



UNIVERSIDAD DE JAÉN
Escuela Politécnica Superior de Linares

Trabajo Fin de Grado

DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DEL NUEVO MERCADO CENTRAL DE ABASTOS DE LINARES

Alumno: Juan José Sevilla Rusillo

Tutor: Prof. D. Antonio M. Montañés López
Depto.: Ingeniería Mecánica y Minera

Septiembre, 2021

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TÍTULO DEL PROYECTO: DEFINICIÓN Y CÁLCULO DE LA ESTRUCTURA DEL NUEVO MERCADO CENTRAL DE ABASTOS DE LINARES.

INSTITUCIÓN: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE LINARES, UNIVERSIDAD DE JAÉN.

CARRERA: GRADO EN INGENIERÍA CIVIL.

ALUMNO: JUAN JOSÉ SEVILLA RUSILLO.

TUTOR: ANTONIO MANUEL MONTAÑÉS LÓPEZ.

DEPARTAMENTO: INGENIERÍA MECÁNICA Y MINERA.

FIRMA DEL ALUMNO

FIRMA DEL TUTOR

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'J. Sevilla Rusillo', with a large, stylized initial 'J' and 'S'.

Juan José Sevilla Rusillo

DNI: 26507647D

08/09/96

Índice

1.	Resumen y abstract.....	10
1.1.	Resumen.	10
1.2.	Abstract.....	11
2.	Introducción.....	12
2.1.	Antecedentes.....	12
2.2.	Ubicación y emplazamiento.	16
2.3.	Descripción del edificio.....	19
2.4.	Estabilización de la fachada.	27
3.	Descripción de la solución estructural adoptada	29
4.	Objetivos.....	35
5.	Metodología y normativa	36
5.1.	Metodología.....	36
5.2.	Normativa.	36
6.	Diseño y cálculo de la estructura.....	37
6.1.	Demolición.	37
6.2.	Estimación del canto de la losa.	40
6.3.	Forjados.	42
6.4.	Cálculo de las cargas sobre la estructura.	44
6.5.	Combinaciones de cargas.	63
6.6.	Escaleras.	65
6.7.	Ascensores.....	67
6.8.	Proceso de modelización de la estructura.....	69
6.9.	Dimensionamiento de vigas y pilares. Grupos de barras.	74
6.10.	Verificación de barras. ELU y ELS.....	76
6.11.	Resumen de barras de la estructura.	76
6.12.	Dimensionamiento y armado de losa de cimentación.	76

6.13.	Dimensionamiento y armado de muros de sótano.....	77
6.14.	Placas de anclaje de pilares.....	78
6.15.	Uniones entre barras.	83
7.	Conclusiones.....	87
8.	Bibliografía.....	88
9.	Anejo A: Planos.....	90
9.1.	Situación y emplazamiento.....	90
9.2.	Volumetría 3D – Orientación (NE).	90
9.3.	Volumetría 3D – Orientación (SO).	90
9.4.	Alzado fachada principal (NE).	90
9.5.	Alzado fachada lateral (NO).	90
9.6.	Alzado fachada trasera (SO).	90
9.7.	Alzado fachada lateral (SE).	90
9.8.	Arquitectura - Planta Sótano.	90
9.9.	Arquitectura - Planta Baja.	90
9.10.	Arquitectura – Planta Primera.	90
9.11.	Arquitectura - Planta Cubierta.	90
9.12.	Sección general longitudinal.	90
9.13.	Sección general transversal.	90
9.14.	Estructura - Forjado Planta Baja.....	90
9.15.	Estructura - Forjado Planta Primera.	90
9.16.	Estructura - Alzado NE.....	90
9.17.	Estructura - Alzado NO.	90
9.18.	Estructura - Alzado SE.	90
9.19.	Estructura - Alzado SO.....	90
9.20.	Replanteo cimentación.	90
9.21.	Armado losa de cimentación.	90

9.22.	Armado muros de sótano.....	90
9.23.	Detalles - Placas de anclaje.	90
9.24.	Detalles - Uniones viga-pilar.....	90
9.25.	Detalles - Perfiles metálicos.	90
9.26.	Detalles - Cerchas de cubierta.	90
9.27.	Detalles - Ascensor.....	90
10.	Anejo B: Presupuesto	91
10.1.	Mediciones.....	91
10.2.	Cuadros de precios 1 y 2.....	91
10.3.	Mediciones y presupuesto.	91
10.4.	Resumen de presupuesto.	91
11.	Anejo C: Listados.....	91
11.1.	Nota de cálculo de dimensionamiento de barras de acero.....	91
11.2.	Listado de verificación de barras a ELU y ELS.	91

Índice de imágenes

<i>Imagen 1: Mercado de abastos de Linares (1906-2017).</i>	12
<i>Imagen 2: Interior del Mercado de abastos (2017).</i>	12
<i>Imagen 3: Proyecto de Mercado de abastos de Linares de Julio Saracíbar.</i>	13
<i>Imagen 4: Estado actual de la fachada principal y lateral SE.</i>	15
<i>Imagen 5: Estado actual fachada trasera y lateral NO.</i>	15
<i>Imagen 6: Localización de Linares.</i>	16
<i>Imagen 7: Ubicación geográfica de Linares y su comarca.</i>	16
<i>Imagen 8: Tabla climática de Linares.</i>	17
<i>Imagen 9: Media de horas de sol de Linares.</i>	18
<i>Imagen 10: Ubicación geográfica 3D del edificio en Linares.</i>	18
<i>Imagen 11: Cercha tipo Polonceau.</i>	20
<i>Imagen 12: Muro de fábrica de ladrillo.</i>	21
<i>Imagen 13: Revestimiento de gres cerámico blanco.</i>	21
<i>Imagen 14: Fachada principal del Mercado.</i>	22
<i>Imagen 15: Vista 3D de sección Planta 1ª.</i>	23
<i>Imagen 16: Vista 3D Planta 1ª zona cafetería.</i>	24
<i>Imagen 17: Vista 3D Planta 1ª zona ascensor y aseos.</i>	24
<i>Imagen 18: Vista 3D Planta Baja zona escaleras.</i>	25
<i>Imagen 19: Vista 3D Planta 1ª pasillo central.</i>	25
<i>Imagen 20: Distribución de superficies.</i>	27
<i>Imagen 21: Estabilización de la fachada.</i>	28
<i>Imagen 22: Nuevo mercado de abastos de Vitoria-Gasteiz (2014).</i>	29
<i>Imagen 23: Mercado de abastos de Atarazanas en Málaga.</i>	30
<i>Imagen 24: Vista 3D del modelo de edificio.</i>	30
<i>Imagen 25: Planta Baja.</i>	32
<i>Imagen 26: Planta 1ª.</i>	33
<i>Imagen 27: Vista 3D de la nueva estructura.</i>	34
<i>Imagen 28: Demolición con retroexcavadora.</i>	38
<i>Imagen 29: Demolición por troceado de muros de ladrillo.</i>	40
<i>Imagen 30: Forjado de chapa colaborante.</i>	43
<i>Imagen 31: Estimación canto forjado chapa colaborante.</i>	43

<i>Imagen 32: Numeración de pórticos.</i>	46
<i>Imagen 33: Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos</i>	47
<i>Imagen 34: Numeración de correas.</i>	48
<i>Imagen 35: Tabla C.2 Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura..</i>	49
<i>Imagen 36: Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso.</i>	52
<i>Imagen 37: Tabla valores característicos de sobrecarga de uso (cubierta).</i>	54
<i>Imagen 38: Mapa para obtener v_b.</i>	56
<i>Imagen 39: Valores de k, L, Z para obtener c_e.</i>	57
<i>Imagen 40: Coeficientes para obtener c_p.</i>	58
<i>Imagen 41: Parámetros para cálculo de fuerzas de viento.</i>	59
<i>Imagen 42: Definición de perfil de viento.</i>	60
<i>Imagen 43: Fórmula para la carga de nieve en kN/m^2</i>	61
<i>Imagen 44: Sobrecarga de nieve en capitales de provincia.</i>	61
<i>Imagen 45: Condiciones de huella y contrahuella.</i>	65
<i>Imagen 46: Ancho mínimo de los escalones.</i>	66
<i>Imagen 47: Ascensor GEN2 Confort/Switch.</i>	67
<i>Imagen 48: Esquema en planta de ascensor.</i>	69
<i>Imagen 49: Niveles y modelado de Planta 1ª.</i>	70
<i>Imagen 50: Modelo geométrico.</i>	71
<i>Imagen 51: Modelo analítico.</i>	71
<i>Imagen 52: Obtención del coeficiente de balasto.</i>	72
<i>Imagen 53: Introducción datos de la losa.</i>	73
<i>Imagen 54: Relajación en extremos de barras.</i>	73
<i>Imagen 55: Coeficientes de pandeo.</i>	75
<i>Imagen 56: Cargas en cabeza de pilar.</i>	77
<i>Imagen 57: Datos para leyes de empuje del terreno.</i>	78
<i>Imagen 58: Esquema de empujes del terreno sobre muros.</i>	78
<i>Imagen 59: Pilar más desfavorable para dimensionar placa.</i>	79
<i>Imagen 60: Parámetros del pilar.</i>	79
<i>Imagen 61: Parámetros de la pletina.</i>	80
<i>Imagen 62: Tornillos de la placa de anclaje.</i>	80
<i>Imagen 63: Soldadura de la pletina de la placa de anclaje.</i>	81
<i>Imagen 64: Cimentación de la placa de anclaje.</i>	81
<i>Imagen 65: Parámetros normativos de la placa de anclaje.</i>	82

<i>Imagen 66: Vista 3D de la placa de anclaje.</i>	<i>82</i>
<i>Imagen 67: Modelo de la viga más solicitada.....</i>	<i>83</i>
<i>Imagen 68: Pletina de unión de la viga.....</i>	<i>84</i>
<i>Imagen 69: Tornillos de unión de la viga.....</i>	<i>84</i>
<i>Imagen 70: Soldadura de la unión a la viga.</i>	<i>85</i>
<i>Imagen 71: Parámetros normativo de la unión de la viga.....</i>	<i>85</i>
<i>Imagen 72: Vista 3D de la unión.....</i>	<i>86</i>

Índice de tablas

Tabla 1: Comparativa de superficies útiles.....	25
Tabla 2: Módulo de deformación de suelos.	41
Tabla 3: Tabla para obtener tipo de cimentación.	41
Tabla 4: Canto de la losa según nº plantas y longitud.....	42
Tabla 5: Resumen del cálculo de cargas debidas al peso de los forjados de planta	44
Tabla 6: Resumen de cálculo de cargas debidas al peso de los paneles sándwich	48
Tabla 7: Resumen cálculo cargas sobre vigas de ascensor debidas al cerramiento	49
Tabla 8: Resumen cálculo cargas de cerramientos y falsos techos.	50
Tabla 9: Resumen cálculo de sobrecargas de uso.	52
Tabla 10: Resumen cálculo sobrecarga de mantenimiento de cubierta.	54
Tabla 11: Parámetros para cargas de viento.....	57
Tabla 12: Cálculo de perfil de viento.....	59
Tabla 13: Resumen de cálculo de cargas de nieve (Caso 1).....	62
Tabla 14: Resumen de cálculo de cargas de nieve (Caso 2).....	62
Tabla 15: Resumen de cálculo de cargas de nieve (Caso 3).....	63
Tabla 16: Datos de esclaeras.	66
Tabla 17: Cargas del ascensor.....	69
Tabla 18: Grupos de barras.	74
Tabla 19: Resumen de barras.....	76

1. Resumen y abstract

1.1. Resumen.

El objetivo de este proyecto es el diseño y cálculo de la estructura del nuevo Mercado de abastos de Linares. El edificio original sufrió un derrumbe parcial en marzo de 2018 a causa de un fuerte temporal de viento, provocando la caída de la cubierta y la destrucción de la práctica totalidad de una de las fachadas laterales, además de afectar a otras dos fachadas en su coronación.

Se ha planteado una demolición parcial de las fachadas dañadas y el arriostramiento de la fachada principal, la cual se mantendrá, durante las obras.

El modelado del edificio se llevará a cabo con Autodesk Revit 2020 y para el cálculo y dimensionamiento de la nueva estructura interior se empleará Revit Structural Analysis, mientras que para la losa de cimentación y los muros de sótano el software utilizado será CypeCAD 2021.

1.2. Abstract.

The aim of this project is modelling and calculating the structure of the new Market Hall in Linares. The original building suffered a partial collapse in March 2018 due to a heavy windstorm, that caused the fall of the roof and the destruction of one of the side façades almost entirely. Furthermore, it damaged two of the other façades.

A partial demolition of the two damaged façades has been projected and the main façade will be stabilized by means of a lattice structure during the construction works, as it will be maintained in its current place.

The building modelling will be carried out using Autodesk Revit 2020 and Revit Structural Analysis 2020 will be used for the new inner steel structure calculation and sizing, while CypeCAD will be the software for the foundation slab and basement walls.

2. Introducción

2.1. Antecedentes.

El edificio fue diseñado por el arquitecto municipal Francisco de Paula Casado y Gómez y construido entre los años 1903 y 1906. Se trata de una construcción de estilo modernista imitando el neomudéjar para lo cual se empleó para ello ladrillo visto rojo sobre un zócalo de piedra.



Imagen 1: Mercado de abastos de Linares (1906-2017).

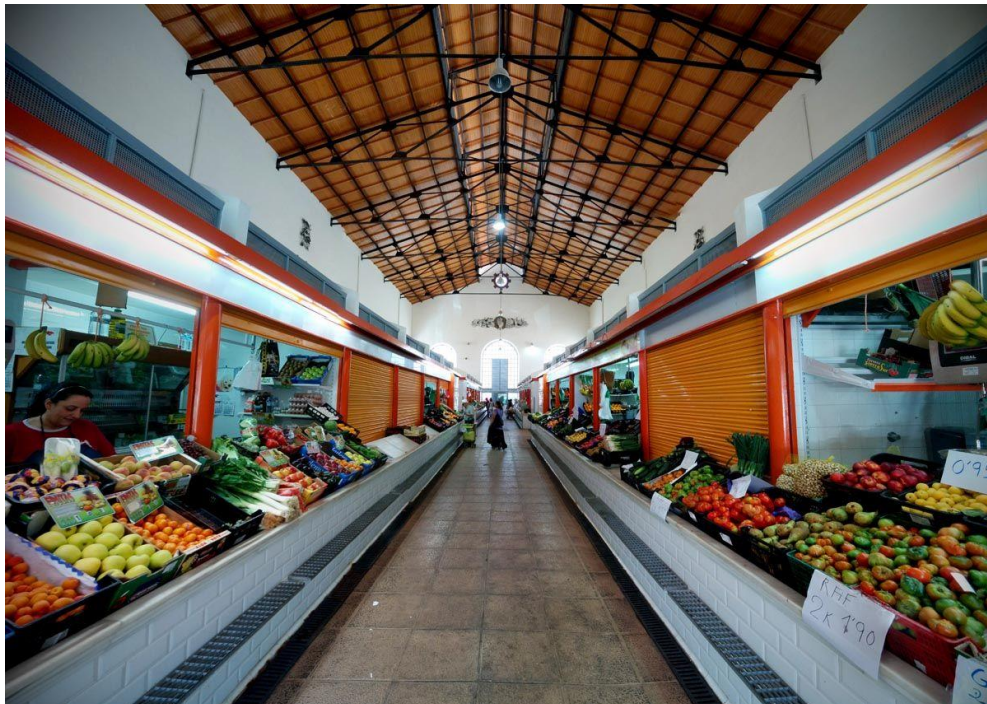


Imagen 2: Interior del Mercado de abastos (2017).

En 1897 Julio de Saracíbar proyectó dos mercados para Linares, en 1902 aún no se habían construido. En ese año, el arquitecto municipal Francisco de Paula Casado y Gómez presentó al Ayuntamiento un pliego de condiciones económicas reduciendo el precio del proyecto al máximo posible.

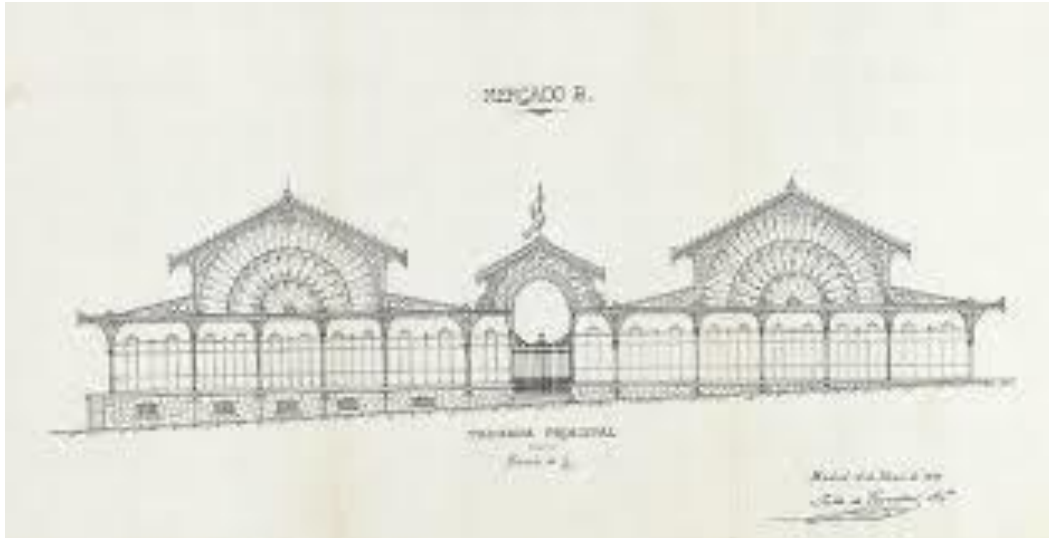


Imagen 3: Proyecto de Mercado de abastos de Linares de Julio Saracíbar.

En aquella época era una necesidad acometer la construcción de un mercado acorde con el desarrollo de la ciudad, pues los mercaderes que acudían a la plaza pública donde tenían lugar las faenas del mercado, estaban expuestos a los rigores de las estaciones al descubierto, sin defensa alguna contra las aguas y la intemperie. Así expresaba Saracibar la necesidad de llevar a cabo dicha obra y la defensa de su proyecto.

“(…)por consiguiente sus mercancías y el público sufren los perjuicios consiguientes a las dificultades y molestias de un despacho realizado en tan difíciles condiciones de higiene y salubridad. Así lo ha entendido el actual municipio de aquella culta ciudad que celoso de su engrandecimiento y en su deseo de colocar a Linares a la altura que reclama el creciente desarrollo a que han dado lugar su importante movimiento comercial y mercantil, trata de llevar a cabo, entre otras también urgentes y precisas, esta importantísima mejora interpretando así los vehementes deseos del vecindario cuyos intereses administra. Para concluir consignaremos que el importe del presupuesto de las obras de ambos mercados se eleva a la cantidad de 491.719,45 ptas. y midiendo estos una superficie de 3.381 metros cuadrados, resulta cada metro de construcción con inclusión de los sótanos y de todo gasto a 145 pesetas aproximadamente, cifra bien exigua si se tiene en cuenta que en los mercados centrales de París, a pesar de levantarse en aquel centro industrial vino a resultar cada metro cubierto a ptas. 300 o sea un doble, y los de Málaga recientemente construidos a 246 ptas. próximamente, tipos entre los que han fluctuado la

generalidad de los mercados recientemente contruidos. Madrid, 15 de febrero de 1897 Julio de Saracíbar. Arqto.”

Finalmente, y probablemente por problemas económicos, no se ejecutará este mercado. A pesar de haber reducido su presupuesto de 491.719,45 ptas. a 453.998,95 ptas., en su lugar, Francisco de Paula quien dedicaba bellas palabras a Julio de Saracíbar, será quien proyectará en 1903 el mercado de abastos de Linares, que ejecutará en 1906, de una sola nave, de estructura metálica de gran altura, de estilo regionalista y marcado carácter industrial.

El estado actual del mercado, en ruinas, viene determinado por hechos más recientes. El 11 de Marzo de 2018, se produce el derrumbe del centenario Mercado de abastos de la ciudad a causa del temporal de viento que azotó con violencia la zona.

El mercado de abastos, tal y como hemos comentado, se construyó entre 1903-1906, como indica la cartela adosada en la parte superior de su fachada principal del inmueble.

Precisamente, esta fachada es la única que ha quedado en pie tras el derrumbe de la cubierta de paneles de fibrocemento sobre cerchas metálicas, que originó la caída del resto de la estructura, lo que era una gran nave de muros sólidos y mampostería, revestidos con ladrillo rojo y piedra en los zócalos, molduras en los vanos y placas de azulejos en la cornisa quedaba reducida a escombros. Como quiera que sigue en pie una parte de ella, desde las instituciones barajan la posibilidad de que su rehabilitación se incluya en el programa de la Consejería de Fomento y Vivienda destinado a la recuperación de edificios de interés arquitectónico, al objeto de financiar las obras de consolidación de la parte incólume del edificio. En las siguientes imágenes se puede observar el estado actual.



Imagen 4: Estado actual de la fachada principal y lateral SE.



Imagen 5: Estado actual fachada trasera y lateral NO.

2.2. Ubicación y emplazamiento.

Linares es una localidad de la provincia de Jaén. En el año 2006 contaba con 61.452 habitantes. Su extensión superficial es de 198 km² y tiene una densidad de 310,36 hab/km².

Sus coordenadas geográficas son 38°05' N, 3°38' O. Se encuentra situada a una altitud de 423 metros y a 51 kilómetros de la capital de provincia, Jaén.



Imagen 6: Localización de Linares.

Está situada en el noroeste de la provincia de Jaén, entre el sector oriental de Sierra Morena y la parte alta de la depresión del río Guadalquivir, por lo que se pueden apreciar dos zonas bien diferenciadas: la sierra y la campiña. Goza de una situación geográfica privilegiada por ser encrucijada de caminos y por su riqueza agrícola, pecuaria y minera.

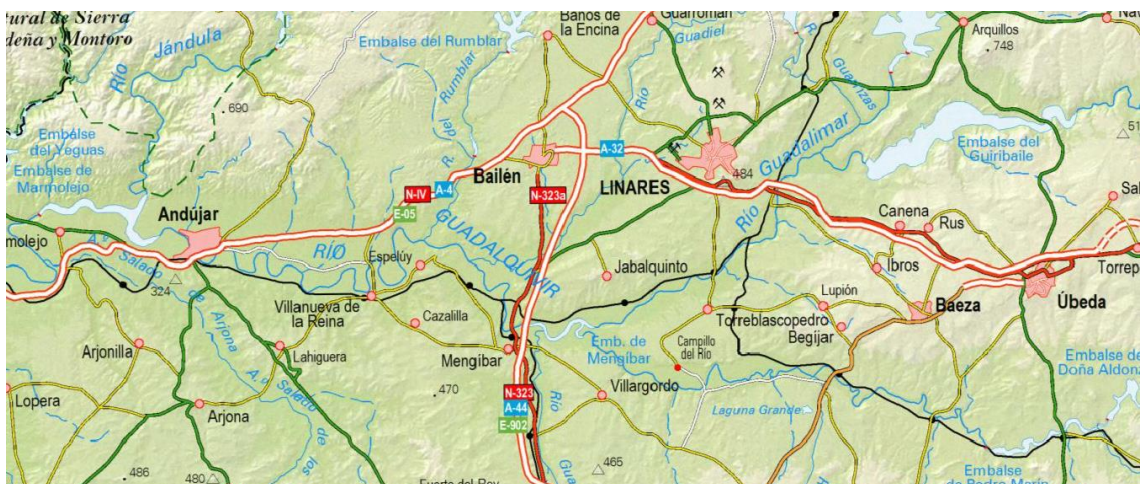


Imagen 7: Ubicación geográfica de Linares y su comarca.

