Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

INGENIERIA DE EDIFICACIÓN
PROYECTO FINAL DE GRADO

ESTUDIO DE CONSOLIDACIÓN FABRICA CACI PARA ALBERGAR MUSEO DEL COMIC Y LA ILUSTRACIÓN DE CATALUÑA

VOLUMEN I:

MEMORIAS

Proyectista: Jordan Hugo Abanto Mellado
Directora: Gemma Muñoz Soria
Convocatòria: Marzo 2012

Resumen

Este proyecto contempla la recuperación patrimonial de un antiguo edificio industrial compuesto por varias naves con una altura comprendida de planta baja más cinco, que será destinado a uso cultural, donde albergara él futuro *Museu del comic i l'ilustració de Catalu*nya. El edificio era una nave industrial conocida como CACI (Compañía Auxiliar del Comercio y la Industria), situada en la calle Eduard Maristany 183-195 de la ciudad de Badalona. El proyecto comprende el estudio de las obras de consolidación **que se han realizado para poder asegurar el estado estructural; Demoliciones y apeos, Consolidación estructura de forjados, recuperación estructura de cubierta, reparación y limpieza de fachadas de fabrica de ladrillo, para poder ocupar y utilizar el edificio hará falta actuaciones posteriores a este proyecto.**

Fruto del acuerdo elaborado principalmente entre el Alcalde de Badalona, Jordi Serra junto con el Departamento de Cultura y Medios de Comunicación, elaboran el proyecto de creación del *Museu del Cómic y la Ilustració de Catalunya* , además de otros representantes del sector que forman parte de la comisión de trabajo del Plan director para el nuevo equipamiento, decidieron situar el Museo del Comíc i la Ilustració de Catalunya en el edificio Compañía Auxiliar de Comercio y la Industria (CACI) , ubicado en la ciudad de Badalona. Así fue como se inicio la recuperación patrimonial de la antigua fábrica CACI, conocida como el "COCO", para uso cultural, y que derivo en el proyecto de consolidación que se estudiara en este trabajo.

PREFACIO

El proyecto de consolidación de la estructural que a continuación redactaremos tiene por objeto la recuperación patrimonial de la antigua fábrica CACI (Compañía Auxiliar del Comercio y la Industria) para uso cultural , el nuevo Museo del Comic i l'il.lustració de Catalunya.

GLOSARIO

Materiales y Herramientas

Crisolito: Material no friable utilizado en la producción de fibras y placas de amianto

Grado SA 2 1/2: Tratamiento de superficies metálicas según normas europea SIS donde define exactamente como **Grado Sa 2 1/2** Arenado-Granallado muy minucioso: donde las capas de laminación, óxido y partículas extrañas se quitan de una manera tan perfecta que los restos sólo aparezcan como ligeras manchas o rayas. Su aspecto deberá entonces coincidir con las figuras de la designación Sa 2 1/2.

Hidrolimpiadora: bomba de agua fría con sistema biela-cigüeñal, con una presión máxima de 150 bar y 4Kv de potencia.

INDICE

VOLUMEN I: MEMORIAS
RESUMEN 1
PREFACIO 2
GLOSARIO 3

1 MEMORIA DESCRIPTIVA
1.1 Descripción y objetivos del proyecto 8
1.2 Documentación del proyecto 9
1.3 Introducción 9
1.4 Estudio Histórico
1.4.1 Historia Fabrica CACI 10
1.4.2 Contexto histórico y arquitectónico 14
1.4.3 Orígenes del Sistema Hennebique 16
1.5 Datos Generales
1.5.1 Agentes intervinientes 26
1.5.2 Descripción Urbanística 26
1.5.3 Descripción General del edificio 28
1.6 Características sobre el nuevo uso 30
1.7 Normativa Aplicada 32

2 MEMORIA CONSTRUCTIVA

2.1 Descripción Geométrica del edifico, Volumen y superficies útiles 34
2.2 Demoliciones y Apeos 35
2.2.1 Sistemas de Apuntalamiento, métodos de trabajo y medidas a emplear 35
2.2.2 Sistemas de demolición, métodos de trabajo y medios a emplear 38
2.2.3 Proceso de Demolición 40
2.3 Cimentación
2.3.1 Características y métodos empleados para la aplicación de refuerzo 46
2.3.2 Intervenciones realizadas 48
2.4 Sistema estructural
2.4.1 Apeos de muros en nave central 48
2.4.2 Reparación y refuerzo de pilares 50
2.4.3 Reparación y refuerzo de vigas 52
2.4.4 Reparación de losa y viguetas secundarias 54
2.4.5 Reconstrucción de estructura 55
2.5 Fachadas
2.5.1 Reconstrucción elementos de fachada 57
2.5.2 Limpieza y tratamientos de protección para las fachadas 59
2.6 Cubiertas
2.6.1 Refuerzo de aleros para cerchas 61
2.6.2 Reconstrucción de estructura de cubierta 63
2.6.3 Acabados y canalizaciones de cubierta 65

3 Conclusiones y valoración del trabajo 69
4 Agradecimientos 70
5 Bibliografía 71
6 Tabla de planos 72
7 Anexo
Análisis estructural 73

VOLUMEN II: ESTUDIO PATOLOGIA
PLANOS

1. MEMORIA DESCRIPTIVA

Estudio de Consolidación y Rehabilitación Estructural de Fabrica CACI Futuro Museo MCIC

1.1 Descripción y objetivos del Proyecto

El proyecto que propongo, es el estudio de la rehabilitación estructural de la Antigua Fábrica CACI, en la ciudad de Badalona, situada en el nº 191 de la calle Eduard Marestany, frente al Passeig Marítim de Badalona, y que albergara el futuro Museo del Comic y la Ilustración de Catalunya.

El estudio se basa concretamente, en el análisis de las fases de consolidación estructural por cambio de uso que se han realizado, para albergar el nuevo "Museu del Cómic i Ilustració de Catalunya" (MCIC). Las fases que se abarcaran serán: La diagnosis de patologías de los forjado Hennebique y fachadas, la fase estudio de consolidación para reforzar y rehabilitar sistema Hennebique de cemento armado, que forma parte de la estructura interna de los forjados, creación de los núcleos de escaleras y rehabilitación de fachadas, consolidación de la estructura de cubierta, consolidación de la cubierta y servicios mediante materiales técnicos.

Para poder desarrollar este estudio, se parte de la recopilación de toda documentación relativa al edifico y al proyecto, Dossier de prensa del Plan director de el Museo del Cómic y la ilustración, de planos del estado previó al cambio de uso, de los planos del proyecto del Museo MCIC, y reportaje fotográfico del sistema estructural del interior de la fábrica antes y después de la rehabilitación, así como fotos durante todas la fases de consolidación adoptadas.

También se realizara un estudio del edificio, una breve historia sobre él y un análisis de la zona donde este se ubica, del programa de usos como Museo, y sobre todo se realizará un análisis tanto histórico como a nivel de comportamiento estructural del sistema Hennebique, características principales y sistema constructivo que se empleo así como las piezas y elementos de la Patente Hennebique mediante planos de ejecución y esquemas conseguidas de la recopilación y investigación de varios números de la antigua revista "Le betón armè", donde se publicaba todos los detalles del sistema Hennebique, y de las patentes encontradas en fondos históricos.

Finalmente, estudiado el sistema existente y elaborada la diagnosis del edificio, se analizara las soluciones y sistemas constructivos realizados, en cada una de las zonas más relevantes de la estructura del edificio, que se han adoptado para conseguir la consolidación y rehabilitación de la antigua fábrica.

1.2 Documentación del Proyecto

El estudio del proyecto de consolidación se compone de la siguiente documentación:

- Memoria descriptiva
- Memoria constructiva
- Estudio de Patologías
- Anejos de la Memoria
- Planos de estado actual ,zonas de actuación y esta reformado.

La memoria descriptiva contiene los de los datos de carácter general, como son las características de la parcela, las condiciones del entorno inmediato, y de las edificaciones colindantes, la justificación de la solución adoptada y del cumplimiento de la normativa aplicable, la descripción del estado y las características del edifico, mientras que en la memoria constructiva se centra en la el proceso de demolición y consolidación y las mediadas de carácter preventivo adoptadas.

En los Anejos se aportan aquellos documentos que, formando parte del proyecto, no son mencionados en esta memoria para facilitar junto con la aportación gráfica, la compresión del proyecto.

- Análisis Estructura

También mencionamos que de acuerdo a la normativa PFC , a partir de la introducción se agregara la traducción a Ingles de los textos de este proyecto y que se marcaran y designara con <</>>.

1.3 Introducción

En este documento veremos toda la información necesaria para explicar los procesos, documentación y análisis que se realizaron para llevar cabo toda la obra de consolidación de la estructura de forjados Hennebique de la fábrica CACI, los estudios realizados y además de hablar sobre la gestión de los residuos generados, de forma eficiente y sostenible, de las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores, transeúntes sin poner en riesgo el estado de los edificios colindantes.

Debido a la importancia y antecedentes del Sistema de forjados Hennebique , este proyecto empieza con un concreto estudio histórico sobre el origen y antecedentes de la Fábrica CACI, así como un análisis del contexto histórico-arquitectónico del edificio, así como de los orígenes del sistema Hennebique y exactamente señalar cuál de las patentes realizadas en aquella época, es la que se empleo para la construcción de la Fábrica CACI.

<Introduction>

<<In this document, we will see all information necessary to explain the processes of repair and reconstructions, the documentation and analyses, that were realized to take all works of consolidation of framework Hennebique 's of the factory CACI, moreover, the realized studies and the management of the waste materials generated with efficient and sustainable form, the safety conditions and health of the workers, transients and without putting in risk the condition of the adjacent buildings.

Because of the importance and precedents of the System of framework Hennebique's, this project begins with a concrete historical study on the origin and precedents of the Factory CACI, as well as an analysis of the historical - architectural context of the building, and the origins of the system Hennebique's, for indicate exactly , which of the patents was used for the construction of the Factory CACI.**>>**

1.4 Estudio Histórico

1.4.1 Historia Fábrica CACI

La fabrica CACI fue proyectada y construida por el maestro de obras Jaume Botey Garriga (1841-1934) agrimensor, maestro de obras, constructor y político que entre sus obras más destacadas esta el Teatro Zorrilla (**foto 1**) , la casa Bosch, en la Calle Soledat. Además fue alcalde de Badalona de marzo de 1875 a julio de 1876.

La CACI fue encargada a Jaume Botey a finales del Siglo XIX (1899). Para alojar una fábrica de algodón para cuellos de camisas, de la antigua compañía Deuscht & Cía. que en 1928 pasaría a formar parte de la Compañía Arrendataria del Monopolio del Petróleo (Campsa).

Foto 1: Teatro Zorrilla Badalona: Foto Anfiteatro
Fuente www.abssolutbadalona.com

Foto 2: Foto del registro Histórico: La fábrica CACI 1980
Fuente : Departamento de Proyecto y obras públicas de Badalona

Historical study

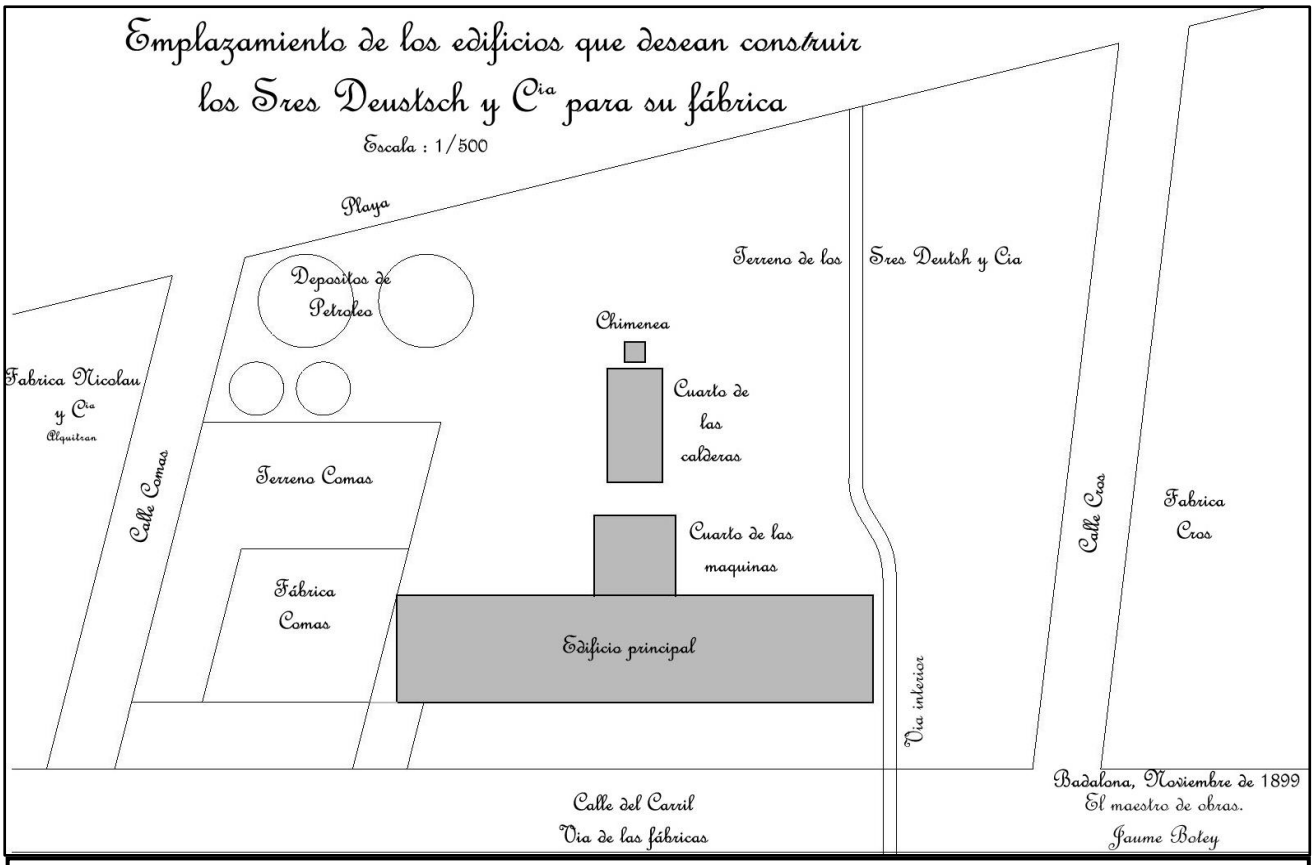
History of Factory CACI

<<The factory " *Compañia Auxiliar del Comercio y la Industria",* Commonly Known as the Factory **CACI,** was designed and construted by Catalan architect Jaume Botey Garriga (1841-1934),In adition he was master builder, and politician. His bets works were the theatre Zorrilla (**Photo 1**) , The house Bosch, in Soledat street. Moreover he served as mayor of Badalona city, from March of 1875 to july of 1876.

