



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUELA TÉCNICA
SUPERIOR DE
ARQUITECTURA

ELABORACIÓN DEL PROYECTO DE EJECUCIÓN DE LA ESTRUCTURA DE UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR. ESTRUCTURA METÁLICA.

Casa Ponce / Mathias Klotz

TRABAJO DE FIN DE GRADO

MES-F0126

Autor: Lucía Zaragoza Veracruz

Tutor: Luis María de Mazarredo Aznar

Grado en Fundamentos de la Arquitectura 2013 – 2018

RESUMEN

El **objetivo de este TFG** es, a partir de una vivienda unifamiliar de cierta complejidad, proyectar con acero estructural todo su volumen, con el fin de analizar las deformaciones obtenidas desde un punto de vista estructural con los requisitos establecidos por el CTE-DB-SE-Acero.

El presente TFG se divide en cuatro bloques, en el **primero** de ellos se presentará el arquitecto y su obra para analizar su singularidad y entender el funcionamiento estructural del volumen. El **segundo bloque** consiste en la elaboración del sistema estructural mediante el planteamiento de diferentes prototipos, siendo el modelo de cálculo final el más idóneo en cuanto a funcionalidad y calidad estructural, se llevará a cabo partiendo de una primera premisa hasta llegar al modelo que cumpla en todos los aspectos relacionados con la seguridad del edificio y sus ocupantes, si bien no favorecen a la idea final que el arquitecto pretendía, pues trabajamos únicamente con acero estructural. El **tercer bloque** contiene los resultados obtenidos mediante el programa de cálculo estructural Architrave®, junto con un breve análisis de éstos. El **último bloque** será el proyecto de ejecución en sí, donde se incluirá las mediciones estructurales y el presupuesto de ejecución.

Por último, como conclusión de este TFG se valorará, en función del material empleado y los resultados obtenidos, si la estructura es viable en cuanto a estabilidad, resistencia y presupuesto, o tendríamos que descartar este tipo de solución.

PALABRAS CLAVE

Proyecto de ejecución - Estructura metálica – Presupuesto – Estudio previo- Architrave AutoCAD – Arquitectura - Mathias Klotz

INTRODUCTION

The **aim of this Bachelor Thesis** is to design a relatively complex single-family residence while using structural steel for the whole volume. It will be used to analyse the strains obtained from a structural point of view taking into account the requirements established by the Spanish policy *CTE-DB-SE-Acero*.

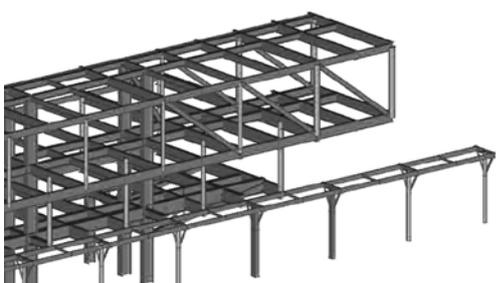
The current dissertation is divided into four content blocks: **Firstly**, the architect and its project will be introduced in order to describe its singularity and to understand the internal structural performance of the steel volume. **Secondly**, the elaboration of the structural system through the design of several prototypes will be expounded on, being the final calculus model the optimal one concerning its functionality and structural quality. It will be carried out from a starting consideration to the final model which satisfies all the aspects related to security of both the building and its inhabitants, though it proves to dissatisfy the expectations of the architect – since the work is exclusively done with structural steel. **Thirdly**, the results obtained by the structural computational calculus program Architrave®, as well as a brief remark on them will be presented. **The last content block** will comment the execution project itself, while including structural measurements and the execution budget.

Finally, the viability of the structure regarding the materials and the obtained results will be concluded, being the key points its stability, endurance and budgeted costs.

KEY WORDS

Execution Project – (Metal) Steel Structure – Budget

Prior study – Architrave – AutoCAD – Architecture – Mathias Klotz



RESUM

L'objectiu d'este TFG es, a partir d'una vivenda UNIFAMILIAR de certa complexitat, projectar en acer estructural tot la seua volum, en el fi d'analitzar les deformacions obtingudes des d'un punt de vista estructural en els requisits establits pel CTE-DB-SE-Acere.

El present TFG se dividix en quatre blocs, en el primer d'ells se presentarà l'arquitecte i la seua obra per a analitzar la seua singularitat i entendre el funcionament estructural del volum. El segon bloc consistix en l'elaboracio del sistema estructural mediant el plantejament de diferents prototips, sent el model de calcul final el mes idoneu en quant a FUNCIONALIDAD i qualitat estructural, se portarà a veta partint d'una primera premissa fins aplegar al model que complisca en tots els aspecte relacionats en la seguretat de l'edifici i les seues ocupants, si be no favorixen a l'idea final que l'arquitecte pretenia, puix treballem unicament en acer estructural. El tercer bloc conte els resultats obtinguts mediant el programa de calcul estructural ARCHITRAVE®, junt en un breu analisis d'estos. L'ultim bloc sera el projecte d'eixecucio en sí, a on s'incloura les medicions estructurals i el presupost d'eixecucio.

Per ultim, com conclusio d'este TFG se valorarà, en funcio del material empleat i els resultats obtinguts, si l'estructura es viable en quant a estabilitat, resistencia i presupost, o tindriem que descartar este tipo de solucio.

PARAULES CLAU

Proyecte d'eixecucio - Estructura metalica – Presupost – Estudi previ- ARCHITRAVE
AUTOCAD – Arquitectura - MATHIAS KLOTZ

ÍNDICE

1	OBJETIVOS DEL TRABAJO	5
1.1	OBJETIVOS GENERALES.....	5
1.1.1.1	Trabajo previo.....	5
1.1.1.2	Elección del sistema estructural.....	5
1.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	5
1.2.1.1	Esquema estructural.....	5
1.2.1.2	Presupuesto de la estructura	5
2	ESTUDIO PREVIO.....	6
2.1	El Arquitecto: Mathias Klotz.....	6
2.2	La Obra: Casa Ponce, Argentina. Presentación.....	10
3	Elección y justificación del sistema estructural	14
3.1	Modelo 1	14
3.2	Modelo 2	16
3.3	Modelo 3	21
4	CÁLCULO. ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	23
4.1	Definición del modelo de cálculo.....	23
4.2	Geometría	27
4.3	Materiales y secciones de los elementos.....	28
4.4	Condiciones de enlace.....	29
4.5	Cargas aplicadas: hipótesis y combinación de acciones.....	30
4.6	Programa de cálculo: Architrave®	33
4.6.1.1	Condicionantes de la estructura.....	33
4.6.1.2	Planos de estructura.....	33
4.6.1.3	Análisis del modelo.....	41
5	PLANOS DE EJECUCIÓN.....	43
6	PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN.....	50
6.1.1.1	Losa mixta con chapa colaborante.....	50
6.1.1.2	Pilares	51
6.1.1.3	Vigas	52
6.1.1.4	Presupuesto total de ejecución	52
7	ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	53
7.1	Verificaciones. Comprobaciones y cumplimiento de normativa	53
8	CONCLUSIONES.....	57
9	BIBLIOGRAFÍA	59
9.1	Revistas	59
9.2	Libros.....	59
9.3	Páginas web.....	59
10	ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS.....	60

ANEXOS

1 OBJETIVOS DEL TRABAJO

1.1 OBJETIVOS GENERALES

1.1.1.1 Trabajo previo

En primer lugar, se comenzará el trabajo con una escueta investigación sobre el arquitecto y su obra, para poder así conocer cómo éste proyecta sus ideas. Este apartado permitirá obtener los conocimientos suficientes para desarrollar los objetivos siguientes.

A partir de fuentes de información como libros, revistas, documentos, páginas web, etc., se estudiará la obra y se recopilará planos e imágenes que ayuden a entender el proyecto y su idea.

1.1.1.2 Elección del sistema estructural

Conocida en profundidad la obra en cuestión, en primer lugar, se justificará el por qué de ésta para el cálculo de su estructura, y se enumerará las dificultades estructurales que condicionan el trabajo.

En segundo lugar, se planteará varias hipótesis estructurales que resuelvan los conflictos, simplificando, en la medida de lo posible, el cálculo estructural, y posteriormente descartar aquellas que no resulten viables desde un punto de vista estructural.

El objetivo de este apartado es elegir razonadamente, a priori, el sistema estructural metálico más adecuado en base a las dificultades encontradas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.2.1.1 Esquema estructural

Ya escogido el esquema estructural, se comenzará con el cálculo, dimensionado y análisis de resultados.

1.2.1.2 Presupuesto de la estructura

Una vez dimensionado y calculado el modelo, se estudiará el coste económico de la ejecución de esta estructura.

2 ESTUDIO PREVIO

2.1 *El Arquitecto: Mathias Klotz. Motivo por el cual analizamos estructuralmente su obra.*



Ilustración1 Por Verónica Ortiz

Arquitecto chileno, nació en abril de 1965 en Viña del Mar. Obtuvo el título de arquitecto por la Pontificia Universidad Católica de Chile en 1991. Durante su carrera ha combinado el trabajo académico con los proyectos de su estudio.

Ha sido **profesor** de taller en la Universidad Central desde 1996 a 1998, en la Universidad Federico Santa María de Valparaíso desde 1996 a 2000, y en la Universidad Católica de Chile desde 1997 a 1999. Y desde 2003, ejerce como **Decano de la facultad de Arquitectura, Arte y Diseño de la Universidad Diego Portales en Santiago de Chile.**

Ha impartido **seminarios** en Guadalajara (México, año 2000) y en el País Vasco (España, año 2000); y considerables **conferencias** en varios países

latinoamericanos, España, Estados Unidos, Canadá, Italia, Alemania y Suecia. Su obra ha sido reconocida

internacionalmente, numerosas publicaciones, revistas especializadas, ponencias y exhibiciones de todo el mundo.

Entre los mayores reconocimientos, destacamos el **Premio Borromini de Arquitectura** en 2001 en la categoría de arquitectos menores de 40 años, en el año 2010 el **Green Good Design** y en 2011 el **Holcim Award**, ambos con el Centro de Extensión y Biblioteca de la Universidad Diego Portales, el **Premio Latinoamericano de Arquitectura Rogelio Salmona** en 2014 por el Barrio Universitario de Santiago junto con Ricardo Abuauad, y en el año 2015 el **Premio Aporte Institucional a la Arquitectura** dado por la Asociación de Oficinas de Arquitectura de Chile.



Ilustración2 Casa Muchnick, Catagua, (2001-2002). Por Mathias Klotz

La carrera de Mathias Klotz está inevitablemente ligada a la cuestión de la casa unifamiliar, la cuál es el objeto arquitectónico más emblemático en muchos sentidos, y todas las corrientes desde las villas de Andrea Palladio hasta Marcel Breuer y Richard Neutra convergen en sus proyectos. Para un arquitecto, proyectar una casa es abordar todas las cuestiones más persistentes de la disciplina, es por eso que la **vivienda unifamiliar** ocupa un lugar especial en la

historia de la arquitectura.

En cuanto a sus obras, decir que mezcla libremente fuentes europeas y americanas viéndose reflejada la **influencia** de, como ya he dicho anteriormente, Marcel Breuer y Richard Neutra. Considera que el proyecto y la construcción de casas es un campo para poner a prueba los conceptos arquitectónicos, para aprender del proceso de construcción.



Ilustración 3 Casa Díaz, Santiago de Chile (2001). Por Mathias Klotz

Sus **proyectos de vivienda** son de planta abierta y fluida, amplían el espacio de la casa hacia el paisaje adyacente, respetando, sin embargo, las tradiciones de la vida privada chilena. Además, a pesar de que las casas pueden llegar a ser bastante grandes, los espacios individuales nunca son ostentosos, sabe muy bien cómo hacer que espacios modestos se expandan mediante la ligereza, la transparencia y las vistas; mediante pantallas o paneles correderos, los espacios se interconectan de manera que la percepción del espacio ni se revela totalmente, ni se cierra del todo, sino que se abre siempre a otro espacio adyacente.

La **tipología básica** de una casa de Klotz es, casi en todos los casos, una pastilla lineal elevada que define fuertemente una horizontal sobre un emplazamiento en pendiente.

“(...).La mayoría de las viviendas marcan generalmente una horizontal, y creo que la primera vez que aparece la horizontal en estos proyectos tiene que ver esencialmente con la topografía. De alguna manera, despego, hundo o hago volar esta horizontal respecto a la inclinación del terreno. Trabajo con esta horizontal porque creo que la vida se desarrolla más naturalmente en menos niveles, especialmente en una vivienda. (...)”. KLOTZ, MATHIAS. “Conversación con Hernán Garfías”

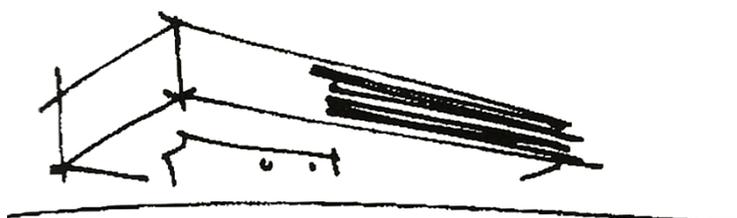


Ilustración 4 Casa Muchnick, Cantagua (2001-2002). Por Mathias Klotz



Ilustración 5 Casa Reutter, Cantagua (1998). Por Alberto Piovano

El **soporte estructural** nunca se disfraza, sino que forma parte visible de la composición. Acero pintado de negro es característico en sus obras ya que lo utiliza como contrapunto lineal que enmarca el volumen de la casa de forma independiente, sin llegar a cerrarla completamente nunca.

Las **vistas**, la **luz** y la **orientación** rigen los exteriores, y las generosas terrazas sacan partido de las vistas, que a menudo son espectaculares. Los interiores continúan las líneas exteriores y se construyen con materiales similares, de manera que crea una dinámica de espacios cambiantes y con un movimiento implícito. Como ya he comentado, es una arquitectura de volumen, no de masa, caracterizada siempre por la ligereza y la transparencia.

Destacamos en esta tipología la casa Reutter, la casa Muchnick, la casa Ponce en Buenos Aires, o la casa Díaz en Santiago de Chile.



Ilustración 6 Casa Viejo, Santiago de Chile (2001-2002). Por Mathias Klotz

La **casa Viejo** en Santiago de Chile, empero, es atípica en bastantes sentidos. En primer lugar, el solar llano y vallado ofrece pocas oportunidades para el gesto horizontal, aunque utiliza elementos típicos de sus estrategias de distribución interiores. Es en el empleo del hormigón armado como material principal donde se produce la antítesis de la preferencia de Klotz por los sistemas ensamblados y ligeros, el peso, la rudeza y la plasticidad de este material la maneja de tal forma que consigue una visión fresca e interesante como resultado final. Esta vivienda podría servir de ilustración a un comentario de Mathias Klotz en una entrevista: “Creo que un buen detalle es aquel que no se ve, que aparece con facilidad cuando los materiales y la estructura son lógicas y se han unido de la forma más sencilla posible”. Estamos todos de acuerdo, por supuesto, pero no es tan fácil como parece, porque como todo arquitecto sabe, los detalles sencillos son los más difíciles de ejecutar, y en muchos casos invitan a resolver contradicciones.



Ilustración 7 Colegio Altamira, Santiago de Chile (1999-2000). Por Alberto Piovano

Si aumentamos la escala de intervención, Klotz introduce un cambio en la estrategia de proyecto y realización, pues es evidente que al trabajar sobre un campo más amplio, el interés por los horizontes extensos y el plano artificial de tierra cobra mayor importancia. Hablamos de la bodega Las Niñas en Santa Cruz, la urbanización La Reserva a las afueras de Santiago de Chile, o el colegio Altamira también ubicado en Santiago de Chile; vemos que lo que era implícito en las casas pasa a ser explícito en estos proyectos mayores.

“Actualmente estamos rodeados de edificios sin proyecto, sin lugar o, peor aún, de lugares comunes”. KLOTZ, MATHIAS “Acerca de mi trabajo”



Ilustración 8 Bodega Las Niñas, Santa Cruz (1999). Por Alberto Piovano

La obra de Klotz tiene poco que ver con el regionalismo *naïf*, a pesar de estar profundamente marcada por su contexto. Su arquitectura es producto de una compleja reelaboración de las más importantes tradiciones de la modernidad, que en Chile son específicamente paradójicas. Este país, con una historia muy corta construida a base de iniciativas empresariales y técnicas, y particularmente fértil para un movimiento moderno evolucionado y comprometido, es habitado por europeos que viajaron al Nuevo Mundo en busca de oportunidades, y Klotz es capaz de aprovecharse de su situación posicionándose a la cabeza de Asia, Norteamérica y Europa.

“Soy un híbrido, nieto de inmigrantes que llegaron a un país en el extremo sur occidental del nuevo mundo, es decir, al sur del fin del mundo”. KLOTZ, MATHIAS “Acerca de mi trabajo”

El presente arquitecto es capaz de evitar la imitación de otras obras europeas gracias al análisis objetivo de cada problema en sus propios términos, y esto se observa en la frescura y firmeza de su obra.



Ilustración 9 Casa Ponce, Buenos Aires (2001-2002). Por Mathias Klotz

Klotz no solo es un moderno comprometido sino que también es un escéptico respecto a sus categóricos más radicales y de vanguardia. Su interés se proclama hacia la cara oscura del movimiento moderno, sobria, reflexiva e incrédula; caracterizado por la resistencia y negación, es el caso de Adolf Loos con su máxima afirmación “la obra de arte es revolucionaria, la casa es conservadora”. Por tanto, para Loos como para Klotz, la actividad fundamental del arquitecto es un proceso de clarificación o destilación de las realidades de la vida cotidiana moderna.

Hay que destacar la preocupación de Klotz para dar respuesta a preguntas que durante años se han estado formulando y discutiendo en la arquitectura. Es el caso de la falta de lugar, el arquitecto no sabe si él mismo lo ha encontrado pero está absolutamente convencido de que algunos de sus proyectos, otros no, sí lo tienen. “La Casa de mi madre lo tiene al levantarse un metro del suelo, protegiéndose y conquistando la naturaleza; la Casa Reutter lo tiene al trepar a los árboles; la bodega Las Niñas lo tiene al iluminar el espacio industrial con luz natural; la Casa Muchnick lo tiene al construir una terraza habitable; la Casa Ponce lo tiene en el Río de la Plata.”, afirma.



Ilustración 10 Bodega Las Niñas, Santa Cruz (1999). Por Alberto Piovano

“Esta confusión acerca del cielo que está en el agua, de Wally que simboliza al proyecto, del lugar que no debe dejar de estar pero que se sublima cuando no existe, son algunas de las cosas que me inquietan” KLOTZ, MATHIAS “Acerca de mi trabajo”

Por todo lo comentado en este apartado, y haciendo hincapié en “los complejos pero simples” sistemas estructurales utilizados en todas sus obras, aparece mi interés en estudiar, analizar, y aprender de una de sus obras, procurando, en todo momento, llevar a cabo sus técnicas e ideas para resolverla y calcularla con el procedimiento más simple y seguro en estructura metálica.