Linares es la capital de la comarca de Sierra Morena, ocupando su municipio el 14% de su extensión y sumando el 58% de su población total. Hoy en día es una ciudad que se caracteriza por una clara vocación al comercio, tras haber desaparecido la totalidad de la industria de extracción minera con el cierre de todas las minas durante el final del siglo XX.

Linares tiene un clima mediterráneo continentalizado con una elevada amplitud térmica, del orden de 20°C. Los inviernos son frescos, aunque con algunas heladas que en ocasiones han llegado a ser intensas, debido a su distancia del mar. Los veranos son muy calurosos y áridos, con importantes oscilaciones térmicas diarias y temperaturas máximas que suelen sobrepasar los 40°C en varias ocasiones. Las temperaturas medias oscilan entre los 8 C del mes de enero y los más de 27 C de temperatura media del mes de julio.

El régimen de lluvias presenta dos estaciones pluviométricas bien diferenciadas, siendo la húmeda de octubre a mayo y la seca de junio a septiembre. El nivel de precipitación media es de alrededor de 500 mm, pudiendo existir grandes oscilaciones de un año a otro debido a la importante irregularidad interanual. El ombroclima es un seco superior, donde las precipitaciones en verano puede ser tan escasas que en los meses de verano este se puede situar en un semiárido, y en invierno o primavera las precipitaciones son tan abundantes que puede pasar a un subhúmedo. Rara vez nieva en la ciudad, siendo 2010 el último año con días de nieve registrados. Las tormentas, que son bastante frecuentes especialmente entre finales del verano y principios del otoño, pueden provocar granizo y descargar grandes cantidades de lluvia en periodos cortos.

Según la clasificación climática de Köppen, el clima de Linares se encuadra en la variante Csa, clima mediterráneo continentalizado de veranos calurosos y secos e inviernos frescos y moderadamente húmedos. El suelo está cubierto de arbustos y de árboles de verdor permanente o de verdor en verano, y raras veces de bosques, pero frecuentemente con extensos matorrales.

	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
Temperatura media (°C)	7.4	8.8	11.9	15	19.5	25.4	28.8	28.6	23.6	18.3	11.4	8.3
Temperatura mín. (°C)	2.6	3.5	6	8.9	13	18.1	21.3	21.3	17.4	12.8	6.7	3.7
Temperatura máx. (°C)	12.7	14.2	17.6	20.6	25.4	31.7	35.3	35.1	29.6	23.9	16.4	13.5
Precipitación (mm)	55	50	48	49	33	11	2	5	27	52	60	64
Humedad(%)	74%	68%	61%	57%	47%	37%	29%	31%	43%	57%	68%	74%
Días lluviosos (días)	6	6	5	6	5	2	1	1	3	6	6	6
Horas de sol (horas)	6.2	7.0	8.3	9.6	11.3	12.8	13.0	12.1	10.5	8.6	6.8	6.2

Imagen 8: Tabla climática de Linares.

La precipitación varía 62 mm entre el mes más seco y el mes más húmedo. A lo largo del año, las temperaturas varían en 21.3 °C.

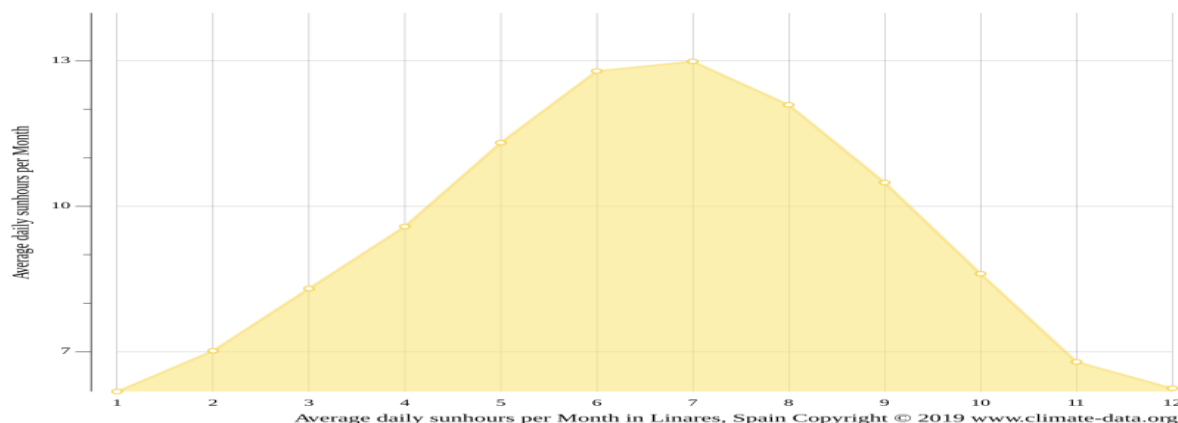


Imagen 9: Media de horas de sol de Linares.

En Linares, el mes con más horas de sol diarias es julio con una media de 12.99 horas de sol. En total hay 402.66 horas de sol a lo largo de julio. El mes con menos horas diarias de sol en Linares es enero con un promedio de 6.25 horas de sol al día. En total hay 193.6 horas de sol en enero.

En Linares se cuentan alrededor de 3423.68 horas de sol durante todo el año. En promedio, hay 112.4 horas de sol al mes.

En cuanto al emplazamiento del edificio dentro de la ciudad, el inmueble se encuentra localizado al oeste del núcleo de Linares, junto al antiguo trazado de la Carretera Nacional IV. Rodeado por las calles Santiago, Castelar, Guillen y Velázquez. La entrada principal se encuentra ubicada en la calle Santiago precisamente será la única fachada original que se mantiene en el nuevo proyecto. La delimitación del bien se corresponde con la referencia catastral 4168801VH4146N0001FR.



Imagen 10: Ubicación geográfica 3D del edificio en Linares.

En lo relativo a la normativa urbanística aplicable se tendrán en cuenta que el Plan General de Ordenación Urbana, con aprobación definitiva el 2 de febrero de 1.995, clasifica los terrenos donde se localiza el mercado de carne y pescado como suelo urbano consolidado y los califica como equipo. Desde el punto de vista patrimonial las protecciones con las que cuenta dicho edificio son las siguientes:

Por lo que respecta al edificio destinado a mercado de carne y pescado:

- Nivel de protección.-

Protección Ambiental (PA). Este nivel de protección contiene dicho edificio que no teniendo un marcado valor arquitectónico, contribuyen a configurar épocas, ámbitos y circunstancias en la REHABILITACIÓN COMO MERCADO CENTRAL UNITARIO DE LINARES (JAÉN) donde la ciudad se reconoce como parte significativa de su imagen y carácter.

- Nivel de intervención.-

Rehabilitación. Son obras de rehabilitación las de adecuación, mejora de condiciones de habitabilidad o redistribución del espacio interior, manteniendo en todo caso las características estructurales del edificio. Este tipo de obra supone la adecuación de usos bajo cubiertas actuales o que completen éstas; modificación de patios interiores o de huecos que no sean fachadas; aperturas de patios interiores y huecos de escaleras que no afecten a la estructura portante, con excepción de forjados, y la ocupación de patios interiores cuando éstos tengan dimensiones notoriamente inferiores a las permitidas como mínimas.

2.3. Descripción del edificio.

El actual mercado se construye en 1906 según la propuesta del arquitecto municipal y tiene como resultado un edificio historicista, regionalista con una decoración neomudéjar, que se desarrolla en planta como una nave.

Para su construcción se utilizaron materiales de la zona como son el ladrillo macizo rojo para los muros de carga de la nave y la piedra arenisca (asperón) en el zócalo. Soporte de cubierta mediante cerchas de hierro fundido tipo Polonceau compuestas y teja cerámica.

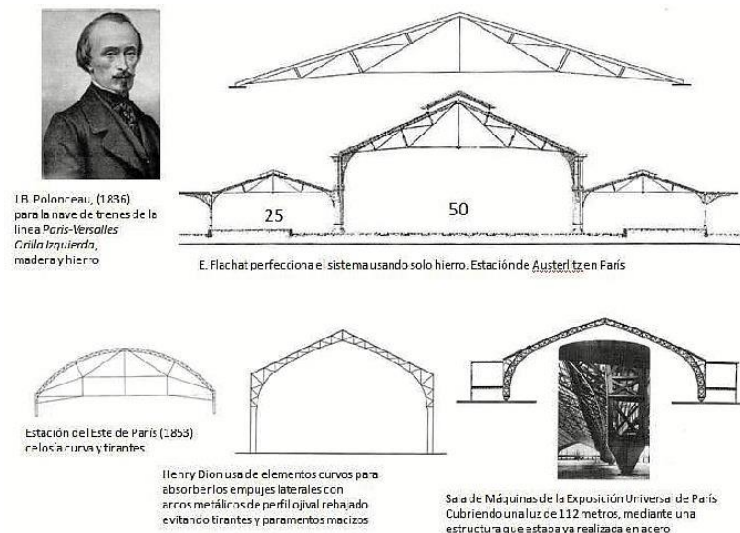


Imagen 11: Cercha tipo Polonceau.

Los puestos eran de madera y se organizan en torno a dos calles principales que siguen la simetría del edificio y en su perímetro, encontrándose en el centro la báscula de peso. El edificio se encontraba precedido de la Plaza de la Contratación, un espacio de tierra, lugar de tratos e intercambios ganaderos.

Son tres las transformaciones de las que ha sido objeto el Mercado de Abastos de Linares desde su construcción en 1902 hasta nuestros días.

La primera en 1907, los trabajos consisten en cerrar los huecos del mercado por problemas en el interior por la lluvia, ya que los puestos en ese momento eran los originales de madera. Se opta por un cerramiento con marco de madera y vidrios de colores para los ventanales e incoloros para el lucernario.

En 1974 se plantea la rehabilitación del antiguo mercado con la construcción de un sótano dónde albergar las cámaras frigoríficas y almacenes aunque esa no se ejecutaría hasta 1991.

En 1989 comienzan las obras a cargo del Arquitecto Municipal para la rehabilitación del antiguo Mercado de Abastos, destinándolo a la venta de carne y pescado, mientras paralelamente se construye un nuevo Mercado de Abastos de fruta y verdura que se finaliza en 1991 y remplace a la antigua construcción. A su vez se construye un semisótano en el antiguo mercado dónde se albergan las cámaras frigoríficas (finalmente será ocupada sólo la mitad de la parcela por el sótano).

En el antiguo Mercado de Abastos a parte de los trabajos para la construcción del semisótano, se sustituyen las cerchas originales por unas del mismo tipo (Polonceau compuesta) pero con perfiles laminados en L. Rehabilitan la cubierta, utilizando para ello tejas cerámicas planas alicantinas sobre tablero de fibrocemento forrándolo en el interior

con madera machihembrada. Se sustituyen la carpintería de madera por una de acero galvanizado, el vidrio por un policarbonato blanco que impide el paso de la luz, tanto en los ventanales como en el lucernario; se enfosca la cara interior del muro de fábrica y se le añade un zócalo en todo su perímetro interior de 2.40m de baldosa cerámica blanca. Cambia la disposición de los puestos, dejando sólo 3 calles una principal en el eje longitudinal y dos más en la misma dirección pero en los laterales. Para su construcción utilizan tabicones de ladrillo hueco doble, revestidos con gres cerámico blanco.

Por norma general, no sólo en el Mercado, sino en viviendas y otros edificios de la misma edad, la materia prima para la construcción del muro ha sido el ladrillo macizo rojo de Bailén y la piedra arenisca. En el caso del Mercado de Abastos, se levanta sobre muros de carga de fábrica cerámica de 1 metro de espesor, para los cuales se utilizó casi en su totalidad un ladrillo macizo rojo de dimensiones 3.5 x 25.5 x 12 cm, incluida la cimentación de recrecido de los muros en zapata corrida.



Imagen 12: Muro de fábrica de ladrillo.



Imagen 13: Revestimiento de gres cerámico blanco.

El muro en el interior se encuentra revestido por un mortero de cal y un zócalo de baldosa cerámica blanca de 2.40m de altura. El asperón de color claro es la piedra utilizada

en el mercado, se encuentra en la base del muro con una altura de 1.2m, y en los machones entre huecos. Los huecos, que configuran casi el 50% del paño de fachada, también son realizados con ladrillo macizo, tanto para hacer más sólida la descarga del peso del dintel, como para formalizar los ángulos con facilidad. De los 24 huecos que conforman la fachada, tres son los accesos al edificio dos en la dirección longitudinal y uno en la transversal siendo este el principal. Sobre los huecos de la fachada principal de la C/ Santiago se observan en los motivos de decoración el escudo de Linares y el emblema del Mercado de Linares (una L y un M entrelazadas) en piezas de asperón.

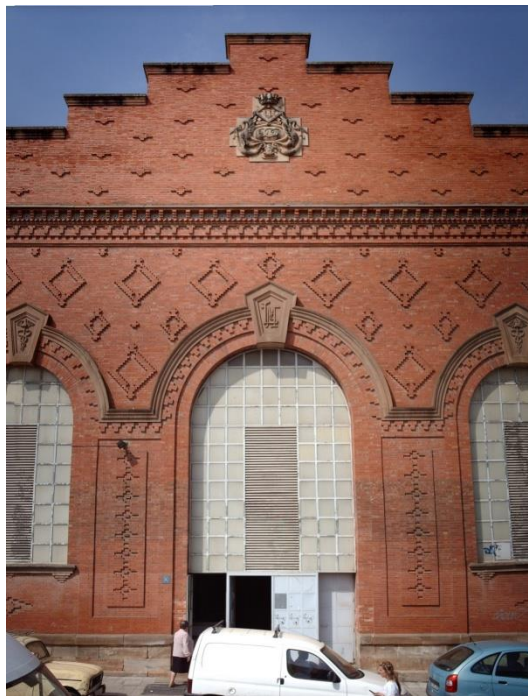


Imagen 14: Fachada principal del Mercado.

El estado actual del mercado viene determinado por hechos más recientes. El 11 de Marzo de 2018, donde se produce el derrumbe del centenario Mercado de abastos de la ciudad a causa del temporal de viento que azotó con violencia la zona. Por lo que al día de hoy solo queda en pie la fachada principal y parte de las fachadas Noroeste y Suroeste todas ellas sostenidas con estructuras de metálicas provisionales, así como la solera de planta baja, cimentaciones y sótano.

La propuesta arquitectónica a partir del cual se desarrolla este proyecto de “Definición y cálculo de la estructura del nuevo Mercado Central de Abastos de Linares” trata de recuperar dicho espacio con la construcción de un nuevo mercado donde se recupere la imagen exterior del mismo partiendo del mantenimiento del fachada principal ya que esta es la única no dañada y que puede ser mantenida.

Se propone una rehabilitación que recupere más que deseché un sentido de pertenecía de uno de los edificios más emblemáticos y populares de la ciudad, a la vez que aprovecha para realizar la ampliación de puestos de venta y servicios así como mejora de las calidades espaciales del Mercado de Abastos y la relación de este “espacio público” con sus usuarios.

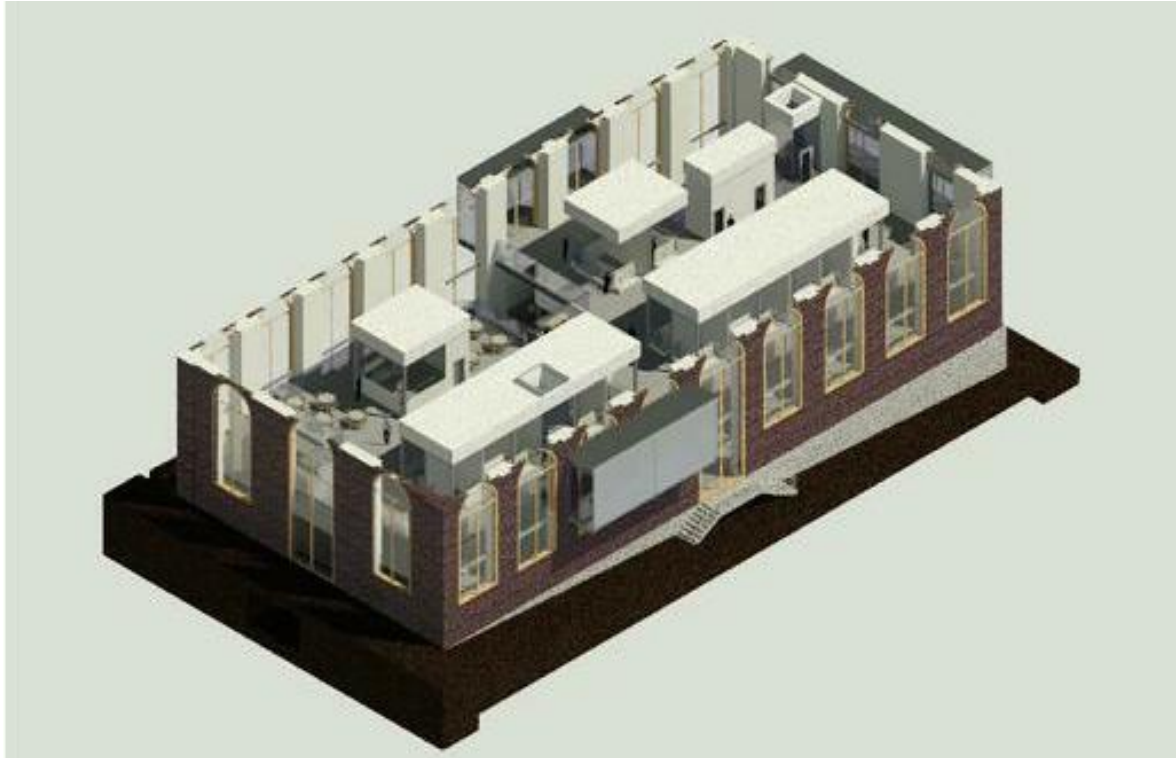


Imagen 15: Vista 3D de sección Planta 1ª.

La intención es de volver a insuflar vida al Mercado de Abastos, devolverlo la circulación económica de la ciudad. Debe ser un nuevo hito en el Centro Comercial abierto de Linares, integrándose en el tejido social y urbano de la ciudad.

Es importante un criterio de tipo funcional que hiciese compatible el mantenimiento de la imagen original y de los espacios más interesantes del inmueble con una utilización racional y flexible. Era necesario, además, significar los elementos nuevos con un tratamiento bien diverso de la obra antigua y dejar en el interior unos espacios diáfanos y libres.



Imagen 16: Vista 3D Planta 1ª zona cafetería.

Para ello es necesaria la consolidación de la fachada principal como único elemento a mantener y la realización de obra nueva para el resto. Es importante la mejora de sus instalaciones, dotándolo de las infraestructuras necesarias para su entrada en el circuito económico, tales como electricidad, saneamiento, aire acondicionado, luminaria, ascensores, etc.



Imagen 17: Vista 3D Planta 1ª zona ascensor y aseos.

Se estudian los puestos de venta, que aumentarán tanto en número como en superficie principalmente tras la construcción de una planta superior y mejorarán sus calidades, prestando especial atención a la relación entre vendedor y cliente.



Imagen 18: Vista 3D Planta Baja zona escaleras.

Las circulaciones entre puestos deben ser claras, manteniendo en todo momento una buena relación visual que es lo que prima en un espacio en el cual la actividad es la venta. Es por esto que se sitúa el núcleo de escaleras en el exterior del edificio.



Imagen 19: Vista 3D Planta 1ª pasillo central.

A continuación se exponen una tabla comparativa de superficies útiles, cuadro de las nuevas superficies y un cuadro con la nueva distribución de puestos y servicios.

Tabla 1: Comparativa de superficies útiles.

SUPERFICIES (m2)	SÓTANO	PLANTA BAJA	PLANTA 1ª	TOTALES
Antiguo Mercado	413,72	863,20	0	1.276,92
Nuevo Mercado	863,20	863,20	714,30	2.440,70

[Cuadro de superficies]*Usos previstos**Superficie [m2]*

Superficie Total: 2.440,70 m2**PLANTA SEMISÓTANO 863,20 m2****PLANTA BAJA 863.20 m2**

Puestos de venta 212.18 m2

Ascensores y montacargas 15.70 m2

Escaleras 30.09 m2

Pasillos circulación 605.23 m2

PLANTA PRIMERA 714.30 m2

Puestos de venta 114.87 m2

Ascensores y montacargas 15.70 m2

Escaleras 17.28 m2

Cafetería 20.43 m2

Aseos 13.60 m2

Pasillos circulación 532.42 m2

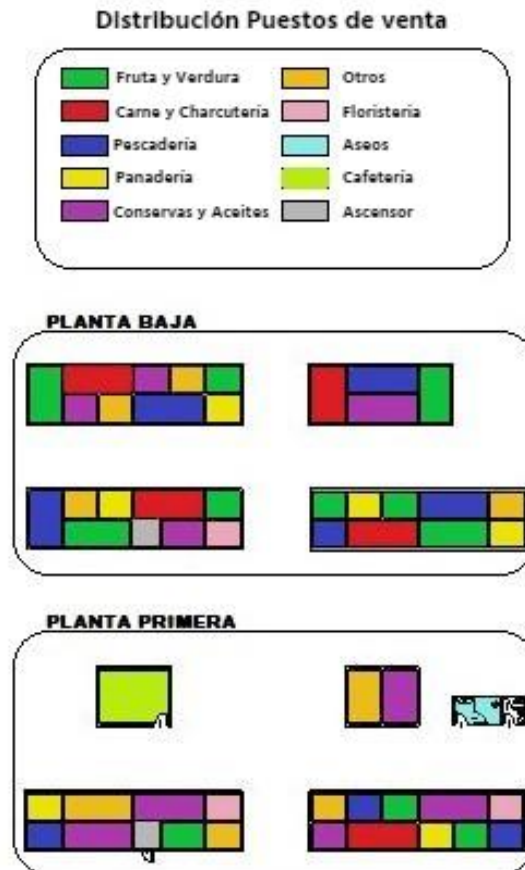


Imagen 20: Distribución de superficies.

2.4. Estabilización de la fachada.

La estabilización de fachadas surge de la necesidad de reconstruir la estructura interna de un edificio, manteniendo la integridad total de la fachada debido a su importancia histórica y arquitectónica.

La conservación de fachadas ofrece al propietario una estructura interna del inmueble más apropiada para las necesidades de los usuarios sin desentonar del entorno urbano en el que se encuentre.