Photo 1: Theatre Zorrilla Badalona, Amphitheater
Source: www.abssolutbadalona.com

The factory CACI was put in charged to Jaume Botey in the century XIX (1899). the built was serving to lodge a cotton factory of necks of shirts. property of the former company Deuscht and Cía. that in 1928 would happen to form a part of the " *Compañia Arrendataria del Monopolio del Petroleo* (Campsa)**>>**

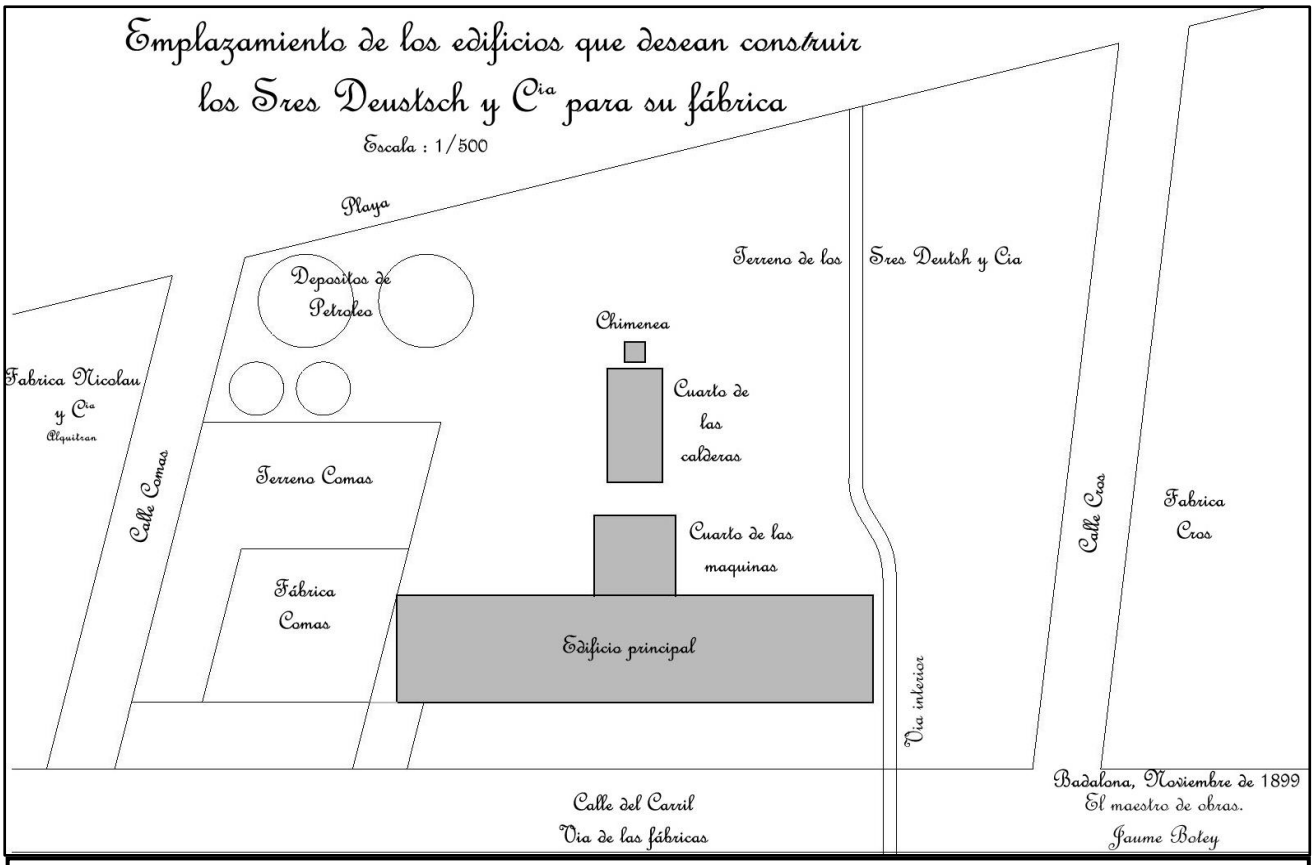
Photo 2: Photo of the Historical record of Badalona: "La fábrica CACI 1980"
Source : "Departamento de Proyecto y obras públicas de Badalona"



1º Plano de emplazamiento Fábrica CACI 1899
Fuente: Archivo Histórico Badalona Exp.50 caja 25 (Plano 2)

Se trata de una de las más emblemáticas edificaciones de la época industrial y representa uno de los escasos vestigios del pasado modernista de Badalona. El edifico destaca por su construcción de cemento armado , utilizando el sistema estructural mejor divulgado del siglo XX, patentado y exportado por François Hennebique, como estructura interior de los forjados, a base de vigas, viguetas y pilares , donde sus extremos principales se apoyan en la fachada construida con fábrica de ladrillo .

Foto 3: Foto del registro Histórico: La fábrica CACI 1980
Fuente : Departamento de Proyecto y obras públicas de Badalona



Plane of emplacement of the Factory CACI in 1899
Source: Historical Files of Badalona Exp.50 caja 25 (Plane 2)

<<The factory CACI is one of the most emblematic buildings of the industrial epoch and represents one of the scanty trace of Badalona's modernist past. And it is more important because, his construction with armed concrete, is using the best structural system spread of the 20th century, which patented and exported by François Hennebique, A system structure of the wrought ones, based on girders, joists and props, where his principal ends rest on the front constructed with factory of brick.**>>**

Photo 3: Photo of the Historical record of Badalona: "La fábrica CACI 1980"
Source : "Departamento de Proyecto y obras públicas de Badalona"

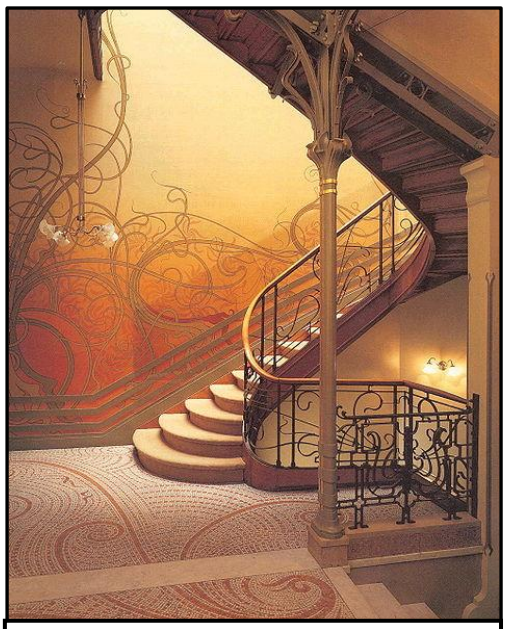
1.4.2 Contexto Arquitectónico y histórico de la fábrica CACI

La construcción de la Fábrica se encuentra en el periodo final del Siglo XIX, exactamente el proyecto fue encargado a Jaume Botey, y oficialmente presentado en el ayuntamiento de Badalona, el 18 de noviembre de 1899, a nivel histórico su construcción fue realizada por el auge experimentado de la zona industrial de Badalona, y a nivel internacional la situamos antes de la Primera Guerra Mundial.

En el contexto histórico de la arquitectura podemos decir que la proyección de la Fabrica CACI se encuentra durante la etapa final del S. XIX y la entrada al S.XX, donde se destaca, la presentación de movimientos arquitectónicos muy distintos, unos anclados en el pasado, por un lado, y otros con la mirada puesta en el futuro, que hacen del final y del comienzo de siglo una etapa "bisagra" entre la arquitectura ecléctica e historicista del siglo XIX, y aquella que después ha acontecido, la arquitectura Racionalista del S. XX

El racionalismo era una manera compacta de entender la arquitectura. Y podemos decir que aquello que distingue sus obras es la preocupación por la racionalidad estructural y material, el uso esmerado de los materiales, la preferencia por la línea recta y los planes ortogonales, el rechazo de la ornamentación y de la monumentalidad y, sobre todo, una profunda convicción de que la forma tiene que seguir estrictamente la función. Este movimiento moderno nacía con estas pautas, tratando de romper con todo lo anterior, pero, a la vez, conectaba con el pensamiento y la reflexión del siglo XIX que permanecerán como una especie de trasfondo permanente.
En esta última etapa del siglo XIX, destacamos los movimientos "Art nouveau", y Racionalistas que formarían las bases de la arquitectura Modernista del Siglo XX.

1896-1899 Maison du Peuple (Casa del Pueblo), Bruselas, Bélgica



1893 Escalera principal de La casa Tassel de Victor Horta en Bruselas, Bélgica

Architectural and historical context of the CACI's factory

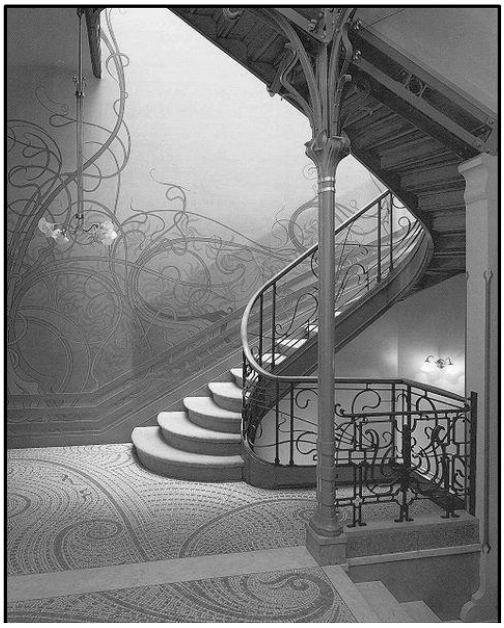
This factory was built around the end of the 19th century , on November 18th , 1899, its construction was carried out by the industrial area of Badalona due expansion of the industrial sector, and in the internationally context her stand before the first world war,

During the final stage of the 19th century and the entrance to the 20th century, stands out, the presentation of very different architectural movements, traditional on the one hand, and others with a vision for the future, all this, that make a stage of transformation among the eclectic a and historicist architecture of 19th century and rationalist architecture of 20th century.

The Rationalism was a compact way of understanding architecture. What stands out in his works is the concern about material and structural rationality, careful of the materials use, preference for the straight line and orthogonal plans, rejection of ornamentation and the monumental and above all, a deep conviction that the form must follow the function. This modern movement was born with the aim of breaking with all the earlier, but at the same time, connected with thinking and reflection of the 19th century that would remain as a permanent background.

In this last part of the 19th century, the movements that they emphasized were the "Art nouveau", and rationalists that would form the basis of 20th century modernist architecture.

1896-1899 Maison du Peuple (House of the People), Brussels, Belgium



1893 interior of Home of professor Tassel Victor Horta, Brussels, Belgium

1.4.3 Estudio Histórico: Orígenes Sistema Hennebique

Inicios y Avances para el desarrollo del cemento armado en la arquitectura del siglo XX

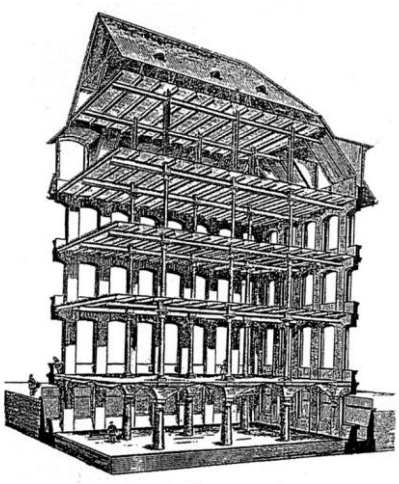
Al desarrollarse la tecnología del hierro, y también la tecnología del cemento hidráulico gracias a las aportaciones de John Smeaton utilizando una mezcla de cal viva, arcilla, arena y escorias de hierro trituradas, en las últimas décadas del siglo XVIII. Además de la acción precursora de Joseph Aspdin al utilizar el cemento Portland como imitación de piedra en 1824 y de varias otras propuestas inglesas para la construcción como cemento reforzado metálicamente, tales como las presentadas por Loudon en 1792, la iniciativa inglesa en la introducción del Hormigón pasó gradualmente a Francia donde Las restricciones económicas que siguieron a la Revolución Francesa de 1789, la síntesis del cemento hidráulico por Vicat alrededor de 1800 y la tradición de construir como pisé (tierra apisonada), se combinaron para crear las circunstancias óptimas para la invención del cemento armado, en Francia.