❖ *Bibliografía utilizada para el análisis:*

2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). *Mathias Klotz, nº26*. Barcelona: GUSTAVO GILI, SA.
ALLEN, STAN. “Desde el Nuevo Mundo”. 2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). *Mathias Klotz nº26*. pp. 4-13
KLOTZ, MATHIAS. “Acerca de mi trabajo”. 2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). *Mathias Klotz nº26*. pp. 130-133

2.2 La Obra: Casa Ponce, Argentina. Presentación.

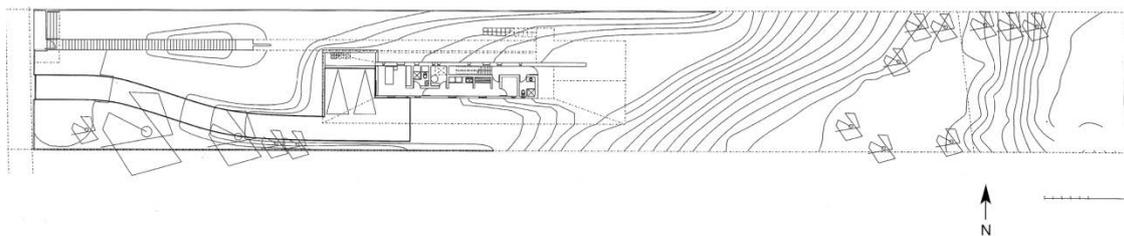


Ilustración 11 Emplazamiento. 2G Revista Internacional de Arquitectura

Ubicada en un barrio de los años cuarenta en Buenos Aires (Argentina), esta vivienda unifamiliar toma presencia frente al río de la Plata con una fuerte pendiente y unas vistas sensacionales. La naturaleza y el entorno son protagonistas, la obra respeta el medio ambiente y dialoga fuertemente con todo lo que le rodea, hay una intención de buscar y encontrar las mejores vistas, haciéndose evidente la no existencia de una barrera entre interior y exterior.

La parcela en la que está construida la vivienda es bastante larga y estrecha, 16 x 120 metros, podría compararse con un barranco debido a su fuerte inclinación, y la vegetación es extremadamente densa en todos los bordes.

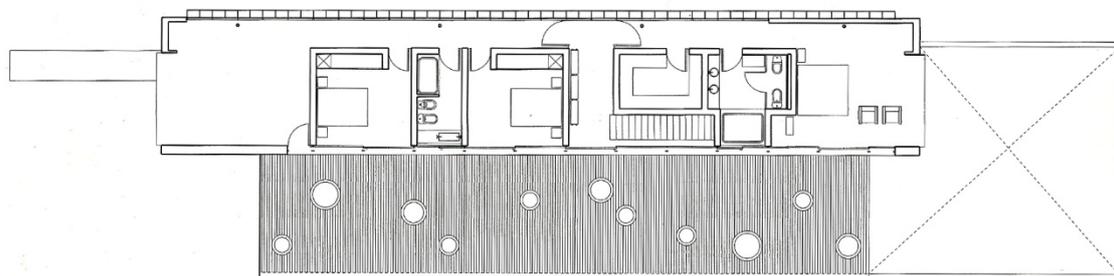


Ilustración 12 Planta segunda. 2G Revista Internacional de Arquitectura

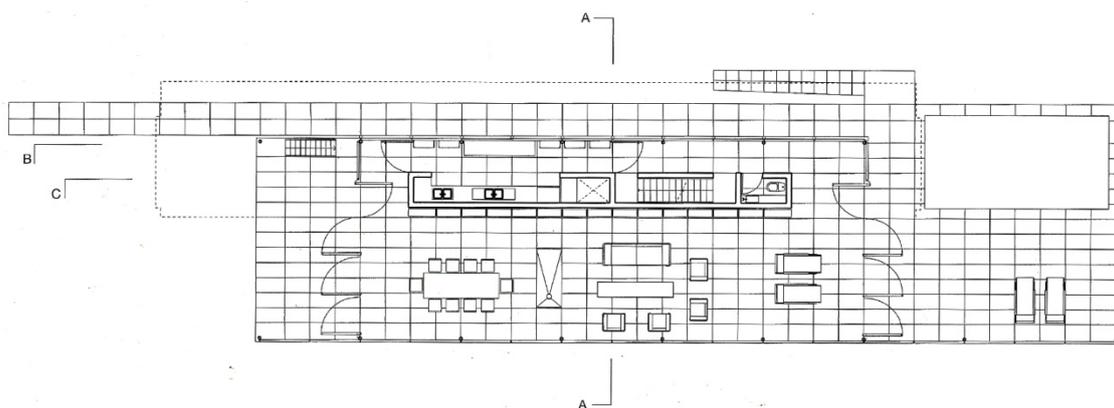


Ilustración 13 Planta primera. 2G Revista Internacional de Arquitectura

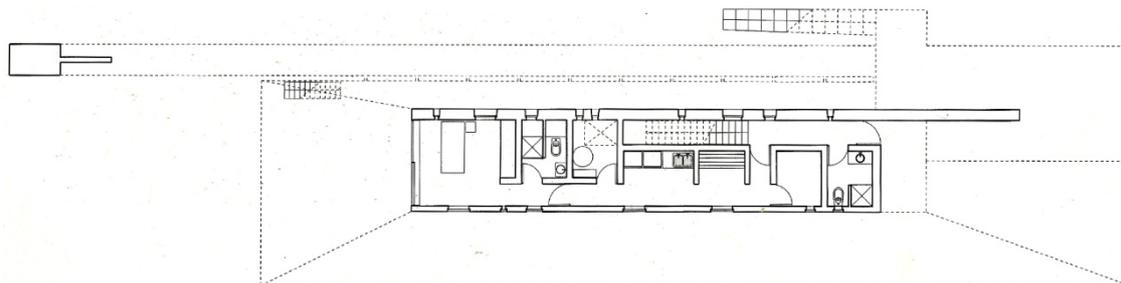


Ilustración 14 Planta baja. 2G Revista Internacional de Arquitectura

La idea del proyecto consistió en mantener libre la vista que recorre desde el acceso principal hasta el río, de manera que la vivienda no se comportara como barrera en la dirección principal del terreno sino que acompañara e invitara al individuo a acceder al interior de ésta, rechazando el concepto tradicional de vivienda con parte delantera y parte trasera.



Ilustración 15 Interior vivienda.
Por Mathias Klotz

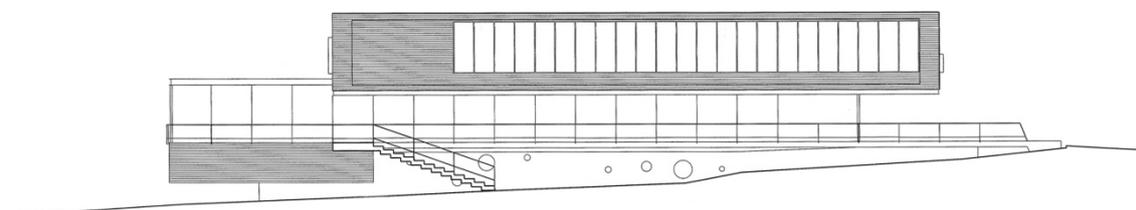


Ilustración 16 Alzado norte. 2G Revista Internacional de Arquitectura

Dos volúmenes flotantes y un zócalo semienterrado desarrollan todo el esquema funcional de la vivienda.

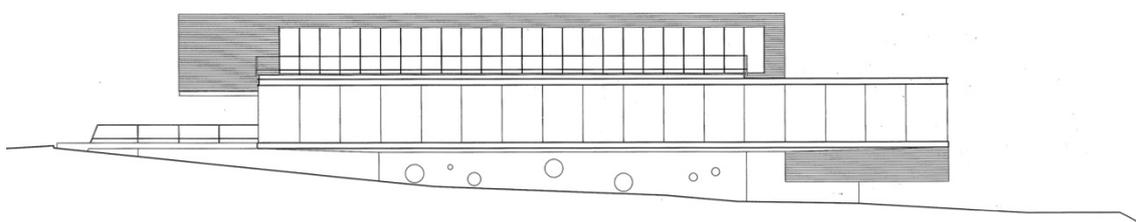


Ilustración 17 Alzado sur. 2G Revista Internacional de Arquitectura

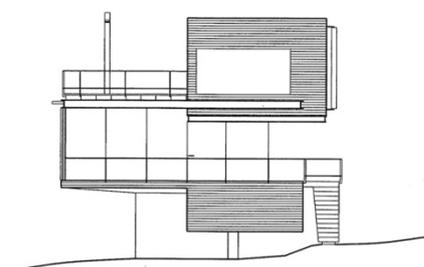


Ilustración 18 Alzado este. 2G
Revista Internacional de Arquitectura

La planta principal se compone de los espacios comunes, la cocina, diferentes terrazas y la piscina, organizando así un espacio vidriado y transparente que se relaciona, como ya he comentado anteriormente, con el exterior.

En una planta superior se ubican los dormitorios, donde el espacio se convierte en íntimo y cerrado, pero abriéndose hacia una cubierta-terrazza que lo relaciona con el exterior.

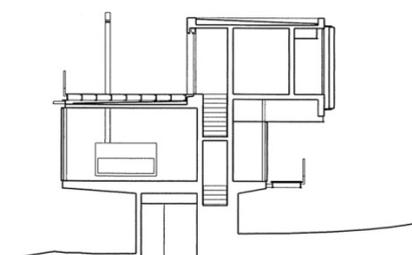


Ilustración 19 Sección AA. 2G
Revista Internacional de Arquitectura

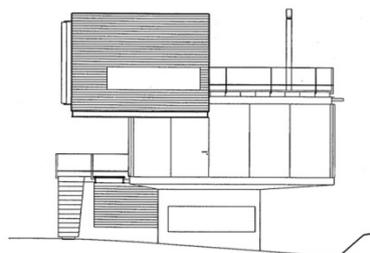


Ilustración 20 Alzado oeste. 2G
Revista Internacional de Arquitectura

En el zócalo se ubica la lavandería, la sala de máquinas, la bodega y la zona de servicio.

La obra es un continuo juego volumétrico y estructural, pues cada rincón de esta vivienda tiene un despiece asombroso. Lo observamos, por ejemplo, en la pastilla maciza que contiene los dormitorios y que se apoya sobre un volumen de vidrio que flota sobre una base rehundida que contiene los servicios.

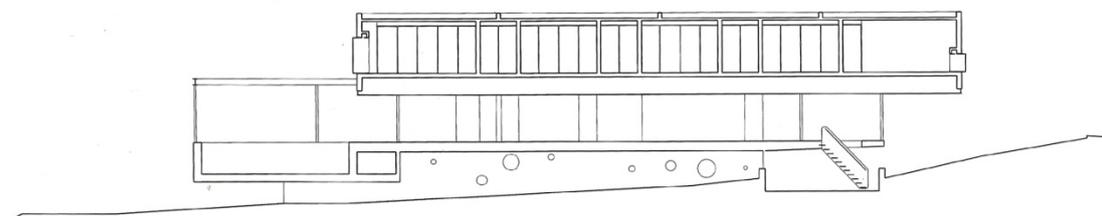


Ilustración 21 Sección BB. 2G Revista Internacional de Arquitectura

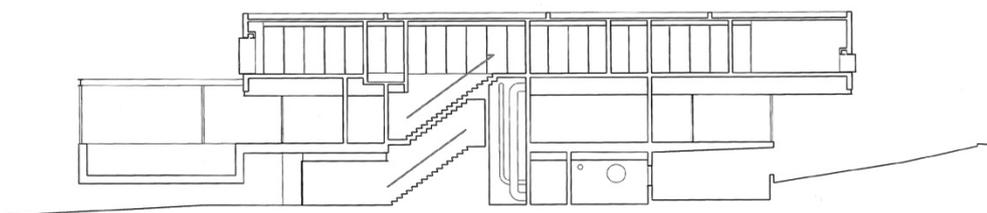


Ilustración 22 Sección CC. 2G Revista Internacional de Arquitectura

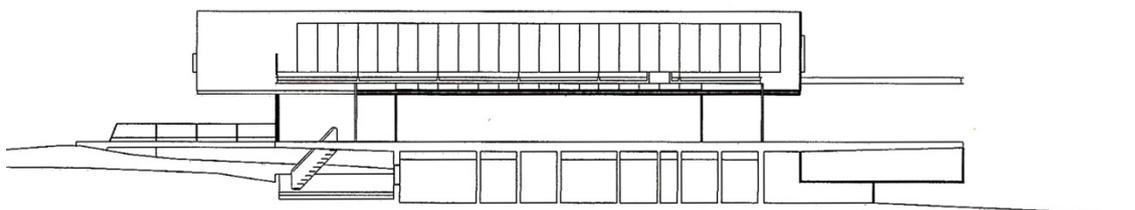


Ilustración 23 Sección. 2G Revista Internacional de Arquitectura



Ilustración 24 Imagen exterior. Por
Mathias Klotz

Es importante entender cómo funciona la estructura en esta vivienda, aparentemente muy simple, sin embargo, todo el volumen general está soportado por un macizo enterrado nada despreciable en su magnitud.

Cada pieza y cada detalle tiene su consideración estructural, de ahí que el resultado sea visiblemente muy simple, pero llegar a esta solución no es un camino fácil.

Observamos que la carpintería tiene que ser estructural y que existen unos soportes alineados con la carpintería de sección considerablemente pequeña que ayudarían a sostener los niveles superiores y los grandes voladizos de hasta 10 metros en el caso más desfavorable.



Ilustración 26 Imagen interior. Por Mathias Klotz

La Casa Ponce está construida con la combinación de dos materiales fundamentales en Arquitectura, Hormigón Armado y perfiles de acero estructural S-275.

La base de todo el volumen estaría realizada con muros de hormigón armado de 50cm de espesor que sujetarían los dos volúmenes funcionando en su conjunto como una gran ménsula estructural. Esto último es la clave para entender cómo funciona el sistema, pues no sería más simple construirlo de ninguna otra manera.



Ilustración 29 Imagen interior. Por Mathias Klotz.



Ilustración 25 Imagen exterior. Por Mathias Klotz

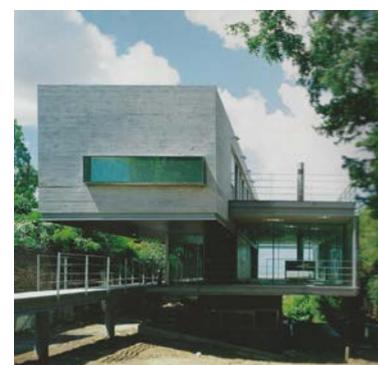


Ilustración 27 Imagen exterior. Por Mathias Klotz



Ilustración 28 Imagen exterior. Por Mathias Klotz

❖ *Bibliografía utilizada para el análisis:*
2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). Mathias Klotz, nº26. Barcelona: GUSTAVO GILI, SA.
ALLEN, STAN. "Desde el Nuevo Mundo". 2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). Mathias Klotz nº26. pp. 4-13
KLOTZ, MATHIAS. "Acerca de mi trabajo". 2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). Mathias Klotz nº26. pp. 130-133

3 Elección y justificación del sistema estructural

En este apartado se comentará cada uno de los **modelos generados** así como sus **ventajas e inconvenientes** tras su cálculo y dimensionado. Se comenzará explicando el primer modelo desarrollado [Modelo 1] hasta evolucionar al último modelo de cálculo final [Modelo 3].

Las dos soluciones iniciales se basan en la **obtención del modelo** mediante la variación en el canto de vigas y pilares, que como veremos no favorece a la solución final. El modelo de cálculo 3 es una propuesta semejante a las anteriores, si bien ahora no se busca la solución mediante la variación del canto de los perfiles sino que se utiliza un diseño de cerchas donde el sistema funciona como un conjunto estructural.

3.1 Modelo 1

Para una primera aproximación, buscamos una **geometría capaz de responder al proyecto en cuestiones de modulación y técnica**.

Tras el análisis realizado en el apartado 2., se observa que el proyecto responde a una metodología modulada de 4 metros. Es aquí donde surge el primer modelo de cálculo que será descartado más adelante, se decide seguir esta regla de 4 metros pero resulta casi imposible mantener un sistema estructural metálico con luces tan grandes por motivos de estabilidad y rigidez, pues el proyecto se caracteriza por unos grandes voladizos en todas direcciones.

El modelo 1 cuenta con un **sistema estructural independiente entre plantas** que quedan unidas mediante un gran **pórtico** que resulta **inestable** en todos los aspectos, lo que implica replantear el proyecto de ejecución [*Ilustración 30*].

Se observa en la siguiente ilustración la **distribución de vigas y pilares** según las plantas de proyecto. En la cota +3,00 metros, se tiene tres grandes pórticos que se mantendrán en los dos modelos siguientes, sin embargo, en las siguientes plantas ya solo aparece un pórtico que sustenta todos los voladizos, lo cual es inviable.

Este primer modelo es descartado ya que según el **CTE-DB-SE** la estructura debe cumplir a resistencia y pandeo lateral (**ELU**), pero también existe la limitación de deformaciones (**ELS**). Para cumplir la normativa, se busca una deformación no mayor a $L/500$ y $L/250$ en extremo de voladizo. En un primer cálculo sin cargas variables aplicadas se obtiene en la 3ª planta una deformación vertical superior a 1 metro, lo cual nos indica que se debe rigidizar mucho más la estructura.

Es por todo esto que **esta solución debe ser modificada** en su conjunto, pues por un lado, el sistema de vigas y pilares queda muy lejos de estabilizarse, y por otro, no solo hay que replantear la distribución de los perfiles, sino que también se debe **aumentar el canto de las secciones, aumentando así su inercia, y con ello su resistencia**.