Estas fachadas son en su mayoría muros de carga exteriores que se derrumbarían si no se analizasen previamente a la reforma. El sostenimiento se realizará de manera temporal mientras se realiza la demolición parcial del edificio y se une a la nueva estructura. Es importante que, a la hora de derrumbar los forjados de la estructura vieja, no se dañe la fachada que queremos conservar. Las condiciones básicas que ha de cumplir el sistema de apeo son:

- a) Resistencia y estabilidad frente a las cargas a transferir.
- b) Optimización económica y de montaje.

c) Seguridad para las personas y el propio edificio.

A la hora de estabilizar la parte total o parcial de un edificio, podemos utilizar tanto estabilizadores correctivos, que tienen una repercusión crucial para la fachada a mantener, y los estabilizadores preventivos, que se encargan de subsanar el riesgo de colapso de la fachada, pero no están asociados a un derribo de la estructura. Un tipo de estabilizadores preventivos consisten en el recalce de cimentaciones. Este proyecto se centrará únicamente en los estabilizadores correctivos, a fin de salvar la fachada del inmueble. La forma de sostenimiento utilizada será la de arriostramiento, que consiste en la ubicación de la estructura de sostenimiento fuera de la propia obra, con el fin de dejar el interior libre para su demolición. Es el método más común, aunque en ciertas ocasiones debe recurrirse a otro método debido a la imposibilidad de colocar la estructura fuera de la obra.

La estructura de estabilización, a su vez, debe ir cimentada para evitar los posibles vuelcos o deslizamientos de esta. Esta cimentación se realiza con contrapesos cuyas partes son:

- Lastre o contrapeso: es la parte inferior de la estructura y se compone generalmente por un bloque de hormigón en masa de dimensiones variables en función de las cargas a soportar. Esta zapata debe resistir los esfuerzos de vuelco y deslizamiento.
- Anclaje al lastre: formado por una celosía de perfiles tubulares de acero. Para evitar daños en la fachada se utilizarán las ventanas como puntos de unión entre las dos caras del sistema de estabilización, evitando así la introducción de anclajes en el cerramiento y provocar daños en este.



Imagen 21: Estabilización de la fachada.

3. Descripción de la solución estructural adoptada

El nuevo mercado cuenta con unas dimensiones interiores de 43,70 x 19,81 m. Contará con dos plantas y semisótano para dar cabida a la actividad comercial del mercado, incrementando las posibilidades y superficies útiles con respecto al mercado, tal y como se ha comentado en el apartado 2.3.

Durante las fases tempranas del diseño se estudiaron diversas alternativas para acometer la estructura del nuevo mercado. Estas alternativas se resumen a continuación:

- Alternativa 1: consistente en demoler la totalidad de los muros que quedan en pie tras el derrumbe parcial de marzo de 2018. Con esta opción, más radical, se levantaría un edificio de 0, sin condicionantes de elementos previos estructurales a proteger y reforzar. La importancia patrimonial del edificio para la ciudad de Linares desaconsejaba una actuación que borrara por completo el edificio original para levantar uno de nueva construcción, por lo que se desechó esta idea.



Imagen 22: Nuevo mercado de abastos de Vitoria-Gasteiz (2014).

- Alternativa 2: una opción más conservadora sería la de reparar los muros existentes y conservar los 3, reconstruyendo únicamente el muro que se derrumbó por completo y la cubierta. Esta solución se descartó por poco innovadora, la posibilidad de generar lo que en restauración se denomina "falso histórico", reconstruyendo con materiales y técnicas actuales en un estilo de principios del siglo XX como es el muro de carga de fábrica de ladrillo.



Imagen 23: Mercado de abastos de Atarazanas en Málaga.

- Alternativa 3: una solución mixta entre las dos anteriores consistiría en demoler los muros que se encuentran en peor estado, SO y NO, y conservar la fachada principal en buen estado, mientras se reconstruye el resto. Además, se puede aprovechar la oportunidad de intervenir en el edificio para remodelar su interior mejorando sus prestaciones. Esta es la opción que finalmente se ha elegido como punto de partida para el diseño de la estructura.

Los accesos al edificio se mantendrán como en el original con una puerta en el centro de cada una de las 4 fachadas, manteniendo los ejes ortogonales que articulan los recorridos principales en Planta Baja.



Imagen 24: Vista 3D del modelo de edificio.

El desplazamiento vertical estará garantizado por medio de las escaleras situadas en la fachada trasera, que salen del edificio mediante un balcón en voladizo, y dos ascensores. Existen dos balcones más en voladizo en las fachadas laterales, uno en cada fachada, para dotar al edificio de un mayor dinamismo e interacción con el exterior.

La cubierta será a dos aguas con faldones constituidos mediante panel sándwich sobre correas, mientras que la estructura de la cubierta estará configurada por nuevas cerchas tipo Polonceau.

Para la elección del tipo de estructura, en este caso metálica, se han considerado las siguientes ventajas con respecto a las estructuras de hormigón armado:

- Alta resistencia, lo que supone estructuras más ligeras.
- Proceso constructivo más rápido, admitiendo el desmontaje (uniones atornilladas).
- Susceptible de prefabricación en taller, acortando plazos de obras.
- Permite fácilmente la ampliación de la estructura.
- Mayor ductilidad, lo que implica mayor eficiencia frente al sismo.
- Mayor precisión dimensional en su fabricación.
- Valorización: el residuo (chatarra) se puede reciclar al 100% y devolver al mercado para su reutilización.

Así pues, se colocarán perfiles IPE para las vigas y correas, perfiles HEA para pilares y perfiles tubulares cuadrados TCAR para barras de cerchas y montantes para los cerramientos de vidrio de los balcones en voladizo. Los forjados de Planta Baja y Planta 1ª serán de hormigón con chapa grecada MT-100 de 15+5 cm de espesor (15 cm de espesor de losa más 5 cm de losa de compresión de hormigón en masa).

A continuación se muestran una serie de imágenes para apoyar gráficamente la descripción del edificio.

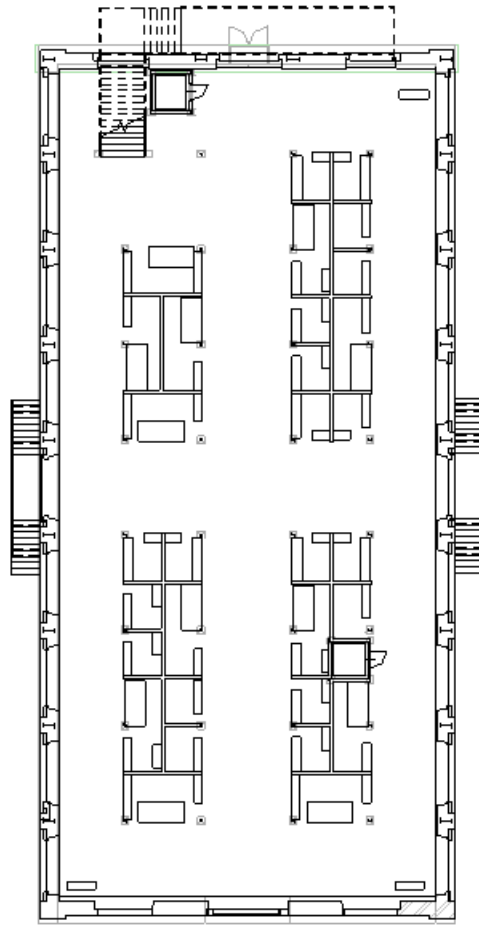


Imagen 25: Planta Baja.

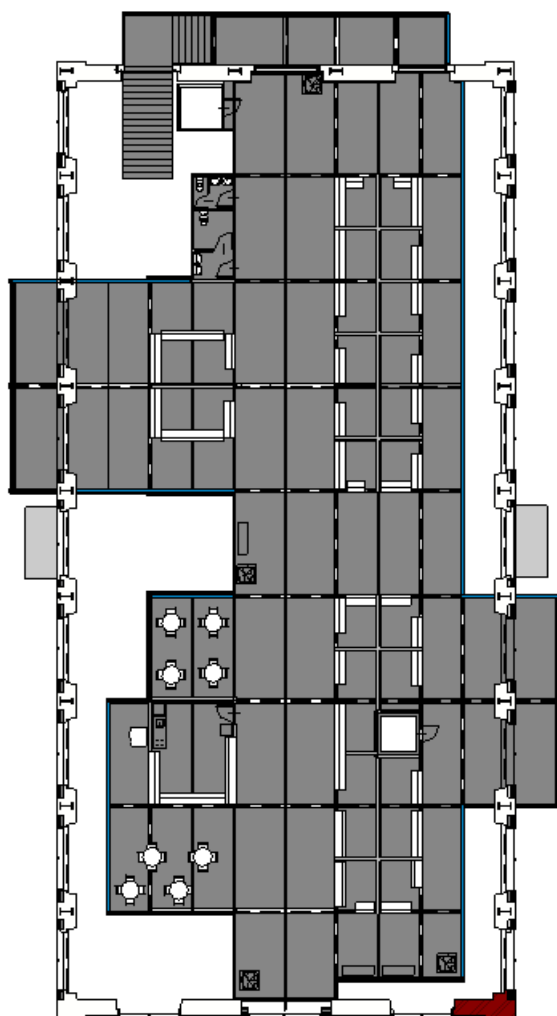


Imagen 26: Planta 1ª.

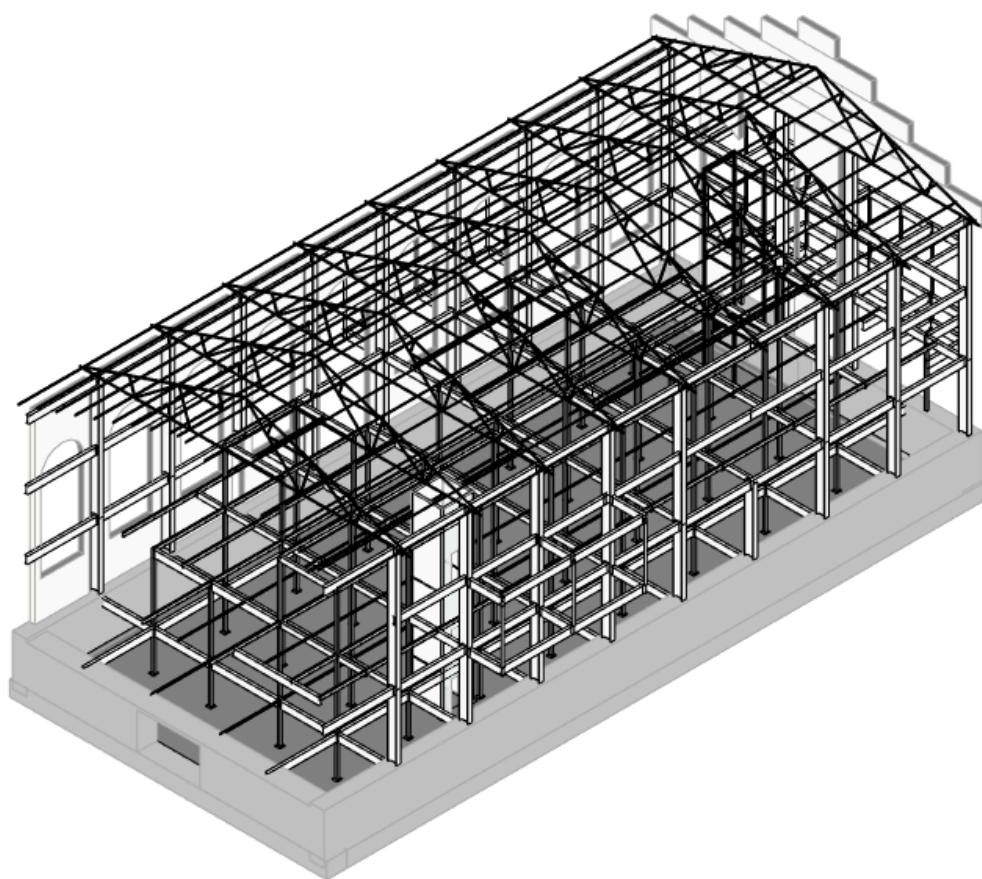


Imagen 27: Vista 3D de la nueva estructura.

4. Objetivos

- Recopilar la normativa existente en la materia.
- Estudio y análisis de alternativas.
- Cálculo de la tipología de estructura seleccionada.
- Elaboración de memoria, planos, pliego y valoración económica.

5. Metodología y normativa

5.1. Metodología.

- **Revit 2020**: Con este programa se generará el modelo geométrico de la estructura interna del edificio así como también se utiliza para la generación de planos y vistas 3D. Es un programa de modelado BIM en el cual no solo trazaremos la geometría de los elementos, sino que, además, contiene una base de datos con las características de cada elemento (medidas, materias, propiedades, etc.).
- **Robot Structural Analysis 2020**: Con este programa se generará el modelo de cálculo en el cual comprobaremos que la estructura del edificio (salvo la cimentación) cumple con las condiciones de normativa y resistencia.
- **Presto 2021**: Este programa nos permitirá generar una medición y presupuesto del proyecto utilizando una base de datos de precios genéricos proporcionada por la Junta de Andalucía.
- **AutoCAD 2020**: Con este programa se han hecho todos los planos del proyecto, Planos de ubicación, Plantas, alzados, detalles, etc.
- **CypeCAD 2021**: Este programa se ha utilizado con objeto de dimensionar la armadura necesaria para la losa de cimentación de la estructura y los muros de contención del sótano.

5.2. Normativa.

- CTE. DB SE-AE. Documento Básico de Acciones en la Edificación, 2009.
- CTE. DB SE-C. Documento Básico de Cimientos, 2009.
- CTE. DB-HS. Documento Básico de Salubridad, 2017.
- CTE. DB-SUA. Seguridad de utilización y accesibilidad., 2010.
- EAE 11. Instrucción de Acero Estructural, 2011.
- EHE 08. Instrucción de Hormigón Estructural, 2008.
- CTE. DB SE-C. Documento Básico de Cimentaciones, 2009.
- NCSE-02, Norma de Construcción Sismorresistente en Edificios, 2002.

6. Diseño y cálculo de la estructura

6.1. Demolición.

Previo a la ejecución de las obras de construcción de la nueva estructura del Mercado de abastos de Linares, se ha previsto la demolición de las fachadas NO y SO que resultaron visiblemente afectadas por el derrumbe parcial de marzo de 2018. La fachada principal, en cambio, se conserva en buen estado y será mantenida como remanente de la edificación original. Para ello se habrá de inspeccionar su estado estructural y reforzar, si es necesario, su cimentación, dado que sobre dicho muro aplicarán nuevas cargas no previstas en el proyecto original, así como sostenerla provisionalmente durante todo el periodo que duren las obras mediante los métodos detallados en el apartado 2.4. de la presente documentación.

En este apartado se procede a explicar el cálculo de las acciones que actúan sobre la estructura de cara a su correcto dimensionamiento, distinguiendo entre acciones permanentes (cargas de peso propio), variables (sobrecargas, cargas de nieve, viento) y sismo.

Demoler implica deconstruir, eliminando parcial o totalmente una construcción. Se suele plantear, cuando la estructura ha perdido algunas de las propiedades para la que fue construida:

- Capacidad Portante.
- Condiciones de habitabilidad.
- Deterioro parcial o generalizado de elementos concretos de la construcción: cerramientos, estructura, vigas tablero de un puente.
- Obsolescencia de la construcción. Implica incapacidad de readaptación (muy controvertido hoy en día, por el carácter cultural y/o aprovechamiento de recursos).

Es muy importante que el técnico que se enfrenta tanto a la redacción de proyecto como a la ejecución de la demolición de una construcción, conozca tanto la tipología como el proceso de construcción llevado a cabo de la misma. Esto facilitará su labor y, a su vez, permitirá una optimización de recursos y soluciones adoptadas.



Imagen 28: Demolición con retroexcavadora.

Es necesario redactar un Proyecto de Demolición, que contemple todos los procesos necesarios para llevar a cabo la misma. Los documentos deben ser los de un proyecto completo: memoria y anejos, planos, pliego de prescripciones técnicas particulares y presupuesto.

A destacar en dicho proyecto:

- Análisis y Cálculo de la estructura en sus diversas etapas del proceso demolición. No demoler nada, hasta que se haya realizado una inspección del inmueble y se haya procedido al cálculo estructural.

En este cálculo se debe tratar:

- Capacidad resistente de los elementos estructurales. Muy importante, una inspección completa de la estructura para poder reproducir con la mayor aproximación el estado real de los elementos estructurales. Máxime, tras episodios de carga accidentales como incendios y terremotos.
- Estabilidad parcial y global. Es necesario calcular la estabilidad al vuelco y deslizamiento tanto global como parcial de la estructura durante las diversas fases de la demolición. De esta forma, se evitan situaciones accidentales de vuelcos inesperados que pueden afectar a construcciones cercanas.
- Simulación de las diferentes etapas del proceso de demolición. Muy importante, el cálculo de la estructura en las diferentes fases, tal y como se va a proceder a la demolición. Cálculo de apeos, cimbras etc. y su afección a la estructura construida.

A destacar los documentos de Estudio de Seguridad y Salud así como de Tratamiento de Residuos. Si en una obra de construcción estos documentos son importantes, en una obra de demolición son fundamentales. El primero de ellos, por el riesgo que implica el desmontaje para los operarios, debido a que nos ayudamos de la fuerza de la gravedad que en cualquier momento produce caídas o desprendimientos imprevistos. En el segundo caso, la demolición implica producción de residuos, los cuales deben ser clasificados en obra (inertes, reciclables, peligrosos....) y posteriormente trasladados a un gestor de residuos autorizado.

En el caso particular de la demolición del a ejecutar en el Mercado de abastos existente, se tratará de una demolición parcial , es decir, se demolerán las fachadas SO y NO, el forjado de planta baja y los tabiques y muros del semisótano, y se conservarán el muro de la fachada principal y su cimentación. Debido a esto será muy importante durante la demolición no deteriorar la fachada a mantener, así como proteger la afección a viales y edificaciones próximas por caída de escombros, polvo, tránsito de la maquinaria, etc. El procedimiento será el de una demolición por troceado para los muros de fachada y manual con apeos para el semisótano.

A la hora de realizar una demolición de un edificio histórico, hay que considerar la clase de obra a realizar. ¿Se busca una reestructuración parcial o total? ¿Se puede alcanzar el grado máximo de un edificio dejando intacta únicamente la fachada?

Sea como fuere, son obras con un elevado grado de complejidad técnica. Por eso, hay que tener en cuenta ciertos aspectos en el vaciado del edificio. O sea, se debe demoler todo el lugar dejando la fachada intacta para su conservación:

- Reconocimiento estructural. Se hará un reconocimiento de la estructura, especialmente en el muro de fachada y los forjados que cargan en él.
- Hay que recercar huecos y llevar a cabo un arriostramiento con aspas antes de demontar la carpintería exterior.
- Demolición de tabiquería. Esta fase incluye la demolición de elementos de la primera crujía que entorpezcan el apuntalamiento y el calado de forjados.
- Apuntalamiento exterior. Se apuntala el muro y se arriostra por medio de los huecos para evitar desplomes y desplazamientos horizontales.
- Demolición total. Es el momento del derribo total del edificio interior y la excavación del solar, ya que se pretenden hacer sótanos.



Imagen 29: Demolición por troceado de muros de ladrillo.

6.2. Estimación del canto de la losa.

Como primer paso para el cálculo, se llevará a cabo la estimación del canto de la losa basado en dos métodos de aproximación distintos. El objetivo que se persigue es lograr una losa de rigidez intermedia (semirrígida o semiflexible), puesto que losas rígidas pueden generar momentos flectores elevados y, por tanto, la cantidad de armadura utilizada será igualmente alta, mientras que losas flexibles concentran las cargas en el entorno de los pilares, pudiendo provocar asientos diferenciales. La razón principal para esta elección, no obstante, la marca el terreno que hay bajo la estructura, el cual es blando de materiales fundamentalmente cohesivos (arcillas y limos). Este tipo de terreno requiere una cimentación que reparta de manera uniforme las cargas que recibe de la superestructura para que no se produzcan asientos excesivos.

- Método 1: el canto de la losa se estimará mediante la razón 1/10 de la luz máxima entre pilares (5 m). Según este método, el canto sería de 50 cm. No obstante, se trata de un método bastante aproximado y a veces ineficaz, ya que una luz grande entre pilares puede conducir a un canto excesivo.

La conveniencia de este espesor de losa se puede comprobar utilizando la expresión obtenida del libro *Curso Aplicado de Cimentaciones*, Sexta Edición de Rodríguez Ortiz, J.M. que contempla la relación que existe entre la rigidez del suelo y la de la cimentación:

$$N = \frac{E_{\text{suelo}}}{E_c} * \left(\frac{l}{h}\right)^3 \quad (1)$$

donde h es el canto de la losa de cimentación, l es la mayor dimensión en planta de la losa, E_{suelo} es el módulo elástico del suelo y E_c el del hormigón.

$$h = 50 \text{ cm}$$

$$l = 46,10 \text{ m}$$

$$E_c = 8500 * \sqrt[3]{fck + 8}$$

$$E_c = 8500 * \sqrt[3]{(30 + 8)} = 28576,79 \text{ N/mm}^2$$

$$E_{\text{suelo}} = 10 \text{ N/mm}^2$$

Tabla 2: Módulo de deformación de suelos.

Tipo de suelo	Nº golpes ensayo SPT, N_{SPT}	Resistencia a compresión simple, q_u (kN/m ²)	Módulo de elasticidad, E (MN/m ²)
Suelos muy flojos o muy blandos	< 10	0 - 80	< 8
Suelos flojos o blandos	10 - 25	80 - 150	8 - 40
Suelos medios	25 - 50	150 - 300	40 - 100
Suelos compactos o duros	50 - Rechazo	300 - 500	100 - 500
Rocas blandas	Rechazo	500 - 5000	500 - 8000
Rocas duras	Rechazo	5000 - 40000	8000 - 15000
Rocas muy duras	Rechazo	> 40000	> 15000

El tipo de cimentación se definirá según la siguiente tabla, sabiendo que la losa deberá ser de rigidez intermedia y su longitud es de 46,10 m.

Tabla 3: Tabla para obtener tipo de cimentación.

Tipo cimentación	l	N
Rígida	$\leq L$	1
Semirrígida	$L - 2.5L$	3-5
Semiflexible	$2.5L - 5.0L$	5-30
Flexible	$5.5L$	>30

Según la ecuación (1), se obtiene un N de 274, lo que daría lugar a una cimentación flexible, de acuerdo a lo indicado en la tabla anterior.

- Método 2: siguiendo el criterio de Rodríguez Ortiz se puede si estimar el canto de la losa según la tabla siguiente, donde el canto dependerá de la longitud de la losa y el número de plantas del edificio:

Tabla 4: Canto de la losa según nº plantas y longitud.

