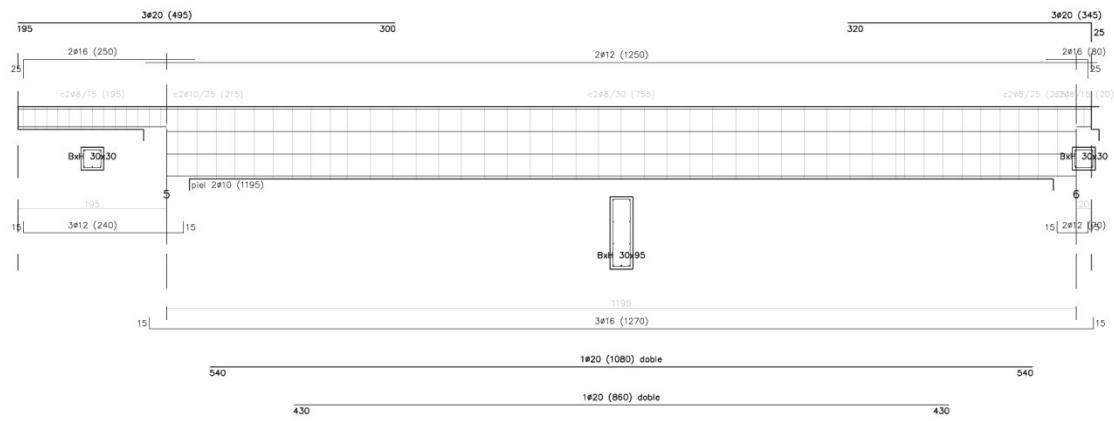
Pórtico 1.2



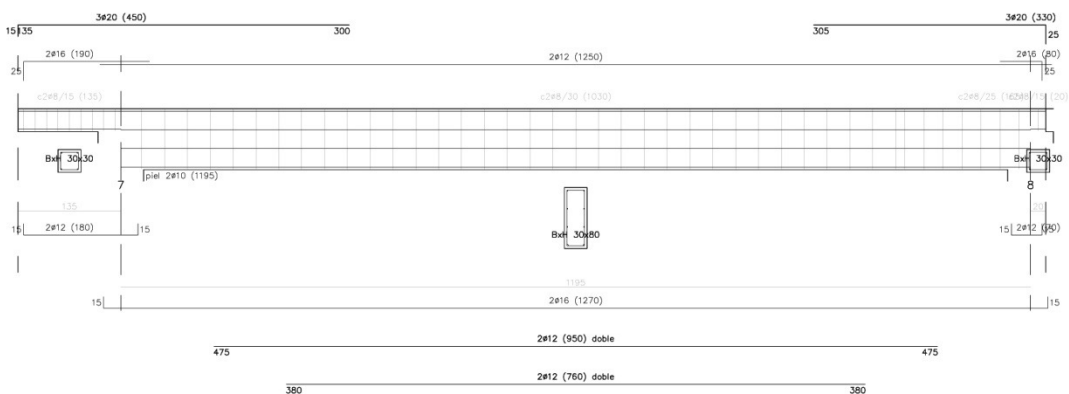
Pórtico 2.2



Pórtico 3.2



Pórtico 4.2



IMG61 – Modelo 04. Armado pórticos 1-4 forjado 2



10.3 - MEDICIONES Y PRESUPUESTO

MEDICIONES MODELO 04

EXCAVACIÓN	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> TIERRA	
a	2	0,95	0,95	1,20	2,17	EXCAVACIÓN ZAPATAS
b	6	1,80	1,80	1,20	23,33	35,58 m <sup>3</sup>
c	2	2,05	2,05	1,20	10,09	EXCAVACIÓN RIOSTRAS
r1	2	2,50	0,30	1,20	1,80	16,07 m <sup>3</sup>
r2	4	3,70	0,30	1,20	5,33	SUPERFICIE EXCAVACIÓN
r3	5	4,97	0,30	1,20	8,95	43,05 m <sup>2</sup>