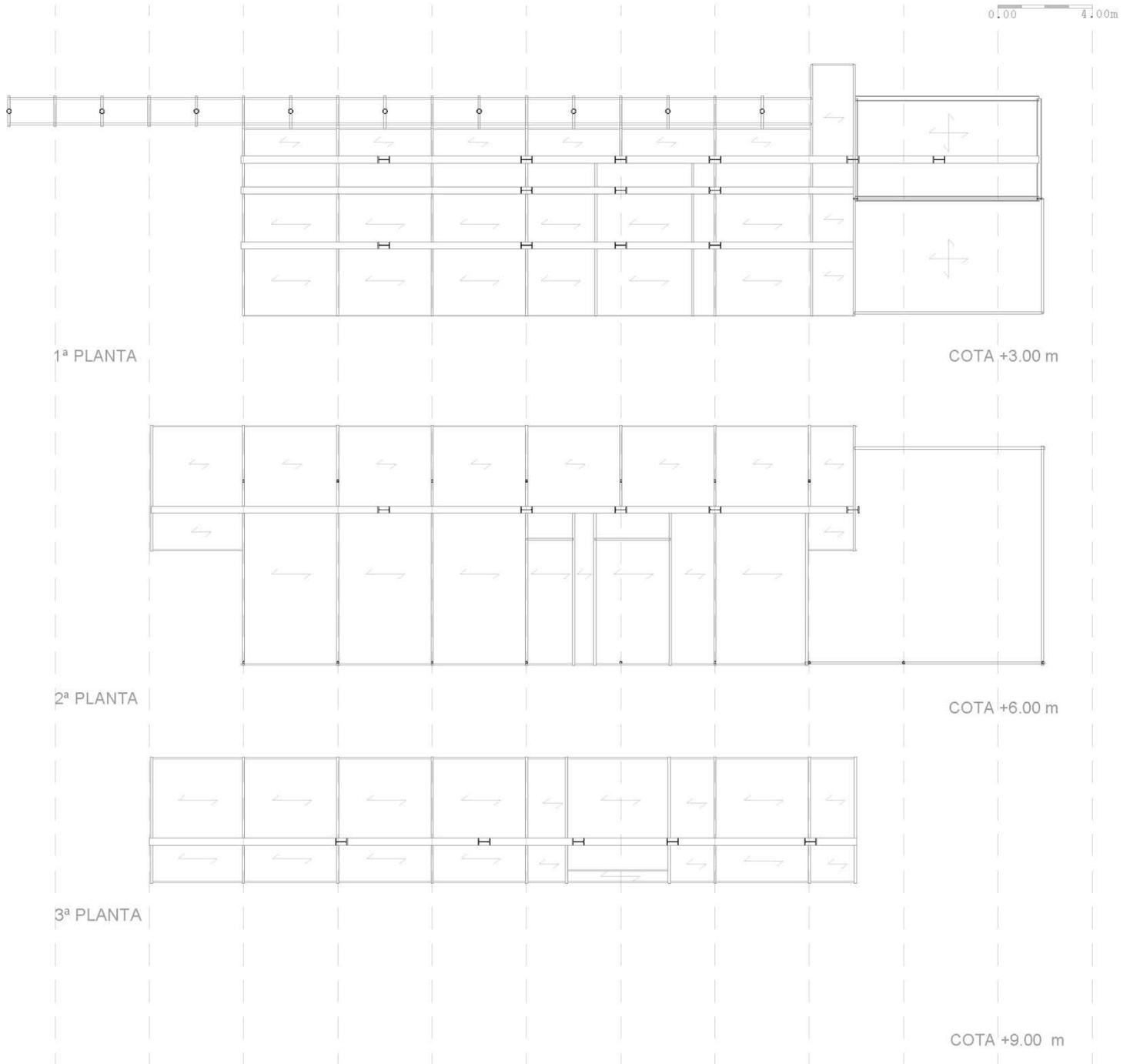


Ilustración 30 Modelo 1. Escala 1:250

3.2 Modelo 2

En este segundo prototipo se decide tomar como **módulo dos metros de distancia**, de esta manera se puede generar un entrevigado que permita abarcar luces más grandes. El modelo dos consiste, como ya he comentado, en rigidizar la estructura tanto en dirección longitudinal como en transversal mediante **dos sistemas**: *aumento del canto en las secciones y elevación de los tres pórticos principales hasta la última planta*, aportando de esta manera **estabilidad y resistencia** a todo el conjunto.

El **nivel 0** se define por una línea de 9 soportes que sustentan la pasarela (3,4,5,6,10,11,15,19,23) dimensionados con perfiles de sección circular huecos del *tipo PH0*; y tres grandes pórticos que serán los encargados de estabilizar toda la estructura, si bien aparecerán perfiles circulares en determinados puntos como indica el proyecto inicial. Estos tres pórticos se dimensionan a priori con perfiles del *tipo HEB*. [Ilustración 31].

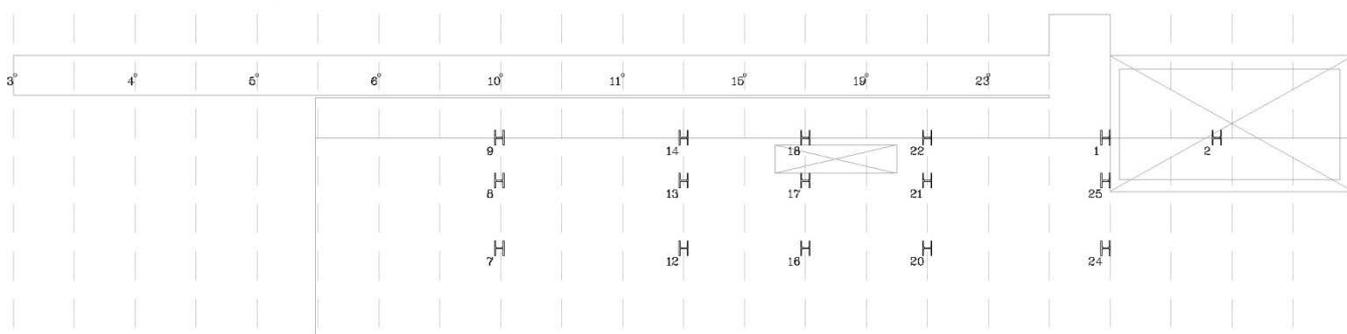


Ilustración 31 Modelo 2. Nivel 0. Escala 1:250

Se analiza ahora la estructura en cuanto a resistencia y pandeo según **Estado Límite Último** y las deformaciones en **Estado Límite de Servicio**. Por un lado, *la piscina cuenta con un voladizo importante de 4,50 metros* que como se puede observar en la Ilustración 14 no cumple normativa en ninguno de los aspectos que hemos mencionado [Ilustración 32 y 33].

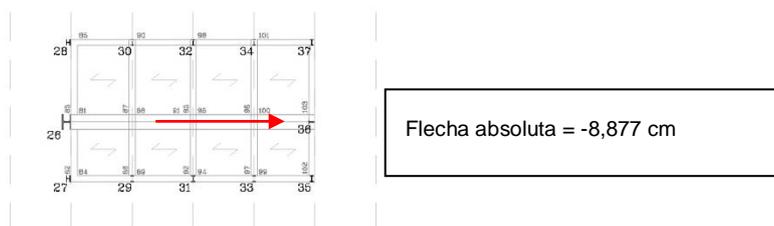


Ilustración 32 Modelo 2. Forjado piscina. Escala 1:250

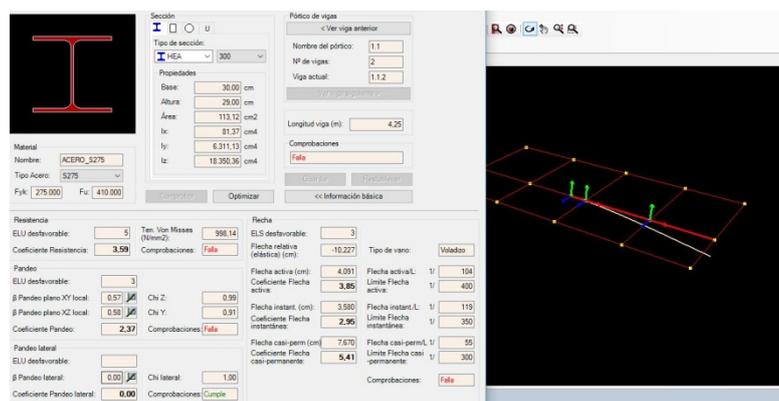


Ilustración 33 Modelo 2. ARCHITRAVE® Piscina

Se observa también una importante flecha de 30,516 centímetros en la dirección indicada del **nivel 1** [Ilustración 36] que se debe dar solución aumentando la sección del entrevigado, así como también se hace evidente la dirección en la que deforma el modelo en este nivel [Ilustración 34 y 35]. También destaca la flecha del lado opuesto del modelo que será resuelta mediante una celosía apoyada en los soportes 7, 8, y 9.

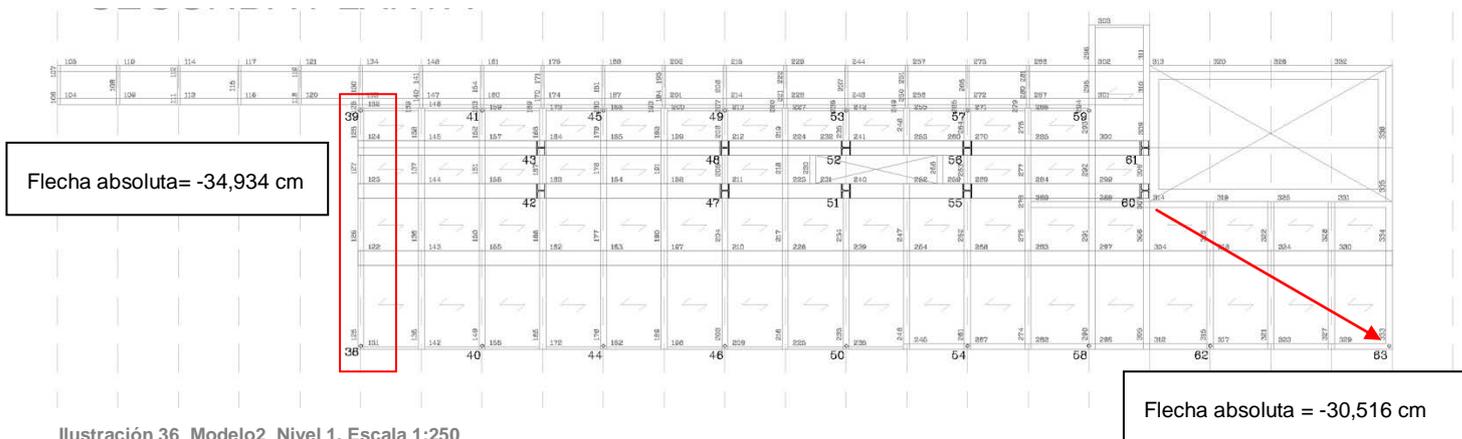


Ilustración 36 Modelo2 Nivel 1. Escala 1:250

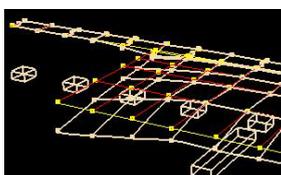


Ilustración 35 Modelo 2.
ARCHITRAVE NIVEL 1

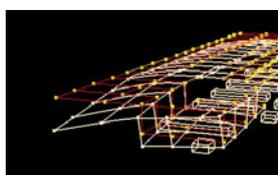


Ilustración 34 Modelo 2.
ARCHITRAVE NIVEL 1

En el **nivel superior (2)** [Ilustración 37] tenemos **tres zonas muy solicitadas**, una de ellas con 30,514 centímetros de flecha, donde se decide poner un pilar en el modelo final [Ilustración 39]; otra de 60,485 centímetros que podrá ser resuelta con un arriostramiento en el bloque superior que hará que el segundo nivel funcione como un gran cajón [Ilustración 38]; y la tercera zona donde encontramos una flecha de -34,936 centímetros se reducirá a una flecha inferior a 1 centímetro mediante un aumento de sección en los soportes inferiores.

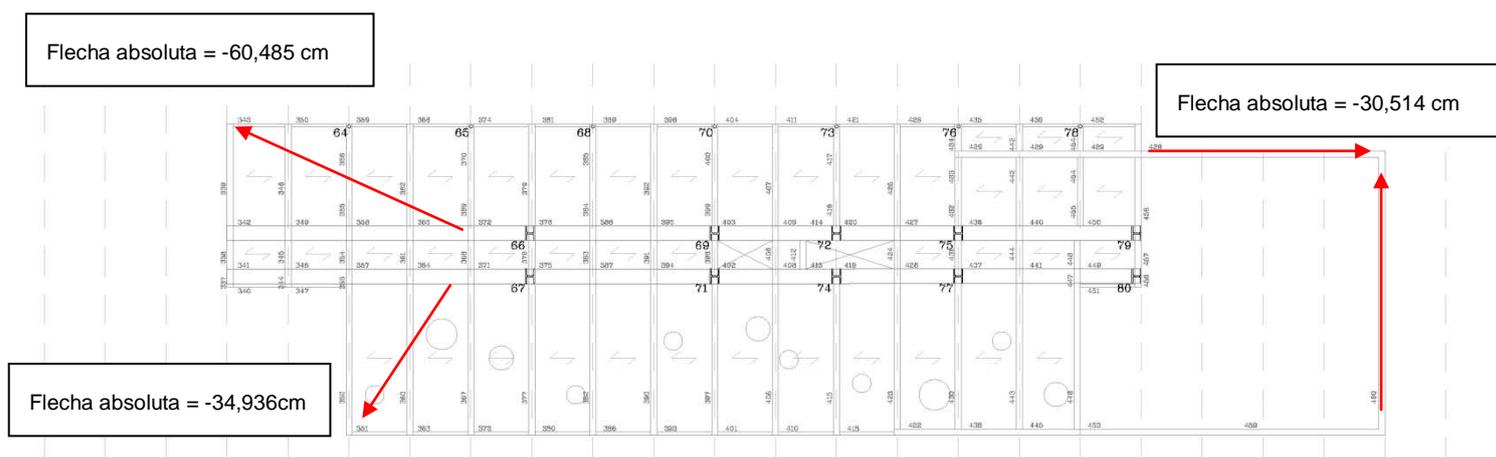


Ilustración 37 Modelo 2. Nivel 2 . Escala 1:250

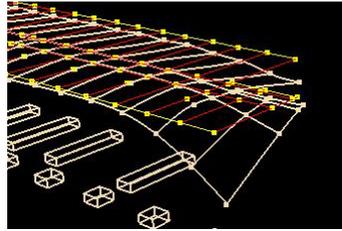


Ilustración 38 Flecha nivel 2

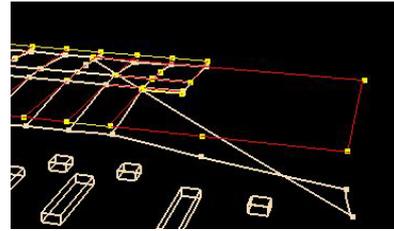


Ilustración 39 Flecha = -30,514cm

El **último nivel**, referido a la cubierta de la vivienda, cuenta con una flecha negativa de 71,604 centímetros. En este caso, se decide arriostrar los forjados creando una gran **cercha** que une las dos superficies disminuyendo a su vez las deformaciones que serán repartidas entre estos dos niveles a modo de *cajón*, ya que se aporta rigidez a la estructura [Ilustración 40 y 41].

Flecha absoluta = -71,604 cm

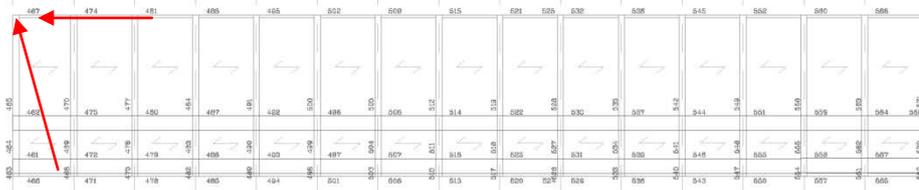


Ilustración 40 ELS Nivel 3 . Escala 1:250

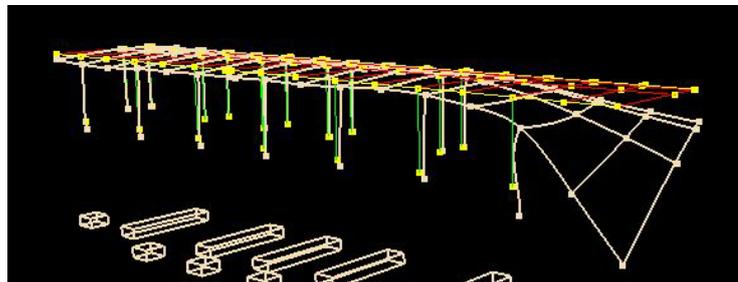


Ilustración 41 Deformación NIVEL 3

* Ver ANEXO A_ RESULTADOS MODELO 2



Ilustración 42 Modelo 2.

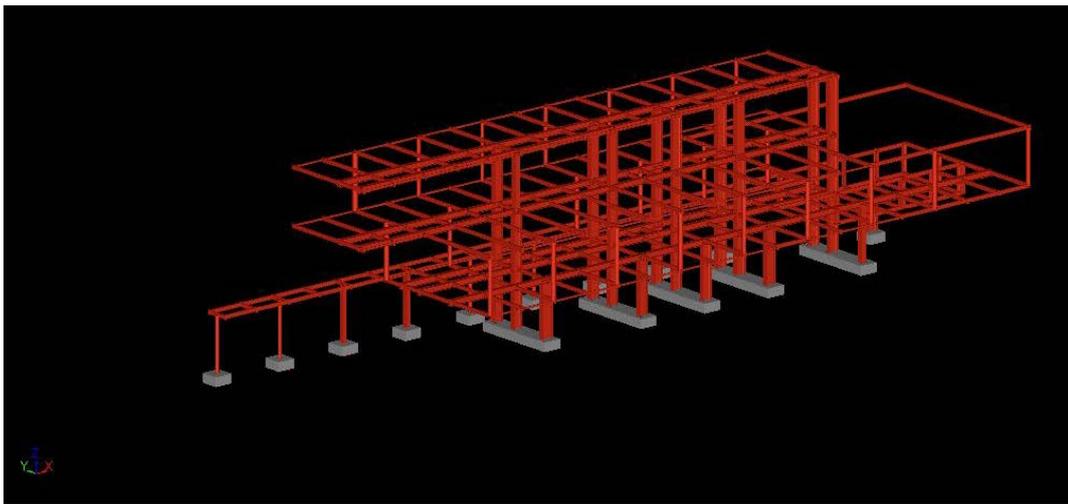


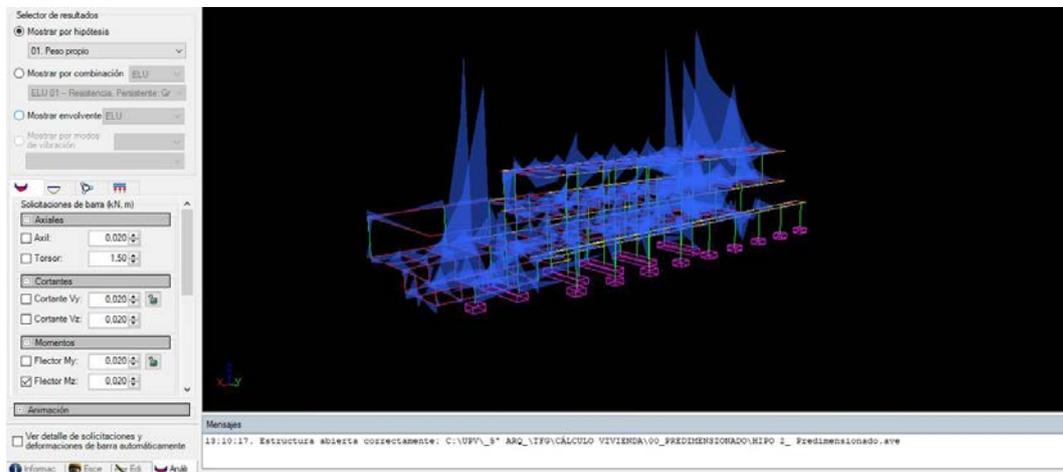
Ilustración 43 Modelo 2.