<i>Nº de plantas</i>	<i>Canto h (m) para una longitud de losa</i>		
	<i>B = 15 m</i>	<i>B = 30 m</i>	<i>B = 40 m</i>
< 5	0,60	0,80	1,00
5-10	0,90	1,20	1,50
10-20	1,50	2,00	2,50

En este caso, para un edificio de 2 plantas con una longitud de 46,10 m es necesario interpolar entre los valores de la tabla para obtener el canto. El resultado es un canto de 115 cm, lo que conduciría a una cimentación semiflexible ($N = 23$), según la tabla anteriormente mencionada, tal y como se pretendía.

6.3. Forjados.

Para este proyecto se utilizará un forjado unidireccional de hormigón con chapa colaborante, ya que es un tipo de forjado muy útil sobre todo para estructuras metálicas que presenta numerosas ventajas respecto a los forjados de hormigón armado:

- No necesita encofrado, dado que la propia chapa funciona como encofrado perdido y plataforma de trabajo.
- Supone menos carga para la estructura por ser más ligero y el canto medio de estos forjados es menor.
- Su ejecución es más rápida y sencilla.
- Se adapta a cualquier tipología edificatoria (industrial, comercial, deportiva, residencial, etc...).
- Ejerce funciones de seguridad y protección frente a la caída de objetos.
- Contribuyendo a estabilizar el edificio si se trata de una estructura metálica, disminuyendo la necesidad de arriostramiento.
- Soporta cargas durante el hormigonado para ciertos casos de luces. Cuando la luz supera cierto valor hay que apuntalar la chapa previo al hormigonado, como es el caso que nos ocupa.
- Facilita la circulación en los pisos durante la ejecución de los forjados.

- La utilización de conectores dúctiles permite formar vigas mixtas, lo que se traduce en una importante reducción del canto del forjado.
- Los nervios de chapa permiten el alojamiento de canalizaciones para instalaciones eléctricas.



Imagen 30: Forjado de chapa colaborante.

Para la elección del forjado se ha utilizado el catálogo de forjados de chapa colaborante de la marca comercial Hiansa, que ofrece una estimación del canto del forjado y la carga que supone dicho forjado para la estructura en daN/m^2 en función de la luz máxima entre pilares, en este caso 5 m.

HORMIGÓN NORMAL (3 APOYOS)

SOBRECARGAS ESTÁTICAS (daN/m^2) **ESPESOR 1.2mm**

		H (cm)											
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
LUZ (m)	2	1572	1747	1920	2090	2257	2370	2451	2530	2608	2684	2759	2832
	2.2	1413	1571	1725	1878	2028	2128	2200	2271	2339	2407	2473	2537
	2.4	1281	1423	1563	1701	1837	1927	1991	2054	2115	2175	2234	2291
	2.6	1169	1298	1426	1552	1675	1757	1815	1871	1926	1979	2032	2083
	2.8	1073	1192	1309	1424	1537	1611	1663	1714	1763	1812	1859	1905
	3	989	1099	1207	1313	1417	1485	1532	1578	1622	1666	1709	1750
	3.2	916	1018	1118	1216	1312	1374	1417	1459	1499	1539	1577	1625
	3.4	852	946	1039	1130	1219	1277	1316	1354	1391	1426	1461	1495
	3.6	795	883	969	1054	1137	1190	1226	1260	1294	1327	1358	1389
	3.8	744	826	906	986	1063	1112	1145	1177	1207	1237	1266	1294
	4	698	775	850	924	997	1043	1072	1101	1130	1157	1183	1209
	4.2	656	728	799	869	937	979	1007	1033	1059	1084	1108	1132
	4.4	618	686	753	818	882	922	947	972	995	1018	1040	1061
	4.6	584	648	711	772	833	870	893	915	937	958	979	998
	4.8	548	613	672	730	787	821	843	863	883	902	921	939
	5	509	570	631	691	745	777	809	839	868	896	924	951
	5.2	474	531	588	645	699	744	789	827	864	899	934	968
	5.4	443	496	551	606	659	709	759	801	841	879	916	952
	5.6	415	467	521	574	626	679	729	779	827	873	918	962
	5.8	391	441	494	546	598	650	700	750	799	847	893	938
	6	369	418	470	521	572	622	671	720	768	815	861	906
	6.2	349	397	448	498	548	597	646	694	741	787	832	877
	6.4	331	378	428	477	526	574	622	669	715	761	806	851
	6.6	314	360	410	458	506	554	601	647	692	737	782	827
	6.8	299	344	393	441	488	535	581	627	672	717	762	807
	7	285	329	378	425	472	518	564	609	654	699	744	789

Restricciones: Puntuales = colocar 1 puntual en el centro del vano. Flecha L/250

Imagen 31: Estimación canto forjado chapa colaborante.

Se empleará una chapa colaborante tipo MT-100 de 1,2 mm de espesor con un canto de forjado total de 14 cm tanto en la Planta Baja como en Planta 1ª. Siendo la luz máxima entre pilares, no será necesario apuntalar (celdas en rojo). La carga que transmitirá por su propio peso este forjado a la estructura será de 5,09 kN/m².

6.4. Cálculo de las cargas sobre la estructura.

Acciones permanentes:

Peso propio: Forjados

Según lo indicado en el CTE-DB-SE-AE, "el peso propio a tener en cuenta es el de los elementos estructurales, los cerramientos y elementos separadores, la tabiquería, todo tipo de carpinterías, revestimientos (como pavimentos, guarnecidos, enlucidos, falsos techos), rellenos (como los de tierras) y equipo fijo."

En cuanto a los elementos estructurales, el programa Robot Structural Analysis tiene en cuenta el peso propio de vigas, pilares y correas de cubierta, sin embargo el peso del forjado ha sido introducido como carga lineal sobre cada viga que compone los pórticos principales, tanto en Planta Baja, como en Planta 1ª en función de su área tributaria, según la carga obtenida en el catálogo de Hiansa (5,09 kN/m²).

La siguiente tabla resumen recoge el cálculo de esta carga:

Tabla 5: Resumen del cálculo de cargas debidas al peso de los forjados de planta

Planta Baja			Planta 1ª		
Nº Pórtico	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)	Nº Pórtico	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)
1	4,60	23,41	1 (vigas interiores)	4,60	23,41
			1 (vigas lado SE)	2,50	12,73
			1 (vigas lado NO)	4,10	20,87
2	5,00	25,45	2 (vigas interiores)	5,00	25,45
			2 (viga lado NO+viga balcón)	2,50	12,73

Planta Baja			Planta 1ª		
3	5,00	25,45	3 (vigas interiores y balcón)	5,00	25,45
			3 (viga voladizo)	2,50	12,73
4	5,00	25,45	4 (vigas interiores)	5,00	25,45
			4 (vigas lado SE+lado NO+ viga balcón)	2,50	12,73
5	5,00	25,45	5 (vigas lado NO)	5,00	25,45
			5 (vigas lado SE+viga balcón)	2,50	12,73
6	5,00	25,45	6	5,00	25,45
7	5,00	25,45	7 (vigas lado NO)	5,00	25,45
			7 (vigas lado SE+viga balcón)	2,50	12,73
8	5,00	25,45	8 (vigas interiores+lado NO)	5,00	25,45
			8 (viga voladizo)	2,50	12,73
			9 (vigas centrales)	3,65	18,58
			9 (viga lado SE)	1,15	5,85
			9 (viga lado NO)	2,50	12,73
			10 (meseta 2)	1,15	5,85
			0	1,60	8,14

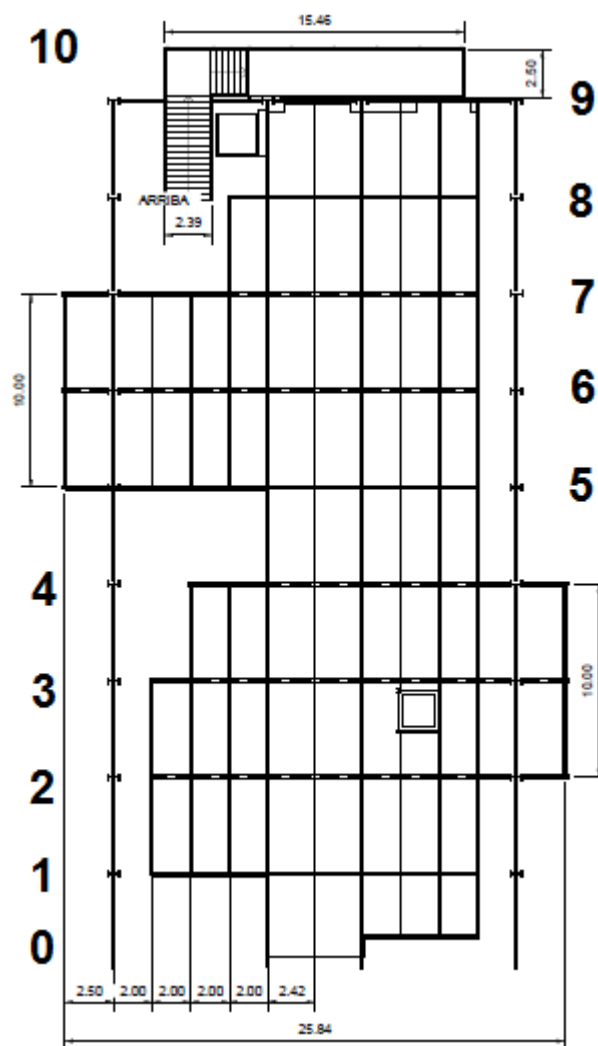


Imagen 32: Numeración de pórticos.

Peso propio: Cerramientos

En lo relativo a las cargas debidas a los cerramientos, hay que distinguir entre el cerramiento de fachada, el cerramiento de cubierta, el cerramiento de los castilletes de ascensor y el cerramiento de los balcones en voladizo.

- **Fachadas exteriores:** En el caso del cerramiento de fachada, éste estará compuesto por muro capuchino de doble hoja de ladrillo. Según el Anejo C "Prontuario de pesos y coeficientes de rozamiento interno" del CTE-DB-SE-AE, la carga por unidad de longitud correspondiente a éste tipo de cerramiento, 7 kN/m, el cual entraría dentro de la categoría "Hoja de albañilería exterior y tabique interior; grueso total < 0,25 m" recogida en la tabla que se muestra a continuación:

Elemento	Peso
Forjados	kN / m ²
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
Cerramientos y particiones (para una altura libre del orden de 3,0 m) incluso enlucido	kN / m
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
Solados (incluyendo material de agarre)	kN / m ²
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 peldaños; grueso total < 0,15 m	1,5
Cubierta, sobre forjado (peso en proyección horizontal)	kN / m ²
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
Rellenos	kN / m ³
Agua en aljibes o piscinas	10
Terreno, como en jardineras, incluyendo material de drenaje ⁽¹⁾	20

⁽¹⁾ El peso total debe tener en cuenta la posible desviación de grueso respecto a lo indicado en planos.

Imagen 33: Tabla C.5 Peso propio de elementos constructivos

- Cubierta:** Para el cerramiento de cubierta se ha optado por la utilización de panel sándwich Hiansa CUB 2GR/3GR de 50 mm de espesor y un peso de 11,40 kg/m², equivalente a 0,114 kN/m². Dado que la cubierta es inclinada ($\alpha = 18,76^\circ$), la carga debida al peso de los paneles deberá corregirse multiplicando por $\cos(\alpha)$, obteniendo un valor de 0,108 kN/m² referido a la proyección horizontal de la superficie de cubierta. Esta carga se aplicará sobre las correas de cubierta en función de su área tributaria, tal y como se recoge en la siguiente tabla (solo se detallan las cargas sobre las correas de un faldón, puesto que la disposición de las mismas es simétrica en ambos faldones, dando lugar al mismo valor de carga sobre una correa y su simétrica respecto al eje vertical que pasa por la línea de cumbrera de la cubierta):

Tabla 6: Resumen de cálculo de cargas debidas al peso de los paneles sándwich

Correas (faldón SE)		
Nº Correa	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)
1	1,09	0,12
2	1,33	0,14
3	1,33	0,14
4	1,33	0,14
5	1,33	0,14
6	1,33	0,14
7	1,33	0,14
8	1,33	0,14
9	0,95	0,10
10 (cumbreira)	0,56	0,06

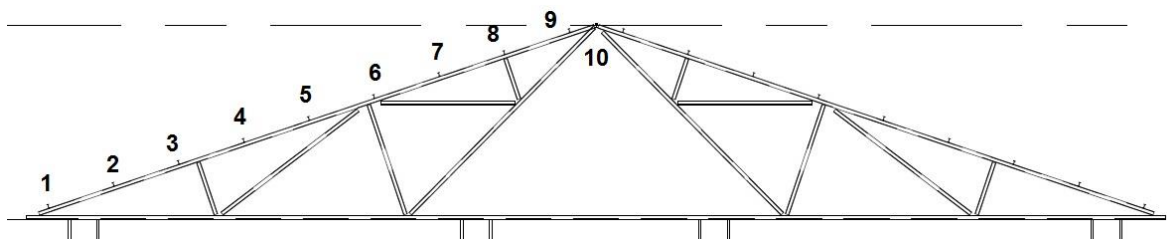


Imagen 34: Numeración de correas.

Por último, tanto para el cerramiento de los balcones en voladizo de las fachadas laterales y trasera, como para el cerramientos de los ascensores, se empleará el vidrio.

- **Castilletes de ascensores:** En el caso de los ascensores, el tipo de vidrio utilizado será un acristalamiento laminado PLASTOFLOAT 88 (44/2) formado por 2 caras de 4,4 mm de espesor cada una más una lamina intermedia de PVB (butiral de polivinilo) de 0,76 mm, para un total de 8,8 mm de espesor. Según el Anejo C del CTE-DB-SE-AE, la carga por unidad de superficies correspondiente a un vidrio normal de 5 mm de espesor es de $0,25 \text{ kN/m}^2$, por lo que para un espesor de 8,8 mm la carga será de $0,44 \text{ kN/m}^2$.

Para obtener la carga lineal que se aplicará en cada viga del castillete de ascensor, se habrá de multiplicar esta carga superficial por la altura del vidrio en cada planta. Éste cálculo se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 7: Resumen cálculo cargas sobre vigas de ascensor debidas al cerramiento

Planta de vigas	Altura por encima (m)	Carga lineal (kN/m)
Planta baja	4,60	2,02
Planta 1ª	5,15	2,27
Planta 1ª*	2,85	1,25
Planta Techo de puestos	2,3	1,01

*En el caso del ascensor embebido en el bloque de puestos, la altura por encima del forjado de Planta 1ª está dividida en 2 tramos, por debajo y por encima de la cota de techo de dichos puestos.

- **Balcones en voladizo:** Para el caso de los balcones en voladizo, tanto para los cerramientos verticales, como para los de cubierta, se emplea vidrio armado traslúcido de 6 mm de espesor, con una carga de $0,35 \text{ kN/m}^2$. Esta carga se repartirá entre las vigas de la cubierta en función de un área tributaria igual en ambos pórticos 9 y 10 de 1,15 m en el caso del balcón trasero que aloja el núcleo de escaleras. Para las vigas de cubierta de los balcones laterales en los pórticos 2, 3, 4, 5, 6 y 7 también se aplicará esta carga de $0,35 \text{ kN/m}^2$ en función de su área tributaria obtenida en el cálculo de las cargas por peso propio de los forjados de planta. Por su parte, en las vigas inferiores la carga lineal se obtendrá en función de la altura de los vidrios, tal y como se ha hecho en el caso anterior de los ascensores.

Materiales y elementos	Peso kN/m ²	Materiales y elementos	Peso kN/m ²
Aislante (lana de vidrio o roca)		Tablero de madera, 25 mm espesor	0,15
por cada 10 mm de espesor	0,02	Tablero de rasilla, una hoja	
Chapas grecadas, canto 80 mm,		una hoja sin revestir	0,40
Acero 0,8 mm espesor	0,12	una hoja más tendido de yeso	0,50
Aluminio, 0,8 mm espesor	0,04	Tejas planas (sin enlistonado)	
Plomo, 1,5 mm espesor	0,18	ligeras (24 kg/pieza)	0,30
Zinc, 1,2 mm espesor	0,10	corrientes (3,0 kg/pieza)	0,40
Cartón embreado, por capa	0,05	pesadas (3,6 kg/pieza)	0,50
Enlistonado	0,05	Tejas curvas (sin enlistonado)	
Hoja de plástico armada, 1,2 mm	0,02	ligeras (1,6 kg/pieza)	0,40
Pizarra, sin enlistonado		corrientes (2,0 kg/pieza)	0,50
solape simple	0,20	pesadas (2,4 kg/pieza)	0,60
solape doble	0,30	Vidriera (incluida la carpintería)	
Placas de fibrocemento, 6 mm espesor	0,18	vidrio normal, 5 mm espesor	0,25
		vidrio armado, 6 mm espesor	0,35

Imagen 35: Tabla C.2 Peso por unidad de superficie de elementos de cobertura

Peso propio: Tabiquería y falsos techos

En el caso de tabiques ordinarios cuyo peso por metro cuadrado no sea superior a $1,2 \text{ kN/m}^2$ y cuya distribución en planta sea sensiblemente homogénea, su peso propio podrá asimilarse a una carga equivalente uniformemente distribuida. Como valor de dicha

carga equivalente se podrá adoptar el valor del peso por metro cuadrado de alzado multiplicado por la razón entre la superficie de tabiquería y la de la planta considerada. En el caso de tabiquería más pesada, ésta podrá asimilarse al mismo valor de carga equivalente uniforme citado más un incremento local, de valor igual al exceso de peso del tabique respecto a 1,2 kN por m² de alzado.

Dado que para las divisiones interiores se empleará tabicón de ladrillo hueco doble de 90 mm de espesor (peso 1 kN/m²), esta consideración es válida y se puede aplicar sobre las vigas de carga de Planta Baja y Planta 1ª en función de su área tributaria. A la carga debida al peso de los tabiques se sumará el peso de los falsos techos de los puestos (peso 12 kg/m²), obteniéndose una carga total de 1,12 kN/m².

Tabla 8: Resumen cálculo cargas de cerramientos y falsos techos.

Planta Baja			Planta 1ª		
Nº Pórtico	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)	Nº Pórtico	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)
1	4,60	6,07	1 (vigas interiores)	4,60	6,07
			1 (vigas lado SE)	2,50	3,30
			1 (vigas lado NO)	4,10	5,41
2	5,00	6,60	2 (vigas interiores)	5,00	6,60
			2 (viga lado NO+viga balcón)	2,50	3,30
3	5,00	6,60	3 (vigas interiores y balcón)	5,00	6,60
			3 (viga voladizo)	2,50	3,30
4	5,00	6,60	4 (vigas interiores)	5,00	6,60
			4 (vigas lado SE+lado NO+ viga balcón)	2,50	3,30

Planta Baja			Planta 1ª		
5	5,00	6,60	5 (vigas lado NO)	5,00	6,60
			5 (vigas lado SE+viga balcón)	2,50	3,30
6	5,00	6,60	6	5,00	6,60
7	5,00	6,60	7 (vigas lado NO)	5,00	6,60
			7 (vigas lado SE+viga balcón)	2,50	3,30
8	5,00	6,60	8 (vigas interiores+lado NO)	5,00	6,60
			8 (viga voladizo)	2,50	3,30
			9 (vigas centrales)	3,65	4,82
			9 (viga lado SE)	1,15	1,52
			9 (viga lado NO)	2,50	3,30
			0	1,60	2,11

Acciones variables:

Sobrecargas de uso

Según el punto 3.1. del CTE-DB-SE-AE, "por lo general, los efectos de la sobrecarga de uso pueden simularse por la aplicación de una carga distribuida uniformemente. De acuerdo con el uso que sea fundamental en cada zona del mismo, como valores característicos se adoptarán los de la Tabla 3.1. Dichos valores incluyen tanto los efectos derivados del uso normal, personas, mobiliario, enseres, mercancías habituales, contenido de los conductos, maquinaria y en su caso vehículos, así como las derivadas de la utilización poco habitual, como acumulación de personas, o de mobiliario con ocasión de un traslado".

Las cargas por explotación serán introducidas manualmente como cargas lineales aplicadas a cada viga de carga en función de su área tributaria, tal y como se realizó en el caso de carga permanente debida al peso propio de los forjados. En este caso, la sobrecarga sobre los forjados de Planta Baja y Planta 1ª se obtendrán según lo indicado en el punto 3.1. del CTE-DB-SE-AE:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Imagen 36: Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso.

Por tanto, la carga por unidad de superficie debida a la explotación será de 5 kN/m² para un edificio clasificado como D1 Locales comerciales, como es el Mercado de abastos de Linares. En la siguiente tabla se muestran las cargas por unidad de longitud a aplicar en cada viga de carga:

Tabla 9: Resumen cálculo de sobrecargas de uso.

Planta Baja			Planta 1ª		
Nº Pórtico	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)	Nº Pórtico	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)
1	4,60	23,00	1 (vigas interiores)	4,60	23,00
			1 (vigas lado SE)	2,50	12,50
			1 (vigas lado NO)	4,10	20,50

Planta Baja			Planta 1ª		
2	5,00	25,00	2 (vigas interiores)	5,00	25,00
			2 (viga lado NO+viga balcón)	2,50	12,50
3	5,00	25,00	3 (vigas interiores y balcón)	5,00	25,00
			3 (viga voladizo)	2,50	12,50
4	5,00	25,00	4 (vigas interiores)	5,00	25,00
			4 (vigas lado SE+lado NO+viga balcón)	2,50	12,50
5	5,00	25,00	5 (vigas lado NO)	5,00	25,00
			5 (vigas lado SE+viga balcón)	2,50	12,50
6	5,00	25,00	6	5,00	25,00
7	5,00	25,00	7 (vigas lado NO)	5,00	25,00
			7 (vigas lado SE+viga balcón)	2,50	12,50
8	5,00	25,00	8 (vigas interiores+lado NO)	5,00	25,00
			8 (viga voladizo)	2,50	12,50
			9 (vigas centrales)	3,65	18,25
			9 (viga lado SE)	1,15	5,75
			9 (viga lado NO)	2,50	12,50
			10 (meseta 2)	1,15	5,75
			0	1,60	8,00

Adicionalmente, para su comprobación local, los balcones volados de toda clase de edificios se calcularán con la sobrecarga de uso correspondiente a la categoría de uso con la que se comunique, más una sobrecarga lineal actuando en sus bordes de 2 kN/m. Esta carga lineal se aplicará sobre todas las vigas voladas de los balcones laterales, balcón trasero de caja de escaleras y vigas interiores en voladizo de la Planta 1ª.

Por su parte, sobre las correas de cubierta se deberán aplicar las cargas de mantenimiento de 0,4 kN/m², correspondientes a la categoría G1 Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) en función de su área tributaria:

Tabla 3.1. Valores característicos de las sobrecargas de uso

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

Imagen 37: Tabla valores característicos de sobrecarga de uso (cubierta).