H. LIMPIEZA	Nº ELEM	A (m)	B (m)	H (m)	m <sup>3</sup> HM	
a	2	0,95	0,95	0,10	0,18	
b	6	1,80	1,80	0,10	1,94	
c	2	2,05	2,05	0,10	0,84	HORMIGÓN DE LIMPIEZA
r1	2	2,50	0,30	0,10	0,15	4,30 m <sup>3</sup>
r2	4	3,70	0,30	0,10	0,44	43,05 m <sup>2</sup>
r3	5	4,97	0,30	0,10	0,75	

CIMENTACIÓN	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		
ZAPATAS	14,83	PARRILLA	508,70	CUANTÍA ACERO ZAPATAS
		ARRANQUE	391,50	60,70 Kg/m <sup>3</sup>
RIOSTRAS	7,21	LONGITUDINAL	422,70	CUANTÍA ACERO RIOSTRAS
		TRANSVERSAL	117,10	74,87 Kg/m <sup>3</sup>

ESTRUCTURA	m <sup>3</sup> HORM	Kg ACERO		CUANTÍA SOPORTES PB 25x60
SOPORTES PB	3,78	LONGITUDINAL	880,20	272,86 Kg/m <sup>3</sup>
25x60		TRANSVERSAL	151,20	CUANTÍA SOPORTES PB 25x70
SOPORTES PB	0,63	LONGITUDINAL	143,30	293,17 Kg/m <sup>3</sup>
25x70		TRANSVERSAL	41,40	CUANTÍA SOPORTES PB 25x30
SOPORTES PB	0,54	LONGITUDINAL	27,70	87,04 Kg/m <sup>3</sup>
25x30		TRANSVERSAL	19,30	
SOPORTES P1	2,7	LONGITUDINAL	484,60	CUANTÍA SOPORTES P1 25x60
25x60		TRANSVERSAL	134,80	229,41 Kg/m <sup>3</sup>
SOPORTES P1	0,45	LONGITUDINAL	23,40	CUANTÍA SOPORTES P1 25x30
25x30		TRANSVERSAL	16,20	88,00 Kg/m <sup>3</sup>
SOPORTES P1	0,6	LONGITUDINAL	64,40	CUANTÍA SOPORTES P1 25x40
25x40		TRANSVERSAL	23,60	146,67 Kg/m <sup>3</sup>

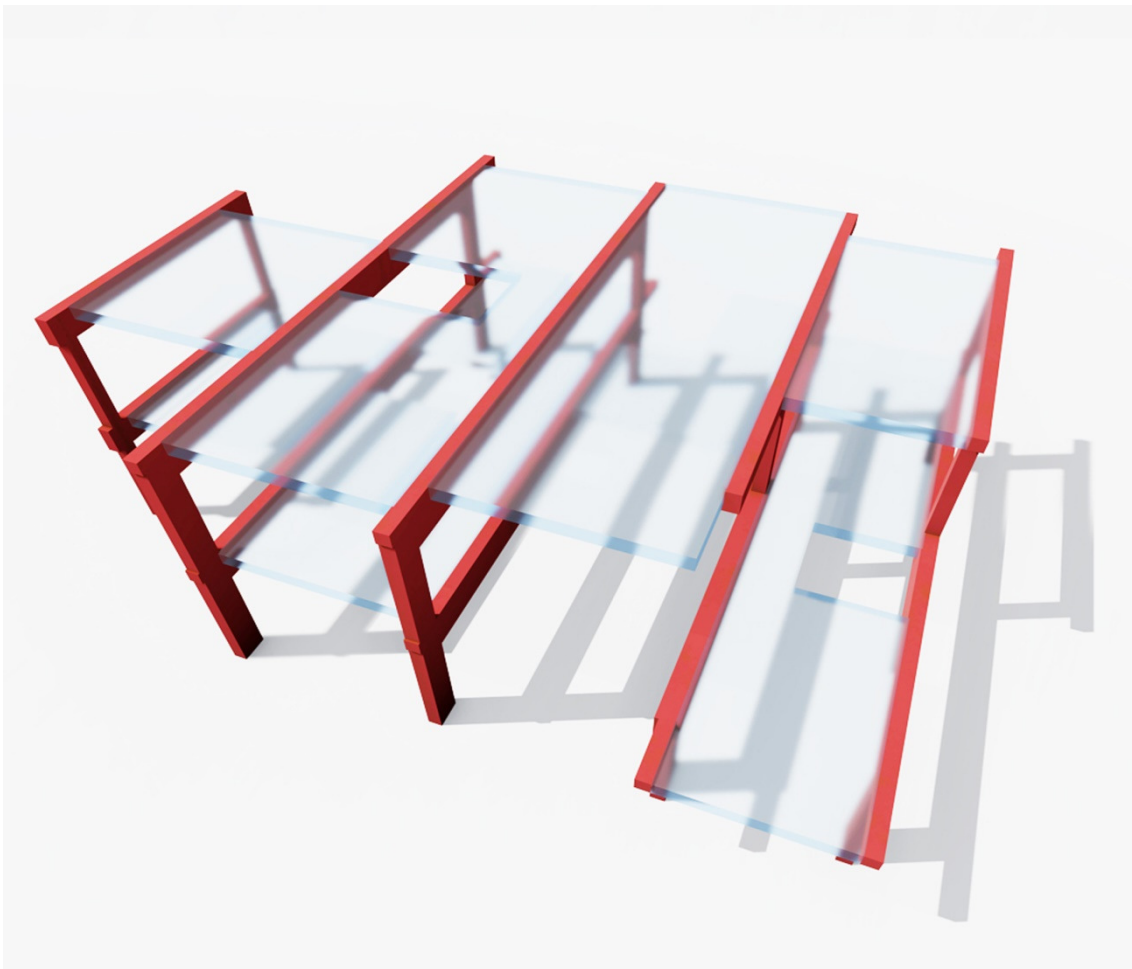
FORJADOS	m <sup>2</sup> SUPERFICIE	Kg ACERO		
FORJADO 01	178,69	MONTAJE	261,70	CUANTÍA ACERO FORJADO 01
		CERCOS Y ESTRIBOS	163,60	425,30 Kg
FORJADO 02	156,13	MONTAJE	195,70	2,38 Kg/m <sup>2</sup>