Introducción del Cemento armado en la arquitectura del S.XIX y S.XX

El periodo de más intenso desarrollo en el cemento armado fue el comprendido entre 1870 y 1900, con una labor precursora realizada simultáneamente en **Alemania**, Estados Unidos, Inglaterra y **Francia.**

El primer uso del nuevo material fue obra de Francois Coignet, quien ya estaba familiarizado con el método de construcción “terre pisé”. En 1861 creó una técnica para reforzar el cemento con tela metálica y sobre esta base estableció la primera compañía limitada especializada en la construcción con "ferrohormigón". Coignet trabajó en París bajo la dirección de Haussmann, construyendo alcantarillas y otras estructuras públicas en ferrohormigón, incluida, en 1867, una notable serie de bloques de apartamentos de seis plantas. A pesar de estos encargos, Coignet no logró imponer su patente y a finales del Segundo Imperio, su compañía fue disuelta.

Otro precursor francés del hormigón fue el jardinero Joseph Monier quien, después de producir con éxito tiestos de cemento para plantas en 1850, obtuvo después de 1867 una serie de patentes para aplicaciones con refuerzos metálicos, cuyos derechos parciales vendió, en 1880 a los ingenieros Schuster y Wayss. En 1884, la firma Freytag obtuvo nuevos derechos de Monier, y poco después fue fundada una gran compañía alemana de ingeniería civil con el nombre de Wayss y Freytag. Su monopolio sobre el sistema Monier fue consolidado por la obra clásica de G.A. Wayss sobre el método Monier (Monierbau), publicada en 1887. La aparición de importantes estudios teóricos sobre la tensión diferencial en el cemento armado, debidos a los especialistas alemanes Neumann y Koevern, sirvió para consolidar la primacía germana en este tipo de construcción.



Morell Bridge (Estilo Monier), 1899
Melbourne, Australia. Fuente: www.fricks.com

1º Puente de Monier en “Château le Chazelet”, 1875
Francia. Fuente: www.chateau-fort-manoir-chateau.eu

Historical study: Origins Hennebique system

Advances the development of the cement in the architecture of the 20th century

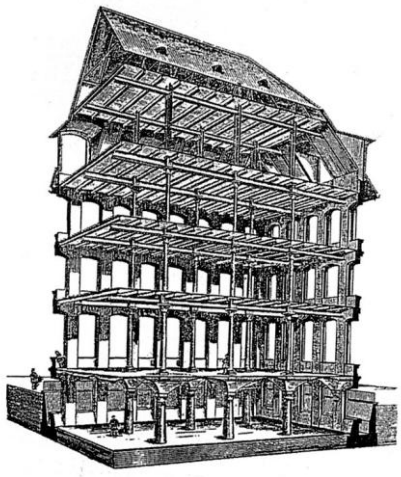
With the development of technology of the iron and also the technology of hydraulic cement, all these advances, thanks to the contributions of John Smeaton, who use a mixture of quicklime, clay, sand and crushed iron slag, in the last decades of the 18th century. In addition to the pioneer action of Joseph Aspdin who use Portland cement as an imitation of the stone in 1824 and several other British proposals for the construction with cement reinforced metallic, such as those presented by Loudon in 1792, after the British initiative in the introduction of concrete gradually joined France where the economic restrictions that followed the French Revolution of 1789, the synthesis of hydraulic cement by Vicat around 1800 and the tradition of building as terre pisé (rammed earth) were combined to create the optimal circumstances for the invention of reinforced cement in France.

Introduction of the cement in the architecture of the 19th and 20th century

The period where most development reinforced cement was understood between 1870 and 1900, a development made simultaneously in England, France, Germany and United States.

The first use of the new material was the work of Francois Coignet, who was already familiar with the method of construction "terre pisé". In 1861 he created a technique to strengthen the cement with wire mesh grille and on this basis established the first company specialized in construction with "ferroconcret". Coignet worked in Paris under the direction of Haussmann, building sewers and other public structures in ferroconcret, including a series of blocks of apartments of six plants, in 1867. Despite these commissions, Coignet failed to lift his patent and at the end of the second empire, his company was disbanded.

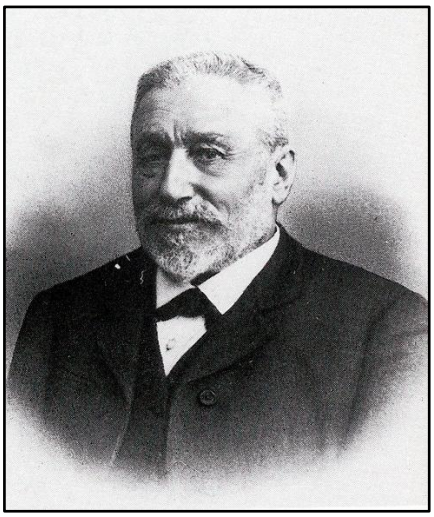
Another French precursor to concrete, was gardener Joseph Monier, who produced successfully, pots of cement plants in 1850, after he obtained in 1867 a series of patents for applications with metal reinforcements, whose rights sold in 1880 to Schuster and Wayss engineers. In 1884, Freytag signature again obtained the rights to Monier, and soon after founded a large company of German civil engineering with the name of Wayss and Freytag. Its monopoly on the Monier system was consolidated with the publication of the Monier (Monierbau) method, published in 1887. Besides the emergence of important theoretical studies on differential tension in reinforced cement, made by German specialists Neumann and Koevern, served to consolidate the primacy Germana of reinforced concrete constructions.



Morell Bridge (Monier style), 1899
Melbourne, Australia. Source: www.fricks.com

Fisrt bridge of Monier at “Château le Chazelet”, 1875
France. Source: www.chateau-fort-manoir-chateau.eu

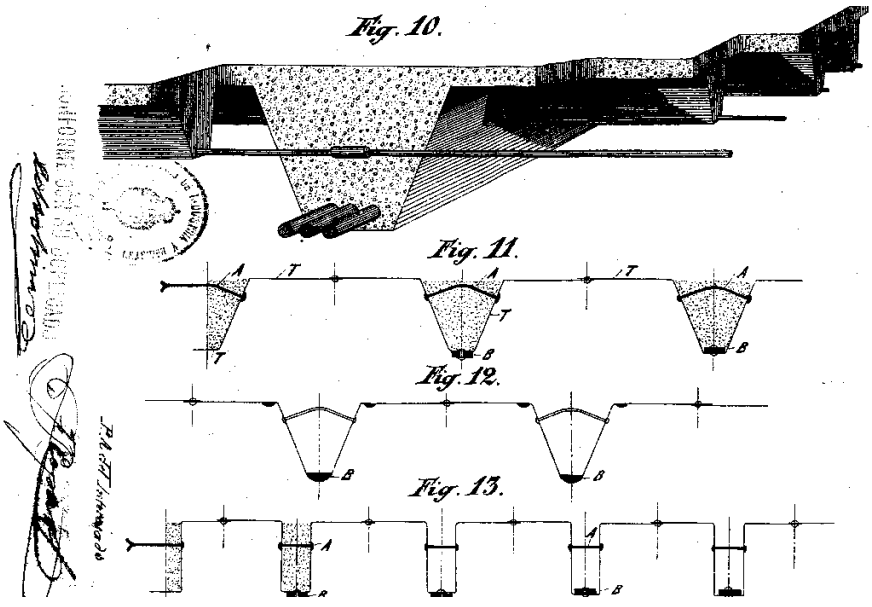
El Impulso del Hormigón Armado: El Sistema Hennebique.



A pesar de estos avances internacionales, la moderna técnica del hormigón armado tuvo que esperar al emprendedor ingenio de François Hennebique. Este un constructor francés autodidacta, utilizó el hormigón por vez primera en 1879, y después puso en marcha su extenso programa de investigaciones particulares antes de patentar su amplio sistema en 1892. Antes de Hennebique, el gran problema en el hormigón armado o "hierro reforzado" había sido el de encontrar una articulación monolítica. Los sistemas basados en el cemento y el acero, patentados por Fairbairn en 1845, distaban de ser monolíticos, y las mismas restricciones eran aplicables al trabajo de Hyatt y Rickets. Hennebique superó esta dificultad gracias al empleo de barras de sección cilíndrica que podían curvarse y engancharse entre sí.

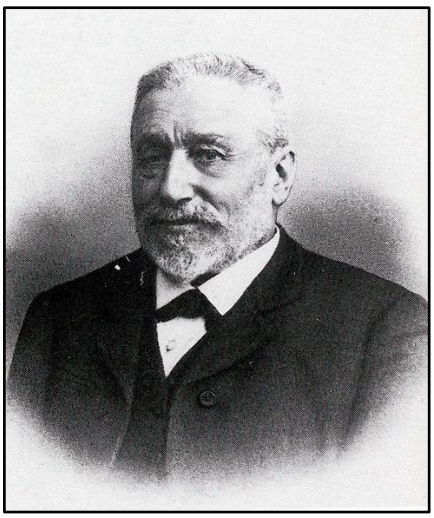
Funcionamiento y evolución Sistema Hennebique.

Después de su primera patente presentada desde el **1886**, en 1892 volvió a patentar otro sistema de forjados, esta vez formados por placas nervadas de palastro que servían de encofrado colaborante para una losa de hormigón , pero la patente tenia limitaciones de longitud entre vanos .Por eso, el paso definitivo lo daría ese mismo año **(1892)** al registrar una nueva patente de forjados , en los que sustituía las placas de palastro por barras de hierro longitudinales embebidas en la parte inferior de la vigas y nervios del forjado. Enseguida dio a conocer esta última versión con el folleto publicitario "*Plus d'incendies désastreux"* (No más incendios desastrosos), con el que consiguió una importante repercusión. Con esta disposición, las barras del lecho inferior desarrollaban <<tan sólo su cualidad característica de la resistencia a tracción>>, mientras que la parte superior de la viga se formaba << por un macizo de hormigón de cemento que impide la flexión de las barras y al a vez desarrolla la resistencia a la compresión>>.



2º Patente presentada en 1892, Por Hennebique.
Fuente: Expediente nº 13652, folio 14, Fondo Histórico de patentes de Madrid

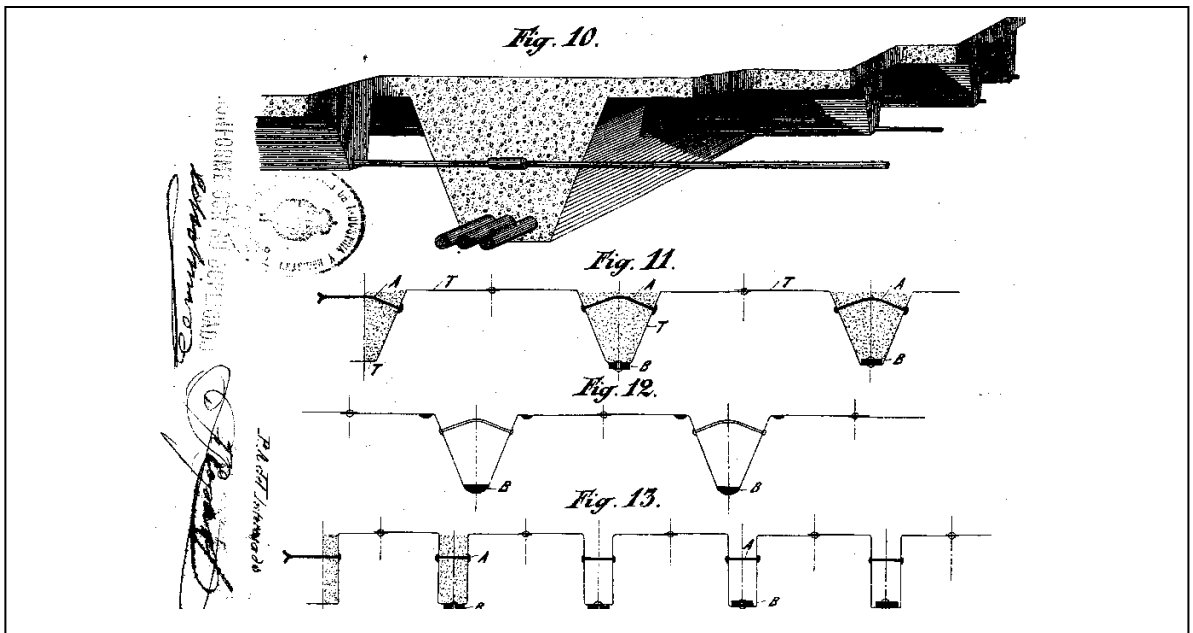
The momentum of the reinforced concrete: The Hennebique system.