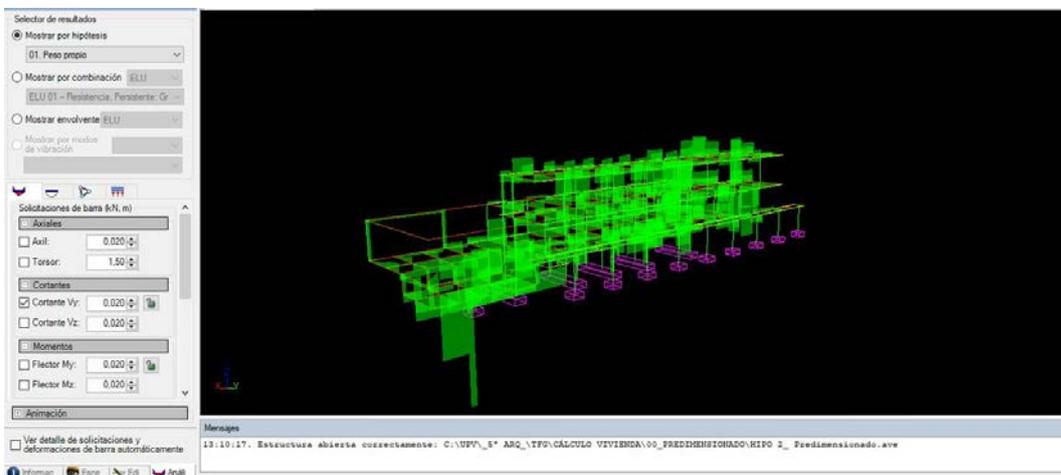
Ilustración 44 ELS_ Modelo 2.



Il·lustració 45 ELS_ Modelo 2.



Il·lustració 46 ELS_ Flector Z. Modelo 2.



Il·lustració 47 ELS_ Cortante Y. Modelo 2.

La *ilustración 44 y 45* hace referencia a la deformación que va a sufrir la estructura en **Estado Límite de Servicio**, en la que se puede observar los **condicionantes** con los que vamos a trabajar: *la piscina, los perfiles que sobresalen a modo de pérgola, y el último piso que vuela sobre el resto de la estructura*; éstos son los responsables de las mayores deformaciones que hemos ido analizando anteriormente.

Es por todo esto que se debe elaborar un modelo nuevo capaz de resistir las deformaciones analizadas. Finalmente, en el siguiente apartado se dará respuesta a estos aspectos claves en el proyecto arquitectónico.

3.3 Modelo 3

El siguiente paso es resolver las limitaciones que no cumplimos con el modelo desarrollado en la fase anterior. Para ello se plantean las siguientes soluciones que resolverán las deformaciones analizadas:

- En planta baja, por un lado, **se añade un pilar en el pórtico 7-12-16-20-24** que reducirá la flecha absoluta = -30,516 centímetros (ELS) inadmisibles del nivel 1, y por el otro lado se configurarán tres cerchas a modo de **ménsulas** apoyadas en los pilares 7, 8, y 9 que sustentarán la parte de forjado que queda en voladizo disminuyendo así la flecha analizada. [*Ilustración 48 y 49*]

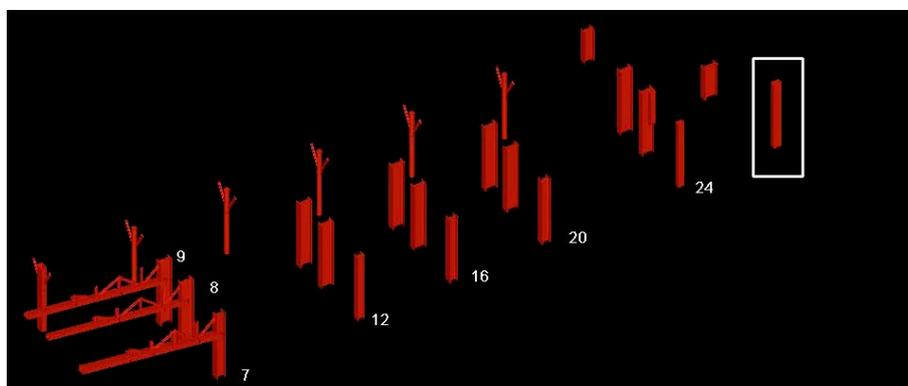


Ilustración 48 PÓRTICO 7-12-16-20-24

- En el nivel 1 se da una flecha de -34,934 centímetros también inaceptable, diseñaremos, como hemos comentado en el punto anterior, tres grandes cerchas que ayudarán a soportar el forjado de este nivel reduciendo así sus deformaciones. [*Ilustración 49*]

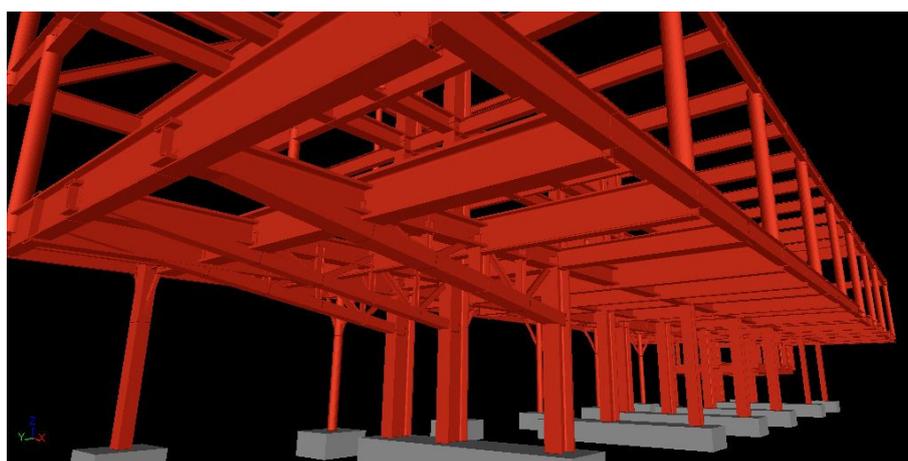


Ilustración 49 CERCHA (ménsula) SOPORTES 7-8-9

- La flecha negativa de 30,514 centímetros provocada por el perfil que vuela sobre la piscina se limitará mediante un soporte de tipo PH0 ya que no cumple la normativa. [Ilustración 50]



Ilustración 50 SOPORTE TIPO PH0

- La flecha inadmisibles de -34,936 centímetros [Ilustración 37] se reducirá aumentando la resistencia de los perfiles que forman el entrevigado del forjado y aumentando la sección de los soportes.
- Por último, el bloque superior será reforzado con unos **arriostramientos** en el lugar donde se producen las deformaciones más robustas (-60,485 centímetros en el nivel 2 y -71,604 centímetros en el nivel 3) debidas ambas por el gran voladizo de 10 metros de vuelo que ahí se ubica y que nos permitirá crear el espacio diáfano que el arquitecto busca. [Ilustración 37, 40 y 51]



Ilustración 51 ARRIOSTRAMIENTOS BLOQUE SUPERIOR

Estas soluciones aquí planteadas serán aplicadas en el modelo de cálculo final, explicado detalladamente en el siguiente apartado 4.0, a continuación.

4 CÁLCULO. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

4.1 Definición del modelo de cálculo.

Para comenzar a calcular el modelo final, primero se define la estructura en **AutoCAD® 3D** para posteriormente, importar el volumen a **Architrave®**. El modelo se define en AutoCAD® mediante una **plantilla predefinida** que permitirá asignar y editar todos los elementos que configuran el sistema estructural. Es importante que quede bien detallado todas las barras, forjados, cargas, apoyos, hipótesis, etc.

Es aconsejable no realizar variaciones en el programa Architrave®, se recomienda editar el modelo siempre en AutoCAD® y después importarlo nuevamente al programa de cálculo.

La estructura que nos ocupa es de vigas y pilares metálica, por lo que bastará con realizar un modelo 3D en AutoCAD® con líneas, y forjados unidireccionales asignando un peso propio a cargas repartidas apoyadas en las vigas. [Ilustración 52]

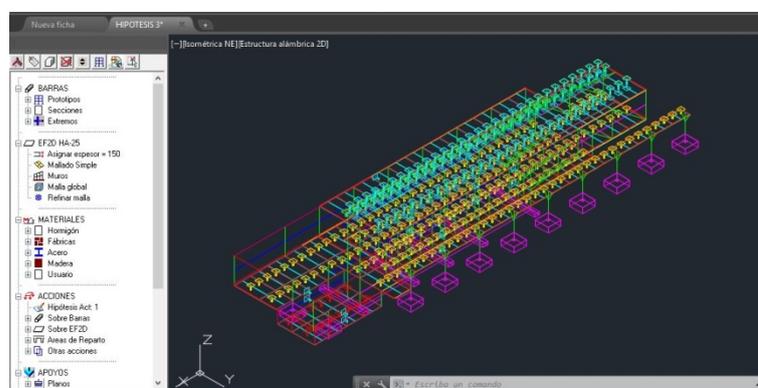
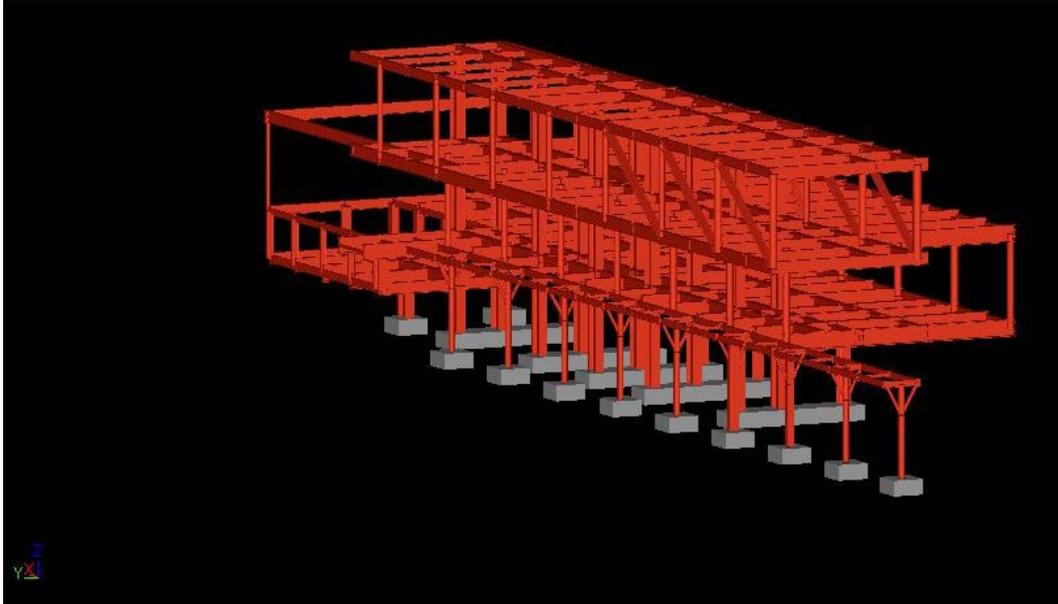


Ilustración 52 AutoCAD. Modelo de cálculo final

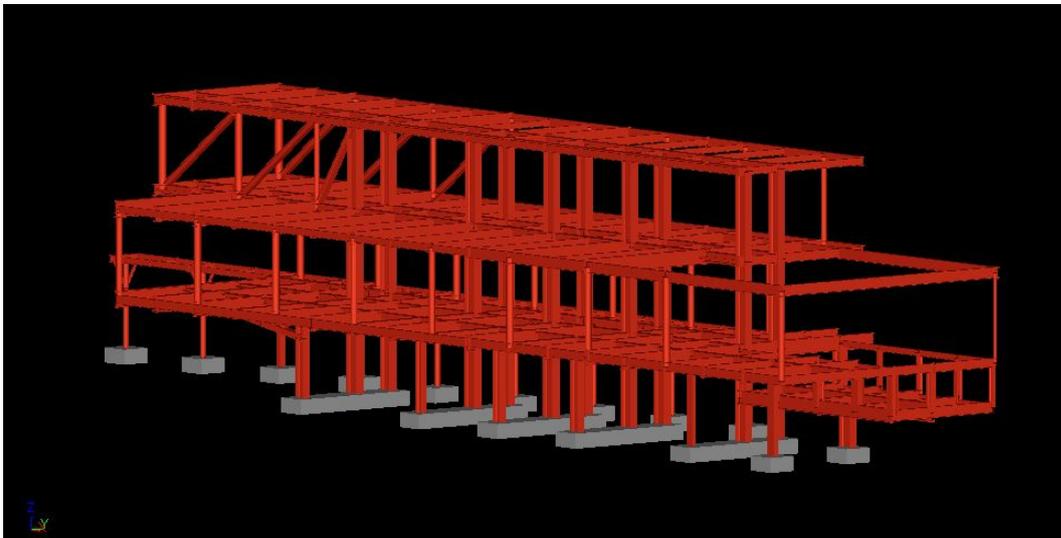
La **definición del modelo en AutoCAD®** es un paso realmente importante en el proceso de cálculo pues será de aquí de donde salgan todos los resultados. Debemos tener cuidado en la unión de vigas y pilares pues una unión defectuosa podría variar todos los resultados.

El modelo final de cálculo respeta todo lo que el arquitecto plasmó en el proyecto, a falta del perfil que vuela sobre la estructura y que debe ser soportado por un perfil de sección circular pues de lo contrario *no cumple la normativa en ningún caso por tener unas deformaciones demasiado grandes*.

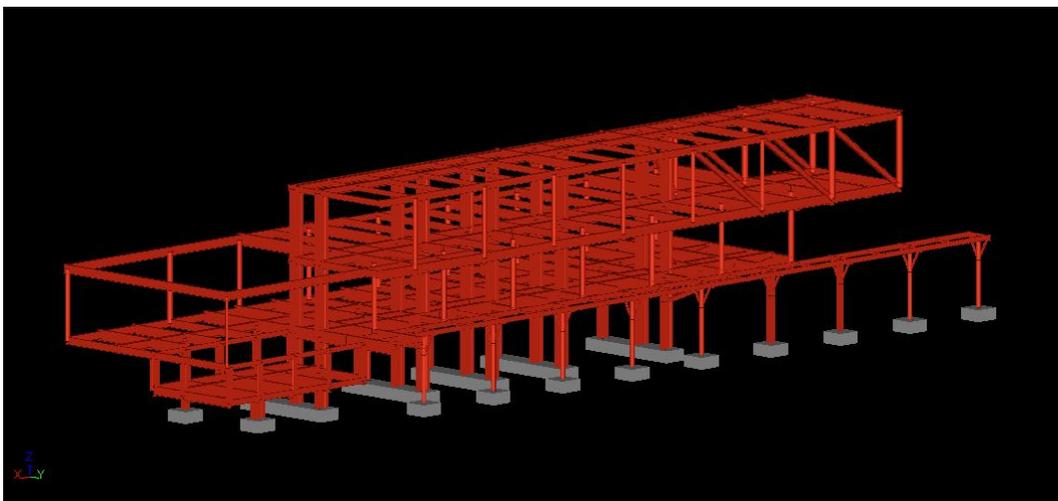
A continuación, se muestra una serie de imágenes del sistema estructural que ha sido diseñado para esta vivienda.



Il·lustració 53 AXONOMETRÍA 1



Il·lustració 55 AXONOMETRÍA 2



Il·lustració 54 AXONOMETRÍA 3

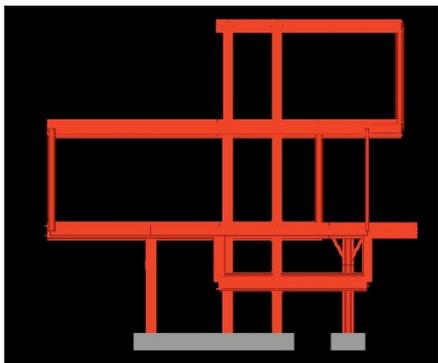


Ilustración 57 ALZADO FRONTAL

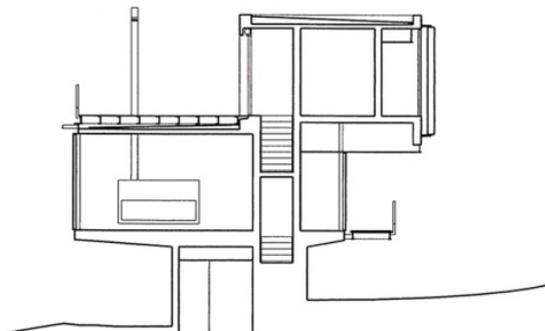


Ilustración 56 SECCIÓN DEL PROYECTO

En la *ilustración 56 y 57* se realiza una comparativa de una sección del proyecto y el sistema estructural en sí mismo, observamos que el resultado es satisfactorio pues hemos conseguido mantener hasta el final la idea de proyecto.

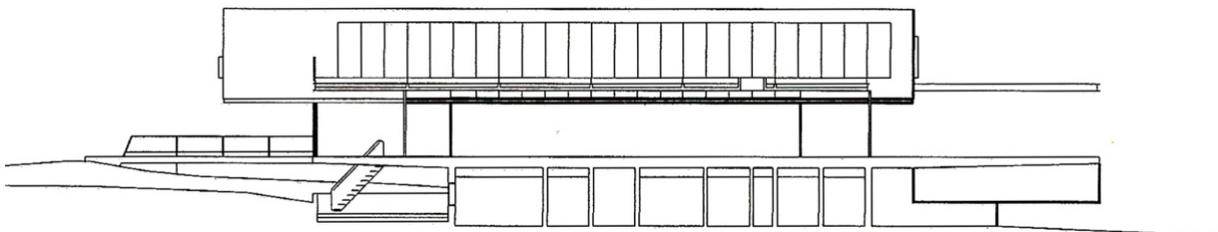


Ilustración 58 ALZADO LATERAL PROYECTO

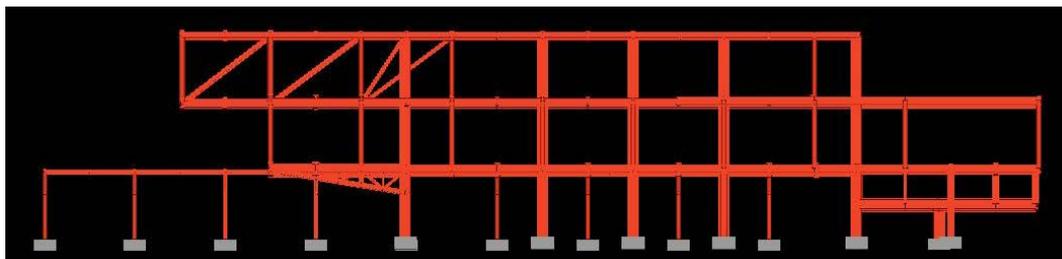
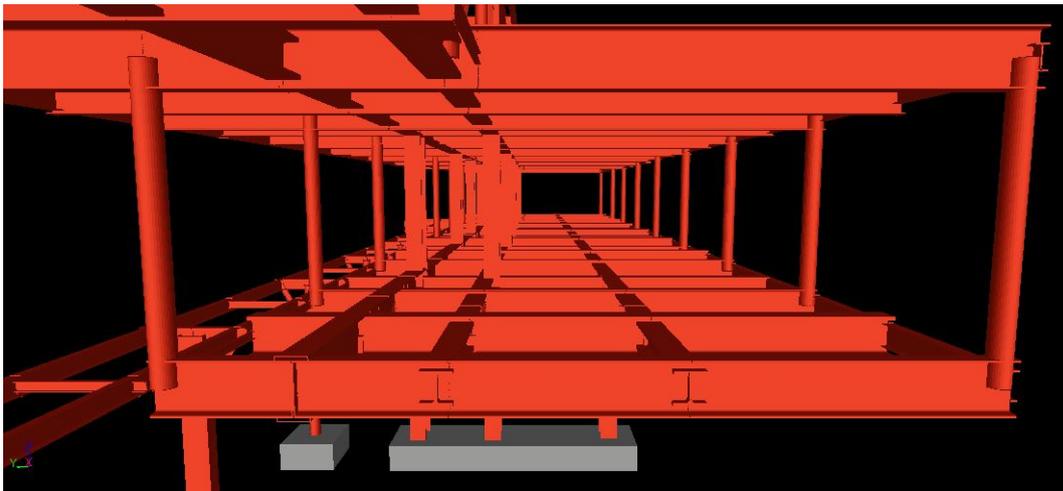


Ilustración 59 ALZADO LATERAL

En ilustraciones que vienen a continuación se observan los diferentes niveles, los condicionantes de la estructura y las soluciones adoptadas. En cuanto al resultado final, decir que se han ido tomando decisiones durante cada peritaje que han ido adaptándose al proyecto.