**ESTUDIO DE ALTERNATIVAS PARA LA OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL DE LA VIVIENDA INDUSTRIALIZADA  
DE DISEÑO TORREVIEJA, DE LA FIRMA INHAUS.**

CRISTINA BELENGUER CLARAMUNT

		CERCOS Y ESTRIBOS	122,20	CUANTÍA ACERO FORJADO 02	
					317,90 Kg/m <sup>3</sup>
<b>FORJADO 01</b>	<b>m<sup>3</sup> HORM</b>	<b>Kg ACERO</b>			2,04 Kg/m <sup>2</sup>
VIGAS 45x90	5,14	MONTAJE	226,90		
		POSITIVOS	83,40		
		NEGATIVOS	64,40		
		CERCOS Y ESTRIBOS	75,10	CUANTÍA ACERO VIGAS 45x90	
VIGAS 30x80	9,13	MONTAJE	374,90		87,51 Kg/m <sup>3</sup>
		POSITIVOS	93,50		
		NEGATIVOS	136,90	CUANTÍA ACERO VIGAS 30x80	
		CERCOS Y ESTRIBOS	126,00		80,10 Kg/m <sup>3</sup>
VIGAS 30x65	1,23	MONTAJE	57,10		
		POSITIVOS	20,20	CUANTÍA ACERO VIGAS 30x65	
		NEGATIVOS	20,10		90,49 Kg/m <sup>3</sup>
		CERCOS Y ESTRIBOS	13,90		
VIGAS 30x30	0,42	MONTAJE	17,80	CUANTÍA ACERO VIGAS 30x30	
		POSITIVOS	6,20		93,10 Kg/m <sup>3</sup>
		NEGATIVOS	2,00		
		CERCOS Y ESTRIBOS	13,10		
<b>FORJADO 02</b>	<b>m<sup>3</sup> HORM</b>	<b>Kg ACERO</b>			
VIGAS 30x95	3,6	MONTAJE	129,90		
		POSITIVOS	47,80	CUANTÍA ACERO VIGAS 30x95	
		NEGATIVOS	62,10		68,28 Kg/m <sup>3</sup>
		CERCOS Y ESTRIBOS	6,00		
VIGAS 30x80	3,01	MONTAJE	104,70	CUANTÍA ACERO VIGAS 30x80	
		POSITIVOS	30,40		75,48 Kg/m <sup>3</sup>
		NEGATIVOS	57,70		
		CERCOS Y ESTRIBOS	34,40	CUANTÍA ACERO VIGAS 30x65	
VIGAS 30x65	4,51	MONTAJE	202,60		79,40 Kg/m <sup>3</sup>
		POSITIVOS	42,30		
		NEGATIVOS	52,70		
		CERCOS Y ESTRIBOS	60,50	VOL. EXCAVACIÓN	
					51,65 m <sup>3</sup>
				VOL. CIMENTACIÓN	
					26,34 m <sup>3</sup>
				VOL. RELLENO	
					25,31 m <sup>3</sup>
				VOL. TIERRA SOBRANTE	
					26,34 m <sup>3</sup>