Despite of the international developments, the modern technique of reinforced concrete had to await the ingenuity of François Hennebique. East a self-taught French Builder used the concrete for the first time in 1879, and later launched a programme of particular research before patented his system in 1892. Before Hennebique, the big problem in reinforced concrete or "reinforced iron" had been the find a monolithic articulation. Systems based on cement and steel, patented by Fairbairn in 1845, were not monolithic, and the same restrictions were present in the works of Hyatt and Rickets. Hennebique overcame this difficulty thanks to the use of bars of cylindrical section wich could curve and engage each other.

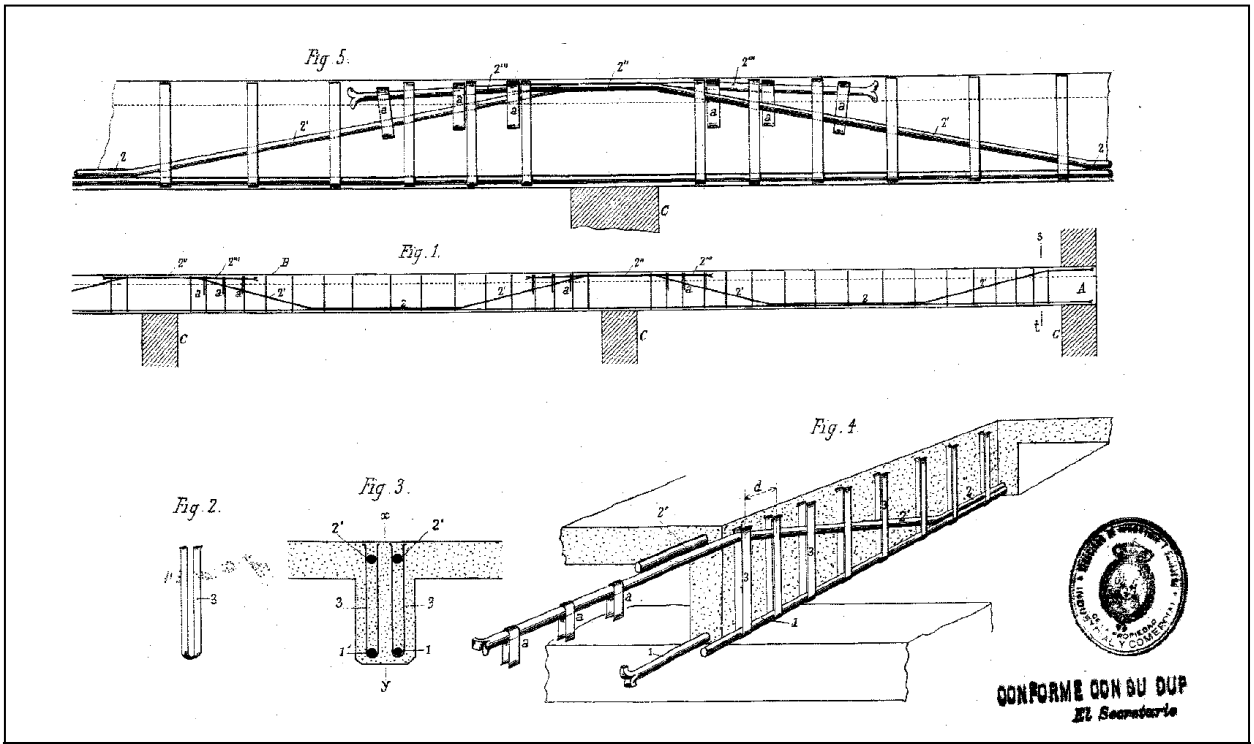
Functioning and evolution Hennebique system.

After the first patent filed **in 1886**, in 1892 he became patenting other slabs system, which consisted of the plates of blackplates serving uncooperative formwork for a slab of concrete, but the patent had length limitations. Therefore, the final step would give it that same year **(1892)** to register a new patent of slabs, where the plates of blackplates are replaced by longitudinal iron bars at the bottom of the beams and nerves of the forged. Immediately released this latest version with the brochure "Plus d'incendies désastreux" (No more disastrous fires), with which earned good reputation. With this provision, the bars of the lower bed developed <<its characteristic of resistance to traction >>, while the upper part of the beam was << by a clump of cement that prevents the flexion of the bars and the time develops resistance to compression >>.



Second Patent carried out in 1892, by Hennebique.
Source: File nº 13652, sheet 14, Historical Madrid's Found

La combinación presentaba sin embargo presentaba limitaciones, y la invención **1892** fue ajustándose con las patentes complementarias de Agosto de **1893** y la más importante, la de diciembre de **1897**, que para terminar de solucionarla se coloco << *una serie de estribos repartidos a los largo de la barra que la unen a la parte superior del macizo de hormigón. Estos estribos transmiten a la parte superior del hormigón los esfuerzos de tracción, que se transforman y reparten como trabajo de compresión en la masa de aquel* >>.

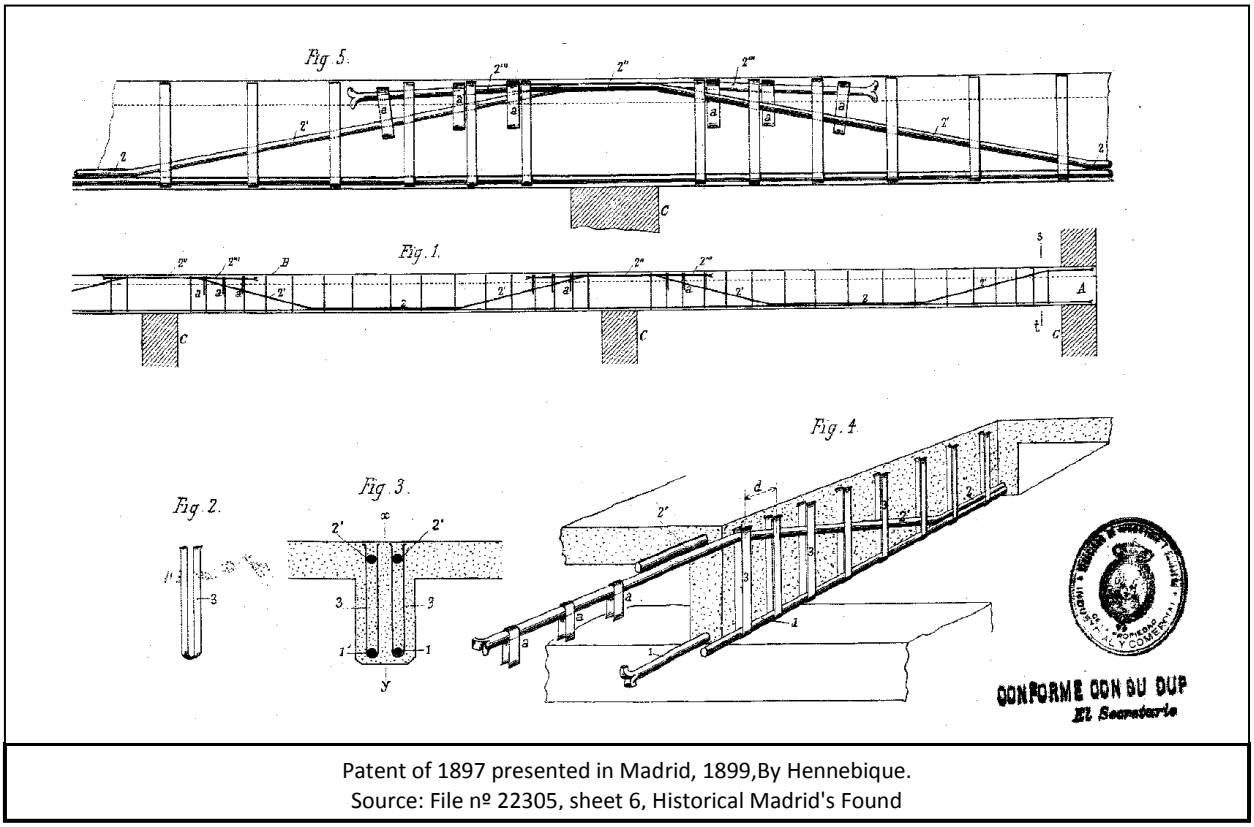


Mejora de Patente de 1897 presentada en 1898 en Madrid, Por Hennebique.
Fuente: Expediente nº 22305, folio 6,Fondo Histórico de patentes de Madrid

La fábrica CACI fue construida con la patente consolidada de 1897, que presentaba todas innovaciones más destacadas que aporto Hennebique. Las barras longitudinales en la parte superior de las vigas y los estribos, los cuales eran la aportación más original, el sistema de Hennebique, aunque concebido de bases empíricas, quedaba completamente configurado y respondía, en líneas generales, a principios racionales de mecánica de estructuras. En concreto, las vigas tenían una distribución coherente de las armaduras, con barras longitudinales superiores en la zona de flexiones negativas y estribos más concentrados junto a los apoyos, donde los esfuerzos cortantes son mayores. Y además el sistema registrado en 1897 añadió a su patente anterior, la capacidad de construir vigas continuas. Utilizando el doblado de barras, tal y como se hace hoy en día en la edificación y reforzando con barras más juntas, formando unas vigas capaces de resistir los esfuerzos en los puntos de apoyo.

El sistema también desarrollo soluciones para los pilares, que se componían de **<<***barras verticales inmersas en el espesor de la masa de de hormigón, en número suficiente para formar la sección total de hierro determinada por los cálculos. Estas barras verticales se arriostran a una determinada distancia, generalmente cada 50 cm, por chapas planas entrelazadas***>>**. Completado con las cimentaciones, entre las que contaba incluso con pilotes, así fue como se puso a punto un sistema integral para hacer edificios con cemento armado, que enseguida encontró muy buena aceptación.

However the system presented limitations, and the **1892** invention was improving with the patents of August **189**3 and the most importantly, the patent in December **1897**, where a series of scattered abutments were added to the length of the bar linking her to the top of the concrete beam. These Stirrups transmitted to the top of the concrete the efforts of traction, which they transformed and distributed in efforts of compression.



Patent of 1897 presented in Madrid, 1899,By Hennebique.
Source: File nº 22305, sheet 6, Historical Madrid's Found

The CACI factory was built with the 1897 patent, which featured all of the innovations wich was contributed by Hennebique. The longitudinal bars on top of the beams and the piers, which were the most original contribution, Althought that the systen Hennebique's was created empirically, Hennebique conceived a system wich functioned broadly according to the rational principles of structural mechanics. In particular, beams had a distribution consistent of suits of armour, with longitudinal bars higher in the areas of negative push-ups and the abutments more concentrated in the support where the traction are greater. And in addition the system registered in 1897 added the ability to construct continuous beams. Using bars bent at the supports and the reinforcing the beam with bars more together, as is done today in the building, forming beams capable of resisting efforts at the points of support.

Also, The system developed solutions for the pillars, which were formed by vertical bars embedded in concrete, with a number of bars enough that had been identified in the calculations. These vertical bars was braced at a certain distance, usually every 50 cm, using interlocking plates. all this is completed by the foundations, among which had piles. That way how it was created a comprehensive system to put buildings with reinforced concrete, which immediately obtained very good acceptance

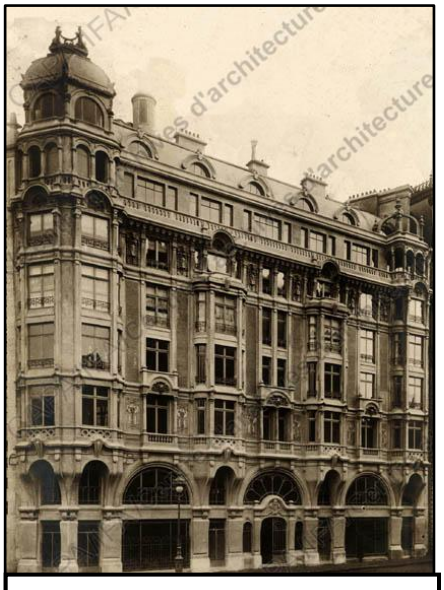
Expansión y éxito del Sistema Hennebique

Portada revista "Le beton Armé" Julio de 1899
Fuente: Biblioteca Virtual Universitaria de GENK (Bélgica)

El gran éxito de la firma Hennebique se impuso en 1898 con la publicación regular de su revista propia Le Beton armé (Cemento armado) y el uso extensivo de su sistema en las ecléctica estructuras de la Exposición de Paris, en 1900. La Exposición de Paris en 1900 representó un salto enorme hacia la construcción en hormigón y en 1902 una década después de su fundación, la firma Hennebique se había convertido ya en una gran compañía internacional.