Il·lustració 60 PERSPECTIVA BLOQUE SUPERIOR EN VOLADIZO. Arriostamientos laterales



Il·lustració 61 PERSPECTIVA INTERIOR NIVEL 1. Observación de los pórticos principales

4.2 Geometría

Como ya se ha comentado anteriormente en el apartado 2.2 [*La Obra: Casa Ponce, Argentina*] el edificio se compone de dos volúmenes flotantes y un zócalo semienterrado fundamentalmente. Hay que destacar la presencia de la **piscina con un voladizo de 4,50 metros, la pasarela** que da acceso a la vivienda, y el **perfil que sobresale del bloque superior a modo de pérgola**.

Uno de los objetivos más importantes que se ha llevado a cabo durante este Trabajo ha sido el de **mantener en la medida de lo posible la idea inicial del proyecto** y sobretodo la forma de proyectar de Mathias Klotz. Esto es importante por dos motivos: uno, porque *la vivienda no fue construida en estructura metálica únicamente*, sino que cuenta con una combinación de sistemas constructivos diferentes que hacen posible su complejidad; y dos, porque *conseguir la geometría del proyecto con solo un sistema estructural no es tarea fácil*, pero el resultado es absolutamente satisfactorio.

En cuanto a la geometría del modelo hay que destacar los **voladizos** que se van desarrollando en todos los niveles. En el nivel de la piscina se produce un vuelo máximo de **4,50 metros**, en el nivel 1 se observa un vuelo de **6 metros** por un lado de la vivienda y **4 metros** por otro lado, en el nivel superior se tiene el voladizo más importante de la obra que cuenta con **10 metros** de longitud. Ahora bien, los vuelos no se dan solamente en la dirección longitudinal del edificio sino que también se localizan *vuelos en la dirección perpendicular entre 2 y 3 metros*, por lo que no son tan importantes como los longitudinales pero hay que tenerlos en cuenta.

El modelo final de cálculo resulta **interesante de analizar en su conjunto**, pues se han dado situaciones diversas, *desde buscar la distribución idónea de vigas y pilares con su correspondiente nudo de anclaje, hasta la complejidad de realizar cerchas que permiten la estabilidad del conjunto*.

4.3 Materiales y secciones de los elementos.

Trabajar con **Architrave**® tiene numerosas ventajas, una de ellas es que simplemente asignando un tipo de sección a una determinada barra el programa ya te registra todas sus propiedades, ya sea hormigón armado o acero estructural; lo cual, facilita la tarea de calcular una estructura.

Ahora bien, nuestro objetivo es **evaluar la vivienda con estructura metálica**, es decir, con acero estructural. Para ello, Architrave® ofrece una **plantilla** con una multitud de perfiles que se encuentran registrados oficialmente, *desde secciones abiertas tipo HEA, HEM, HEB, IPE, IPN, etc., hasta secciones cerradas como UPN2, circulares o rectangulares.*

En cuanto al material utilizado, se ha optado por **Acero S275 JR** pues se trata del material utilizado en edificación por sus buenas propiedades resistentes. Su composición de hierro, carbono y aleaciones con silicio, oxígeno, fósforo y azufre, hace que sea uno de los materiales más adecuados para la **construcción de estructuras**. El acero estructural que se utiliza es idóneo para las vigas y pilares de nuestro edificio, tiene una gran **firmeza**, es decir, soporta grandes cargas sin mostrar daños en su forma, y también **ductilidad** pues tiene gran capacidad para deformarse sin llegar a colapsar y romperse. Su **apariencia** es óptima durante su vida útil, pues es un material que no le afecta el paso del tiempo, de ahí también su gran **durabilidad** que con un buen mantenimiento y simplemente aplicando una pintura para la corrosión en su cara exterior, se puede hablar de grandes edades. Se debe nombrar también su **tenacidad**, que hace referencia a su **resistencia**, pues es un material que es capaz de absorber energía e impactos sin llegar a romper. Sin embargo, hay que mencionar el gran inconveniente de este material y que en edificación es un tema extremadamente controlado, **el fuego**, capaz de deteriorar el acero estructural en un breve plazo de tiempo.

Las características del acero utilizado son:

- módulo de Elasticidad: $E = 210.000 \text{ N/mm}^2$
- módulo de Rigidez: $G = 81.000 \text{ N/mm}^2$
- coeficiente de Poisson: $\nu = 0,3$
- coeficiente de dilatación térmica: $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} (\text{°C})^{-1}$
- densidad: $\rho = 7.850 \text{ kg/m}$

*Según indica el CTE DB SE Acero

Respecto a las *secciones de los elementos aplicados*, decir que mayoritariamente se han empleado **secciones abiertas**, y en menor medida **secciones cerradas de tipo circular**. La gran parte de las vigas se han definido con perfiles de ala ancha por su eficiencia en cuanto a su forma y disponibilidad de tamaños. Los soportes han sido modelados con perfiles en "H" por su forma abierta que facilita la conexión con las vigas, pero también se han empleado perfiles circulares con el fin de agilizar la estructura.

4.4 Condiciones de enlace.

El presente modelo de estructura metálica funciona como si de un solo bloque se tratase, para ello se ha tenido que aportar **rigidez** al conjunto. Ahora bien, el sistema cuenta con numerosas barras unidas entres sí; el **enlace** entre éstas se ha podido llevar a cabo **gracias a la geometría del modelo** (posición de los extremos de las piezas unidas), **la resistencia y la rigidez de la unión** (región local de la pieza que materializa el enlace).

Partiendo de la resistencia de la unión se puede diferenciar articulaciones de resistencia total o parcial. De modo similar, según la rigidez de la unión se puede diferenciar articuladas, rígidas o semirrígidas, ya sea la rotación nula, total o intermedia

En este proyecto se ha optado por **uniones rígidas soldadas entre viga y pilar**, asegurando la rotación conjunta de todas las secciones extremas de los elementos del enlace, como se explica en la siguiente *ilustración 61*.

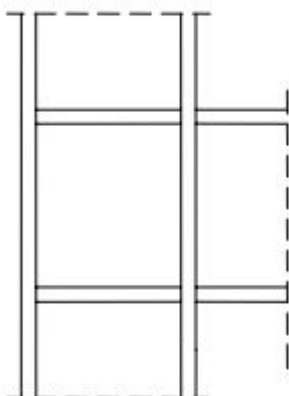


Ilustración 61 Unión viga y pilar.
Con rigidizadores alineados con las alas.
Por CTE.

Haciendo referencia al **CTE DB SE Acero**, se debe soldar todo el perímetro de la sección con una soldadura a tope, en ángulo, o una combinación de ambas. Esto será así cuando los valores de los axiles difieren más del 20% con respecto de las componentes perpendiculares al cordón.

Además, la **resistencia de cálculo a tracción de la sección transversal de la barra** por unidad de longitud del perímetro debe ser **inferior a la de la soldadura** para garantizar su seguridad.

La **cercha tipo ménsula** que estabiliza el nivel inferior se modela mediante *nudos en KT* como indica el CTE DB SE Acero. [Ilustración 62]



Ilustración 62 Nudo en KT. Por CTE.



Ilustración 63 Nudo en N. Por CTE.

Por último, se debe definir el diseño del arriostramiento del bloque superior tipo cajón que vuela 10 metros con respecto su apoyo. Se decide asignar en esta zona *nudos en N* para un correcto funcionamiento del sistema. [Ilustración 63]

4.5 Cargas aplicadas: hipótesis y combinación de acciones.

Se considerará que la vivienda se localiza en **Valencia** para los parámetros asociados a la ubicación del edificio.

*Para la aplicación de cargas se toman datos del CTE-DB-SE ACCIONES EN LA EDIFICACIÓN

4.5.1.1 FORJADO VIVIENDA

4.5.1.1.1 Cargas Permanentes

Forjado colaborante	3 KN/m ²
Solado cerámico	1 KN/m ²
Tabiquería.....	1 KN/m ²
TOTAL PERMANENTE	5 KN/m²

4.5.1.1.2 Carga Variable

Uso residencial (A1)	2 KN/m ²
TOTAL VARIABLE	2 KN/m²

4.5.1.2 FORJADO PASARELA exterior

4.5.1.2.1 Cargas Permanentes

Solado de madera	1 KN/m ²
TOTAL PERMANENTE	1 KN/m²

4.5.1.2.2 Carga Variable

Uso residencial (A1)	2 KN/m ²
TOTAL VARIABLE	2 KN/m²

4.5.1.3 CUBIERTA PLANA no transitable

4.5.1.3.1 Cargas Permanentes

Forjado colaborante	3 KN/m ²
Cubierta plana, a la catalana o invertida con acabado de grava.....	2,5 KN/m ²
TOTAL PERMANENTE	5,5 KN/m²

4.5.1.3.2 Carga Variable

Cubiertas accesibles únicamente para conservación (inclinación<20°)...	1 KN/m ²
Nieve (Valencia, altitud<1000m)	1 KN/m ²
TOTAL VARIABLE	2 KN/m²

4.5.1.4 FORJADO PISCINA

4.5.1.4.1 Cargas Permanentes

Forjado colaborante	3 KN/m ²
Relleno agua piscina.....	10 KN/m ³
Área= 33.5 m ² Altura= 1.50 m Volumen= 50.25m ³	
.....	10 KN/m ³ x1.50m =15 KN/m ²
TOTAL PERMANENTE	18 KN/m²

4.5.1.5 ESCALERA METÁLICA

4.5.1.5.1 Cargas Permanentes

Peso propio.....	3,6 KN/m ²
TOTAL PERMANENTE	3,6 KN/m²

4.5.1.5.2 Carga Variable

Uso residencial (A1)	2 KN/m ²
TOTAL VARIABLE	2 KN/m²

4.5.1.6 ANTEPECHO CUBIERTA

4.5.1.6.1 Cargas Permanentes

Fábrica ladrillo cerámico hueco	12 KN/m ³
o Antepecho fábrica ladrillo cerámico hueco (0,20x0,35 m)	0,84 KN/m
TOTAL PERMANENTE	0,84 KN/m

4.5.1.7 CERRAMIENTO VIDRIO

4.5.1.7.1 Cargas Permanentes

Vidrio normal, 5 mm espesor (incluida carpintería).....	0,25 KN/m ²
o Vidrio (10+6+10).....	1 KN/m ²
TOTAL PERMANENTE (altura vidrio 3m).....	3 KN/m

4.5.1.8 BARANDILLA METÁLICA

4.5.1.8.1 Cargas Permanentes

Barandilla (Categoría uso A1).....	0,80 KN/m
TOTAL PERMANENTE	0,80 KN/m

4.5.1.9 VIENTO

* La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como: $q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p$

Los edificios se comprobarán ante la acción del viento en todas direcciones, independientemente de la existencia de construcciones contiguas medianeras, aunque generalmente bastará la consideración en dos sensiblemente ortogonales cualesquiera. Para cada dirección se debe considerar la acción en los dos sentidos. Si se procede con un coeficiente eólico global, la acción se considerará aplicada con una excentricidad en planta del 5% de la dimensión máxima del edificio en el plano perpendicular a la dirección de viento considerada y del lado desfavorable.

Teniendo en cuenta lo anterior explicado según CTE, se considerará una carga de viento de $q_e \approx 0,75$ KN/m tanto en succión como en presión. Pues,

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad \text{donde} \quad q_b=0,42 ; c_e=2,3 ; c_p= 0,8$$

4.5.1.10 SISMO

No considera

4.6 Programa de cálculo: Architrave®.

Acto seguido al cálculo del modelo, se reconocen las **limitaciones del proyecto** que nos van a generar mayores deformaciones, de este modo será necesario el cumplimiento de la normativa de estas estipulaciones asegurándonos así mismo el de toda la estructura.

4.6.1.1 Condicionantes de la estructura.

4.6.1.1.1 PISCINA

El primer requisito que se debe atender es el voladizo de la piscina, uno de los más importantes del proyecto. Cuenta con una luz libre de 4,50 metros, lo que nos condiciona con una **flecha máxima en extremo de voladizo de $L/250= 450/250=1,80$ centímetros**, y en los vértices de $L/250= 500/250= 2$ centímetros y $L/250=460/250= 1,84$ centímetros.

4.6.1.1.2 PERFILES A MODO DE PERGOLA

El siguiente requisito consiste en colocar un gran perfil sobresaliendo de la estructura que aguante su peso propio, lo cual dificulta el trabajo ya que se calculan flechas de hasta 50 centímetros. En este caso el perfil debe aguantar su peso propio en una longitud única de 8 metros, por lo que **la estabilidad resulta complicada de lograr**.

Se debe comentar que la solución adoptada cuenta con un pequeño perfil de sección circular que consolida la pérgola, de manera que las comprobaciones resultarán exitosas.

4.6.1.1.3 VOLADIZO ULTIMA PLANTA

Asimismo, se identifica el bloque superior con un **saliente de 10 metros**, esto deriva en un procedimiento de cierta complejidad que lograremos establecer. La solución tomada consiste en unir dos forjados aparentemente independientes mediante unos arriostramientos laterales. Dicho de otro modo, ahora **el bloque superior funcionará como una gran cercha de casi 3 metros de canto y 10 metros de vuelo, descartando entonces la propuesta de aumentar el canto de los perfiles y con ello su respectiva inercia, planteada en el modelo 1 y 2**.

Vale la pena decir que ha sido una gran oportunidad poder resolver este enigma, dado que la vivienda cuenta con una serie de compromisos en proyecto que hacen su trascendental puesta en valor.

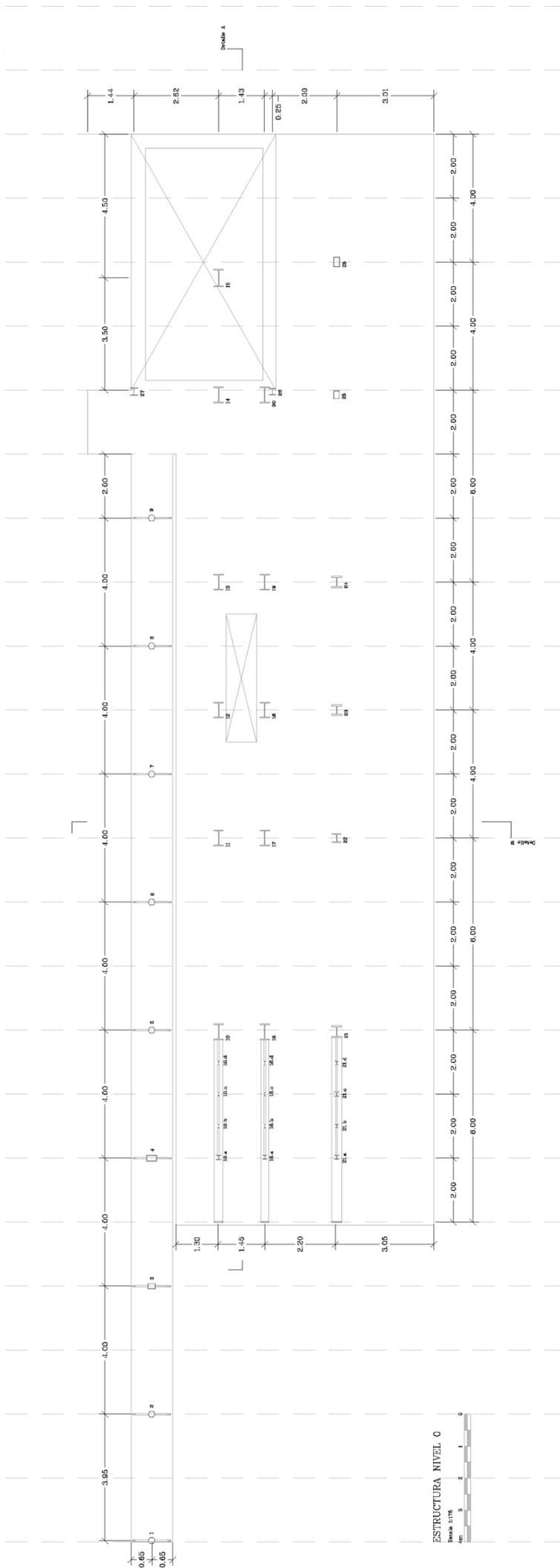
4.6.1.1.4 VOLADIZOS EN GENERAL

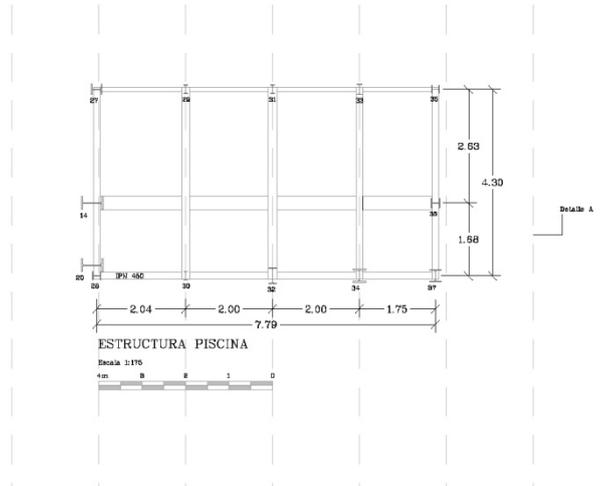
Recapitulando estos apartados, y como ya he comentado anteriormente, el modelo no solo cuenta con un número determinado de voladizos, sino que **el volumen muestra tanto en la dirección longitudinal como en la transversal su intención de alejarse de los soportes**. Es por ello que esto ha debido ser materializado en la estructura así como lo ha sido en el proyecto. [Ilustración 56, 57, 58, 59]

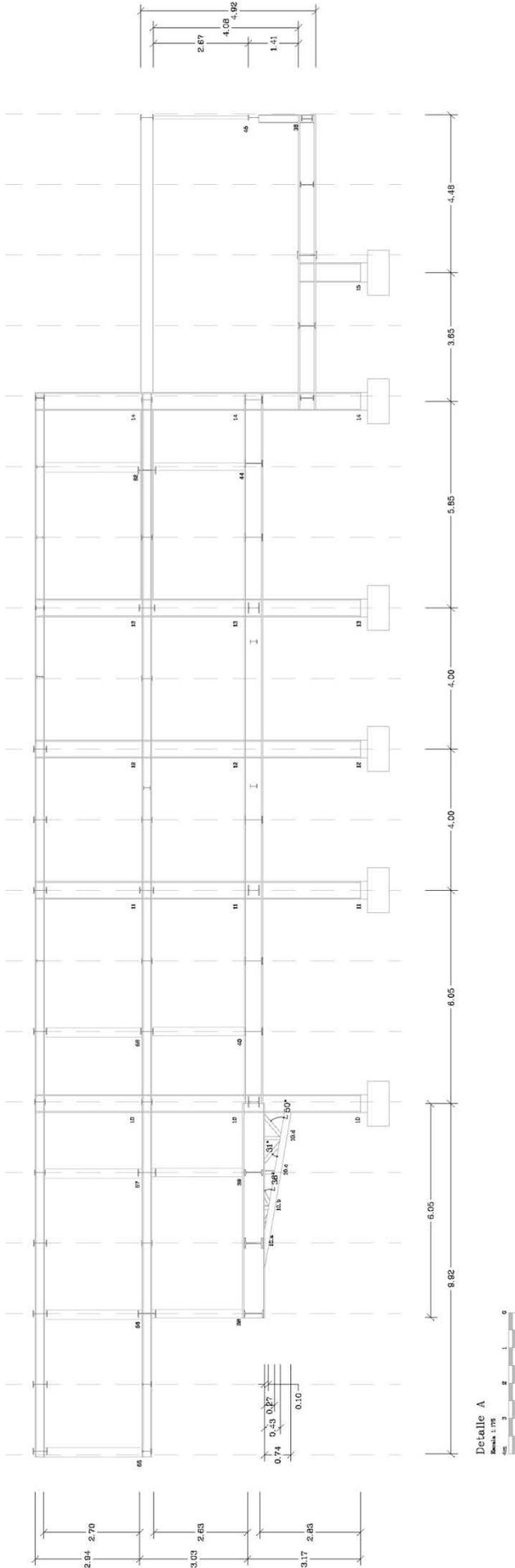
4.6.1.2 Planos de estructura.