<b>MODELO 04</b>		<b>38.170,51</b>
Código	Resumen	Importe (€)
<b>Acondicionamiento del terreno</b>		<b>1.280,13</b>
AD	Movimiento de tierras en edificación	1.280,13
<b>Cimentaciones</b>		<b>3.514,52</b>
CR	Regularización	331,92
CS	Superficiales	1.957,12
CA	Arriostramientos	1.225,48
<b>Estructuras</b>		<b>32.927,58</b>
EH	Hormigón armado	32.927,58
	EHS Soportes	5.294,79
	EHU Forjados	27.632,79
<b>Gestión de residuos</b>		<b>448,28</b>
GT	Gestión de tierras	448,28



IMG62 – Modelo 04. Volumetría básica

## 11 - COMPARATIVA

Como se ha comprobado a lo largo del análisis, las diferentes configuraciones de la estructura para un mismo proyecto influyen de manera notable en el resultado final, lo que demuestra la importancia de la elección adecuada a la hora de diseñar un proyecto nuevo.

Tomando como referencia criterios medioambientales, la reducción del impacto de este sector se centra en tres aspectos: el control del consumo de recursos, la reducción de las emisiones contaminantes y la minimización y la correcta gestión de los residuos que se generan a lo largo del proceso constructivo.

La obtención de las materias primas para la elaboración de los materiales de construcción supone el primer punto a tener en cuenta en el impacto medioambiental que genera este sector. La explotación de canteras en búsqueda de los minerales necesarios implica un gran impacto tanto en el paisaje como en la calidad del aire.

Durante el proceso de obtención del cemento necesario para la elaboración del hormigón, debido a la quema de combustibles fósiles para conseguir la energía necesaria para la reacción, y por la propia reacción química producida, se producen grandes cantidades de dióxido de carbono, aproximadamente 1000 kg por cada 1000 kg de cemento producido. Esta contribución de dióxido de carbono a la atmósfera supone un 5% de las emisiones de origen antropogénico.

De igual manera, las fábricas de hierro y acero producen diversos tipos de desechos que, gracias a los avances en el proceso de fabricación, se reciclan en su mayoría, aunque todavía se expulsan grandes cantidades de monóxido de carbono y aguas servidas, que contribuyen a la degradación medioambiental.

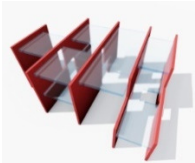

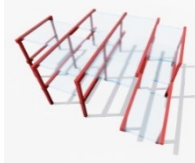

El volumen de material empleado es pues, un factor determinante en el impacto ambiental de la construcción, su optimización implica la reducción de desechos tóxicos y emisiones de gases a la atmósfera.

Otro factor determinante es el transporte de materiales. Los motores de combustión expulsan óxidos de nitrógeno, hidrocarburos y monóxido y dióxido de carbono, por lo que una reducción de estas emisiones sería posible al minimizar las distancias recorridas o el volumen de material a transportar. Es por ello que la proximidad de las centrales y la utilización de materias primas locales influye positivamente en el impacto que genera la obra.