En 1904, a modo de publicidad, Hennebique edificó su propia villa de cemento armado en Bourg-la-Reine completada con un jardín en el tejado y un minarete. Sus sólidas paredes eran de "hierro reforzado" vertido in situ entre unas celosías permanentes prefabricadas en hormigón y su fachada casi totalmente acristalada, todo esto para aumentar aún más la divulgación y capacidades del sistema, **del cual siempre se destacaba su capacidad de resistencia al fuego y su economía.**

"El origen del sistema se encuentra en las tentativas hechas para construir suelos incombustibles en los almacenes y otros edificios industriales".>>Artículo Publicitario en Beton Armé



" La Maison Hemnebique",
Año 1900 (Paris-Francia)

"Bourg-La-Reine" año 1904 (Paris Francia)

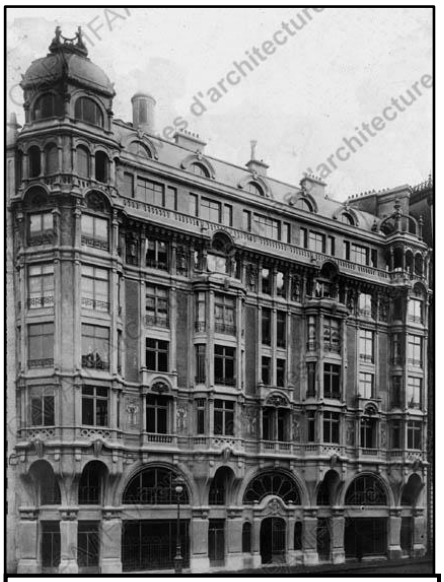
Expansion and success of the Hennebique system

Magazine cover "Le beton Armé" July 1899
Source: University Virtual Library of GENK GENK (Belgium)

The success of the company Hennebique was consolidated in 1898 with the publication of his magazine Le Beton armé (reinforced concrete) in addition to the use of your system in the eclectic structures of the World exhibition in Paris in 1900. The Paris exhibition in 1900 represented the shift toward building with concrete and in 1902 a decade after its founding, the Hennebique company had already become a large international company.

In 1904, in order to advertise, Hennebique built his own villa of cement reinforced in Bourg-la-Reine completed with a garden on the roof and a minaret. Its solid walls were reinforced with iron poured in situ and almost entirely glazed façade, all this to increase fame and show the capabilities of the Hennebique system, which always highlighted its ability to **resistance to fire and its economy**.

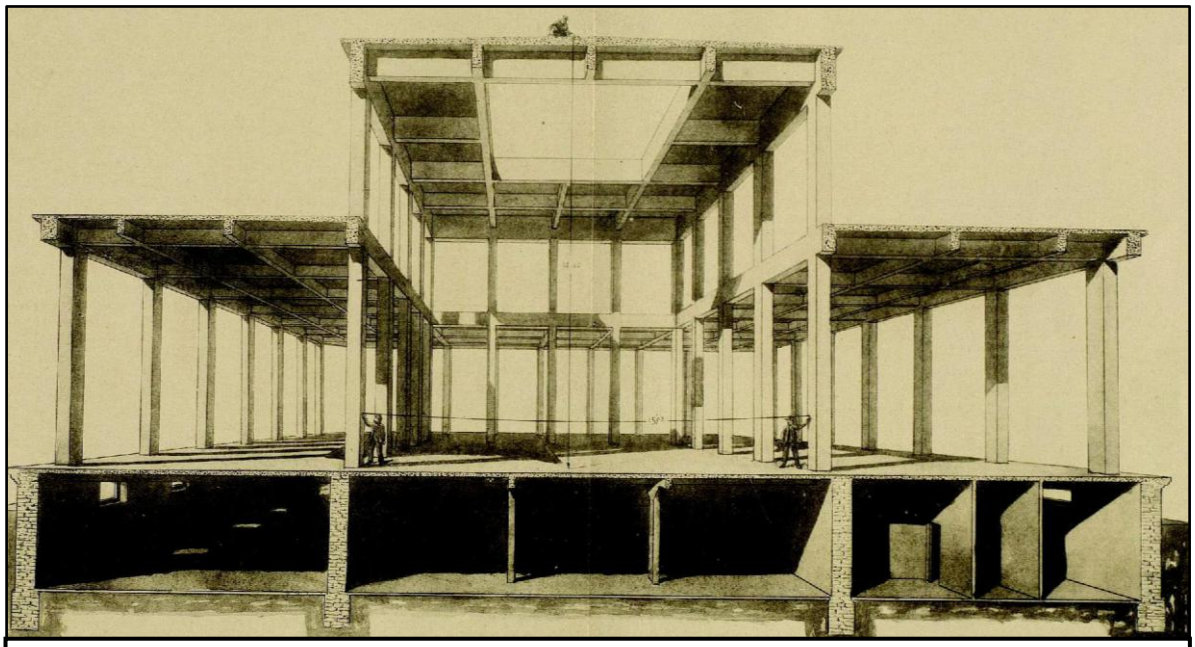
"The origin of the system is in attempts
to build incombustible soils in warehouses
and other industrial buildings".>> Article advertising in Beton Armé



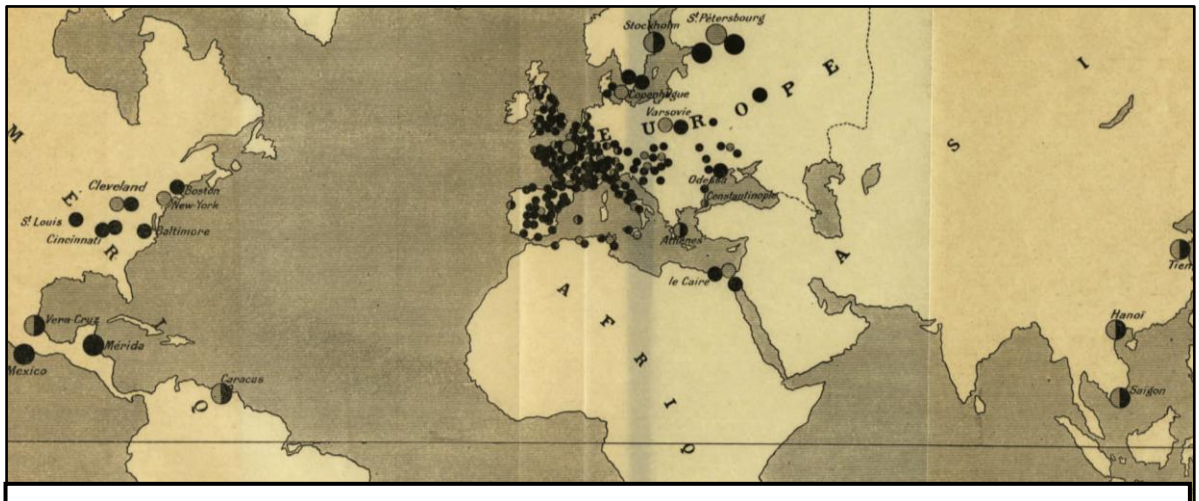
" La Maison Hemnebique",
1900 (Paris-France)

"Bourg-La-Reine" 1904 (Paris -France)

Y así en 1909 desde la Maison Hennebique construida en 1900, se estaban edificando obras innumerables con hormigón en toda Europa, en las que Hennebique actuaba como principal contratista, desde su sede central. Todo ello gracias a una excelente organización empresarial que le permitió expandirse por muchísimos países sin perder su nombre. Para aquel entonces contaba con 62 oficinas de estudios, de los cuales tenía, 43 en Europa, 12 en América, y 7 repartidos entre África y Asia. Dando trabajo a más de 10.000 obreros cada día en las obras que construyen sus concesionarios y controlando el 20% del mercado mundial de la construcción en hormigón.



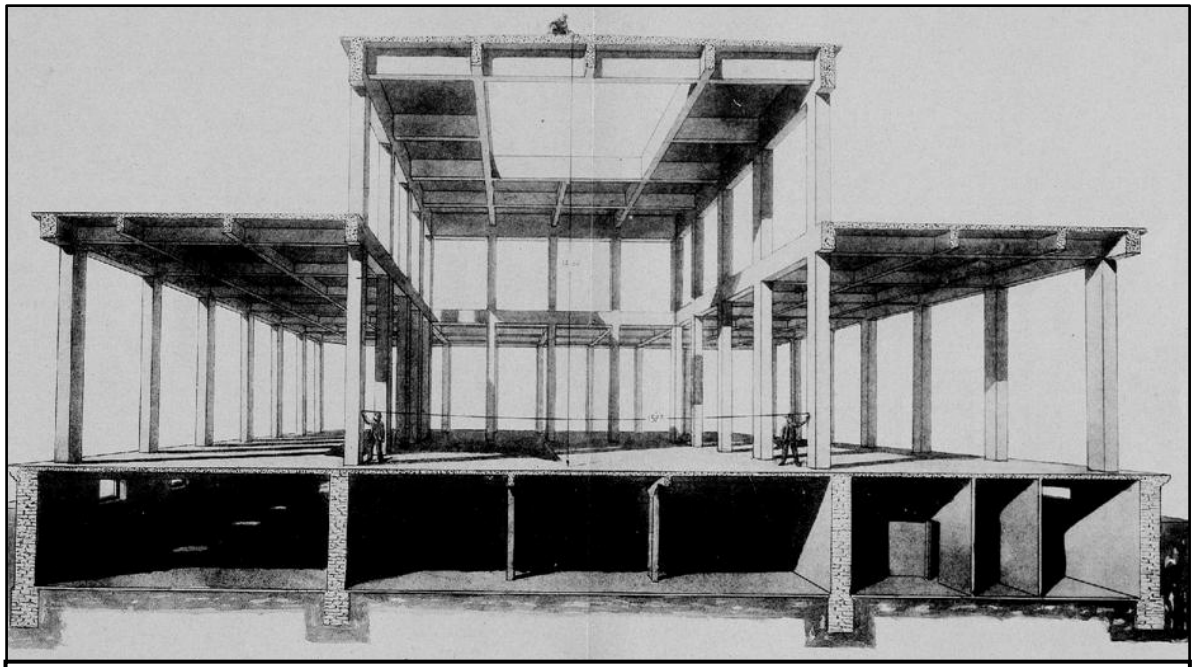
"Mercado Orientale " en la plaza "Cavour" , sección Transversaal, Año 1902 , Torino- Italia
Fuente: Revista "Le Beton Armè" n º 10 , marzo de 1899



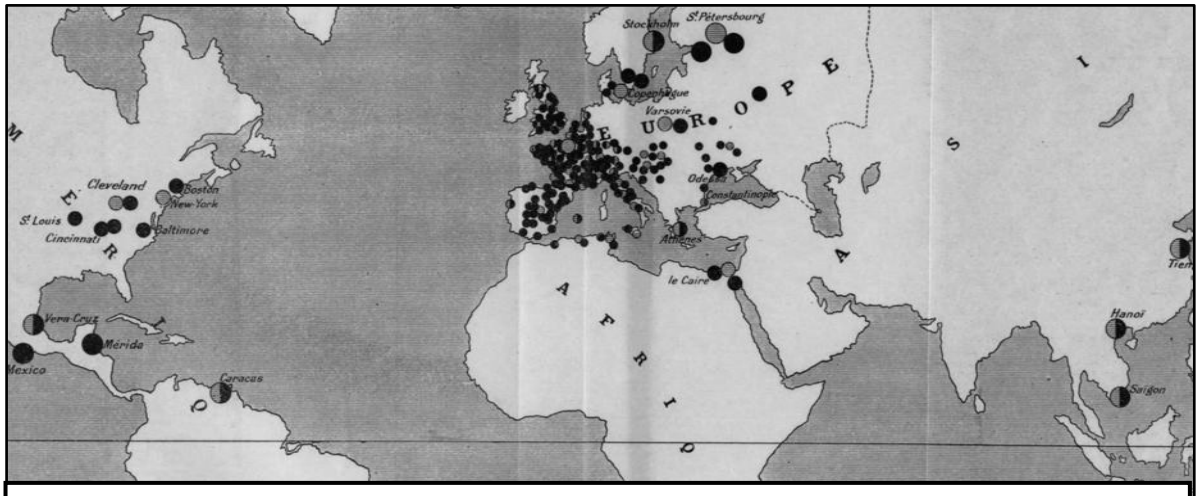
Mapa de Sucursales de la Patente Hennebique, Año 1909
Fuente: Revista "Le Beton Armè" Nº 21,

La firma Hennebique hace muchos años que desapareció. Cerró en los años 60 habiendo ejecutado unos 150.000 proyectos desde su creación. En el momento en que el hormigón armado pasaba de ser una serie de sistemas patentados a ser un material calculable Hennebique se retiró de la construcción para dedicarse a la consultoría. Si bien él no era ingeniero y no fue quien inventó el hormigón armado, ni quien desarrollo los modelos de cálculo a partir de leyes teóricas, **sí fue** quien impulso el uso del hormigón armado, convirtiéndolo sin duda alguna en el material definitivo para la construcción mundial del siglo XX.

In this way since the Maison Hennebique built in 1900,it were built innumerable works with concrete throughout Europe, where Hennebique acted as prime contractor. All this thanks to an excellent business organization allowed him to expand for many countries without losing its name. Then it had 62 offices of studies, which had 43 in Europe, 12 in the Americas, and 7 spread across Africa and Asia. Giving work to more than 10,000 workers every day in the work, their dealers were controlled 20% of the world market for concrete construction.