El CTE ya proporciona esta carga referida a la proyección horizontal de la superficie de la cubierta, luego a la hora de introducirla en el programa de cálculo no es necesario corregirla con la inclinación de la misma. La siguiente tabla muestra las cargas aplicadas según la correa de la que se trate en el faldón SE (al ser la cubierta simétrica, las cargas serán las mismas sobre el faldón NO, por lo que no se muestra su cálculo que sería reiterativo):

Tabla 10: Resumen cálculo sobrecarga de mantenimiento de cubierta.

Correas (faldón SE)		
Nº Correa	Área tributaria	Carga lineal

Correas (faldón SE)		
	(m)	(kN/m)
1	1,09	0,44
2	1,33	0,53
3	1,33	0,53
4	1,33	0,53
5	1,33	0,53
6	1,33	0,53
7	1,33	0,53
8	1,33	0,53
9	0,95	0,38
10 (cumbreira)	0,56	0,22

Viento

El cálculo de las cargas debidas el viento se realizará de acuerdo a lo indicado en el punto 3.3 del CTE-DB-SE-AE. Según el mismo, "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 su superficie, así como de la dirección, de la intensidad y del racheo del viento. En general, los edificios ordinarios no son sensibles a los efectos dinámicos del viento. Este Documento Básico no cubre las construcciones de esbeltez superior a 6, en las que sí deben tenerse en cuenta dichos efectos."

La acción de viento, en general una fuerza perpendicular a la superficie de cada punto expuesto, o presión estática, q_e puede expresarse como:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (2)$$

siendo:

q_b la presión dinámica del viento. De forma simplificada, como valor en cualquier punto del territorio español, puede adoptarse 0,5 kN/m² . Pueden obtenerse valores más precisos mediante el anejo D, en función del emplazamiento geográfico de la obra.

El valor básico de la presión dinámica del viento puede obtenerse con la expresión:

$$q_b = 0,5 \cdot \delta \cdot v_b^2 \dots\dots\dots(3)$$

siendo δ la densidad del aire que puede tomarse como $1,25 \text{ kN/m}^3$ y v_b el valor básico de la velocidad del viento. El valor básico de la velocidad del viento en cada localidad puede obtenerse del mapa de la figura D.1. El de la presión dinámica es, respectivamente de $0,42 \text{ kN/m}^2$, $0,45 \text{ kN/m}^2$ y $0,52 \text{ kN/m}^2$ para las zonas A, B y C de dicho mapa.

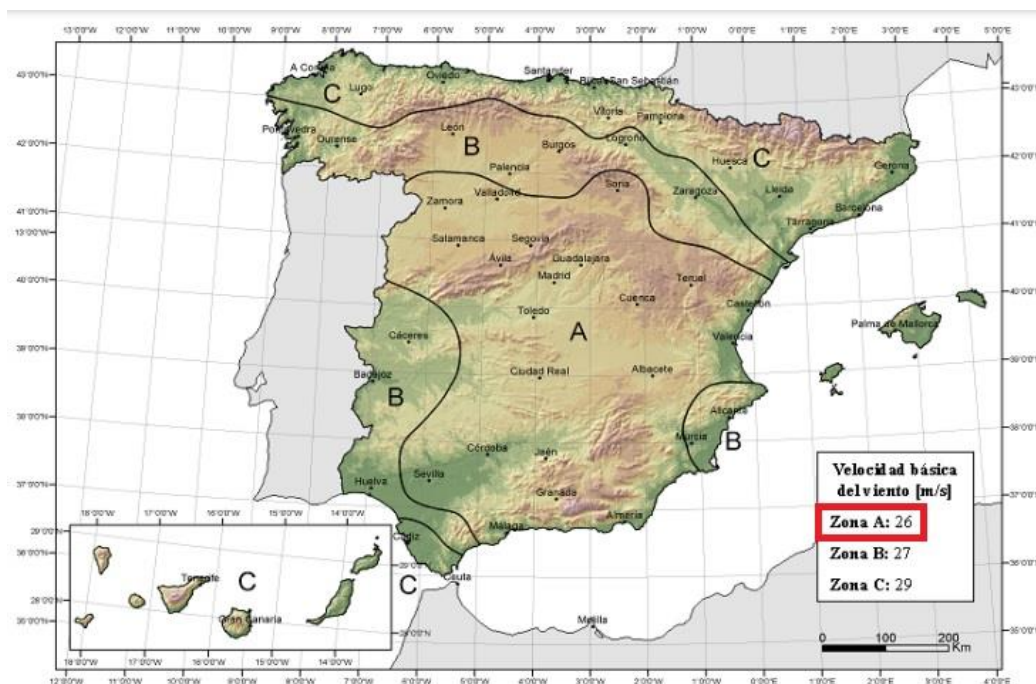


Imagen 38: Mapa para obtener v_b .

$$q_b = 0,5 \cdot 1,25 \text{ kN/m}^3 \cdot 26 \text{ m/s} = 0,42 \text{ kN/m}^2$$

c_e el coeficiente de exposición, variable con la altura del punto considerado, en función del grado de aspereza del entorno donde se encuentra ubicada la construcción. Se determina de acuerdo con lo establecido en 3.3.3. En edificios urbanos de hasta 8 plantas puede tomarse un valor constante, independiente de la altura, de 2,0.

El coeficiente de exposición c_e para alturas sobre el terreno, z , no mayores de 200 m, puede determinarse con la expresión:

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

$$F = k \ln (\max (z, Z) / L) \dots\dots\dots(4)$$

siendo k , L , Z parámetros característicos de cada tipo de entorno, según la tabla D.2.

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

Imagen 39: Valores de k, L, Z para obtener c_e .

$$F = 0,22 * \ln(17\text{m}/0,3\text{m}) = 0,888$$

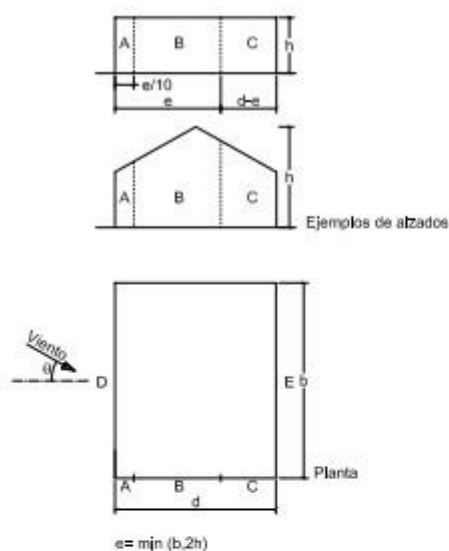
$$c_e = 0,888 * (0,888 + 7 * 0,22) = 2,16$$

c_p el coeficiente eólico o de presión, dependiente de la forma y orientación de la superficie respecto al viento, y en su caso, de la situación del punto respecto a los bordes de esa superficie; un valor negativo indica succión. Su valor se establece en 3.3.4 y 3.3.5.

Tabla 11: Parámetros para cargas de viento.

Parámetros	Valores
h (m)	17
2h (m)	34
b (m)	42,20
e = min (b,2h) (m)	34
d (m)	22
h/d	0,72
Área (m²)	44,2
A	-1,2
B	-0,8
C	-0,5
D	0,8
E	-0,7

Tabla D.3 Paramentos verticales



A (m ²)	h/d	Zona (según figura), $-45^\circ < \theta < 45^\circ$				
		A	B	C	D	E
≥ 10	5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
5	5	-1,3	-0,9	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,8	-0,3
2	5	-1,3	-1,0	-0,5	0,9	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	0,7	-0,3
≤ 1	5	-1,4	-1,1	-0,5	1,0	-0,7
	1	"	"	"	"	-0,5
	$\leq 0,25$	"	"	"	"	-0,3

Imagen 40: Coeficientes para obtener c_p .

A modo de simplificación, se tomarán los mayores valores posibles, tanto de presión, como de succión, de manera que se obtiene:

$$c_p = 1,2$$

$$q_e = 0,42 \text{ kN/m}^2 * 2,16 * 1,2 = 1,09 \text{ kN/m}^2.$$

El edificio se comprobará 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. Estas consideraciones han sido las aplicadas para el cálculo de las acciones de viento en el software Robot Structural 2020, así como la velocidad obtenida de 26 m/s para Linares y una cota del terreno situada en el nivel +0,00 m.

Imagen 41: Parámetros para cálculo de fuerzas de viento.

Tras establecer los parámetros generales, se habrá de generar un perfil de viento asignando un c_e en cada punto según la altura sobre el nivel del terreno (z) en m, tal y como se recoge en la siguiente tabla:

Tabla 12: Cálculo de perfil de viento.

Perfil de viento		
z (m)	F	c_e
0,00	0,62	1,34
5,00	0,62	1,34
10,00	0,77	1,78
15,00	0,86	2,07

Perfil de viento		
20,00	0,92	2,28
25,00	0,97	2,45
30,00	1,01	2,59
35,00	1,05	2,71
40,00	1,08	2,82
45,00	1,10	2,91
50,00	1,13	3,00

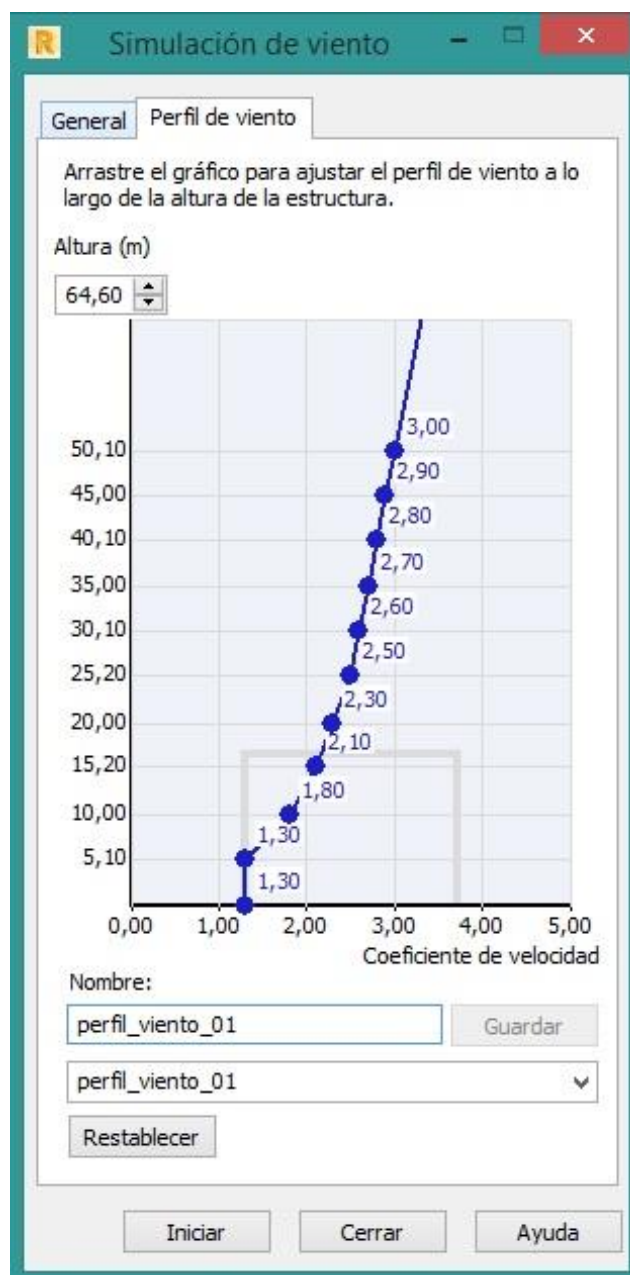


Imagen 42: Definición de perfil de viento.

Nieve

De acuerdo al punto 3.5 Nieve del CTE, "como valor de carga de nieve por unidad de superficie en proyección horizontal, q_n , puede tomarse:"

$$q_n = \mu \cdot s_k$$

siendo:

μ coeficiente de forma de la cubierta según 3.5.3

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

(5)

Imagen 43: Fórmula para la carga de nieve en kN/m^2

Tabla 3.8 Sobrecarga de nieve en capitales de provincia y ciudades autónomas

Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2	Capital	Altitud m	s_k kN/m^2
Albacete	690	0,6	Guadalajara	680	0,6	Pontevedra	0	0,3
Alicante / Alacant	0	0,2	Huelva	0	0,2	Salamanca	780	0,3
Almería	0	0,2	Huesca	470	0,2	SanSebas- tián/Donostia	0	0,5
Ávila	1.130	1,0	Jaén	570	0,7		0	0,3
Badajoz	180	0,2	León	820	0,4	Santander	1.000	0,3
Barcelona	0	0,2		150	1,2	Segovia	10	0,7
Barcelona / Bilbo	0	0,4	Lérida / Lleida	380	0,5	Sevilla	1.090	0,2
Bilbao	860	0,3	Logroño	470	0,6	Soria	0	0,9
Burgos	440	0,6	Lugo	660	0,7	Tarragona	0	0,4
Cáceres	0	0,4	Madrid	0	0,6	Tenerife	950	0,2
Cádiz	0	0,2	Málaga	40	0,2	Teruel	550	0,9
Castellón	0	0,2	Murcia	130	0,2	Toledo	0	0,5
Ciudad Real	640	0,6	Orense / Ourense	230	0,4		0	0,2
Córdoba	100	0,2	Oviedo	740	0,5	Valencia/València	690	0,4
Coruña / A Coruña	0	0,3	Palencia	0	0,4	Valladolid	520	0,7
Cuenca	1.010	1,0	Palma de Mallorca	0	0,2	Vitoria / Gasteiz	650	0,4
Gerona / Girona	70	0,4	Palmas, Las	0	0,2	Zamora	210	0,5
Granada	690	0,5	Pamplona/Iruña	450	0,7	Zaragoza	0	0,2
						Ceuta y Melilla		0,2

Imagen 44: Sobrecarga de nieve en capitales de provincia.

Por lo tanto, el valor s_k para la ciudad de Linares, provincia de Jaén, es de 0,4 kN/m^2 . El valor del coeficiente de forma μ será de 1, debido a que, según el punto 3.5.3. del CTE, "en un faldón limitado inferiormente por cornisas o limatesas y en el que no hay impedimento al deslizamiento de la nieve, el coeficiente de forma tiene valor 1 para cubiertas con inclinación menor o igual a 30° ."

En el siguiente párrafo del mismo punto anterior del CTE se indica que "se tendrán en cuenta las posibles distribuciones asimétricas de nieve, debidas al transporte de la misma por efecto del viento, reduciendo a la mitad el coeficiente de forma en las partes en las que la acción sea favorable. Por tanto, se consideran los siguientes 3 casos de sobrecarga de nieve:

- Caso 1: carga máxima de nieve sobre ambos faldones de cubierta.

Tabla 13: Resumen de cálculo de cargas de nieve (Caso 1)

Correas (faldón SE)			Correas (faldón NO)		
Nº Correa	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)	Nº Correa	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)
1	1,09	0,44	1	1,09	0,44
2	1,33	0,53	2	1,33	0,53
3	1,33	0,53	3	1,33	0,53
4	1,33	0,53	4	1,33	0,53
5	1,33	0,53	5	1,33	0,53
6	1,33	0,53	6	1,33	0,53
7	1,33	0,53	7	1,33	0,53
8	1,33	0,53	8	1,33	0,53
9	0,95	0,38	9	0,95	0,38
10	0,56	0,22	10	0,56	0,22

- Caso 2: distribución asimétrica de nieve, debida al transporte de la misma por efecto del viento, reduciendo a la mitad (0,5) el coeficiente de forma en las partes en que la acción sea favorable (faldón SE).

Tabla 14: Resumen de cálculo de cargas de nieve (Caso 2)

Correas (faldón SE)			Correas (faldón NO)		
Nº Correa	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)	Nº Correa	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)
1	1,09	0,22	1	1,09	0,44
2	1,33	0,27	2	1,33	0,53
3	1,33	0,27	3	1,33	0,53
4	1,33	0,27	4	1,33	0,53
5	1,33	0,27	5	1,33	0,53
6	1,33	0,27	6	1,33	0,53
7	1,33	0,27	7	1,33	0,53
8	1,33	0,27	8	1,33	0,53

Correas (faldón SE)			Correas (faldón NO)		
9	0,95	0,19	9	0,95	0,38
10	0,56	0,11	10	0,56	0,22

- Caso 3: distribución asimétrica de nieve, debida al transporte de la misma por efecto del viento, reduciendo a la mitad (0,5) el coeficiente de forma en las partes en que la acción sea favorable (faldón NO).

Tabla 15: Resumen de cálculo de cargas de nieve (Caso 3)

Correas (faldón SE)			Correas (faldón NO)		
Nº Correa	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)	Nº Correa	Área tributaria (m)	Carga lineal (kN/m)
1	1,09	0,44	1	1,09	0,22
2	1,33	0,53	2	1,33	0,27
3	1,33	0,53	3	1,33	0,27
4	1,33	0,53	4	1,33	0,27
5	1,33	0,53	5	1,33	0,27
6	1,33	0,53	6	1,33	0,27
7	1,33	0,53	7	1,33	0,27
8	1,33	0,53	8	1,33	0,27
9	0,95	0,38	9	0,95	0,19
10	0,56	0,22	10	0,56	0,11

Acciones accidentales:

Sismo

Este emplazamiento se encuentra en una zona poco sísmica en la cual, según la norma NCSE-02, la aceleración sísmica básica en Linares es de $0,05 \text{ m/s}^2$ y para edificios de importancia normal solo es obligatorio su cálculo siempre y cuando dicha aceleración sea mayor de $0,08 \text{ m/s}^2$, por lo que este tipo de cargas no se tendrá en cuenta en el cálculo de la estructura.

6.5. Combinaciones de cargas.

Para el desarrollo de la combinación será de aplicación la normativa EAE (Instrucción de Acero Estructural) nombrada a partir de ahora por sus siglas EAE.

Según esta norma, para cada una de las situaciones que se pueden producir en una estructura, se establecerá una posible combinación de cargas. A su vez, cada combinación de acciones estará formada por acciones permanentes, una acción variable determinante y una o varias acciones concomitantes. Para el dimensionamiento de la estructura, el programa Robot utilizará la combinación de acciones que afecte más negativamente a ésta. Asimismo, habrá que estudiar que la estructura cumpla tanto a Estado Límite Último (en adelante ELU) y Estado Límite de Servicio (en adelante ELS).

Según la EAE, en ELU "para las distintas situaciones de proyecto, las combinaciones de acciones se definen de acuerdo con las siguientes expresiones":

- En situaciones persistentes o transitorias:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (6)$$

- En situaciones accidentales:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_k + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (7)$$

- En situaciones en las que actúa la acción sísmica:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_A A_{E,k} + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (8)$$

Donde

$\psi_{2,i} Q_{k,i}$	Valor representativo cuasi-permanente de las acciones variables que actúan simultáneamente con la acción variable determinante y la acción accidental, o con la acción sísmica.
A_k	Valor característico de la acción accidental.
$A_{E,k}$	Valor característico de la acción sísmica.
$G_{k,j}$	Valor característico de las acciones permanentes
$G_{k,j}^*$	Valor característico de las acciones permanentes de valor no constante
$Q_{k,1}$	Valor característico de la acción variable determinante.
$\psi_{0,i} Q_{k,i}$	Valor representativo de combinación de las acciones variables que actúan simultáneamente con la acción variable determinante.
$\psi_{1,1} Q_{k,1}$	Valor representativo frecuente de la acción variable determinante.

En las situaciones persistentes o transitorias, cuando la acción determinante $Q_{k,1}$ no se obvia, se valorarán distintas posibilidades considerando distintas acciones variables como determinantes.

Según la EAE, para ELS se consideran únicamente las situaciones de proyecto persistentes o transitorias. En estos casos, las combinaciones de acciones se definirán de acuerdo a las siguientes fórmulas:

- En situaciones poco probables:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i} \quad (9)$$

- En situaciones frecuentes:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \gamma_{Q,1} \psi_{1,1} Q_{k,1} + \sum_{i > 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (10)$$

- En situaciones cuasi-permanentes:

$$\sum_{j \geq 1} \gamma_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j \geq 1} \gamma_{G^*,j} G_{k,j}^* + \sum_{i \geq 1} \gamma_{Q,i} \psi_{2,i} Q_{k,i} \quad (11)$$

6.6. Escaleras.

Para el cálculo de escaleras se ha empleado el CTE-DB-SE-SUA como norma principal y la norma NTP 404 para escaleras fijas del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo como norma complementaria de apoyo.

De acuerdo con esto, el CTE obliga a todas las escaleras de uso general a cumplir con las siguientes condiciones para los peldaños:

“En tramos rectos, la huella medirá 28 cm como mínimo. En tramos rectos o curvos la contrahuella medirá 13 cm como mínimo y 18,5 cm como máximo, excepto en zonas de uso público, así como siempre que no se disponga ascensor como alternativa a la escalera, en cuyo caso la contrahuella medirá 17,5 cm, como máximo. La huella H y la contrahuella C cumplirán a lo largo de una misma escalera la relación siguiente: $54 \text{ cm} \leq 2C + H \leq 70 \text{ cm}$. ”

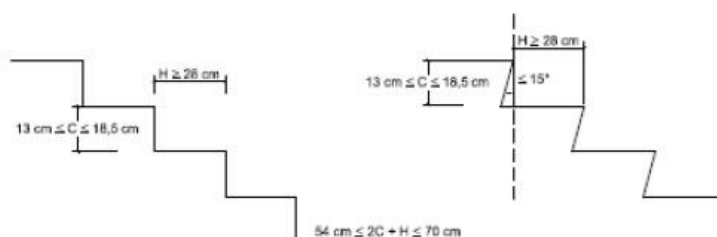


Imagen 45: Condiciones de huella y contrahuella.

En cuanto a los tramos de escaleras, la norma cita los siguiente que deben cumplir las escaleras:

"Excepto en los casos admitidos en el punto 3 del apartado 2 de esta sección, cada tramo tendrá 3 peldaños como mínimo. La máxima altura que puede salvar un tramo es 2,25 m en zonas de uso público, así como siempre que no se disponga de ascensor como alternativa a la escalera, y 3,20 m en los demás casos.

La anchura útil del tramo se determinará de acuerdo con las exigencias de evacuación establecidas en el apartado 4 de la Sección SI 3 del DB-SI y será, como mínimo, la indicada en la tabla siguiente:"

Uso del edificio o zona	Anchura útil mínima (m) en escaleras previstas para un número de personas:			
	≤ 25	≤ 50	≤ 100	> 100
Residencial Vivienda, incluso escalera de comunicación con aparcamiento	1,00 ⁽¹⁾			
Docente con escolarización infantil o de enseñanza primaria Pública concurrencia y Comercial	0,80 ⁽²⁾	0,90 ⁽²⁾	1,00	1,10
Sanitario Zonas destinadas a pacientes internos o externos con recorridos que obligan a giros de 90° o mayores Otras zonas	1,40			
	1,20			
Casos restantes	0,80 ⁽²⁾	0,90 ⁽²⁾	1,00	

⁽¹⁾ En edificios existentes, cuando se trate de instalar un ascensor que permita mejorar las condiciones de accesibilidad para personas con discapacidad, se puede admitir una anchura menor siempre que se acredite la no viabilidad técnica y económica de otras alternativas que no supongan dicha reducción de anchura y se aporten las medidas complementarias de mejora de la seguridad que en cada caso se estimen necesarias.