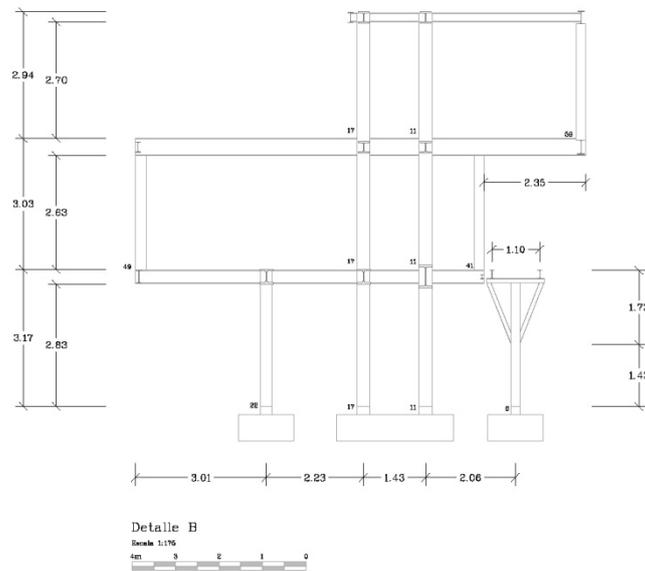
A continuación se muestran las plantas de estructura con la numeración de pilares y acotadas las distancias entre ellos, de elaboración propia.

*ANEXO B_ PLANOS DE REPLANTEO









4.6.1.3 Análisis del modelo

En primer lugar, se realiza un estudio del modelo en conjunto y sus deformaciones, y a continuación, se plantearán posibles soluciones si fuera necesario.

4.6.1.3.1 NIVEL 1

Se analizan las deformaciones en Estado Límite de Servicio en los voladizos de este nivel según el CTE DB SE. En esta comprobación se observa que **el modelo cumple en Estado Límite de Servicio (ELS)**.

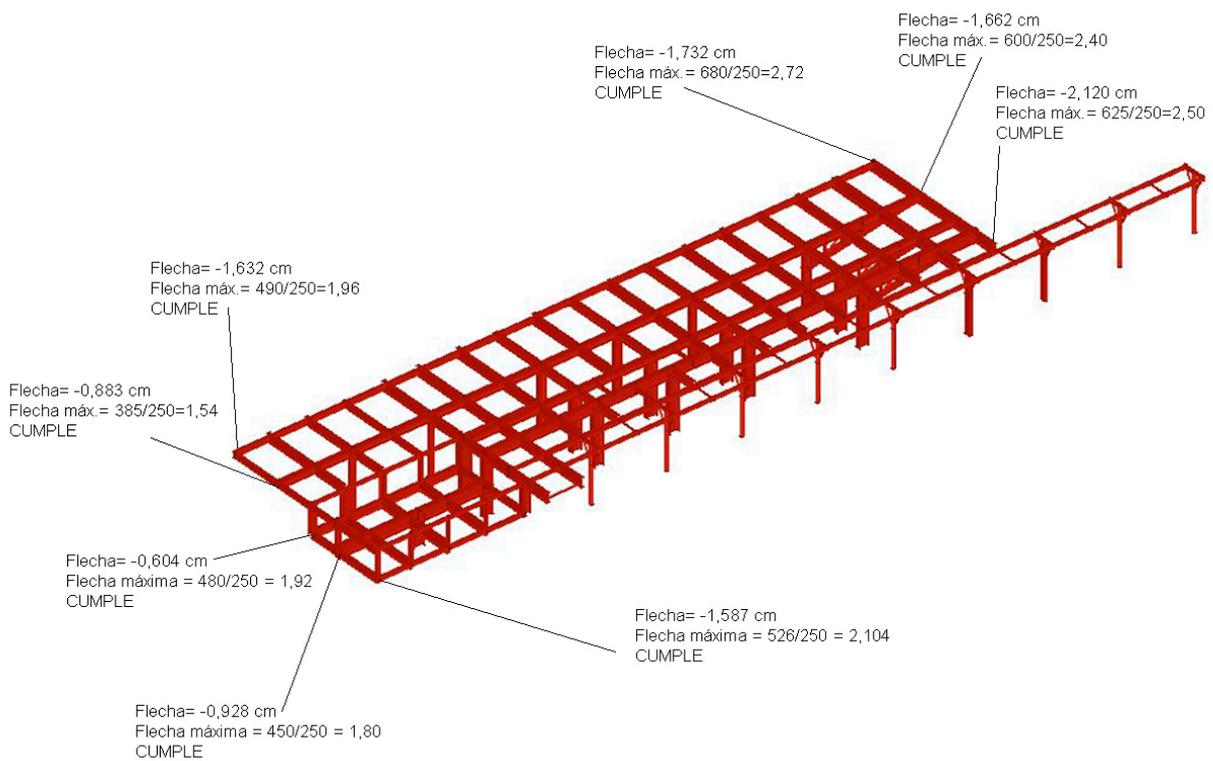


Ilustración 64 Análisis nivel 1

4.6.1.3.2 NIVEL 2

De igual modo que en el apartado anterior se analizan las deformaciones en Estado Límite de Servicio en los voladizos de este nivel según el CTE DB SE, observándose que **el modelo cumple satisfactoriamente todos los requisitos.**

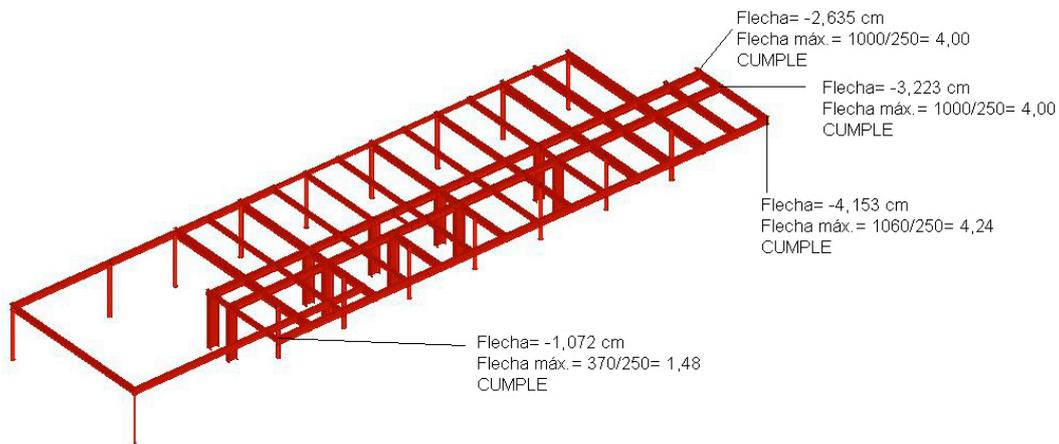


Ilustración 65 Análisis nivel 2

4.6.1.3.3 NIVEL 3

Se repite el proceso en la planta superior de la vivienda aplicando las comprobaciones requeridas en el Estado Límite de Servicio según el CTE DB SE. **Los resultados son favorables también en este nivel** donde se encuentra la gran cercha.

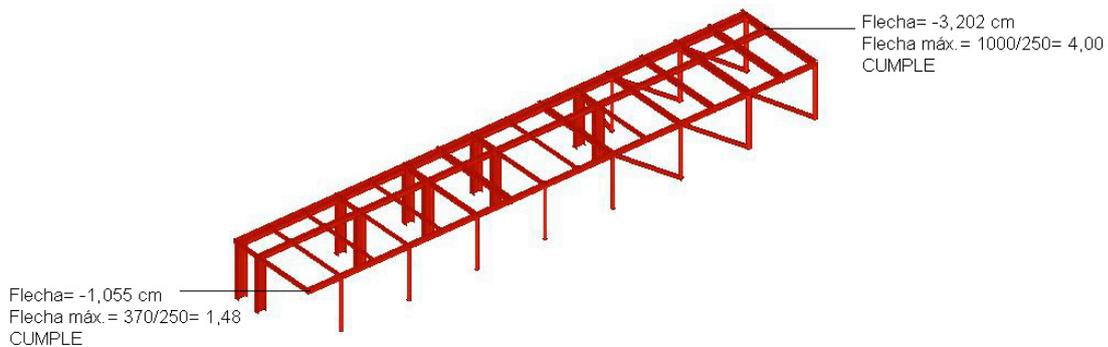
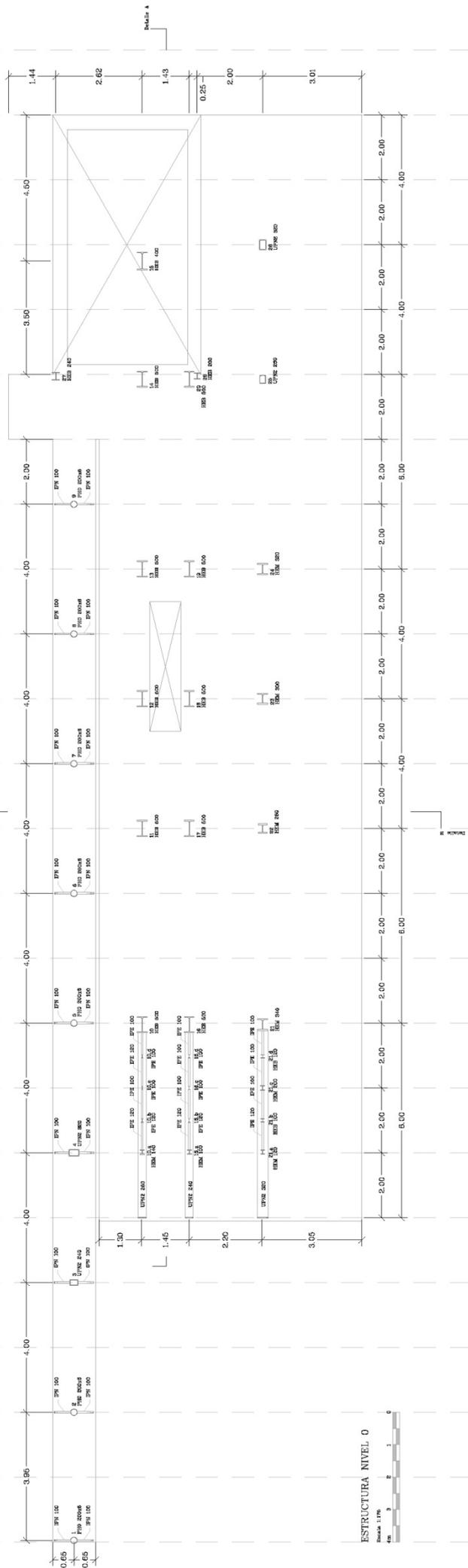


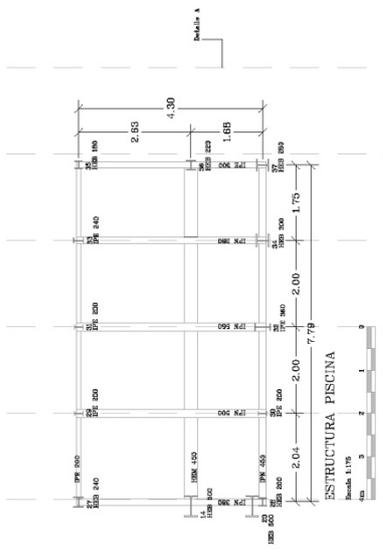
Ilustración 66 Análisis nivel 3

5 PLANOS DE EJECUCIÓN

**Ver ANEXO C_ PLANOS DE EJECUCIÓN Escala 1:150*

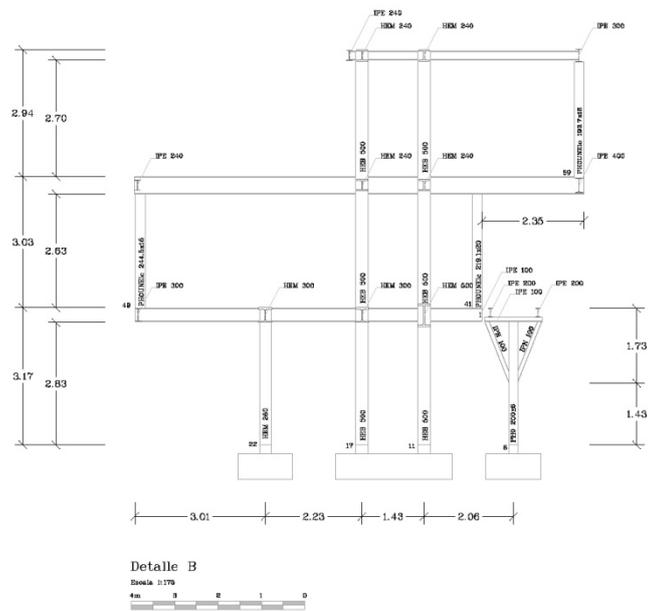


ESTRUCTURA NIVEL 0
Escala 1:100
4/20



ESTRUCTURA PISCINA
Escala 1:100
4/20





6 PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN

Para la realización del presupuesto se recurre al **Generador de precios, España**, pues se trata de un *software para Arquitectura, Ingenieros y Construcción de ©CYPE Ingenieros, S. A.*

6.1.1.1 Losa mixta con chapa colaborante

Tras realizar el presupuesto de los forjados en losa mixta con chapa colaborante en €/m², se calculan los **m² de forjado con los que cuenta nuestro proyecto según los planos realizados en AutoCAD®**. En la siguiente tabla se observa como se ha elaborado el **precio final de ejecución del forjado**.

Tabla 1 Presupuesto forjados vivienda efectuado por Generador de precios, España.

EHX011		m ²	Losa mixta con chapa colaborante.		
Losa mixta, canto 10 cm, con chapa colaborante de acero galvanizado de 0,75 mm de espesor, 44 mm de canto y 172 mm de intereje , y hormigón armado realizado con hormigón HA-25/B/20/Ila fabricado en central, y vertido con cubilote , volumen total de hormigón 0,062 m³/m² , acero UNE-EN 10080 B 500 S , con una cuantía total de 1 kg/m ² , y malla electrosoldada ME 15x30 Ø 6-6 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080 .					
Descompuesto	Ud	Descomposición	Rend.	Precio unitario	Precio partida
mt07pcl010acc	m ²	Perfil de chapa de acero galvanizado de 0,75 mm de espesor, 44 mm de canto y 172 mm de intereje, 7 a 8 kg/m ² y un momento de inercia de 30 a 40 cm ⁴ . Incluso tornillos autotaladrantes rosca-chapa para fijación de las chapas.	1,050	38,11	40,02
mt07aco020k	Ud	Separador homologado para losas mixtas.	3,000	0,08	0,24
mt07aco010c	kg	Acero en barras corrugadas, UNE-EN 10080 B 500 S, elaborado en taller industrial, diámetros varios.	1,000	1,00	1,00
mt07ame010h	m ²	Malla electrosoldada ME 15x30 Ø 6-6 B 500 T 6x2,20 UNE-EN 10080.	1,150	2,12	2,44
mt10haf010nea	m ³	Hormigón HA-25/B/20/Ila, fabricado en central.	0,062	76,88	4,77
mt07cem010a	Ud	Conector en "L", de acero galvanizado, de 5 cm de altura, para fijar a estructura de acero mediante clavado.	10,000	1,29	12,90
mt07cem020	Ud	Clavos de acero galvanizado, para aplicación con pistola.	20,000	0,26	5,20
mt07cem030	Ud	Cartucho de pólvora para fijación por disparo con clavadora.	20,000	0,17	3,40
mo041	h	Oficial 1 ^a estructurista.	0,493	18,10	8,92
mo087	h	Ayudante estructurista.	0,351	16,94	5,95
	%	Medios auxiliares	2,000	84,84	1,70
	%	Costes indirectos	3,000	86,54	2,60
Coste de mantenimiento decenal: 5,35€ en los primeros 10 años.				Total:	
m² forjado colaborante en proyecto			89,14 €/m²		
TOTAL		69.170,8572 €			
			775,98 m²		

6.1.1.2 Pilares

Tras realizar el presupuesto de los pilares en €/kg, se calculan los **kilogramos de acero en soportes** con los que cuenta nuestro proyecto definidos en el programa Architrave® [la cantidad de acero la facilita en kilonewton, por lo que habrá que calcularla en kilogramos]. En la siguiente tabla se observa como se ha elaborado el precio final de ejecución del forjado.

Tabla 2 Presupuesto soportes vivienda efectuado por Generador de precios, España.