"Mercado Orientale " in main square of "Cavour" ,1902 , Torino- Italia
Source: Magazine "Le Beton Armè" n º 10 , March 1899



World map Hennebique's Offices , 1909
Source: "Le Beton Armè" Nº 21,

The Hennebique company many years ago it disappeared. It was closed in the 1960s, after it had execute 150,000 projects. The company was closed at the time that the reinforced concrete went from being a patented system to a calculable material, Hennebique retired from construction to focus on consulting. Although he was not an engineer and not invented the reinforced concrete, Although he did not create the development models of calculation, In fact henebique was who spurred the use of reinforced concrete, to convert it, no doubt, in the best material for the construction of the 20th century

1.5 Datos generales del edificio

1.5.1 Agentes intervinientes en la consolidación

Promotor :	Ajuntament de Badalona	
Arquitecto:	Miquel Espinet i Mestre Antoni Ubach i Nuet	
Director de obra:	Miquel Espinet i Mestre Antoni Ubach i Nuet	Col.legi oficial d 'Aquitectes de Catalunya Col.legi Oficial d'Aquitectes de Catalunya
Director ejecución de obra:	Enric Aguilera Cuchillo	Col.legi Oficial d'Aparelladors i d'Aquitectes Tècnics de Catalunya
Estructuras:	Oficina técnica Area 5	Antoni Massagué
Constructor:	Freissenet S.A	
Estudio Geotécnico:	C. Català de Geotécnia	
Estudio Materiales:	ITEMAC	Instituto Técnico de Materiales y de Construcciones

1.5.2 Descripción Urbanística del edificio

UBICACION FOTOGRAFICA Y URBANISTICA FABRICA CACI Fuente : "ATLES ELECTRÓNIC DE CATALUNYA"

El solar está situado en el zona marítima de Badalona, exactamente entre las calles Cervantes , Eduard Maristany y la Plaça del pati de Vela i la playa del "COCO", se encuentra en el acceso Sur del municipio de Badalona una posición privilegiada del territorio.

De su entorno físico podemos destacar la cercanía con el puerto deportivo, la proximidad con la estación de Rodalias de la ciudad de Badalona, con un puente Peatonal muy conocido en la zona como *Puente del Petróleo*, restaurado recientemente que conecta la fabrica con el otro lado de las vías.
La parcela por su situación cercana a las vías del tren, tiene una zona de afectación que no se puede edificar.

General data of the building

Actors involved in the rehabilitation

Promoter :	Ajuntament de Badalona	
Arcuitect:	Miquel Espinet i Mestre Antoni Ubach i Nuet	
Director of the building work:	Miquel Espinet i Mestre Antoni Ubach i Nuet	Col.legi oficial d 'Aquitectes de Catalunya Col.legi Oficial d'Aquitectes de Catalunya
Director of execution :	Enric Aguilera Cuchillo	Col.legi Oficial d'Aparelladors i d'Aquitectes Tècnics de Catalunya
Calculations :	Oficina técnica Area 5	Antoni Massagué
Builder:	Freissenet S.A	
Geotechnical study:	C. Català de Geotécnia	
Analysis of Materials:	ITEMAC	Instituto Técnico de Materiales y de Construcciones

Urban description

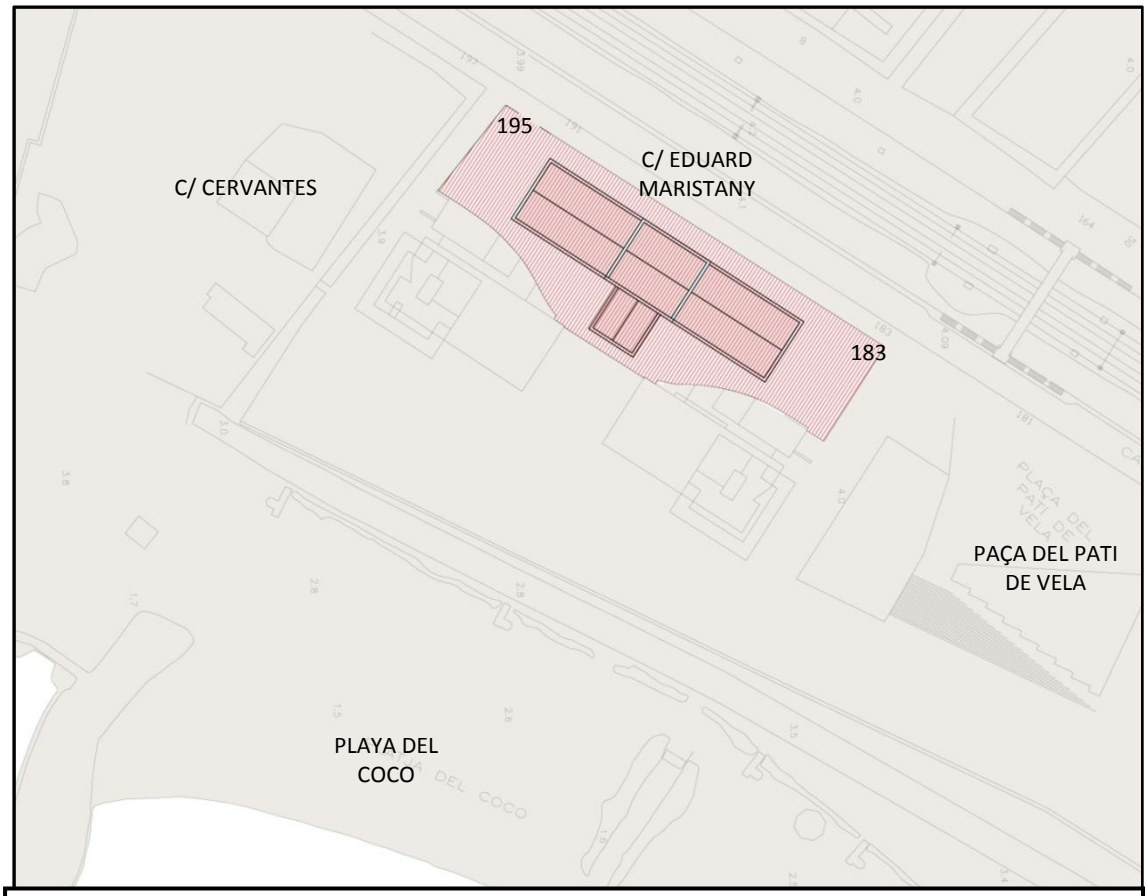
PHOTOGRAFHY LOCATION AND URBAN PLANIFICATION OF FACTORY CACI Source : "ATLES ELECTRÓNIC DE CATALUNYA"

The site is located in the maritime area of Badalona, exactly in the Eduard Maristany Street between the Cervantes Street and the square Pati de la Vela, close to the beach of the "COCO", the factory is located in the South of the municipality of Badalona, an access with privileged position of the territory.

The physical environment of the factory is near the seaport, is very close to the train station of the city of Badalona, apart from having a pedestrian bridge that is very well known in the area, called "Puente del petróleo", recently restored to connect the factory with the other side of the tracks. The site is close to the train tracks, for this reason has a safety zone that it can't be built.

Emplazamiento

Se trata de un edificio con una superficie construida total de **5421,00 m²** sobre rasante, no existen plantas subterráneas, el edificio está localizado en la Calle Eduard Marestany 183-195 de la cuidad de Badalona



PLANO DE EMPLAZAMIENTO FABRICA CACI Fuente : "ATLES ELECTRÓNIC DE CATALUNYA"

1.5.3 Condiciones Urbanísticas, Implantación y Cumplimiento Normativa Urbanística

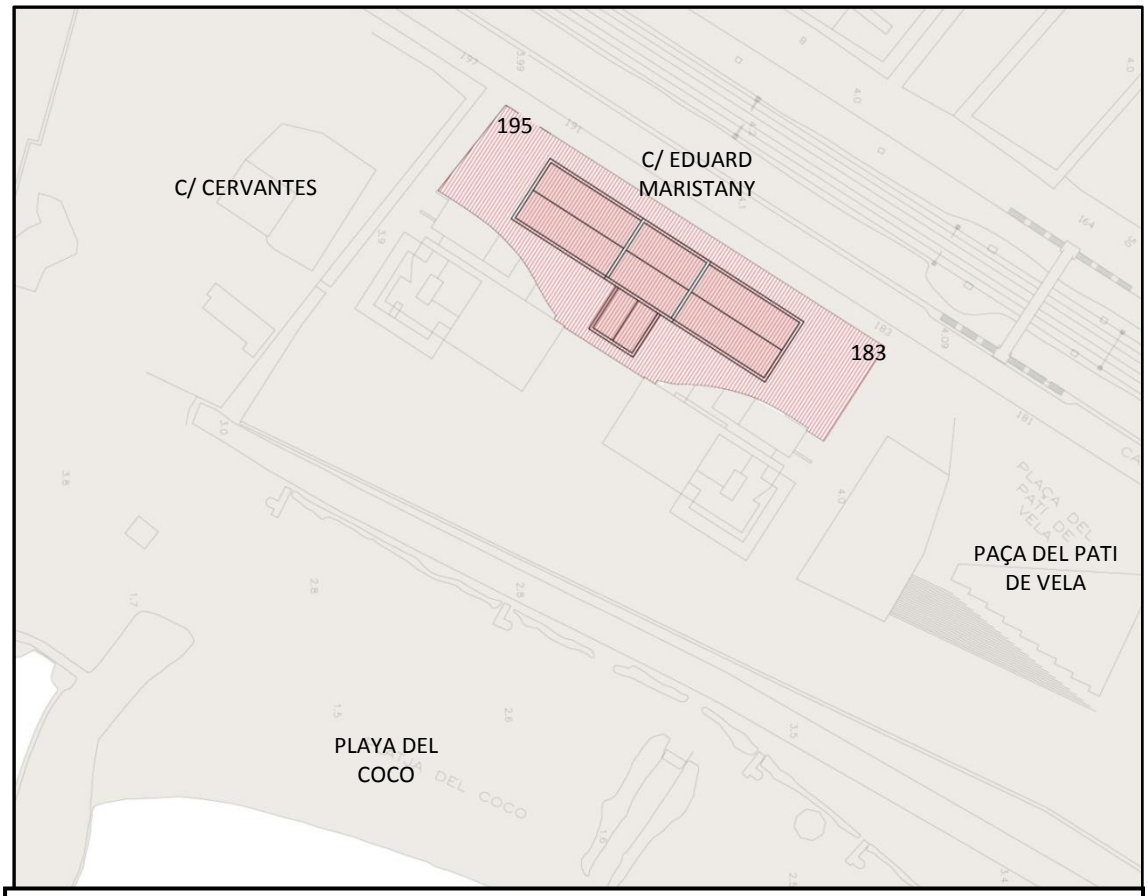
El proyecto de Rehabilitación de la fábrica CACI, para albergar el museo del cómic y la ilustración de Catalunya, ha sido realizado según lo que señala el Plan General Metropolitano (PGM), aprobado el 14 de julio de 1976 (BOP 19/7/1976), concretamente el Plan especial de fachada marítima aprobado definitivamente el día 06/11/1986 (BOP 19/06/1987), y el Plan especial sector de costa A-3 , aprobado definitivamente el día 15/11/2000 (DOGC) 21/2/2001).
Donde se recoge que la parcela está destinada a equipamientos de nueva creación, **Clave 7b**.
Con una tipología de ordenación para el edifico de **tipo Aislado**, con una clasificación del suelo de clase **Urbano**, **con categoría del suelo urbano consolidado,** a continuación mostramos los parámetros urbanísticos de la edificación referenciados del Plan especial A-3.

Ordenación de zona
7b **Equipamiento de nueva creación**

Planificación	**Superficie parcela**	**Superficie total computable**	**Lindares y posición de la edificación en la parcela**	**Condiciones de altura y Altura Máxima**
Plan Especial sector de costa A-3 del plan especial de fachada marítima (PE)	3.376.10 m²	5313.35 m²	Edificio Aislado	PB+5 (edificio existente)

Information of the Siting

It is a building with a built surface of **5421,00 m²**, on ground level, there are no underground floors, the building is located in 183-195 Eduard Marestany Street of the city of Badalona



STREET PLAN OF FACTORY CACI Source : "ATLES ELECTRÓNIC DE CATALUNYA"

1.1.1 Condiciones Urbanísticas, Implantación y Cumplimiento Normativa Urbanística

The project of rehabilitation of the CACI factory, has been to house the Museum of comic and illustration of Catalonia, this rehabilitation has been serving the Metropolitan General Plan (PGM), adopted on 14 July 1976 (BOP 7 19, 1976), specifically, the Special Plan of seafront approved definitely the day 11/06/ 1986 (BOP 06 19, 1987), and the Special Plan sector of coast A-3, definitively approved the day (11/15/ 2000 (DOGC).
In the rules makes that the site is intended for equipment of new creation, key 7b.
It is a building of **isolated type**, with a classification of the **soil of urban class**, and with consolidated urban land category, the urban building parameters obtained from the special A-3 Plan are shown in the following table.

Ordenación de zona
7b **Equipamiento de nueva creación**

Planificación	**Superficie parcela**	**Superficie total computable**	**Lindares y posición de la edificación en la parcela**	**Condiciones de altura y Altura Máxima**
Plan Especial sector de costa A-3 del plan especial de fachada marítima (PE)	3.376.10 m²	5313.35 m²	Edificio Aislado	PB+5 (edificio existente)

1.2 Descripción general del edificio

El edificio existente, de este proyecto, tiene una composición tradicional en naves. Este edificio, denominado fábrica CACI (Compañía Auxiliar del Comercio y la Industria), está formado por una nave central de planta baja más cinco plantas, dos naves laterales simétricas de planta baja y tres, y una nave frontal más pequeña, en la parte central hacia mar, de planta baja más dos.