⁽²⁾ Excepto cuando la escalera comunique con una zona accesible, cuyo ancho será de 1,00 m como mínimo.

Imagen 46: Ancho mínimo de los escalones.

Por último, en cuanto los descansillos, indica los siguiente:

"Las mesetas dispuestas entre tramos de una escalera con la misma dirección tendrán, al menos, la anchura de la escalera y una longitud medida en su eje de 1 m, como mínimo."

Tabla 16: Datos de esclaeras.

Parámetro	Valor
Nº de escalones tramos	24
Huella	0,28 m
Contrahuella	0,18 m
Ancho escaleras	2,39 m
Ancho meseta	2,50 m

Además, se cumple la relación expresada anteriormente entre la huella y la contrahuella:

$$2 C + H = 2 * 18 + 28 = 64$$

6.7. Ascensores.

La colocación de un ascensor es obligatoria para el desplazamiento entre plantas de personas con movilidad reducida, así como personas con afecciones cardíacas y sectores más vulnerables como ancianos y mujeres embarazadas.

De entre las distintas opciones que ofrece el mercado para la instalación de los dos ascensores planteados (el ascensor junto a las escaleras será para el público en general, mientras que el embebido entre puestos será de uso exclusivo para personal), se ha optado por la empresa OTIS y su modelo GEN 2 Confort/Switch de un único embarque y capacidad máxima para 6 personas (450 kg). Las medidas y detalles de este están incluidas en el Anejo A: Planos.



Imagen 47: Ascensor GEN2 Confort/Switch.

Las razones de su elección son las numerosas ventajas que presenta con respecto a otros modelos y marcas comerciales y la experiencia acreditada de OTIS como fabricante:

- La utilización de cintas planas de acero recubiertas de poliuretano proporciona un funcionamiento más ligero y silencioso.
- Es una máquina sin engranajes y su control de frecuencia variable logra un viaje confortable y una parada precisa.

- Su máquina sin engranajes de baja inercia, dotada de motor síncrono e imanes permanentes, supone un importante ahorro de energía y costes.
- No se precisa de lubricantes contaminantes, con lo que se contribuye a la protección del medioambiente.
- Al tratarse de una cinta plana de acero recubierta de poliuretano, que interactúa con una polea de tracción que no precisa ranurado, se consigue un menor desgaste y una vida más larga de los componentes.
- Las cintas planas permiten la utilización de una máquina más compacta en tamaño, por lo que ya no es necesario el cuarto de máquinas y se logra una reducción en los costes de edificación.
- El sistema PULSETM, patentado por OTIS, monitoriza permanentemente el estado de los hilos de las cintas de acero: 24 h al día, 7 días a la semana.
- Su sistema patentado de rescate con monitorización electrónica de la velocidad y que funciona con baterías garantiza un rescate seguro, rápido y eficaz.
- Con la máquina situada sobre las guías, que están fijadas a cada forjado, las cargas son transferidas al foso, reduciendo así los costes estructurales del edificio.
- El proceso de instalación del OTIS GEN2 Confort/Switch es rápido y seguro y no interfiere con otros gremios.

En el anejo de planos se puede observar que se ha proyectado tanto el ascensor en detalle como la ubicación de las cargas, que estarán repartidas entre el techo del ascensor, donde se encuentra la maquinaria de elevación del sistema, y el foso en la cimentación.

Por otro lado, hay que tener en cuenta que, según el detalle del plano, P17 son reacciones en las guías del contrapeso y sólo se dan cuando hay un paso inferior de personas y, por tanto, sería necesario que el contrapeso tuviese acuíñamiento, pero no es este el caso.

Las reacciones laterales R1 y R2 en las guías se despreciarán, dado que los equipos están muy bien compensados.

Como se ha comentado previamente, las cargas se repartirán entre el techo del ascensor y la cimentación, por lo que se introducirán las cargas P11 en el techo en Robot y las cargas P11, P12 y P13 en la losa de cimentación durante su cálculo con CypeCAD 2020. Se adjunta esquema de ascensor en planta y tabla de cargas:

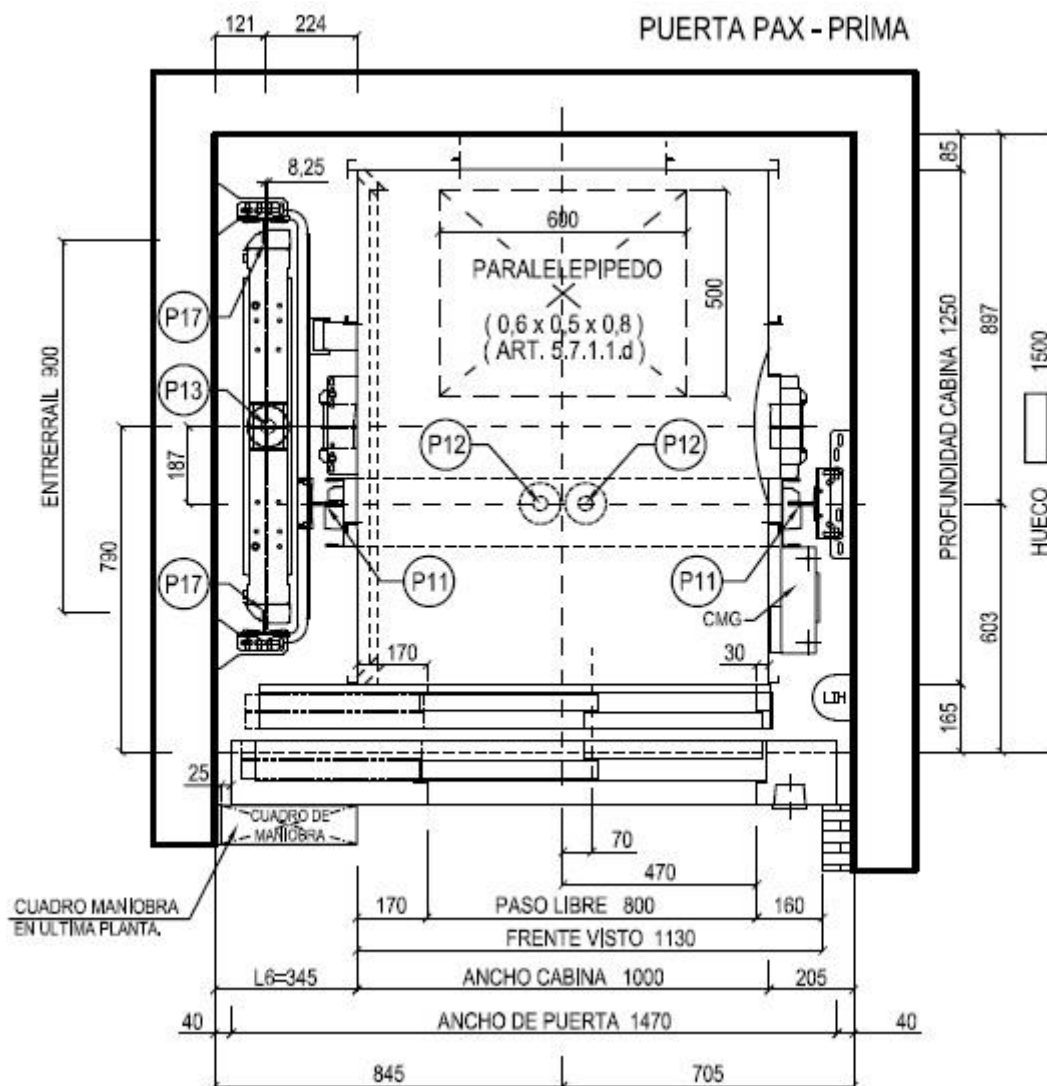


Imagen 48: Esquema en planta de ascensor.

Tabla 17: Cargas del ascensor.

REACCIONES	
EN GUIAS DE CABINA	EN FOSO
 R1 = 50 kg R2 = 17 kg P11 = 1250 kg H = 2725 mm PESO APROX. VEHÍCULO CARGADO : 1181 kg	(P11) 1250 kg (P12) 2400 kg (P13) 3800 kg (P17) 950 kg

6.8. Proceso de modelización de la estructura.

Para el modelado del edificio, como se ha indicado anteriormente, se utilizará el programa Autodesk Revit 2020. Una vez generado el modelo geométrico, se exportará a Robot Structural Analysis 2020, donde se introducirán las cargas calculadas en el apartado

6.4. de esta documentación, se combinarán las mismas, se dimensionará la estructura y se verificará realizando todas las comprobaciones que exige la normativa aplicable.

Como base para el modelado en Revit, se han empleado planos de distribución de plantas, alzados y secciones previamente dibujados en AutoCAD 2020. Estos planos serán importados en Revit para ser usados como plantilla en la modelización de la estructura.

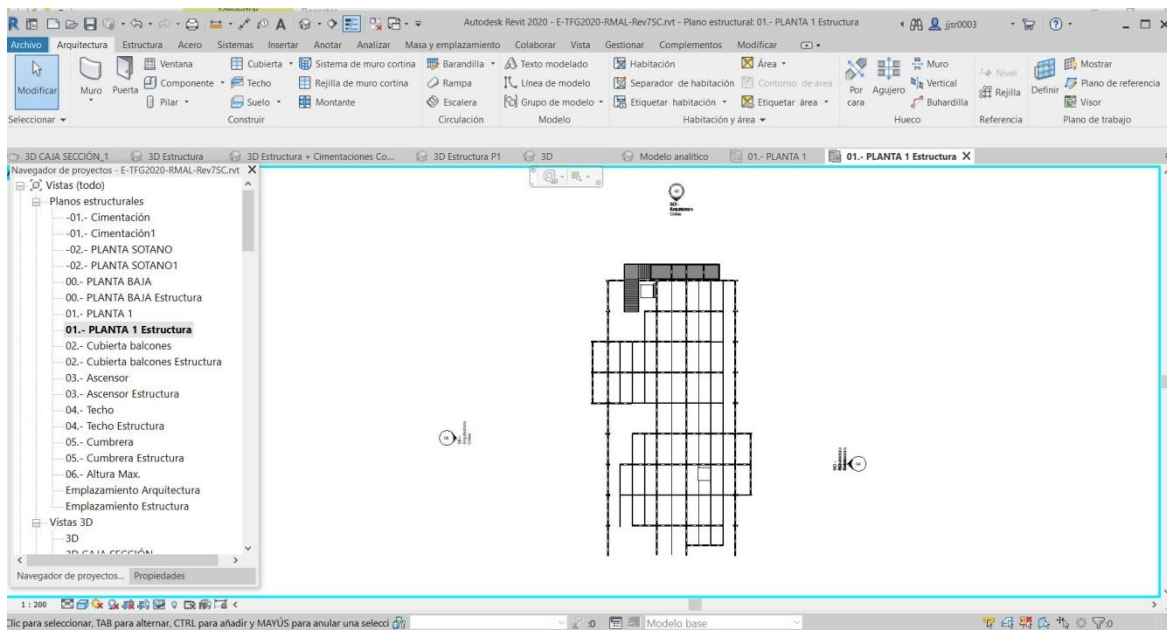


Imagen 49: Niveles y modelado de Planta 1ª.

Con el plano en planta como base, se han colocado los distintos niveles del edificio. Después, se han ido introduciendo vigas y pilares predimensionados. En esta fase inicial de modelado los perfiles introducidos no son definitivos, sino que sirven de soporte para el diseño de la estructura. Posteriormente se llevará a cabo el dimensionado en Robot Structural que modificará dichos perfiles hasta ajustarlos a los requerimientos de cargas mediante un proceso iterativo de cálculo de esfuerzos y dimensionamiento de barras de acero.

Las cargas se han introducido según los casos estudiados en Robot Structural y el programa ha generado internamente todas las combinaciones exigidas por la normativa.

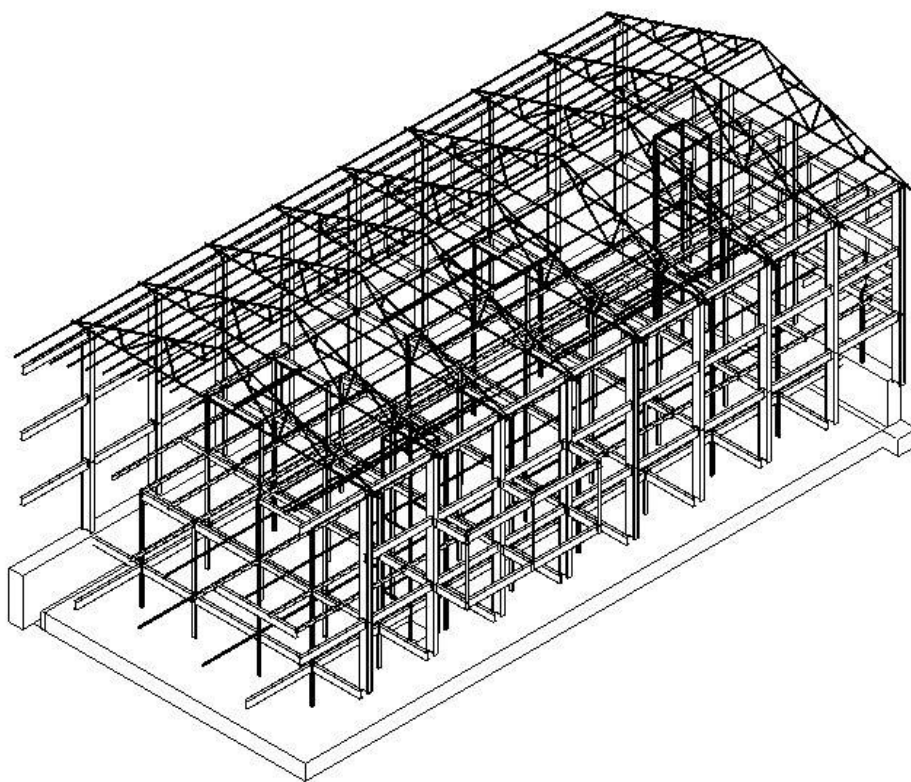


Imagen 50: Modelo geométrico.

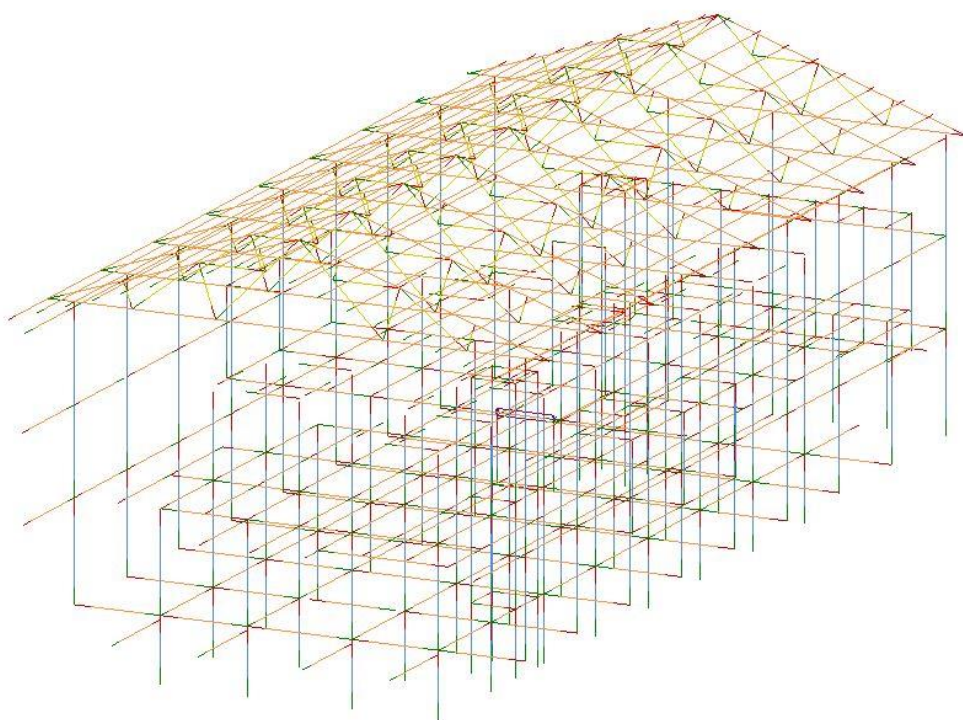


Imagen 51: Modelo analítico.

Con el modelo en Revit completo se ha exportado a Robot Structural para poder llevar a cabo el cálculo y dimensionamiento de la estructura.

En primer lugar, se ha definido el perfil geotécnico existente en el emplazamiento del edificio, pues esto será determinante para la elección y el comportamiento de la losa de cimentación. En este caso, se trata de un suelo compuesto por arcillas y arcillas limosas. Introduciendo las dimensiones de la losa en la herramienta Terreno de Robot se ha obtenido el coeficiente de balasto de la losa con el que se puede definir el modelo Winkler de la losa.

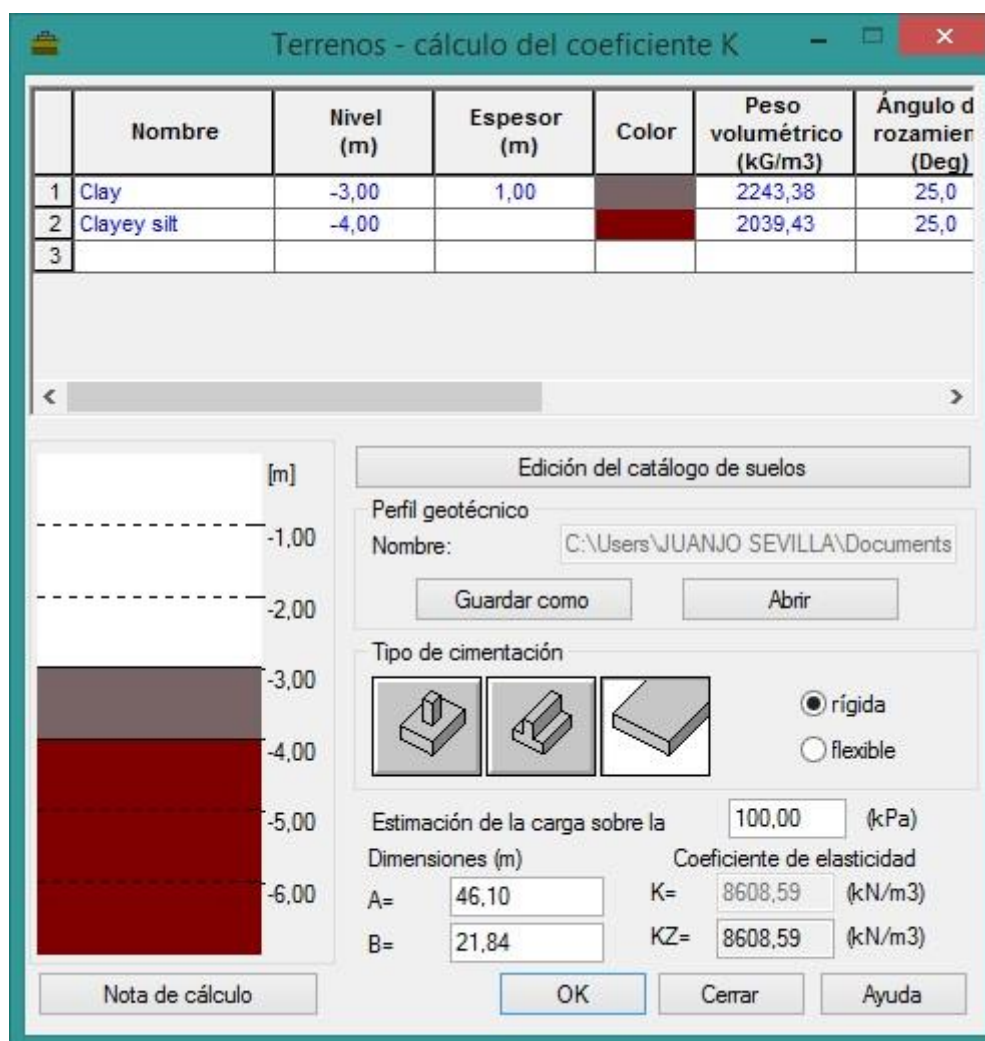


Imagen 52: Obtención del coeficiente de balasto.

Por otra parte, se ha introducido el canto de la losa estimado previamente en el apartado 6.2. y que será de hormigón armado HA-30.

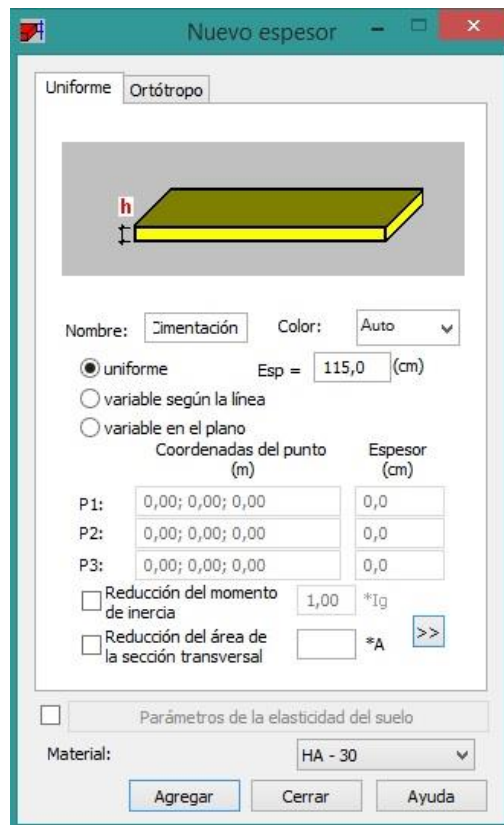


Imagen 53: Introducción datos de la losa.

Adicionalmente, se ha definido el tipo de relajación en los extremos de las barras. Se han establecido uniones de tipo biempotrado, de modo que tanto desplazamientos como giros han quedado impedidos.

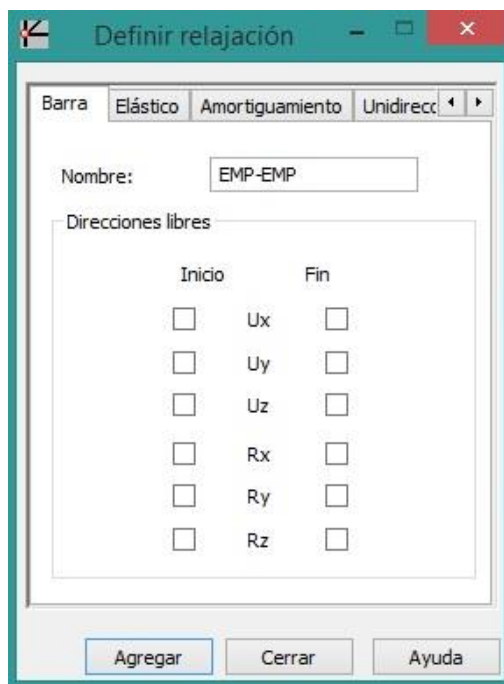


Imagen 54: Relajación en extremos de barras.