Siguiendo estos criterios, se ha establecido una comparativa entre los valores obtenidos durante el análisis acerca de la cantidad de material necesario para cada modelo, siendo el más favorable el modelo que mejor respuesta estructural ofrece, aprovechando las capacidades de cada material y, por tanto, requiriendo menor cantidad de recursos, teniendo en cuenta que el proceso de fabricación y el transporte son comunes a todos ellos, excepto por el volumen de material empleado.

Respecto a los criterios económicos, se han contemplado en la medición tanto el material necesario como la mano de obra utilizada para la construcción, de manera que, para las mismas características y calidades, será más viable el modelo que menor presupuesto requiera para ser ejecutado.

TABLA COMPARATIVA MODELOS PROPUESTOS

				
<b>CIMENTACIÓN</b>				
m <sup>3</sup> HA	23,68	25,97	18,19	22,04
Kg ACERO	635,50	1.333,80	817,90	1.440,00
Kg/m <sup>3</sup>	26,83	51,35	44,95	65,52
PRESUPUESTO	3.490,50	4.375,34	2.957,67	3.514,52
<b>SOPORTES</b>				
m <sup>3</sup> HA	90,28	8,93	5,40	8,70
Kg ACERO	10.168,58	906,30	805,30	2.010,10
Kg/m <sup>3</sup>	112,63	101,49	149,13	231,05
PRESUPUESTO	35.877,99	5.049,46	3.053,92	5.294,79
<b>FORJADOS</b>				
m <sup>3</sup> HA	66,96	33,48	48,42	49,40
Kg ACERO	3.610,40	2.163,95	2.232,20	2.905,80
Kg/m <sup>3</sup>	53,92	64,63	46,10	58,82
PRESUPUESTO	23.403,92	22.394,12	23.195,19	27.632,79
<b>TOTAL</b>				
m <sup>3</sup> HA	180,92	68,38	72,01	80,14
Kg ACERO	14.414,48	4404,05	3.855,4	6.355,90
Kg/m <sup>3</sup>	79,67	64,41	53,54	79,31
PRESUPUESTO	64.721,48€	33.777,66€	30.680,21€	38.170,51€

## 12 - ANÁLISIS DE RESULTADOS

Durante la fase de análisis, se ha visto cómo, en referencia al funcionamiento de la estructura, el modelo 03 es el más adecuado para este proyecto.

CIMENTACIÓN	M01	M02	M03	M04
m <sup>3</sup> HA	23,68	25,97	18,19	22,04
Kg ACERO	635,50	1.333,80	817,90	1.440,00
Kg/m <sup>3</sup>	26,83	51,35	44,95	65,52
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>3.490,50</b>	<b>4.375,34</b>	<b>2.957,67</b>	<b>3.514,52</b>

Comparando los valores de la cimentación para cada modelo, se comprueba que los valores más bajos no se corresponden con un único modelo. El modelo 01, de muros de carga, tiene una cuantía de acero inferior al resto, y por tanto una relación kg acero/ m<sup>3</sup> de hormigón también menor. En cambio, el volumen de hormigón necesario de los valores más altos de la tabla. Visto durante el análisis que el armado de estas zapatas resulta inferior al de modelos posteriores, contando con mayor volumen de hormigón, se concluye que el dimensionado mínimo para las zapatas continuas de este modelo es excesivo para los esfuerzos que debe transmitir al terreno, por lo que no resulta una opción eficaz.

Los modelos de estructura porticada presentan mayores relaciones acero/hormigón, siendo los modelos 02 y 04 los que mayor volumen de acero requieren para su ejecución. El resultado son secciones con exceso de armado, que impide la correcta colaboración entre acero y hormigón y cierta dificultad a la hora de la puesta en obra.

SOPORTES	M01	M02	M03	M04
m <sup>3</sup> HA	90,28	8,93	5,40	8,70
Kg ACERO	10.168,58	906,30	805,30	2.010,10
Kg/m <sup>3</sup>	112,63	101,49	149,13	231,05
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>35.877,99</b>	<b>5.049,46</b>	<b>3.053,92</b>	<b>5.294,79</b>

En referencia a los soportes, llama la atención la gran diferencia entre el primer modelo y los posteriores. Los modelos de estructura porticada cuentan todos ellos con un armado de pilares muy inferior al que posee el muro como mínimo por normativa. Esto provoca que la opción del muro de carga para este tipo de estructura resulte sobredimensionado y mucho más costoso, por lo que se puede concluir que no es una opción viable para este proyecto.