La nave central funciona como eje vertebral del resto y al ser la más alta de todas, conviene que sea el núcleo de comunicación vertical principal. Esta nave tiene una planta de unos 16x17m, siendo la misma anchura que las naves laterales de unos 16x25m. Finalmente, la otra nave central del frente marítimo, tiene unas dimensiones de unos 12x11m.
La cubierta del edificio es inclinada a dos aguas, siendo la parte más alta el eje de la de la nave central, que conecta las naves laterales con la central. El edificio del frente central tiene la cubierta a dos aguas en sentido perpendicular al resto de cubiertas. Estas cubiertas no son las originales y se encontraron muy malogradas, incluso inexistentes en grandes partes, esto se recoge en el estudio patológico adjunto con el proyecto.

Esta cubierta mantiene las encaballadas originales en la mayoría de su superficie. En cuanto a la estructura de las naves, se trata de un sistema original de cemento armado llamado Hennebique, compuesto por una losa de 8 a 10 cm, unas vigas principales de canto de 16x35cm, y unas vigas perpendiculares secundarias de 16x25cm. Este sistema, por su exclusiva naturaleza, se recuperara, su apariencia, en las zonas derruidas y/o ruinosas y se refuerza en el resto de zonas, arreglando sus patologías. Los sistemas de refuerzos son los más adecuados y respetuosos, manteniendo el estado original de la estructura.

Finalmente, la fachada está compuesta por ventanas moduladas y repetitivas con algunas variaciones según su situación, como pueden ser las ventanas del nivel superior. Hay que comentar la voluntad que la fachada se restaure a su aspecto original, eliminando todos aquellos añadidos, algunos procesos patológicos no estructurales y elementos sobrantes y inutilizables , como chimeneas, escaleras, elementos metálicos de apoyo de instalaciones, etc. Igualmente, se limpiará y sacará los elementos ruinosos y los elementos vegetales.

General description of the building

The existing building has a traditional composition with naves. This building, called factory CACI (company auxiliary of the Commerce and industry), consists of a central nave of 16 meters in height, two symmetrical side aisles of 9 meters tall, and a smaller front nave of 8 meters in height.

The central nave serves as vertebral axis of the rest and to be the highest of all, is the main vertical communication core. This nave has a 16x17m plant and the laterals naves are 16x25m. Finally, the central nave situated on the sea front, has a size of 12x11m.

The roof of the building is tilted, the principal nave is the top and connects the aisles with the central.The front nave is inclined roof in perpendicular direction to the rest of the decks. These covers are not the originals and have a state very deteriorated, even they are non-existent, this deficiencies are reflected in the attached pathological study with the project.

This cover has the original trusses on the upper floors. The structure of slabs is an original system of reinforced cement called Hennebique, consisting of a slab of 8 to 10 cm main beams of singing of 16x35cm and secondary perpendicular beams of 16x25cm. This historical system, rehabilitate and rebuild the original appearance in collapsed floor areas, in other areas with certain should be strengthened and solved their pathologies. The reinforcements system keeps the original state of the structure.

Finally, the facade is composed of Iron Windows with a repetitive design with some variations depending on their location, as for example the Windows of the upper floors. The rehabilitation aims to maintain the facade with its original appearance, eliminating all the original infrastructures , and some non-structural pathological processes and surplus items, and metal chimneys, metal stairs, metal elements of installations, etc. also, it will clean and will replaced the ruinous and vegetal elements.

1.3 Características sobre el nuevo Uso del edifico

El proyecto que estudiamos abarca el proceso de ejecución para la recuperación patrimonial de La fábrica CACI , la cual presenta graves patologías. Los trabajos de rehabilitación consolidaran la estructura de forjados de forma que en un futuro pueda albergar el uso al cual está destinado, el Nuevo museo del Comic y la Ilustración de Catalunya.
Para llevar a cabo esta consolidación y esta se adapte al nuevo uso, ha sido necesario utilizar y estudiar el programa funcional que nos explique este uso. No obstante, no es objeto de este proyecto ejecutar las distribuciones de los espacios de usos finales ni dotarlos de las condiciones, acabados e instalaciones para que puedan funcionar.
Por la consolidación del edificio se ha utilizado el plan funcional facilitado por Departamento de Obras y Proyectos del Ayuntamiento de Badalona.
Este programa funcional de necesidades se ha contrastado con la realidad del edificio y su utilidad principal, entre otros finalidades, es para definir las cargas de uso necesarias que tiene que soportar la nueva estructura a consolidar.

Programa de usos

Planta Baja	En esta planta se genera todos los accesos, principales, secundarios y relaciones del edifico con el exterior, encontramos el vestíbulo principal con una gran tienda-librería y un Bar-cafetería y los almacenes. La situación en planta baja de la tienda y cafetería, viene dada por la necesidad de un relación directa con el vestíbulo principal y el exterior. Por otro lado los almacenes de archivos compactos debido al peso que generara es mejor situarlos en esta planta, donde podemos lograr mayores cargas que en las plantas piso, de todas formas estos almacenes tendrán otro acceso directo desde el exterior.
Planta 1º	A la planta primera se ubican espacios de exposición temporal y la parte de almacén que no requiere una sobrecarga de uso especial como los archivos compactos de planta baja. Estos espacios de almacén incluyen el laboratorio de restauración y otras zonas de menor peso. Finalmente, también encontramos el área infantil muy comunicada desde el acceso principal. Las sobrecargas de uso están definidas en la memoria de cálculo de la estructura.
Planta 2º	A la planta segunda se sitúa los espacios de exposición permanente y algunos de temporales, complementados con unos espacios laterales de almacenamiento para facilitar los montajes de exposiciones. También se ubica el aula polivalente en una situación privilegiada muy comunicada con el acceso principal.
Planta 3º	La planta tercera de las naves laterales, están debajo de la cubierta y sin pilares. Esto facilita la ubicación del Auditorio, talleres y centro de documentación. A la nave central, de más plantas de altura, volvemos a encontrar espacios de exposición temporal
Planta 4º y 5º	En estas dos plantas se sitúa el área de administración. Es un área de trabajo interno y restringido al acceso público.
Planta cubierta	Las cubiertas del edificio son inclinadas y no transitable, no admiten ningún uso.

Tal como hemos comentado en programa de usos, la relación del edificio con su entorno será mediante las tres calles que lo rodean y el paseo marítimo que tiene delante. La proximidad de la estación de cercanías y una estación de metro, hace que tenga una buena comunicación pública.
El edificio está a primera línea de mar, junto al puerto deportivo y pesquero, esto hace que tenga unas buenas vistas y un atractivo más para los futuros usuarios. Así pues, el edificio se enmarca en el proceso de transformación urbana del frente marítimo de Badalona, de forma que está integrado en un conjunto de viviendas de obra nueva.

1.4 Normativa Aplicada

Antes de nombrar las normas que se han aplicado en la obra, debemos aclarar que este proyecto solo tiene por objeto el estudio de consolidación de la estructura y realizar la recuperación patrimonial de la fábrica CACI.
Es por eso que, el proyecto satisface los aspectos básicos relativos a seguridad que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural para la edificación principalmente: Resistencia mecánica y estabilidad, seguridad, durabilidad, economía, facilidad constructiva.
El edificio no estará ocupado después de la ejecución del proyecto. Y no es objeto de este proyecto estudiar la ejecución de las distribuciones de los espacios de usos finales ni dotarlos de las condiciones, acabados e instalaciones para que puedan funcionar, así como de la normativa exigida para tales trabajos.

NORMA	REQUISITOS DE PARA SISTEMAS DE SEGURIDAD	
DB SE **DB SU**	**Seguridad estructural** SE 1 DB SE 1 Resistencia y estabilidad SE 2 DB SE 2 Aptitud en el servicio **Seguridad de Utilización** CTE DB SU-1 Riesgo de caídas CTE DB SU-2 Impactos o enganchadas CTE DB SU-3 Riesgo de aprisionamiento CTE DB SU-5 Situaciones de alta ocupación CTE DB SU-6 Seguridad delante al ahogamiento CTE DB SU-7 Vehículos en movimiento	**Seguridad en caso de incendio** CTE DB SI Seguridad en caso de incendio RD 314/2006 NBE-CPI-91 D 241/94 Edificios complementarios RD 312/2005 Clasificación según reacción al fuego Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales (RSCIEI) RD 2267/2004 (BOE: 17/12/2004)
	REQUISITOS DE SISTEMAS ESTRUCTURALES	
DB SE **EFHE** **EHE 08**	CTE DB SE 1 Resistencia y estabilidad CTE DB SE 2 Aptitud en el servicio CTE DB SE AE Acciones en la edificación CTE DB SE C Cimientos CTE DB SE A Acero CTE DB SE M Madera	NCSE-02 Norma de Construcción Sismo resistente. EFHE Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizado con elementos prefabricados EHE 08 Instrucción de Hormigón Estructural
	REQUISITOS SISTEMA CONSTRUCTIVOS MATERIALES Y ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN	
CTE	CTE DB HS 1 Protección frente a la humedad RB-90 pliego general de prescripciones técnicas generales para la recepción de bloques de hormigón en las obras de construcción. RC-92 Instrucción para la recepción de cales en obras de rehabilitación de suelos	RC-03 Instrucción para la recepción de cementos RL-88 Pliego general de condiciones para la recepción de los ladrillos cerámicos en las obras de construcción
	REQUISTOS PARA RESIDUOS DE OBRA Y DERRIBOS	
Otras	R Ley 16/2003, de 13 de junio Operaciones de valoración y eliminación de residuos y la lista europea de residuos.	RD 306 disposiciones mínimas de seguridad y salud en trabajos con exposición al amianto

2. Memoria Constructiva: Descripción de las medidas adoptadas

2.1. Descripción Geométrica del edificio

La parcela del edificio a recuperar es de forma aproximadamente rectangular con el límite sudeste irregular para adaptarse a los edificios cercanos mediante dos medianeras curvas. No hay planta sótano y la geometría del edificio es regular y aislada. Está compuesto por una nave central aproximadamente cuadrada, de planta baja más cinco, con una cubierta inclinada a dos aguas. De esta nave salen dos naves laterales simétricas de planta baja más tres y cubierta inclinada a dos aguas, una al costado nordeste y el otro al costado suroeste. Finalmente, la nave central tiene una pequeña nave frontal al costado sudeste de planta baja más dos y cubierta inclinada a dos aguas.

El volumen del edificio es el existente con una altura variable entre forjados de unos tres metros y veinte centímetros. Bajo las cubiertas inclinadas tenemos un volumen aprovechable que dejan las encaballadas entre ellas.
Accesos: El acceso se produce por la fachada Noroeste del solar. Por un paso que atraviesa todo el ancho del edificio y comunica el espacio público de la acera con los espacios privados del edificio.
Evacuación: El solar cuenta con cuatro fachadas de contacto y salidas de evacuación con el espacio público

CUADRO SUPERFICIES CONSTRUIDAS	SUPERFICIE
PLANTA BAJA	1224 m²
PLANTA PRIMERA	1224 m²
PLANTA SEGUNDA	1224 m²
PLANTA TERCERA	1092 m²
PLANTA CUARTA	280 m²
PLANTA QUINTA	280 m²
SUPERFICE CONSTRUIDA SOBRE RASANTE	5324 m²
SUPERFICIE TOTAL CONSTRUIDA	5324 m²

Descripción del sistema de cimentación

El edificio existente este hecho con zapatas continúas bajo los muros perimetrales y zapatas aisladas en los pilares. Se lleva a cabo un descenso de cargas y se mantiene la cimentación existente. Sólo hay una zona con cimentación nueva por el exterior del edificio. Las propiedades resistentes del estrato a cota de cimentación consideradas para el cálculo serán las obtenidas del estudio geotécnico.

La estructura portante

La fábrica CACI está compuesta con pilares de hormigón armado en el centro y paredes de fábrica en el perímetro. La estructura horizontal esta realizada con forjados tipo Hennebique de hormigón armado, en forma de vigas principales de 35 cm de canto y viguetas secundarias de 25 cm de canto cada 1.60 m y un forjado de losa de entre 8 y 10 cm de canto. Las fachadas están compuestas por piezas cerámicas de ladrillo visto macizo, el grueso de la fachada es variable según la planta del edificio y la nave de cierre. En las naves laterales el grueso existente va de 30 cm en la planta más alta, hasta 60 cm en Planta baja.
En la nave central el grueso existente va de 30 cm en la planta más superior y hasta 90 cm en la planta baja. Los muros de fachada son de carga, y por eso disponen de un recrecido de fábrica de unos 90 cm de ancho, en cada eje de pilar.

Los aspectos básicos que se han tenido en cuenta a la hora de adoptar el sistema estructural son principalmente la resistencia mecánica y estabilidad, la seguridad, la durabilidad, la economía, la facilidad constructiva, la modulación y las posibilidades de mercado Las bases de cálculo adoptada y el cumplimiento de las exigencias básicas de seguridad se ajustan a los documentos básicos del CTE.