Por último, se han vuelto a definir en Robot los tipos de perfil de cada barra, dado que al exportar de Revit a Robot es necesario reasignar una base de datos con los perfiles a las barras.

6.9. Dimensionamiento de vigas y pilares. Grupos de barras.

Para llevar a cabo el dimensionamiento de pilares, vigas, correas de cubierta y barras de las cerchas de cubierta se han dividido todas las barras de la estructura en grupos de características similares, de manera que se obtenga el mínimo número de secciones metálicas diferentes.

Tabla 18: Grupos de barras.

Grupo	Nombre	Nº de barras	Sección predimensionada
1	Barras cerchas	243	TCAR 100x10
2	Correas	171	IPE 80
3	Montantes balcones	14	TCAR 120x8
4	Pilares ascensor	24	HEA 160
5	Pilares fachada trasera	12	HEA 600
6	Pilares fachadas laterales	32	HEA 600
7	Pilares interiores	86	HEA 160
8	Vigas ascensores	24	IPE 100
9	Vigas atado	105	IPE 100
10	Vigas carga	245	IPE 360
11	Vigas escaleras	4	IPE 100
12	Vigas perimetrales	54	IPE 360
13	Pilares traseros	4	HEA 240

Una vez agrupadas las barras, es necesario definir para cada barra las condiciones de pandeo en pilares y pandeo lateral en vigas que soportan esfuerzos de flexión. En general, los pilares se consideran biempotrados, por lo que su coeficiente de pandeo será de 0,5 en la dirección en Y en todos los casos y 1 en la dirección Z sólo en los pilares interiores, puesto que se encuentran arriostrados en ambas direcciones. Mientras tanto, la

longitud de pandeo considerada para el pandeo lateral de las vigas será $l_0 = l$, puesto que no se plantea la necesidad de establecer arriostramientos ni disponer rigidizadores.

Imagen 55: Coeficientes de pandeo.

Finalmente, se procede a calcular la estructura. Una vez que el programa haya calculado sin errores los esfuerzos y desplazamientos en barras y nudos, es momento de dimensionar la estructura. Se ha optado por un dimensionamiento que optimice las secciones por peso, de manera que el programa ofrece para cada grupo la mínima sección que resiste a la situación más desfavorable de la barra más solicitada y aplica esta sección al resto de barras del grupo que, al estar menos solicitadas, cumplirán automáticamente.

Tras el dimensionamiento, dado que las secciones habrán cambiado, será necesario volver a calcular la estructura y así obtener nuevos esfuerzos, entrando en un proceso iterativo que finalizará cuando en dos ciclos consecutivos se obtengan las mismas secciones en todos los grupos.

El dimensionamiento definitivo es el que se ofrece en el listado de cálculo del Anejo C: Listados.

6.10. Verificación de barras. ELU y ELS.

El dimensionamiento de las barras se ha hecho según ELU, es decir, para que las barras cumplan a rotura. Sin embargo, aún es necesario verificarlas a ELS estableciendo los valores máximos de flecha que establece la normativa. En el Anejo C: Listados, se ofrece un listado en el que se muestra que todas las barras verifican tanto a ELU como a ELS.

6.11. Resumen de barras de la estructura.

A continuación, se adjunta una tabla resumen de las barras del edificio junto con el tipo de sección, material y longitud de cada una:

Tabla 19: Resumen de barras.

Perfil	Recuento	Longitud (m)	Material
HE 140 A	24	102,00	Acero S275
HE 240 A	104	382,10	Acero S275
HE 260 A	2	8,60	Acero S275
HE 320 A	48	208,00	Acero S275
IPE 100	28	58,00	Acero S275
IPE 240	175	856,70	Acero S275
IPE 500	137	582,13	Acero S275
IPE 550	155	555,36	Acero S275
IPE 600	68	305,88	Acero S275
TCAR 120x8	14	74,40	Acero S275
TCAR 180x12	263	743,40	Acero S275
Total:	1.018,00		

6.12. Dimensionamiento y armado de losa de cimentación.

La losa ha sido dimensionada con CypeCAD de manera que se han introducido los arranques de pilares sobre ella, tanto interiores como de ascensor, a los que se les han insertado las cargas a las que están sometidos obtenidas de Robot Structural.

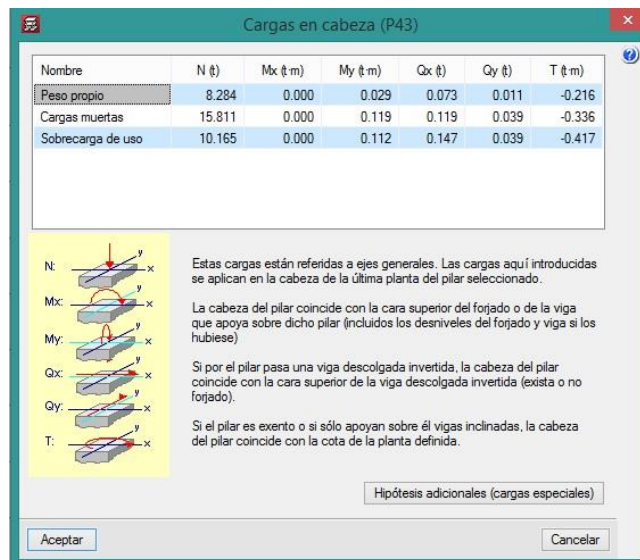


Imagen 56: Cargas en cabeza de pilar.

Posteriormente, se ha introducido la losa de 46,10 x 21,84 m y las cargas de ascensor en su ubicación correspondiente y el programa ha calculado el armado necesario.

El detalle del armado de la losa, tanto armadura de base como de refuerzo, se puede apreciar en el Anejo A: Planos.

6.13. Dimensionamiento y armado de muros de sótano.

Para evitar errores del programa, el dimensionamiento, cálculo y armado de los muros de sótano de hormigón HA-30 con su cimentación se ha realizado en un archivo independiente al de la losa.

Al igual que en el caso anterior, se han introducido todas las cargas de nuevo que actúan sobre el muro, así como los arranques de pilares perimetrales que apean sobre el mismo y las cargas a las que están sometidos obtenidas por medio de Robot.

Adicionalmente, se han introducido los datos del empuje del terreno en el trasdós de los muros para realizar las comprobaciones a deslizamiento, vuelco, hundimiento y estabilidad general.

Se ha considerado realizar una sobreexcavación en el perímetro de la parcela hasta la cota de cimentación para después rellenar con grava, ejecutando los muros con encofrados a dos caras. La razón de esta decisión es que los suelos cohesivos presentes en el emplazamiento no drenan el agua con facilidad, aumentando los valores de empuje a niveles excesivos. Por tanto, los datos geotécnicos a introducir para el empuje son los de las gravas. Por otro lado, no se ha considerado sobrecarga, ya que existe acera entre el edificio y los viales circundantes. El nivel freático se ha considerado que se encuentra por debajo de la cota de cimentación, por lo que no genera empuje sobre los muros.

Lista de leyes de presiones

Hipótesis adicionales (cargas especiales)

Referencia
Empuje de Defecto

Hipótesis

☒ Con relleno

Hasta la cota 0.00 m

Ángulo de talud 0.00 grados

Densidad aparente 2.20 t/m³

Densidad sumergida 2.00 t/m³

Ángulo rozamiento interno 45.00 grados

Evacuación por drenaje 100.00 %

Cargas sobre el relleno

☐ Con nivel freático Hasta la cota -2.00 m

☐ Con roca Hasta la cota 0.00 m

Situación 1

Cargas muertas

Tipo de carga Cargas

Uniforme 0.1 t/m²

Situación 2

Sobrecarga de uso

Tipo de carga Cargas

Uniforme 0.2 t/m²

Aceptar Cancelar

Imagen 57: Datos para leyes de empuje del terreno.

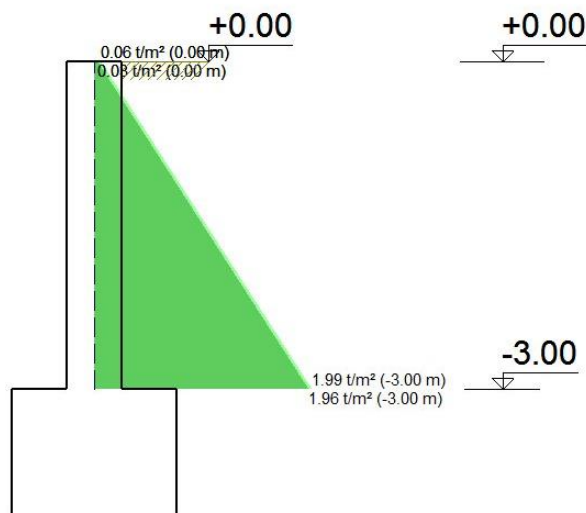


Imagen 58: Esquema de empujes del terreno sobre muros.

Una vez introducidas todas estas condiciones de carga, se procede al cálculo del muro.

El dimensionamiento y armado de los muros de sótano de HA-30 se encuentra detallado en el Anejo A: Planos.

6.14. Placas de anclaje de pilares.

El dimensionamiento de las placas de anclaje de los pilares a la cimentación se llevará a cabo mediante Robot Structural Analysis 2020. A continuación, se detalla el proceso realizado para este dimensionamiento sobre el pilar interior de perfil metálico tipo HEA 240 más solicitado (Pilares_interiores_4), esto es, la situación más desfavorable. La placa dimensionada por este método será la que se colocará como anclaje de todos los pilares interiores a la losa de cimentación de la estructura.

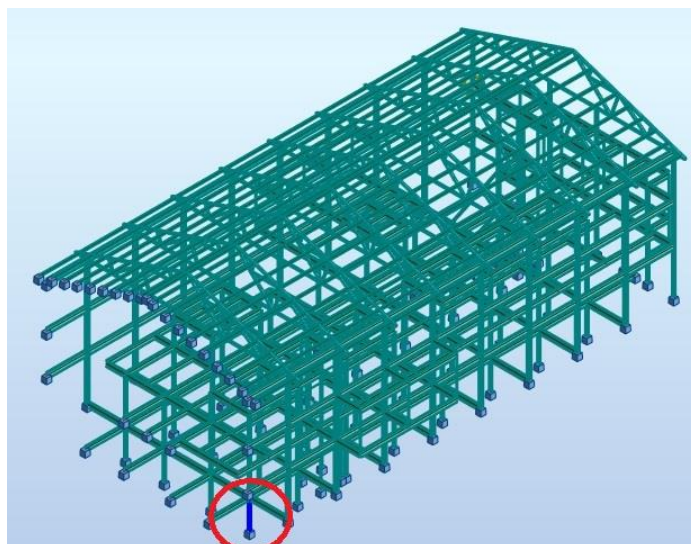


Imagen 59: Pilar más desfavorable para dimensionar placa.

Añadiendo una base de pilar de tipo empotrado, el programa reproduce las condiciones de apoyo del pilar sobre la losa de hormigón armado.

El siguiente paso consiste en introducir los parámetros del pilar y los datos básicos de la unión para que la verificación sea correcta.

Imagen 60: Parámetros del pilar.

Posteriormente, se dimensionan las medidas de la pletina de acero que une el pilar con la losa. Es importante no hacer la chapa demasiado delgada para que esta no falle por aplastamiento. Se ha introducido una pletina de 500x500 mm con un espesor de 30 mm de acero S275.

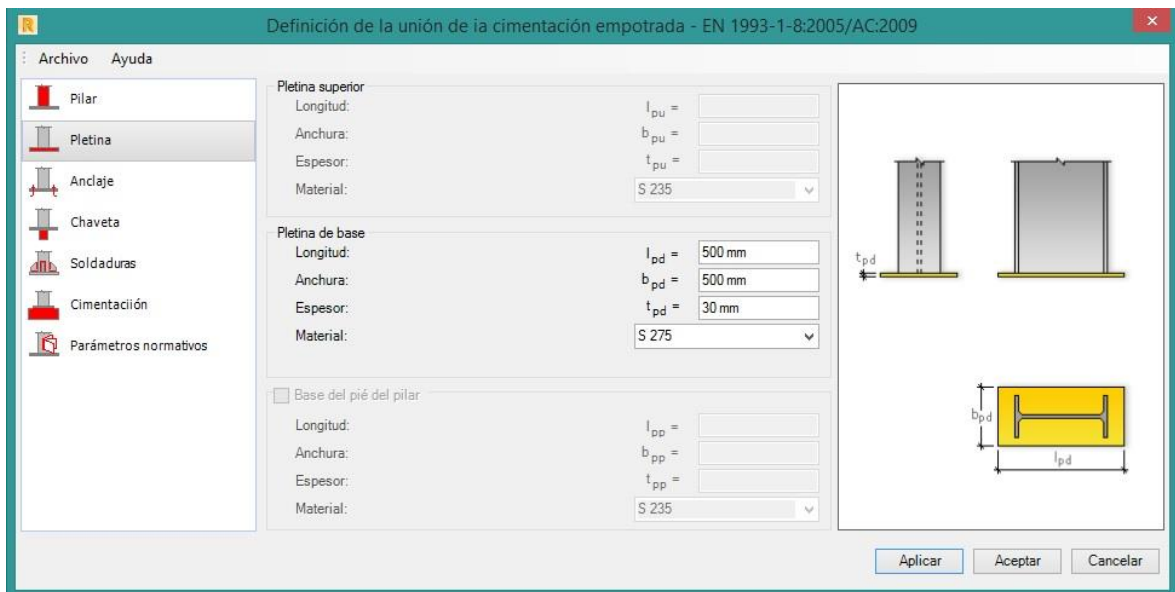


Imagen 61: Parámetros de la pletina.

A continuación, se dimensionarán los pernos de anclaje cuya función principal será la de mantener la pletina adherida a la losa.

Para ello se han introducido 2 filas de 4 pernos a ambos lados del pilar más 2 pernos entre filas con una separación de pernos de 133 mm y entre filas de 400 mm.

Los pernos seleccionados serán de gancho M33 8.8 con pletina de contrapresión rectangular para mejorar la adherencia del perno al bloque de hormigón. Las longitudes de los tornillos serán de 60 mm por encima de la pletina, 350 mm embebidos en el hormigón de la losa, 120 mm de separación del extremo del gancho y 100 mm de subida del gancho.

Por otro lado, la arandela que separa la cabeza del tornillo de la pletina será de acero S275 y tendrá una sección cuadrada de 60x60 mm y un espesor de 10 mm.

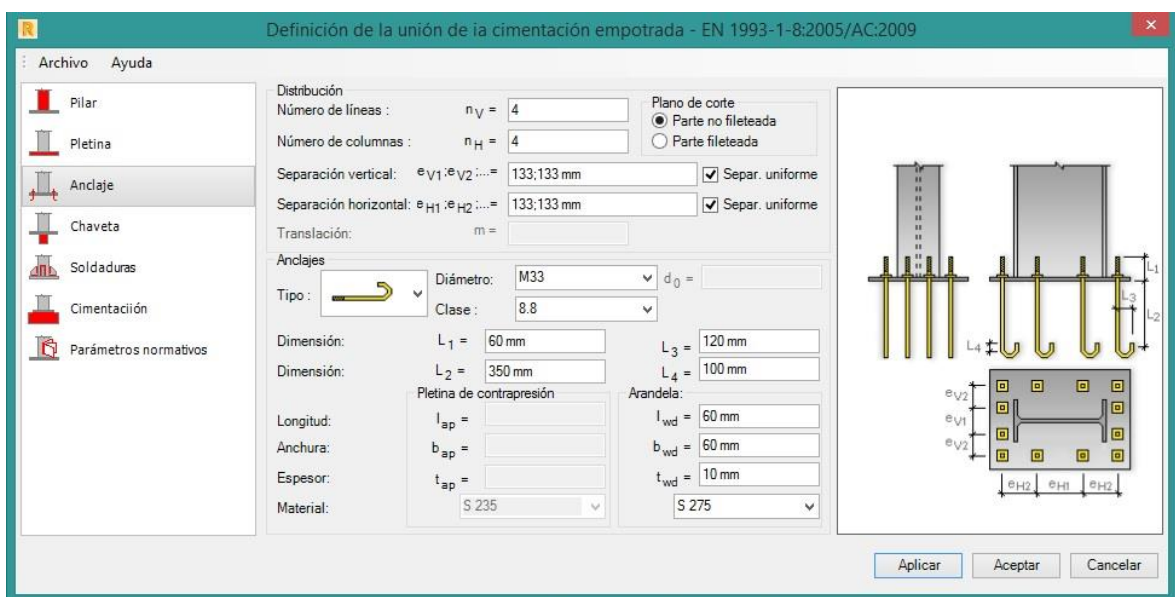


Imagen 62: Tornillos de la placa de anclaje.

La soldadura que une la pletina con el pilar tendrá un cordón mínimo de soldadura de 5 mm.

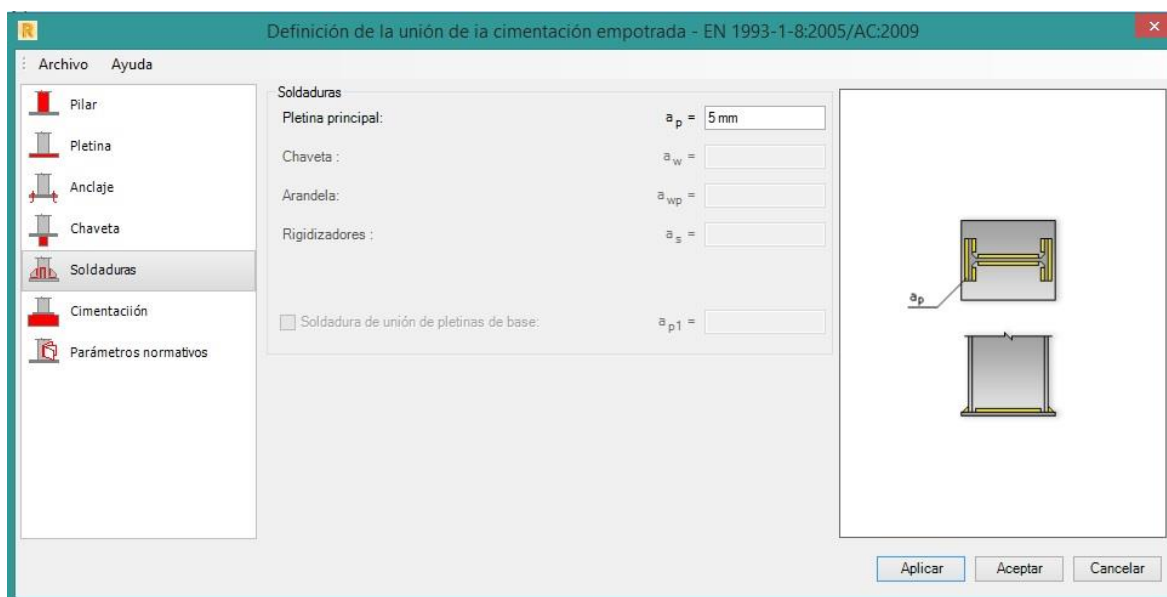


Imagen 63: Soldadura de la pletina de la placa de anclaje.

El siguiente paso sería introducir las dimensiones de la zapata de cimentación, pero como se utilizará losa de cimentación en su lugar, se colocará una zapata HA-30 con el área tributaria correspondiente al pilar y el mismo espesor de la losa. Por tanto, la cimentación colocada es de 5000 x 4000 mm en planta y 1150 mm de espesor. Además, la capa de hormigón de limpieza HL-150 será de 10 cm de espesor.

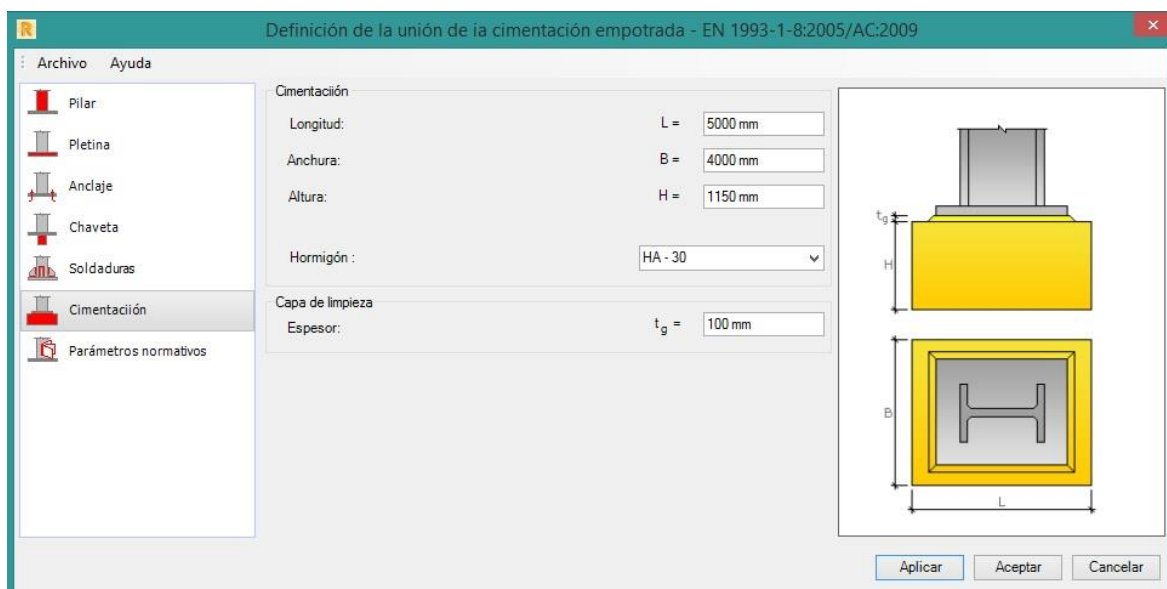


Imagen 64: Cimentación de la placa de anclaje.

Finalmente, se establecen los parámetros normativos, tales como que el pórtico sea intraslacional y que se aplicará una reducción de la resistencia del acero del 85%. El coeficiente de rozamiento para el hormigón de limpieza será de 0,30.

Definición de la unión de la cimentación empotrada - EN 1993-1-8:2005/AC:2009

Archivo Ayuda

Pilar
Pletina
Anclaje
Chaveta
Soldaduras
Cimentación
Parámetros normativos

Longitud del pilar: $L_e = 5000 \text{ mm}$

Pórtico
☐ Traslacional
☒ Intraslacional

Anclajes
 Coeficiente de reducción de la resistencia: $\beta = 0,85$

Hormigón
☐ No fisurado
☒ Fisurado

Capa de limpieza
 Resistencia característica: $f_{ck,g} = 15,00 \text{ MN/m}^2$
 Coeficiente de rozamiento: $C_{f,d} = 0,30$

☒ Análisis CEB - Guía de diseño - "Diseño de fijaciones de hormigón" (1997)

Tensión	Cortante
☒ Fallo de acero [9.2.2]	☒ Fallo de acero [9.3.2.1]
☒ Fallo de extracción [9.2.3]	☒ Carga de cortante con brazo de palanca [9.3.2.2]
☒ Fallo de cono de hormigón [9.2.4]	☒ Fallo de extracción de hormigón [9.3.3]
☒ Fallo de división [9.2.5]	☒ Fallo del borde de hormigón [9.3.4]

Aplicar Aceptar Cancelar

Imagen 65: Parámetros normativos de la placa de anclaje.