EAS010		kg	Acero en pilares.		
Acero S275JR en pilares, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio Unitario	Importe
1	Materiales				
mt07ala010h	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04
mt27pfi010	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
Subtotal materiales:					1,28
2	Equipo y maquinaria				
mq08sol020	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,09	0,05
Subtotal equipo y maquinaria:					0,05
3	Mano de obra				
mo047	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	18,42	0,37
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	17,25	0,35
Subtotal mano de obra:					0,72
4	Costes directos complementarios				
	%	Costes directos complementarios	2,000	2,05	0,04
Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.					
Kg de acero en soportes					31.931,39 kg
TOTAL					66.736,6051 €
Costes directos (1+2+3+4):					2,09€/kg

6.1.1.3 Vigas

Tras realizar el presupuesto de las vigas en €/kg, se calculan los **kilogramos de acero en vigas** con los que cuenta nuestro proyecto definidos en el programa Architrave® [la cantidad de acero la facilita en kilonewton, por lo que habrá que calcularla en kilogramos]. En la siguiente tabla se observa como se ha elaborado el precio final de ejecución del forjado.

Tabla 3 Presupuesto vigas vivienda efectuado por Generador de precios, España.

EAV010		kg	Acero en vigas.		
Acero S275JR en vigas, con piezas simples de perfiles laminados en caliente de las series IPN, IPE, UPN, HEA, HEB o HEM con uniones soldadas.					
Código	Unidad	Descripción	Rendimiento	Precio unitario	Importe
1 Materiales					
mt07ala010h	kg	Acero laminado UNE-EN 10025 S275JR, en perfiles laminados en caliente, piezas simples, para aplicaciones estructurales.	1,050	0,99	1,04
mt27pfi010	l	Imprimación de secado rápido, formulada con resinas alquídicas modificadas y fosfato de zinc.	0,050	4,80	0,24
Subtotal materiales:					1,28
2 Equipo y maquinaria					
mq08sol020	h	Equipo y elementos auxiliares para soldadura eléctrica.	0,015	3,09	0,05
Subtotal equipo y maquinaria:					0,05
3 Mano de obra					
mo047	h	Oficial 1ª montador de estructura metálica.	0,020	18,42	0,37
mo094	h	Ayudante montador de estructura metálica.	0,020	17,25	0,35
Subtotal mano de obra:					0,72
4 Costes directos complementarios					
	%	Costes directos complementarios	2,000	2,05	0,04
Coste de mantenimiento decenal: 0,06€ en los primeros 10 años.					Costes directos (1+2+3+4): 2,09€/kg
Kg de acero en vigas		95023,26 kg			
TOTAL		198.598,6134 €			

6.1.1.4 Presupuesto total de ejecución

Tabla 4 Presupuesto proyecto de ejecución

Losa mixta con chapa colaborante	69.170,8572 €
Acero S275JR en pilares	66.736,6051 €
Acero S275JR en vigas	198.598,6134 €
TOTAL	334.506,0757 €

7 ANÁLISIS CRÍTICO DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.

7.1 Verificaciones. Comprobaciones y cumplimiento de normativa

Como bien nos indica el **CTE DB SE**, es necesario realizar tanto la verificación en *estado límite último de estabilidad y resistencia*, como la verificación en *estado límite de servicio de deformación del volumen*. Una de las ventajas de utilizar Architrave® es la **realización automática de estas verificaciones**.

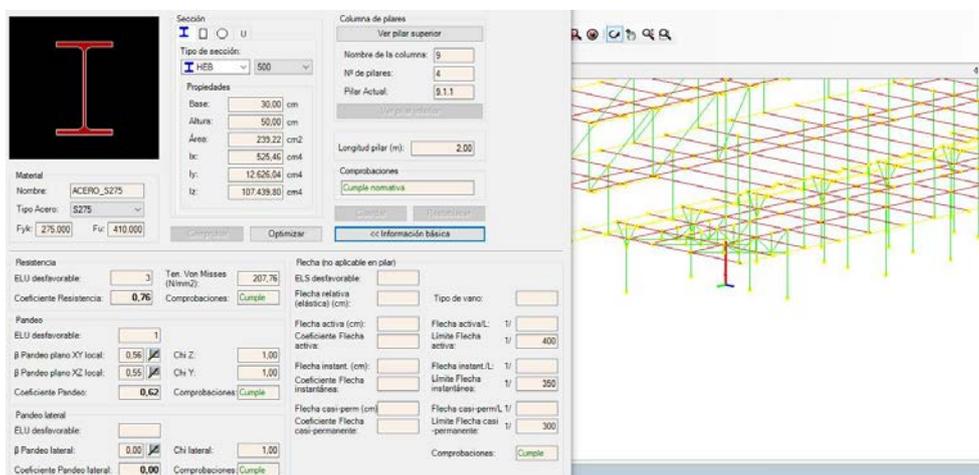


Ilustración 67 PILAR 10

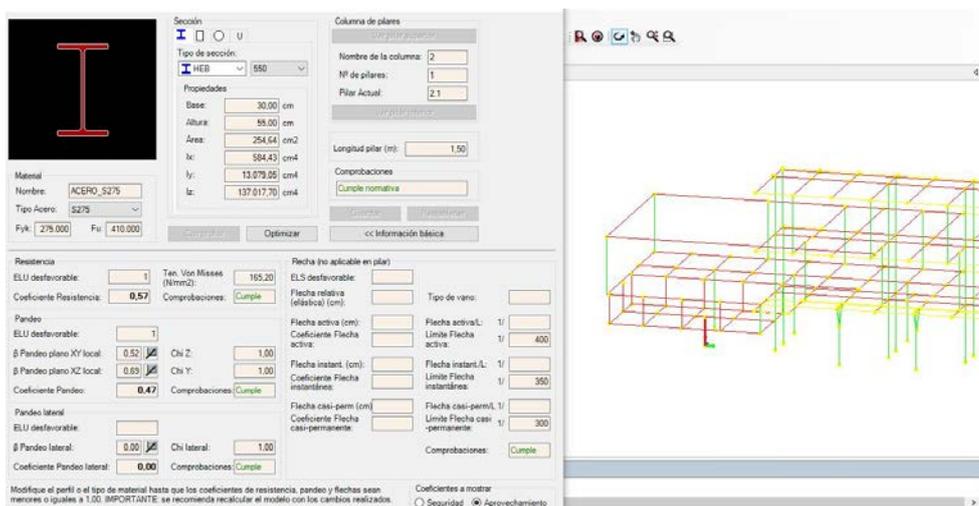
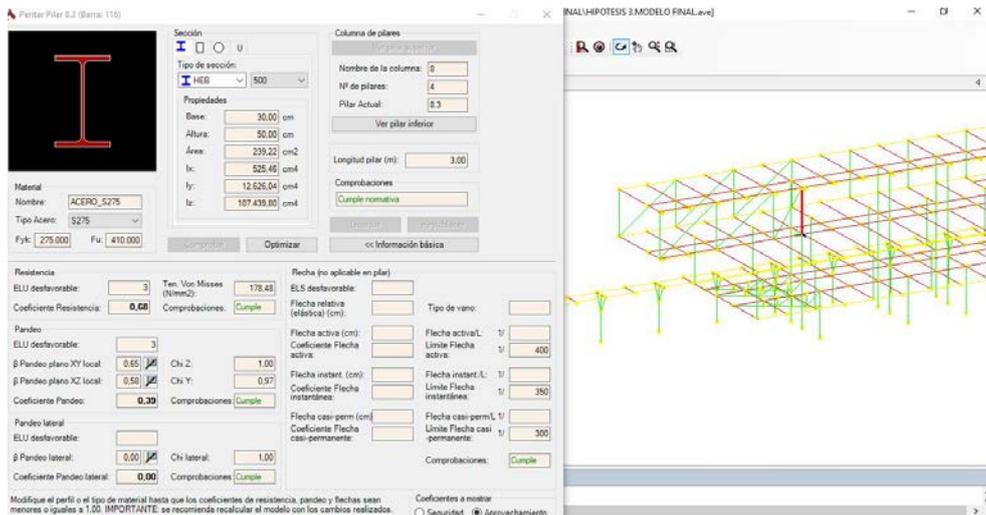


Ilustración 68 PILAR 15



Perfil Pilar 0.3 (Pilar: 15)

Sección
Tipo de sección: HEB 500
Propiedades:
Base: 30,00 cm
Altura: 50,00 cm
Área: 239,23 cm²
I_x: 525,46 cm⁴
I_y: 12.626,04 cm⁴
I_z: 107.439,80 cm⁴

Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
F_{yk}: 275.000 Fu: 410.000

Columna de pilares
Ver pilar superior
Nombre de la columna: 8
Nº de pilares: 4
Pilar Actual: 8.3
Ver pilar inferior
Longitud pilar (m): 3,00
Comprobaciones: Cumple normativa

Resistencia
ELU desfavorable: 3 Ten. Von Mises (N/mm²): 178,43
Coeficiente Resistencia: 0,68 Comprobaciones: Cumple

Pandeo
ELU desfavorable: 3
β Pandeo plano XY local: 0,65 CH Z: 1,00
β Pandeo plano XZ local: 0,50 CH Y: 0,97
Coeficiente Pandeo: 0,30 Comprobaciones: Cumple

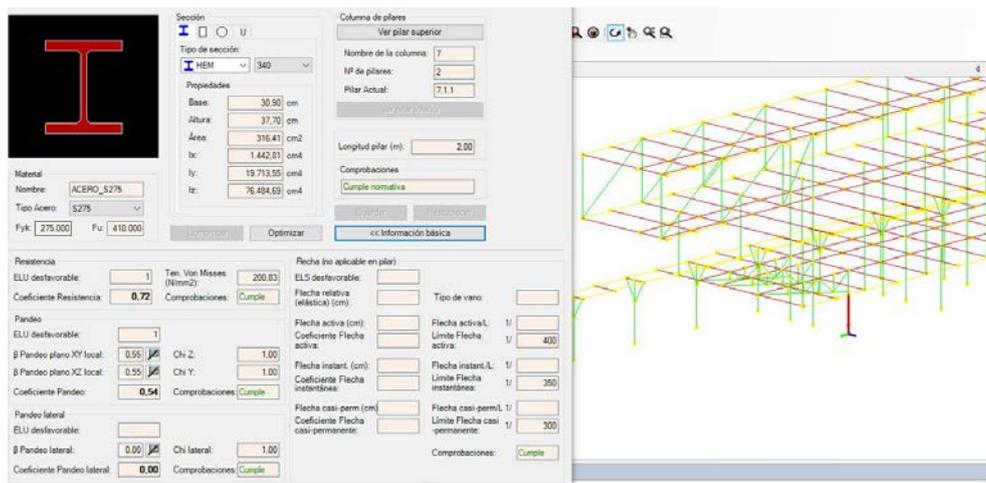
Pandeo lateral
ELU desfavorable: 3
β Pandeo lateral: 0,00 CH lateral: 1,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00 Comprobaciones: Cumple

Flacha (no aplicable en pilar)
FLS desfavorable: 3
Flacha relativa (elástica) (cm): 0,00 Tipo de vano: 0
Flacha activa (cm): 0,00 Flacha activa/L: 0,00
Coeficiente Flacha activa: 0,00 Límite Flacha activa: 0,00
Flacha instant. (cm): 0,00 Flacha instant./L: 0,00
Coeficiente Flacha instantánea: 0,00 Límite Flacha instantánea: 0,00
Flacha casi-perm (cm): 0,00 Flacha casi-perm./L: 0,00
Coeficiente Flacha casi-permanente: 0,00 Límite Flacha casi-permanente: 0,00
Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Ilustración 69 PILAR 15 PLANTA 2



Sección
Tipo de sección: HEM 340
Propiedades:
Base: 30,50 cm
Altura: 37,70 cm
Área: 316,41 cm²
I_x: 1.442,81 cm⁴
I_y: 19.713,55 cm⁴
I_z: 76.494,69 cm⁴

Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
F_{yk}: 275.000 Fu: 410.000

Columna de pilares
Ver pilar superior
Nombre de la columna: 7
Nº de pilares: 2
Pilar Actual: 7.1.1
Ver pilar inferior
Longitud pilar (m): 2,00
Comprobaciones: Cumple normativa

Resistencia
ELU desfavorable: 1 Ten. Von Mises (N/mm²): 200,83
Coeficiente Resistencia: 0,72 Comprobaciones: Cumple

Pandeo
ELU desfavorable: 1
β Pandeo plano XY local: 0,55 CH Z: 1,00
β Pandeo plano XZ local: 0,55 CH Y: 1,00
Coeficiente Pandeo: 0,54 Comprobaciones: Cumple

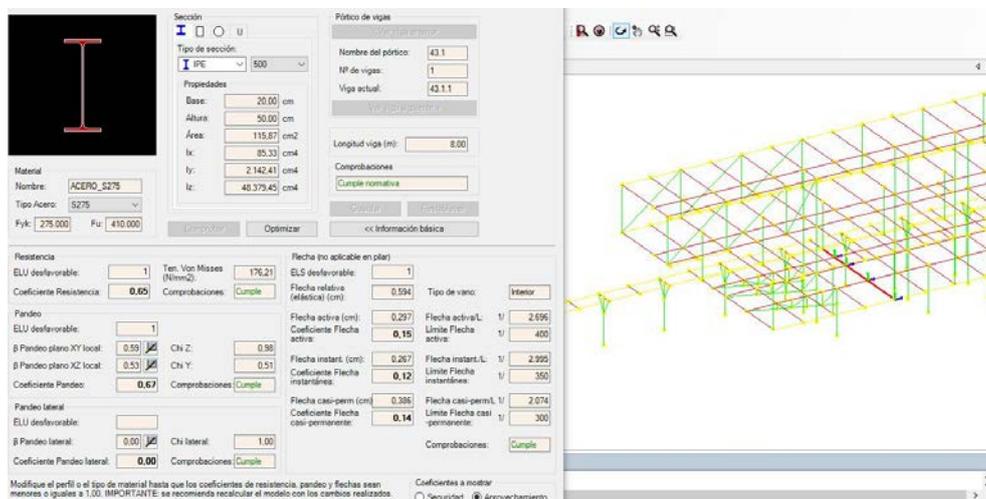
Pandeo lateral
ELU desfavorable: 1
β Pandeo lateral: 0,00 CH lateral: 1,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00 Comprobaciones: Cumple

Flacha (no aplicable en pilar)
FLS desfavorable: 1
Flacha relativa (elástica) (cm): 0,00 Tipo de vano: 0
Flacha activa (cm): 0,00 Flacha activa/L: 0,00
Coeficiente Flacha activa: 0,00 Límite Flacha activa: 0,00
Flacha instant. (cm): 0,00 Flacha instant./L: 0,00
Coeficiente Flacha instantánea: 0,00 Límite Flacha instantánea: 0,00
Flacha casi-perm (cm): 0,00 Flacha casi-perm./L: 0,00
Coeficiente Flacha casi-permanente: 0,00 Límite Flacha casi-permanente: 0,00
Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

Ilustración 70 PILAR 21



Sección
Tipo de sección: IPE 500
Propiedades:
Base: 20,00 cm
Altura: 50,00 cm
Área: 115,87 cm²
I_x: 85,33 cm⁴
I_y: 2.142,41 cm⁴
I_z: 48.379,45 cm⁴

Material
Nombre: ACERO_S275
Tipo Acero: S275
F_{yk}: 275.000 Fu: 410.000

Pórtico de vigas
Ver pórtico superior
Nombre del pórtico: 43.1
Nº de vigas: 1
Viga actual: 43.1.1
Ver pórtico inferior
Longitud viga (m): 8,00
Comprobaciones: Cumple normativa

Resistencia
ELU desfavorable: 1 Ten. Von Mises (N/mm²): 176,21
Coeficiente Resistencia: 0,65 Comprobaciones: Cumple

Pandeo
ELU desfavorable: 1
β Pandeo plano XY local: 0,50 CH Z: 0,80
β Pandeo plano XZ local: 0,51 CH Y: 0,51
Coeficiente Pandeo: 0,67 Comprobaciones: Cumple

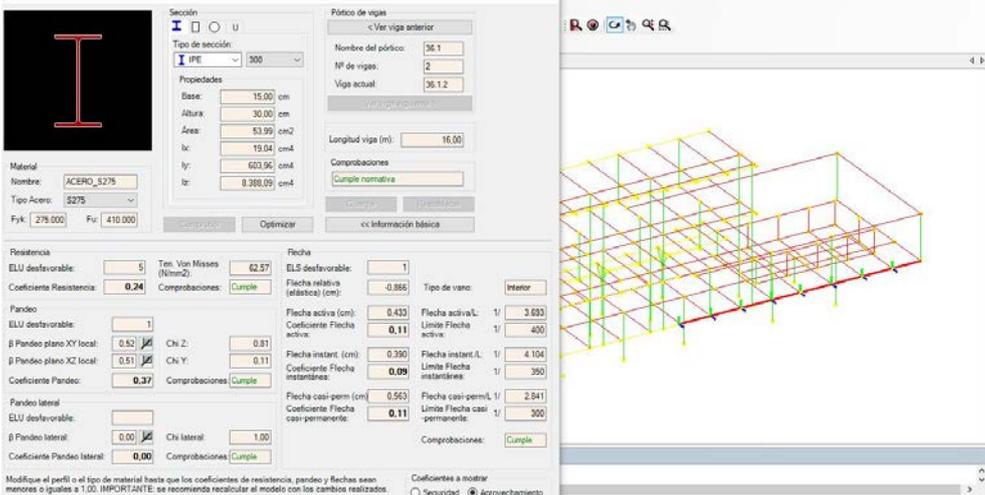
Pandeo lateral
ELU desfavorable: 1
β Pandeo lateral: 0,00 CH lateral: 1,00
Coeficiente Pandeo lateral: 0,00 Comprobaciones: Cumple

Flacha (no aplicable en pilar)
FLS desfavorable: 1
Flacha relativa (elástica) (cm): 0,594 Tipo de vano: Interior
Flacha activa (cm): 0,297 Flacha activa/L: 2,696
Coeficiente Flacha activa: 0,15 Límite Flacha activa: 400
Flacha instant. (cm): 0,267 Flacha instant./L: 2,992
Coeficiente Flacha instantánea: 0,12 Límite Flacha instantánea: 350
Flacha caso-perm (cm): 0,386 Flacha caso-perm./L: 2,074
Coeficiente Flacha casi-permanente: 0,14 Límite Flacha casi-permanente: 300
Comprobaciones: Cumple

Modifique el perfil o el tipo de material hasta que los coeficientes de resistencia, pandeo y flechas sean menores o iguales a 1,00. IMPORTANTE: se recomienda recalcular el modelo con los cambios realizados.