Acerca de las variantes con estructura porticada, cabe destacar que para los soportes del modelo 03, inferiores en número respecto al modelo anterior (el modelo 02 cuenta con 23 soportes, el modelo 03 con 14), ha sido necesaria la misma sección de hormigón con una ligera variación del armado para resistir las mismas acciones. En cambio, la siguiente variante, el modelo 04 incluye soportes de secciones muy superiores, y un aumento considerable del armado.



FORJADOS	M01	M02	M03	M04
m <sup>3</sup> HA	66,96	33,48	48,42	49,40
Kg ACERO	3.610,40	2.163,95	2.232,20	2.905,80
Kg/m <sup>3</sup>	53,92	64,63	46,10	58,82
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>23.403,92</b>	<b>22.394,12</b>	<b>23.195,19</b>	<b>27.632,79</b>

Respecto a los valores obtenidos en la comparativa de los forjados, donde no se aprecian grandes diferencias, cabe comentar que se ha añadido un sobrecoste a los forjados del modelo 03, al condicionar las dimensiones de las vigas a una sección constante a lo largo de su longitud. Así, este modelo cuenta con vigas colgadas, que no son de tan fácil ejecución como aquellas que quedan embebidas en el forjado, siendo ésta una decisión que se podría haber evitado, realizando un cambio de sección de las vigas a lo largo de su longitud, permaneciendo con las dimensiones necesarias en la prolongación hacia el exterior; cumpliendo así todos los requisitos necesarios y facilitando la ejecución. A pesar de ello, el dimensionado no da como resultado piezas de grandes dimensiones, como sí ocurre en la siguiente variante, el modelo 04, ni un armado excesivo, siendo incluso inferior al obtenido para la variante previa, el modelo 02.

TOTAL	M01	M02	M03	M04
m <sup>3</sup> HA	180,92	68,38	72,01	80,14
Kg ACERO	14.414,48	4404,05	3.855,4	6.355,90
Kg/m <sup>3</sup>	79,67	64,41	53,54	79,31
<b>PRESUPUESTO</b>	<b>64.721,48€</b>	<b>33.777,66€</b>	<b>30.680,21€</b>	<b>38.170,51€</b>

En cuanto a los valores totales, tanto el presupuesto como los materiales necesarios para cada modelo reflejan las mismas situaciones que en la comparación por secciones. El modelo 01 cuenta con un exceso de material y volumen de construcción, así como de valor económico; los modelos 02 y 04 funcionan de manera más eficaz que el muro de carga, pero no muestran una correcta proporción entre materiales, ni un comportamiento homogéneo, ni parecen haber sacado el máximo partido a las características de los materiales y a su colaboración.

## 13 - CONCLUSIONES

En lo referente a criterios ambientales, se ha visto cómo una reducción de volumen de material implica un menor impacto sobre el medio ambiente. A la vista de los resultados, es el Modelo 03 el que cuenta con un menor volumen de material necesario para su ejecución.

Respecto al comportamiento de la estructura, es este mismo modelo el que mejor responde al programa propuesto, con una distribución de esfuerzos equilibrada, un dimensionado ajustado a las necesidades y una correcta proporción de materiales.

Finalmente, en la comparativa económica, es el mismo modelo el que da como resultado un valor de construcción menor, siendo esta diferencia visible en los apartados de cimentación y soportes, por los motivos anteriormente expuestos.

Por todo ello, este estudio concluye que el modelo estructural óptimo, entre los analizados, es el Modelo 03: Estructura porticada de hormigón armado con luces de 6 metros, como se había planteado en un principio.

Este estudio pone en evidencia no solo la utilidad, sino la necesidad de realizar análisis de este tipo, de manera que, al aplicarlos a diferentes tipologías, con diferentes configuraciones, sea posible justificar, en cada caso, que el diseño de la estructura propuesta para un nuevo proyecto responde no únicamente a caprichos formales o modelos estándar, sino a criterios objetivos de eficacia y eficiencia.