Una vez completado el dimensionamiento, se puede proceder a la verificación de las placas de anclaje. Los resultados del correcto dimensionamiento se pueden observar en el Anejo A: Planos.

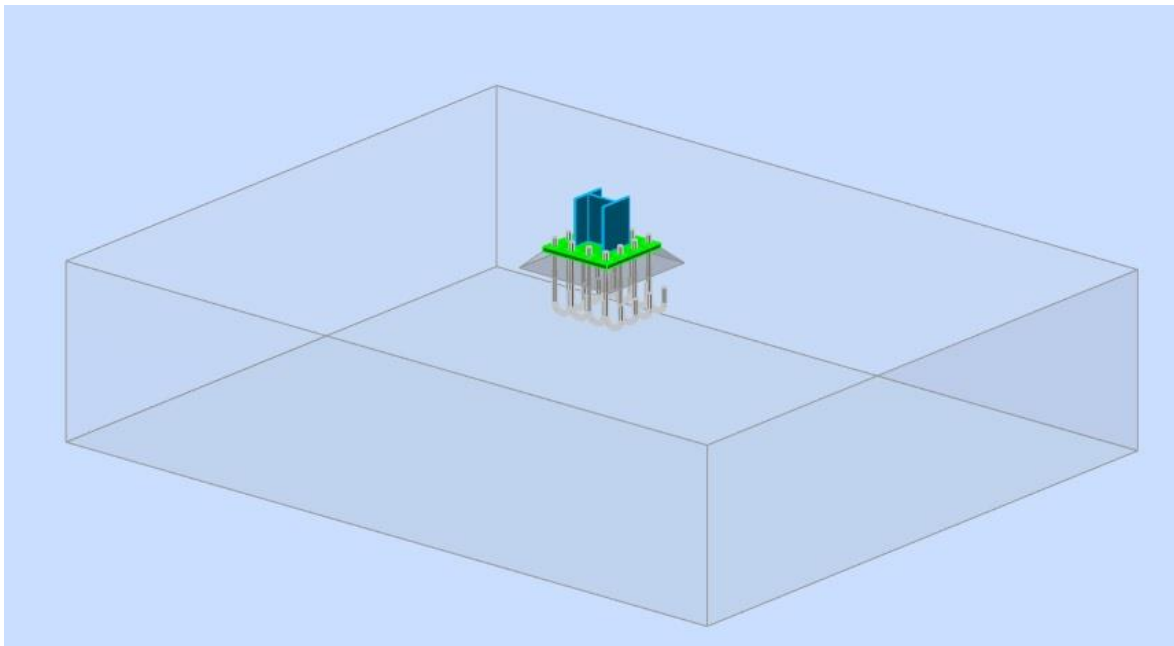


Imagen 66: Vista 3D de la placa de anclaje.

Para los casos de placas de anclaje de los pilares de ascensor y de los pilares que arrancan en muros el procedimiento para dimensionarlas será el mismo que se ha seguido para los pilares interiores, adoptando las dimensiones de cada caso. Las dimensiones de la pletina en el caso de los pilares sobre muros serán las mismas que las de los pilares interiores, mientras que para los pilares de ascensor, perfiles HEA 140, la pletina será de 250 x 250 mm con un espesor de 30 mm.

6.15. Uniones entre barras.

Para las uniones viga-pilar y viga-viga se emplearán uniones atornilladas con soldadura únicamente para unir la pletina de la unión a las vigas.

Al igual que para el dimensionamiento y verificación de las barras que conforman la estructura, para el dimensionamiento de las uniones también se empleará Robot Structural Analysis 2020.

A efectos de simplificar los cálculos, se han elegido los casos más desfavorables de las vigas más solicitadas para dimensionar las uniones. La unión obtenida será aplicada a todas las demás uniones del mismo tipo del proyecto.

En el caso de la unión viga-pilar, la viga elegida por ser la más solicitada ha sido la número 249, correspondiente a una viga perimetral situada en la fachada trasera del edificio a cota +8,60 en su encuentro con el pilar exterior de esquina número 178.

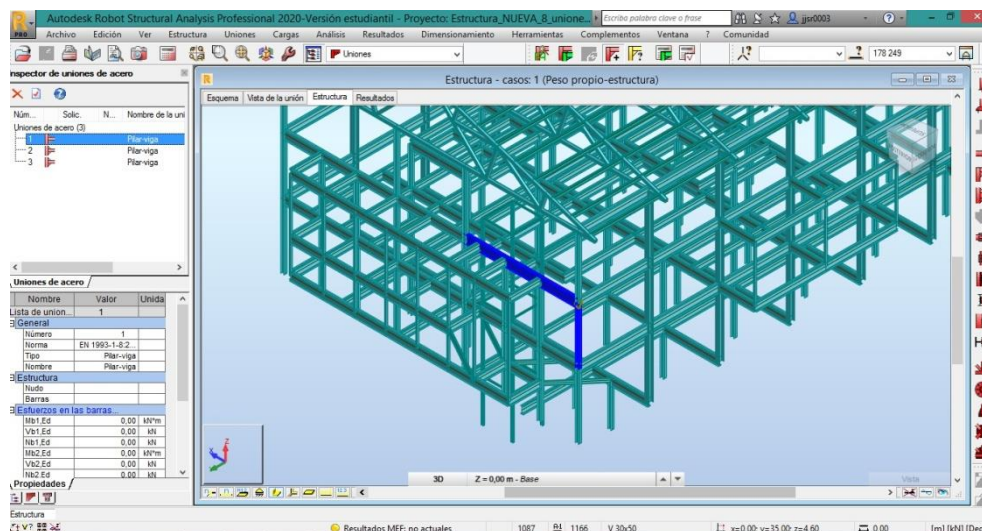


Imagen 67: Modelo de la viga más solicitada.

Una vez seleccionado el caso, se puede proceder a dimensionar la unión.

En primer lugar, se elegirá la pletina de unión entre la viga y el pilar. Esta será de acero S275 y contará con una sección de 760x220 mm y un espesor de 20 mm.

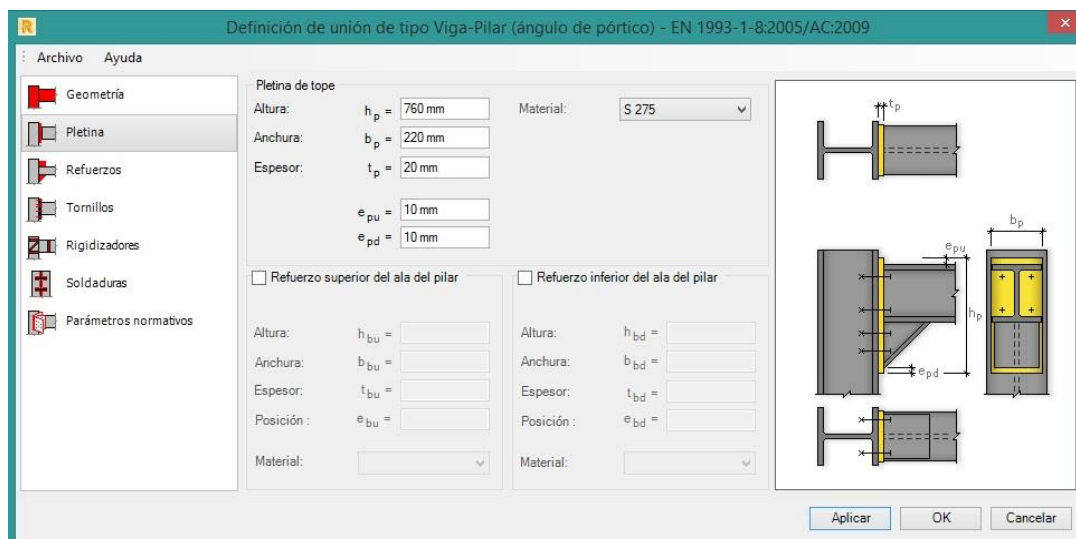


Imagen 68: Pletina de unión de la viga.

A continuación, se dimensionarán los tornillos de la unión. Estos serán de tipo M27 - 10.9 y los planos de corte no pasarán por la zona roscada del tornillo. Se colocarán dos columnas de 4 tornillos cada una con una separación entre columnas de 70 mm y una separación entre filas de 120 mm.

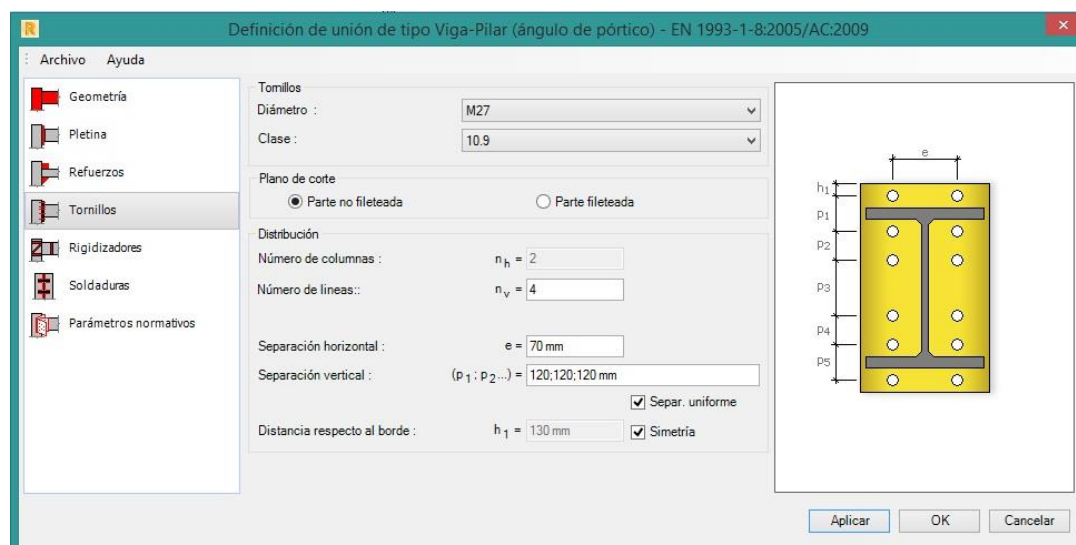


Imagen 69: Tornillos de unión de la viga.

Después de haber configurado las dimensiones de los tornillos, pasaremos a definir la unión soldada entre la pletina y la viga, la cual será de 8 mm de cordón en la zona del ala y 7 mm en la zona del alma.

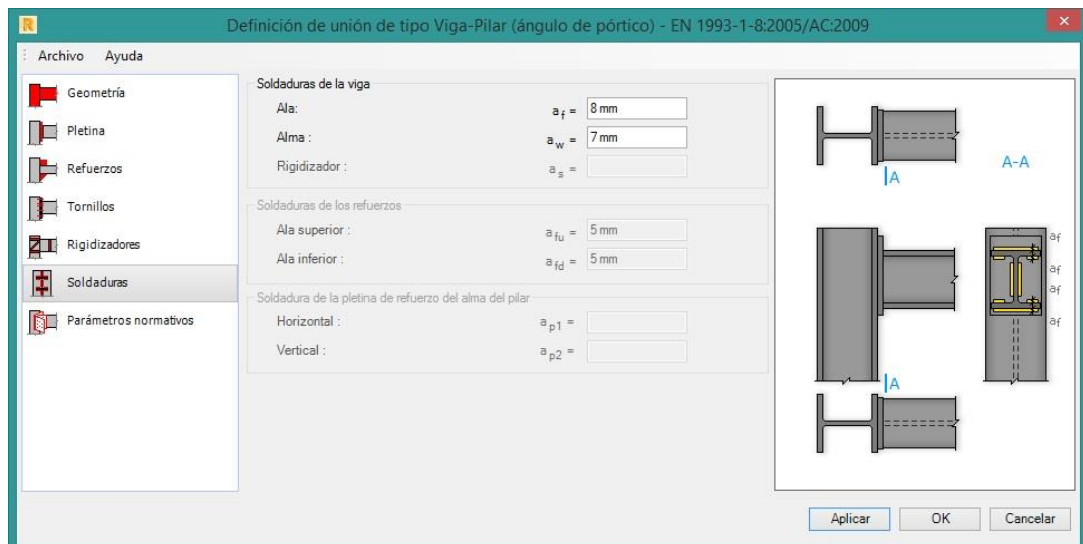


Imagen 70: Soldadura de la unión a la viga.

Finalmente, se definirán los parámetros normativos del cálculo. El programa deberá dimensionar la unión y verificarla dentro de los valores del límite elástico del acero S275, $f_y = 275 \text{ N/mm}^2$. Además, se tendrá en cuenta que el pórtico es de tipo intraslacional y la categoría de la unión será A.

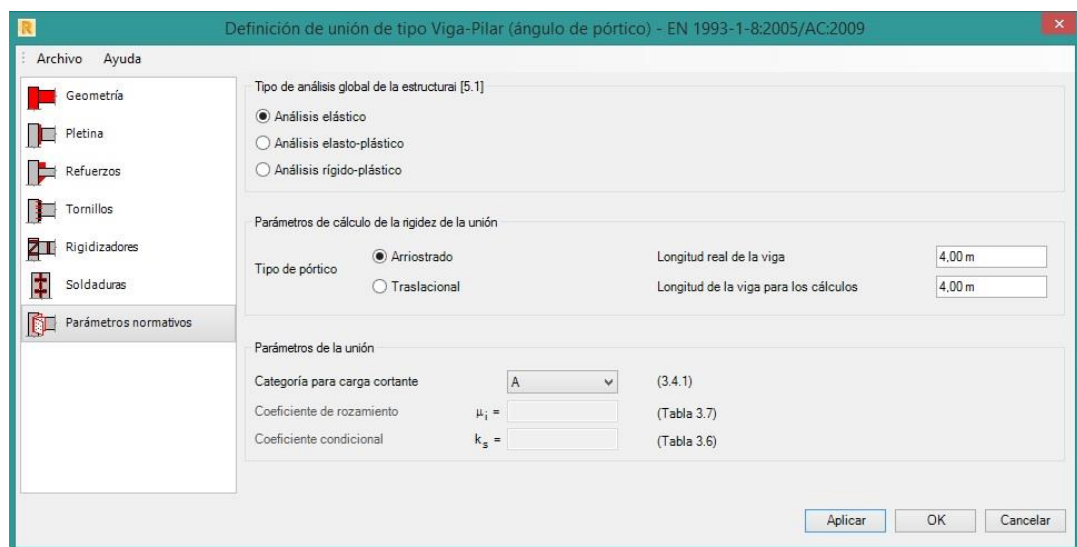


Imagen 71: Parámetros normativo de la unión de la viga.

Una vez completado el dimensionamiento, se procede a la verificación de la unión, la cual se encuentra representada en el Anejo A.

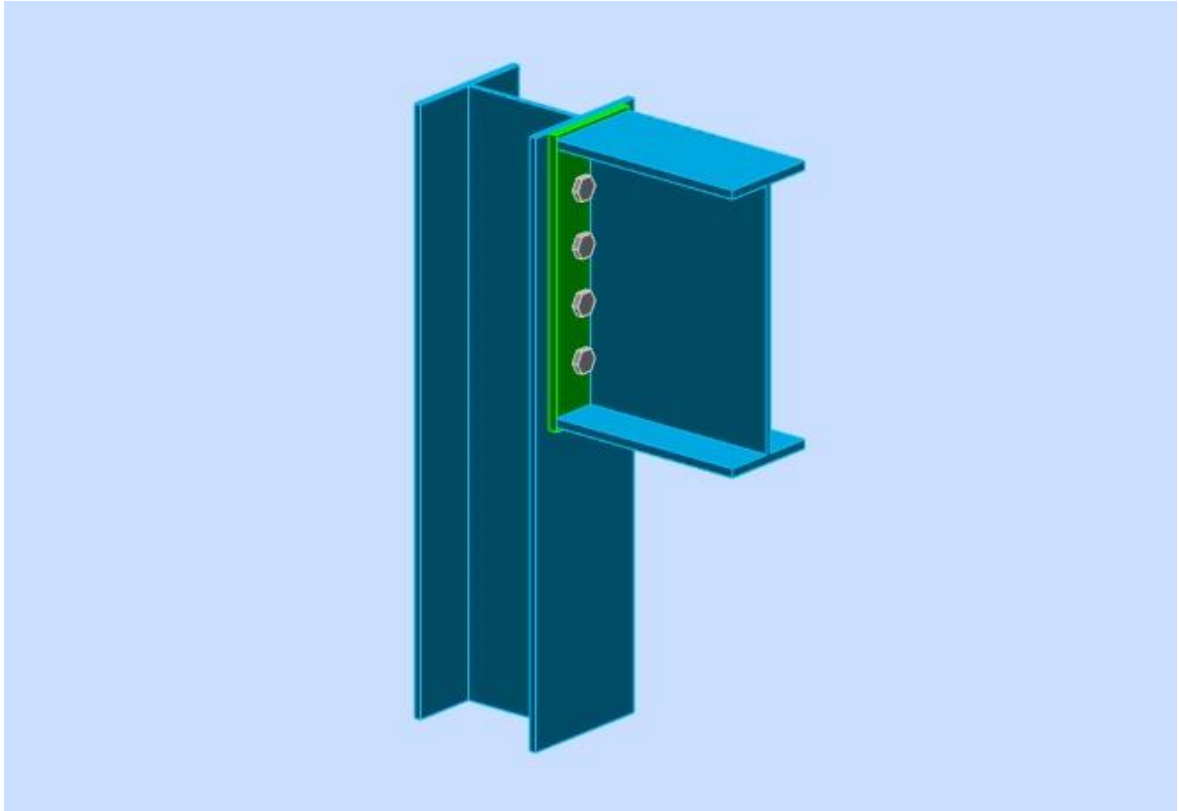


Imagen 72: Vista 3D de la unión.

7. Conclusiones

Se puede concluir de este proyecto que la oportunidad de intervenir en un edificio histórico en la ciudad de Linares, en el contexto de un rico patrimonio minero e industrial, ha de ser aprovechada para ofrecer una respuesta innovadora y adaptada a los tiempos actuales. Es por ello que la solución estructural propuesta cuenta con capacidad para resistir incluso eventos climáticos de la magnitud del que supuso el derrumbe de marzo de 2018, dado que se ha calculado con los criterios y exigencias de la normativa vigente en la materia.

Pero, aún teniendo esto en cuenta, no se debe olvidar que el Mercado de abastos de Linares ha sido un símbolo de un periodo histórico de gran florecimiento económico y cultural de la ciudad, por lo que se hace casi imperativo tratar de conservar, al menos, un muro de fachada principal que mantenga la conexión entre pasado y presente.

Finalmente, es igualmente importante no perder el sentido ingenieril que entraña un proyecto de estructura calculado mediante software informático, ya que como ingenieros hemos de ser capaces de introducir todos los datos con criterio e interpretar los resultados para saber si, como mínimo, son lógicos o, en caso contrario, actuar en consecuencia.

8. Bibliografía

(CTE. DB SE-AE. Documento Básico de Acciones en la Edificación, 2009)

(CTE. DB-HS. Documento Básico de Salubridad, 2017)

(CTE. DB-SUA. Seguridad de utilización y accesibilidad., 2010.)

(EAE 11. Instrucción de Acero Estructural, 2011)

(EHE 08. Instrucción de Hormigón Estructural, 2008)

(CTE. DB SE-C. Documento Básico de Cimentaciones, 2009)

(NCSE-02. Norma de Construcción Sismorresistente en Edificios, 2002)

Artículo: Sheila Palomares Alarcón CIDEHUS - Universidad de Évora, Portugal

“Los mercados en el hilo conductor de la obra del arquitecto Julio de Saracibar1”

atrio nº 22 | 2016

SSN: 0214-8293 | pp. 104-117.

Banco de precios de la Junta de Andalucía. Junta de Andalucía.

Curso Aplicado de Cimentaciones (Sexta edición)

Colegio Oficial de Arquitectos de Madrid.

José María Rodríguez Ortiz, Jesús Serra Gesta y Carlos Oteo Mazo.

Mayo 1995

ISBN: 84-85572-37-8

Apuntes sobre “Edificación” del profesor Jesús Donaire Ávila de la Escuela Politécnica Superior de Linares.

Apuntes sobre “Estructuras Metálicas” del profesor Javier Fernández Aceituno de la Escuela Politécnica Superior de Linares.

Atlas de la construcción metálica

Hart-Henn-Sontang, 1976. Ed. Gustavo Gili
ISBN: 84-252-0611-1

Boletín 45: El patrimonio minero andaluz. El futuro de un pasado

Textos-e: Boletín del Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico.
Consejería de cultura. Junta de Andalucía. 2003.

<http://www.climate-data.org>

<http://www.otis.com/es/es/>

<https://www.hiansa.com/es>

<http://www.ventanasaluminio.com.uy>

<http://www.lostricheras.com>

<http://www.macocco.com>

<https://www.construmatica.com/index.php>

<http://www.knauf.es>

9. Anejo A: Planos

- 9.1. *Situación y emplazamiento.*
- 9.2. *Volumetría 3D – Orientación (NE).*
- 9.3. *Volumetría 3D – Orientación (SO).*
- 9.4. *Alzado fachada principal (NE).*
- 9.5. *Alzado fachada lateral (NO).*
- 9.6. *Alzado fachada trasera (SO).*
- 9.7. *Alzado fachada lateral (SE).*
- 9.8. *Arquitectura - Planta Sótano.*
- 9.9. *Arquitectura - Planta Baja.*
- 9.10. *Arquitectura – Planta Primera.*
- 9.11. *Arquitectura - Planta Cubierta.*
- 9.12. *Sección general longitudinal.*
- 9.13. *Sección general transversal.*
- 9.14. *Estructura - Forjado Planta Baja.*
- 9.15. *Estructura - Forjado Planta Primera.*
- 9.16. *Estructura - Alzado NE.*
- 9.17. *Estructura - Alzado NO.*
- 9.18. *Estructura - Alzado SE.*
- 9.19. *Estructura - Alzado SO.*
- 9.20. *Replanteo cimentación.*
- 9.21. *Armado losa de cimentación.*
- 9.22. *Armado muros de sótano.*
- 9.23. *Detalles - Placas de anclaje.*
- 9.24. *Detalles - Uniones viga-pilar.*
- 9.25. *Detalles - Perfiles metálicos.*
- 9.26. *Detalles - Cerchas de cubierta.*
- 9.27. *Detalles - Ascensor.*

10. Anejo B: Presupuesto

10.1. Cuadro de descompuestos.

10.2. Cuadros de precios 1 y 2.

10.3. Mediciones y presupuesto.

10.4. Resumen de presupuesto.

11. Anejo C: Listados.

11.1. Nota de cálculo de dimensionamiento de barras de acero.

11.2. Listado de verificación de barras a ELU y ELS.