Coefficientes a mostrar: Seguridad Aprovechamiento

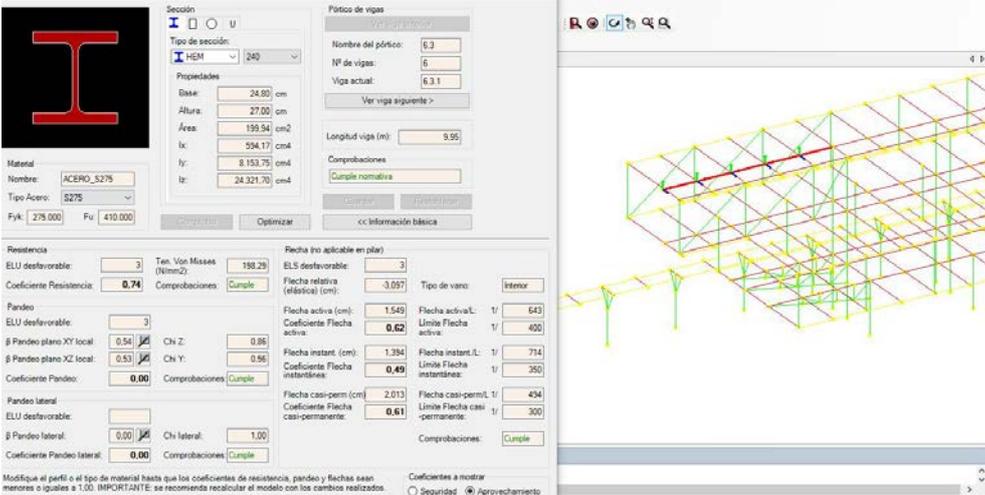
Ilustración 71 VIGA NIVEL 1



Propiedades		Pórtico de vigas	
Tipo de sección:	IPE 300	Nombre del pórtico:	36.1
Base:	15.00 cm	Nº de vigas:	2
Altura:	30.00 cm	Viga actual:	36.1.2
Área:	53.99 cm ²	Longitud viga (m):	16.00
I _x :	19.04 cm ⁴	Comprobaciones:	Cumple normativa
I _y :	603.96 cm ⁴		
I _z :	8.388.09 cm ⁴		

Resistencia		Flacha	
ELU desfavorable:	5	ELS desfavorable:	1
Coefficiente Resistencia:	0.24	Flacha relativa (elástica) (cm):	-0.868
Pandeo		Flacha activa (cm):	0.433
ELU desfavorable:	1	Coefficiente Flacha activa:	0.11
β Pandeo plano XY local:	0.52	Flacha instant. (cm):	0.330
β Pandeo plano XZ local:	0.51	Coefficiente Flacha instantánea:	0.09
Coefficiente Pandeo:	0.37	Flacha casi-perm (cm):	0.563
Pandeo lateral		Coefficiente Flacha casi-permanente:	0.11
ELU desfavorable:		Flacha casi-perm/L:	2.841
β Pandeo lateral:	0.00	Límite Flacha casi-permanente:	300
Coefficiente Pandeo lateral:	0.00	Comprobaciones:	Cumple

Ilustración 72 VIGA NIVEL 1



Propiedades		Pórtico de vigas	
Tipo de sección:	HEM 240	Nombre del pórtico:	6.3
Base:	24.80 cm	Nº de vigas:	6
Altura:	27.00 cm	Viga actual:	6.3.1
Área:	159.94 cm ²	Longitud viga (m):	9.95
I _x :	594.17 cm ⁴	Comprobaciones:	Cumple normativa
I _y :	8.153.75 cm ⁴		
I _z :	24.321.70 cm ⁴		

Resistencia		Flacha (no aplicable en pilar)	
ELU desfavorable:	3	ELS desfavorable:	3
Coefficiente Resistencia:	0.74	Flacha relativa (elástica) (cm):	-3.057
Pandeo		Flacha activa (cm):	1.549
ELU desfavorable:	3	Coefficiente Flacha activa:	0.62
β Pandeo plano XY local:	0.54	Flacha instant. (cm):	1.394
β Pandeo plano XZ local:	0.53	Coefficiente Flacha instantánea:	0.49
Coefficiente Pandeo:	0.00	Flacha casi-perm (cm):	2.013
Pandeo lateral		Coefficiente Flacha casi-permanente:	0.61
ELU desfavorable:		Flacha casi-perm/L:	404
β Pandeo lateral:	0.00	Límite Flacha casi-permanente:	300
Coefficiente Pandeo lateral:	0.00	Comprobaciones:	Cumple

Ilustración 73 VIGA NIVEL 3

Sin embargo, debemos tener en cuenta también, como hemos hecho en el apartado de *Análisis del modelo 4.6.1.3*, las **deformaciones generales**, ya que estas no las tiene en cuenta el programa y por ese motivo las hemos analizado en los puntos más desfavorables del sistema.

En consecuencia, atendiendo a los resultados obtenidos en el apartado 4.6.1.3, es necesario hacer hincapié en el bloque superior con una flecha negativa de 4,153 centímetros que debe ser prevenida.

La primera cuestión a resolver es encontrar el origen de esta deformación, que yendo a los resultados del modelo de cálculo se puede comprobar que asignando la **HIPOTEIS 1- Peso propio** y observando su deformación, en ese mismo punto se obtiene una flecha de -3,50 centímetros. Y por consiguiente, si se accede a la **HIPOTEIS 2- Sobrecarga de uso**, se percata una flecha de -0,653 centímetros. Resultado de estos dos valores se obtiene la Combinación en ELS de un valor negativo igual a 4,153 centímetros.

Supuesto esto, es fundamental ser consciente que **una deformación de esta estimación es perceptible a la vista de las personas**, lo cual también se debe *buscar una correcta alternativa* para evitar este fenómeno.

Tras un análisis detallado, y empleando las *ventajas de la estructura metálica*, propongo realizar una **contraflecha de igual valor a la deformación generada por las cargas permanentes**. De esta manera, bajo la acción de cargas permanente no se darían cambios visibles, mientras que ante la actuación de cargas variables la estructura iniciaría sus primeras modificaciones, ya sea por sobrecarga de uso o viento.

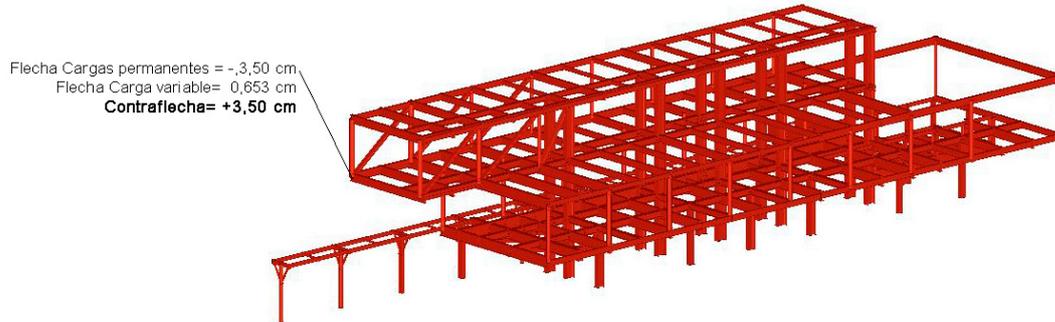


Ilustración 74 Contraflecha bloque superior

8 CONCLUSIONES

El objetivo principal de este trabajo ha consistido en **diseñar un sistema estructural metálico fiel a las ideas básicas del proyecto arquitectónico** junto con la elaboración de los planos de ejecución y el presupuesto final de obra.

Dentro de las conclusiones generales, destacamos un minucioso **estudio previo** sobre el arquitecto y su obra que ha permitido dar solución a la **construcción modular**. Crear una **regla** que aporte orden a las plantas de estructura resulta una tarea que no solo facilita la distribución estructural, sino que con vistas a la construcción futura también simplifica las tareas de ejecución a los operarios.

Aplicar **ejes cada dos metros** que respeten la distribución funcional del proyecto ha sido una buena decisión, pues trabajar con un sistema estructural de **vigas y pilares** requiere un orden dimensional por los aspectos anteriormente comentados.

La elaboración de diferentes **modelos de cálculo** a lo largo de este trabajo muestra la **evolución** del sistema estructural a lo largo de esta **trayectoria**, desde el inicio se ha proyectado un prototipo capaz de funcionar como un conjunto estructural, por lo que analizar los elementos de manera independiente sería inadmisibles. El modelo de cálculo final ha sido obtenido gracias a un detallado predimensionado en el que hemos podido identificar los **condicionantes de la estructura** y plantear **soluciones estables**.

El primer prototipo elaborado da respuesta a esta compleja estructura desde un punto de vista de geometría, sin embargo no cumple las condiciones de ELU y ELS, pues nos hemos quedado en un escaso dimensionado; por esta razón, tras numerosas estimaciones, obtenemos el **modelo 2** analizado, para el que se elaboran unas tablas indicando los fallos de los perfiles, lo que facilita identificar los errores que se han cometido en este proceso y observar los condicionantes estructurales que se han de resolver. Se han desarrollado abundantes cambios hasta llegar al **modelo 3**, ya que, por un lado al realizar optimizaciones de las diferentes secciones, el modelo ya no cumplía, debido a, como he comentado anteriormente, un criterio de rigidez y estabilidad que funciona como un conjunto estructural, y no como un sistema de vigas y pilares independiente, es por ello que se ha tenido que analizar en este Trabajo cada una de las deformaciones en los puntos críticos de este proyecto; y por otro lado, las decisiones de añadir determinados pilares, o realizar ménsulas y cerchas, han sido necesarias para que la estructura llegase a funcionar correctamente y no llegase a colapsar. Destacar aquí, la ejecución de la **contraflecha** como último recurso a determinadas flechas, siendo una oportunidad de aplicación que permite este material.

Es por todo esto que elaborar un **conjunto estructural** acertado es un proceso complejo que requiere un análisis previo de la obra, pues hay que destacar la buena tarea arquitectónica como la suma de un proyecto básico, estructural, instalaciones, presupuesto, entre otros muchos aspectos que engloba una construcción.

Ahora bien, en relación a las conclusiones específicas de este Trabajo destacar el **esquema estructural obtenido**, que aunque se puede admitir que en determinados puntos ha debido ser modificado por cuestiones de resistencia, probablemente en un futuro estudio, este sistema puede ser **optimizado** en cierta medida, incluso prescindir de soportes añadidos según nuestros criterios.

Hacer mención especial al material utilizado también forma parte de este apartado, pues las características constructivas y funcionales del **acero estructural** son muy ventajosas para este tipo de sistemas. Es de nuestro conocimiento el hecho

de que en vivienda residencial el hormigón armado toma protagonismo, si bien el acero se utiliza en sectores industriales y edificios de uso público.

El acero es un material **moderno y contemporáneo** que posibilita infinidad de aplicaciones, sobretodo en proyectos donde deben hacerse constantes modificaciones. Entre sus principales ventajas se destaca su enorme **resistencia**, su **ductilidad** ya que avisa con grandes deformaciones antes de colapsar la estructura, su **uniformidad** y **homogeneidad**, importante **rapidez en el montaje** con su consecuente ajuste de costes fijos. De estas propiedades mencionadas, favorece el planteamiento de la **contraflecha** en determinados puntos del proyecto, pues no todos los materiales pueden presumir de este fenómeno. También, aunque en este sistema no se han determinado formas diferentes a las normalizadas, el acero tiene la propiedad de poder ser **laminado** y por consiguiente, realizar formas que el proyecto demande. Por último, tenemos que destacar que actualmente se han desarrollado numerosos **sistema de protección contra la corrosión**, lo que permite que la vida útil del acero sea casi ilimitada. Si bien las ventajas nos favorecen a la hora de utilizar este material, sus **inconvenientes** deben preocupar y tenerse en cuenta siempre, pues de lo contrario un fallo en el desconocimiento de alguno de ellos puede causar daños importantes en la estructura. En primer lugar, la **corrosión** puede ser más o menos grave dependiendo del lugar donde se encuentre el edificio en cuestión; en segundo lugar, en caso de **incendio** el acero se muestra totalmente débil, lo cual hace que sea obligatorio casi en todas las aplicaciones el recubrimiento del material con pintura ignífuga; y en último lugar, se menciona el importante **pandeo** de este tipo de estructuras, su **elevado coste económico** como se ha podido observar en el presupuesto, y la **mano de obra especializada** que requiere.

El **presupuesto total de ejecución** que se ha calculado de 334.506,0757 euros es extremadamente **elevado** para ser una vivienda residencial. Ahora bien, se cuenta con 775,98 m² de forjado, es bien sabido que una vivienda mínima se encuentra en los 90 m² y que existen incluso de 30 y 40 m², por lo que no sería una buena alternativa reducir superficie construida ya que se estaría modificando el proyecto. Sin embargo, se podría plantear una **optimización en vigas y pilares, ya que como se optado por la realización de contraflechas se podría generalizar esto para todos los voladizos que sean de mayor importancia, reduciendo así los kilogramos de acero estructural y por consiguiente su presupuesto final.**

Por tanto, como conclusión final, **se admite el modelo como válido en cuestiones de resistencia y estabilidad, pero debe ser descartado por motivos económicos**, pues este modelo puede ser reformulado y lograr rebajar el presupuesto.

9 BIBLIOGRAFÍA

9.1 *Revistas*

2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). *Mathias Klotz, nº26*. Barcelona: GUSTAVO GILI, SA.

ALLEN, STAN. "Desde el Nuevo Mundo". *2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). Mathias Klotz nº26*. pp. 4-13

9.2 *Libros*

KLOTZ, MATHIAS. "Acerca de mi trabajo". *2G Revista Internacional de Arquitectura (2003). Mathias Klotz nº26*. pp. 130-133

9.3 *Páginas web*

ARCHITRAVE. *Manual*. <https://www.architrave.es/producto/manual/2011-1/index.php>

GENERADOR DE PRECIOS. *Presupuesto*. <http://www.generadordeprecios.info/>

10 ÍNDICE DE ILUSTRACIONES Y TABLAS

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración1 Por Verónica Ortíz	6
Ilustración2 Casa Muchnick, Catagua, (2001-2002). Por Mathias Klotz.....	6
Ilustración 4 Casa Muchnick, Catagua (2001-2002). Por Mathias Klotz.....	7
Ilustración 3 Casa Díaz, Santiago de Chile (2001). Por Mathias Klotz.....	7
Ilustración 5 Casa Reutter, Catagua (1998). Por Alberto Piovano.....	7
Ilustración 6 Casa Viejo, Santiago de Chile (2001-2002). Por Mathias Klotz.....	8
Ilustración 7 Colegio Altamira, Santiago de Chile (1999-2000). Por Alberto Piovano....	8
Ilustración 8 Bodega Las Niñas, Santa Cruz (1999). Por Alberto Piovano.....	8
Ilustración 10 Bodega Las Niñas, Santa Cruz (1999). Por Alberto Piovano.....	9
Ilustración 9 Casa Ponce, Buenos Aires (2001-2002). Por Mathias Klotz.....	9
Ilustración 11 Emplazamiento. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	10
Ilustración 12 Planta segunda. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	10
Ilustración 13 Planta primera. 2G Revista Internacional de Arquitectura	10
Ilustración 14 Planta baja. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	10
Ilustración 16 Alzado norte. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	11
Ilustración 17 Alzado sur. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	11
Ilustración 15 Interior vivienda. Por Mathias Klotz.....	11
Ilustración 18 Alzado este. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	11
Ilustración 21 Sección BB. 2G Revista Internacional de Arquitectura	12
Ilustración 22 Sección CC. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	12
Ilustración 19 Sección AA. 2G Revista Internacional de Arquitectura	11
Ilustración 20 Alzado oeste. 2G Revista Internacional de Arquitectura.....	12
Ilustración 23 Sección. 2G Revista Internacional de Arquitectura	12
Ilustración 25 Imagen exterior. Por Mathias Klotz	13
Ilustración 24 Imagen exterior. Por Mathias Klotz	12
Ilustración 27 Imagen interior. Por Mathias Klotz	13
Ilustración 26 Imagen exterior. Por Mathias Klotz	13
Ilustración 29 Imagen interior. Por Mathias Klotz.	13
Ilustración 28 Imagen exterior. Por Mathias Klotz	13
Ilustración 30 Modelo 1. Escala 1:250	15
Ilustración 32 Modelo 2. Forjado piscina. Escala 1:250.....	16
Ilustración 33 Modelo 2. ARCHITRAVE® Piscina	16

Ilustración 31 Modelo 2. Nivel 0. Escala 1:250.....	16
Ilustración 34 Modelo 2. ARCHITRAVE NIVEL 1	17
Ilustración 35 Modelo 2. ARCHITRAVE NIVEL 1	17
Ilustración 36 Modelo2 Nivel 1. Escala 1:250.....	17
Ilustración 37 Modelo 2. Nivel 2 . Escala 1:250.....	17
Ilustración 38 Flecha nivel 2.....	18
Ilustración 39 Flecha = -30,514cm.....	18
Ilustración 40 ELS Nivel 3 . Escala 1:250.....	18
Ilustración 41 Deformación NIVEL 3.....	18
Ilustración 42 Modelo 2.	19
Ilustración 43 Modelo 2.	19
Ilustración 44 ELS_ Modelo 2.	19
Ilustración 46 ELS_ Flector Z. Modelo 2.....	20
Ilustración 45 ELS_ Modelo 2.	20
Ilustración 47 ELS _ Cortante Y. Modelo 2.....	20
Ilustración 48 PÓRTICO 7-12-16-20-24	21
Ilustración 49 CERCHA (ménsula) SOPORTES 7-8-9.....	21
Ilustración 50 SOPORTE TIPO PH0.....	22
Ilustración 51 ARRIOSTRAMIENTOS BLOQUE SUPERIOR.....	22
Ilustración 52 AutoCAD. Modelo de cálculo final.....	23
Ilustración 53 AXONOMETRÍA 1	24
Ilustración 54 AXONOMETRÍA 3	24
Ilustración 55 AXONOMETRÍA 2	24
Ilustración 57 ALZADO FRONTAL.....	25
Ilustración 56 SECCIÓN DEL PROYECTO	25
Ilustración 58 ALZADO LATERAL PROYECTO.....	25
Ilustración 59 ALZADO LATERAL	25
Ilustración 60 PERSPECTIVA BLOQUE SUPERIOR EN VOLADIZO. Arriostramientos laterales	26
Ilustración 61 Unión viga y pilar. Con rigidizadores alineados con las alas.....	29
Ilustración 62 Nudo en KT.....	29
Ilustración 63 Nudo en N.....	29
Ilustración 64 Análisis nivel 1	41
Ilustración 65 Análisis nivel 2	42
Ilustración 66 Análisis nivel 3	42
Ilustración 71 PILAR 10.....	53
Ilustración 72 PILAR 15.....	53

Ilustración 73 PILAR 15 PLANTA 2	54
Ilustración 74 PILAR 21	54
Ilustración 75 VIGA NIVEL 1	54
Ilustración 76 VIGA NIVEL 1	55
Ilustración 77 VIGA NIVEL 3	55
Ilustración 78 Contraflecha bloque superior	56

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1 Presupuesto forjados vivienda efectuado por Generador de precios, España.....	50
Tabla 2 Presupuesto soportes vivienda efectuado por Generador de precios, España.....	51
Tabla 3 Presupuesto vigas vivienda efectuado por Generador de precios, España.....	52
Tabla 4 Presupuesto proyecto de ejecución	52