### FUTURAS LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN

Según los resultados obtenidos de los modelos analizados, una posible continuación del estudio sería la evaluación de nuevos modelos, partiendo de la configuración estructural correspondiente al modelo de estructura porticada con luces de 6 metros.

Habiendo analizado los modelos en hormigón armado, sería posible realizar el mismo tipo de comparativa utilizando otros materiales habituales en la construcción actual, como es el acero. En este supuesto, podrían ensayarse también otros tipos de forjado adecuados a la estructura metálica.

Por otra parte, teniendo en cuenta los últimos avances, y retomando los objetivos de la Agenda 2030, sería interesante ensayar estas configuraciones con materiales naturales como la madera, o incluso con materiales reciclados con los que se está experimentando actualmente.

## 14 - REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural (DB-SE)
- Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural. Acciones en la edificación (DB-SE-AE)
- Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural. Cimentaciones (DB-SE-C)
- Ministerio de Fomento (2008) Instrucción de hormigón estructural (EHE-08)
- Arroyo, J.C., Corres, G., García-Roosales, G., Romana, M., Romero, A., Sánchez, R., Teja, O., (2005), *Números Gordos*, Madrid, España, Cinter.
- Del Rosario, T. y Cuchí, A., (2008), Análisis del impacto ambiental asociado a los materiales de la construcción, *Informes de la construcción*, Vol 60, 509, 25-34.
- Agenda 2030 (2020) [consulta 10 Ago 2020], <https://www.agenda2030.gob.es/>
- INHAUS (2020) [consulta 25 Nov 2019], <https://casasinhaus.com/>
- Generador de precios de la construcción (2020) [consulta 02 Jul 2020], <http://www.generadordeprecios.info>
- IVE GEOWEB (2020) [consulta 17 Mar 2020], <http://www.five.es:8080/geoweb/>

## 15 - SOFTWARE

- ARCHITRAVE®  
PEREZ-GARCÍA, Agustín, ALONSO DURÁ, Adolfo, GÓMEZ MARTÍNEZ, Fernando, ALONSO AVALOS, José Miguel and LOZANO LLORET, Pau.  
Architrave 2019 [online]. 2019. Valencia (Spain)  
Universitat Politècnica de València. 2019.  
Available from: [www.architrave.es](http://www.architrave.es)
- LUMION 9®  
Lumion. 2019. Act-3D. B.V.  
Lumion 9 [online]. 2020.  
Available from: [www.lumion.es](http://www.lumion.es)
- AUTOCAD 2019®  
AutoCAD. 2019. Autodesk.  
Autocad 2019 [online]. 2020.  
Available from: [www.autodesk.com](http://www.autodesk.com)
- PHOTOSHOP CS4®  
PhotoShop. 2008. Adobe.  
PS CS4 [online]. 2020.  
Available from: [www.adobe.com](http://www.adobe.com)

## 16 - GLOSARIO DE IMÁGENES

- IMG01 INHAUS. (2020). Vivienda industrializada modelo Torreveja [Figura]. Recuperado de <https://casasinhaus.com/properties/vivienda-industrializada-de-diseno-torreveja-6d-2p-2-326/>
- IMG02 INHAUS. (2020). 001-INHAUS-SANT-VICENT-RASPEIG-Implantación-mod-Gava [Imagen]. Recuperado de <https://casasinhaus.com/el-transporte-de-casas-modulares/>
- IMG03 INHAUS. (2020). INHAUS-MODELO TEIA [Imagen]. Recuperado de <https://casasinhaus.com/busqueda-de-viviendas>
- IMG04 BELENGUER, C. (2020). Vivienda modelo Torreveja planta baja.
- IMG05 Google. (s.f.). [Mapa de Denia, Alicante en Google maps]. Recuperado el 3 de Julio, 2020, de: <https://www.google.es/maps/place/Calle+V%C3%ADa+L%C3%A1ctea,+03700,+Alicante/@38.8217207,0.1571118,17z>
- IMG06 BELENGUER, C. (2020) Emplazamiento propuesto vivienda.
- IMG07 BELENGUER, C. (2020). Vivienda modelo Torreveja planta primera.
- IMG08 Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural (DB-SE) [Figura]
- IMG09 Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural (DB-SE) Anejo C [Figura]
- IMG10 KNAUF (2020) AQUAPANEL+SATE\_KNAUF [Figura] Recuperado de: <https://www.knauf.es/sistemas/fachada/aquapanel-sate.html>
- IMG11 CORTIZO (200) COR\_VISION+ [Figura] Recuperado de: <https://www.cortizo.com/es/sistemas/ver/93/cor-vision-plus-corredera-rpt.html>
- IMG12 Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural – Acciones en la edificación (DB-SE-AE) [Figura]
- IMG13 Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural – Acciones en la edificación (DB-SE-AE) [Imagen]
- IMG14 Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural – Acciones en la edificación - Anejo D (DB-SE-AE) [Figura]
- IMG15 Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural – Acciones en la edificación - Anejo D (DB-SE-AE) [Figura]
- IMG16 Architrave® (v2.11) (2020) Representación geométrica de la estructura.
- IMG17 Architrave® (v2.11) (2020) Representación de solicitudes de la estructura.
- IMG18 Architrave® (v2.11) (2020) Representación de cargas en el programa de cálculo.
- IMG19 Architrave® (v2.11) (2020) Peritaje de vigas en el programa de cálculo.
- IMG20 Ministerio de Fomento (2006) Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento básico Seguridad Estructural (DB-SE) [Figura]
- IMG21 BELENGUER, C. (2020) Modelo 01 Volumetría.
- IMG22 BELENGUER, C. (2020) Modelo 01 Sección y Planta Baja.
- IMG23 Architrave® (v2.11) (2020) Modelo 01 Solicitaciones M1-M2.
- IMG24 Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 01 Solicitaciones M3-M5.
- IMG25 Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 01 Esquema de cimentación.
- IMG26 Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 01 Solicitaciones M1.
- IMG27 Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 01 Solicitaciones y armado forjado 1.
- IMG28 Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 01 Solicitaciones y armado forjado 2.
- IMG29 BELENGUER, C. (2020) Modelo 01 Volumetría básica.
- IMG30 Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 02 Solicitaciones.
- IMG31 BELENGUER, C. (2020) Modelo 02 Sección y Planta Baja.
- IMG32 Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 02 Solicitaciones pórticos 1-3.

IMG33	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 02 Solicitaciones pórticos 4-5.
IMG34	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 02 Esquema de cimentación.
IMG35	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 02 Disposición vigas forjado 1.
IMG36	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 02 Armado vigas forjado 1.
IMG37	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 02 Disposición vigas forjado 2.
IMG38	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 02 Armado vigas forjado 2.
IMG39	BELENGUER, C. (2020) Modelo 02 Volumetría básica.
IMG40	Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 03 Solicitaciones.
IMG41	BELENGUER, C. (2020) Modelo 03 Sección y Planta Baja.
IMG42	Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 03 Solicitaciones pórticos 1-3.
IMG43	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 03 Solicitaciones pórticos 4-5.
IMG44	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 03 Esquema de cimentación.
IMG45	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 03 Disposición vigas forjado 1.
IMG46	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 03 Armado vigas forjado 1.
IMG47	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 03 Disposición vigas forjado 2.
IMG48	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 03 Armado vigas forjado 2.
IMG49	BELENGUER, C. (2020) Modelo 03 Volumetría básica.
IMG50	Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 04 Solicitaciones.
IMG51	BELENGUER, C. (2020) Modelo 04 Sección y Planta Baja.
IMG52	Architrave® (v2.11). (2020) Modelo 04 Solicitaciones pórticos 1-2.
IMG53	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Solicitaciones pórticos 3-4.
IMG54	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Solicitaciones pórtico 5.
IMG55	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Esquema de cimentación.
IMG56	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Disposición vigas forjado 1.
IMG57	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Disposición vigas forjado 2.
IMG58	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Armado pórticos 1-3 forjado 1.
IMG59	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Armado pórticos 4-5 forjado 1.
IMG60	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Armado pórtico 5 forjado 2.
IMG61	Architrave® (v2.11).. (2020) Modelo 04 Armado pórticos 1-4 forjado 2.
IMG62	BELENGUER, C. (2020) Modelo 04 Volumetría básica.