2.2. Demoliciones y Apeos

La primera actuación que se llevo a cabo fue la de apuntalamiento y demolición de los elementos de la estructura de forjados ,determinados en los planos de derribo adjuntos, que no se pueden utilizar para el nuevo diseño, por el grado de deterioro que presentan en el estudio de patología expuesto en el volumen I. En este apartado veremos cómo se llevo a cabo la demolición y gestión de los residuos generados de forma sostenible en condiciones adecuadas de seguridad y salud para los trabajadores y transeúntes sin poner en riesgo las edificaciones colindantes

2.2.1. Sistemas de Apuntalamiento, métodos de trabajo y medidas a emplear

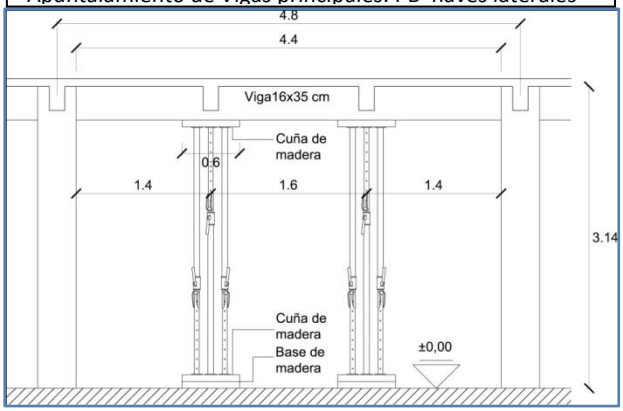
Una vez realizado el diagnóstico de lesiones y junto al estudio exhaustivo realizado, de todos los aspectos de la construcción de la fábrica, reflejados en los planos adjuntos y del estudio de los materiales , realizado por la empresa ITEMAC, donde obtenemos la resistencia a compresión y tracción, módulos de deformación, estabilidad dimensional y compatibilidad con otros materiales. Con toda esta información analizada. Se decidió apuntalar de manera integral toda la estructura de forjados respetando siempre las actuaciones que se destinaran a la corrección de las causas y la consolidación de la estructura que motivaron los daños del edificio.

TIPO	PROCESO Y ELEMENTOS A UTILIZAR
Apeos de forjados	El proceso de apuntalamiento de forjados consiente en el empleo pies derechos o puntales metálicos dispuestos en filas sobre el eje de las vigas y viguetas del forjado Henebique, entre los que deberá disponerse unas cuñas en la parte inferior y superior, además de un tablón de base inferior. Los puntales se colocaran en grupos de tres en las vías y en los apoyos de las viguetas y en las jácenas principales. Se colocaran todos a la vez y se irán apretando desde los extremos al centro.
	OBSERVACIONES
	• El apuntalamiento esta lo mas arriostrado posible, ejecutado con el menor número de puntales y siempre manteniendo la máxima sencillez, para conseguir simplicidad y rapidez en montaje y luego en desmontaje durante la demolicion. • La madera utilizada para las cuñas y placas base es enteriza , sana y de buena calidad.
Apeo de muros	Para el apuntalamiento de muros se utilizan vigas aligeradas de gran capacidad de carga, (150 KN) utilizando sopandas, placas de apoyo pivote, y gatos ajustables para el adaptarse al muro, con uniones atornilladas. Y al tener los muros próximos, el apeo va de muro a muro, debidamente acuñado, para dar estabilidad simultánea a los muros. Este arriostramiento se realiza a medida que se inicien la demolición del forjado Hennebique, el cual empieza de planta cubierta hacia planta Baja
	OBSERVACIONES
	• Como el apeo se realiza con perfiles métalicos, se hacen estructuras triangulares para evitar deformaciones y hacer trabajar el conjunto de forma solidaria. • La puesta en carga de los puntales se hara con cuidado a medida que se haga las demoliciones del forjado para no introducir acciones directas sobre los muros.

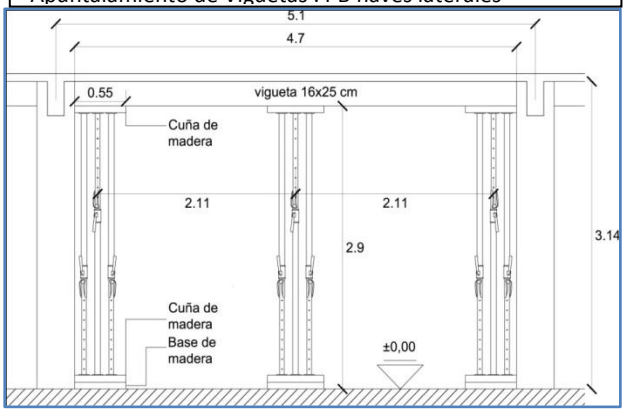
Sistema de puntales para forjado Hennebique

A continuación mostramos de manera esquemática la descripción del sistema de apuntalamiento para las vigas principales y viguetas, de las naves laterales de la fábrica, y el anexo frontal, su puesta se realiza empezando desde la planta baja hasta las planta cubierta y repicando la superficie del forjado de apoyo para limpiar y asegurar el agarre del las cuñas y el puntal.

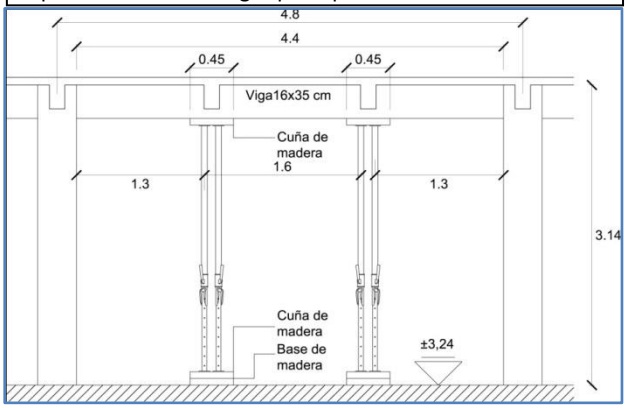
Apuntalamiento de Vigas principales: PB naves laterales



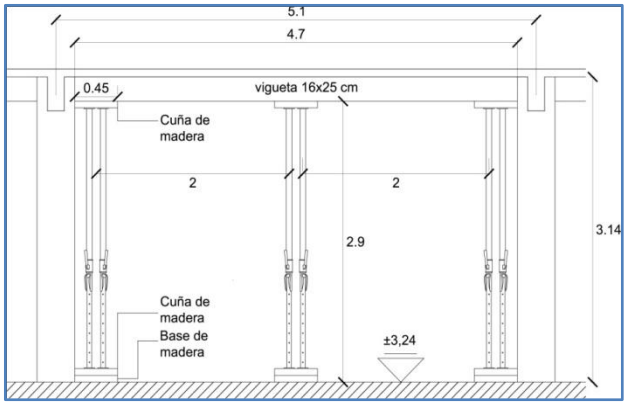
Apuntalamiento de Viguetas : PB naves laterales



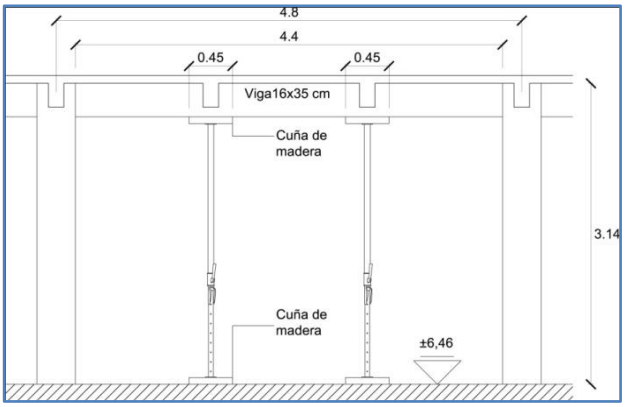
Apuntalamiento de Vigas principales: P1 naves laterales



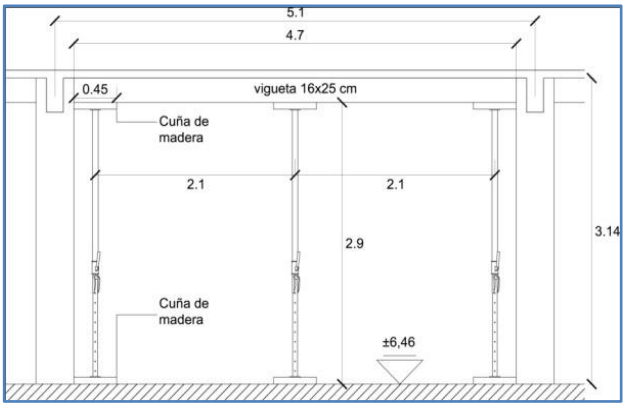
Apuntalamiento de Viguetas : P1 naves laterales



Apuntalamiento de Vigas principales: P2 naves laterales



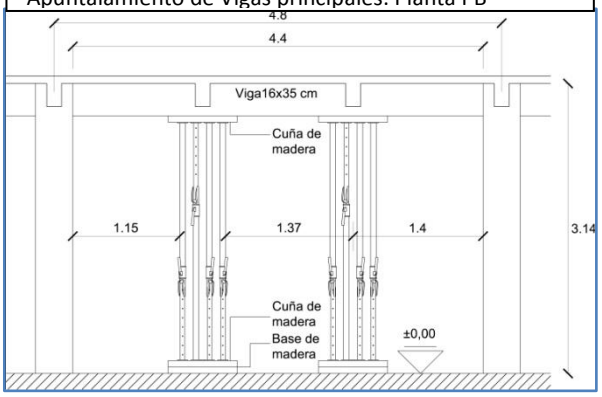
Apuntalamiento de Vigas principales: P2 de naves laterales



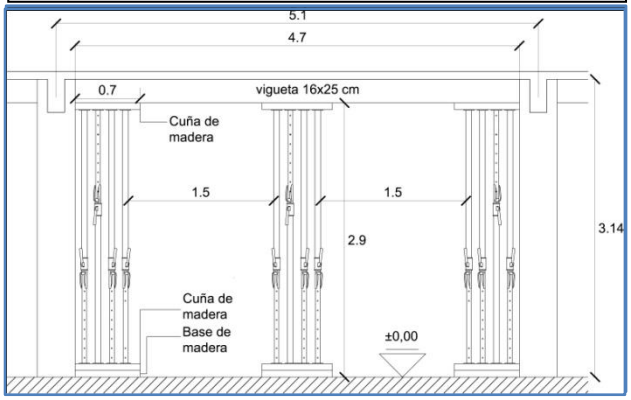
Sistema de Puntales de nave central

Siguiendo las características descritas para el apuntalamiento de las naves laterales el apuntalamiento de la nave central, es igual solo cambiara el número de puntales, ya que las cargas aquí son superiores, como podemos comprobar en los planos de estructura adjuntos.

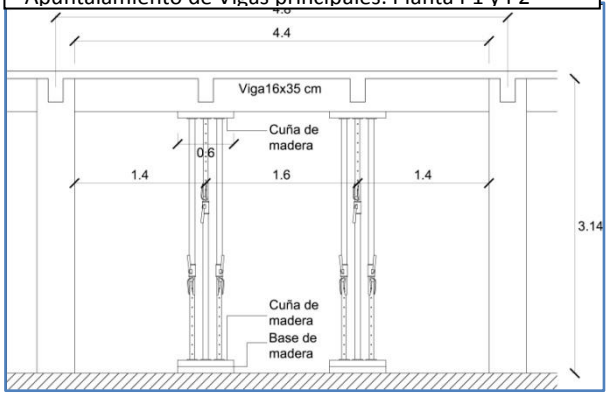
Apuntalamiento de Vigas principales: Planta PB



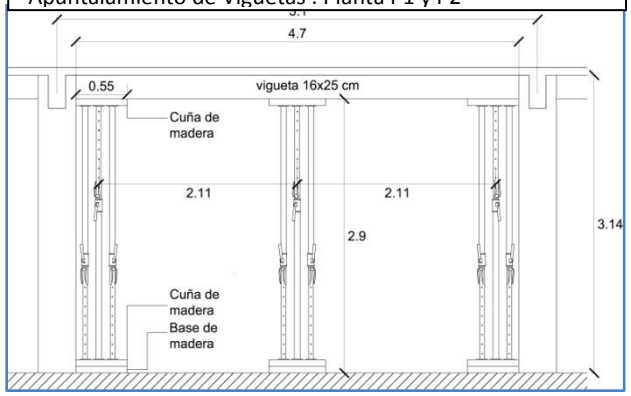
Apuntalamiento de Viguetas : Planta PB



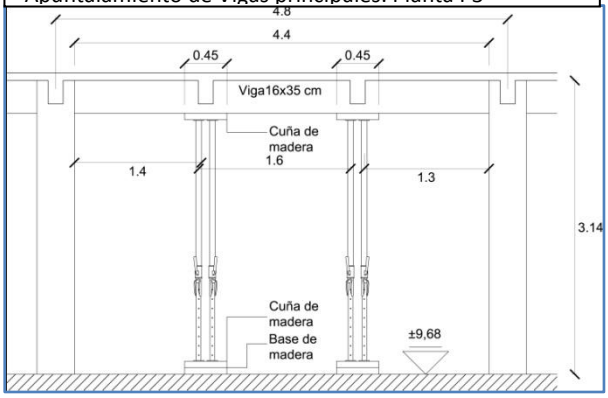
Apuntalamiento de Vigas principales: Planta P1 y P2



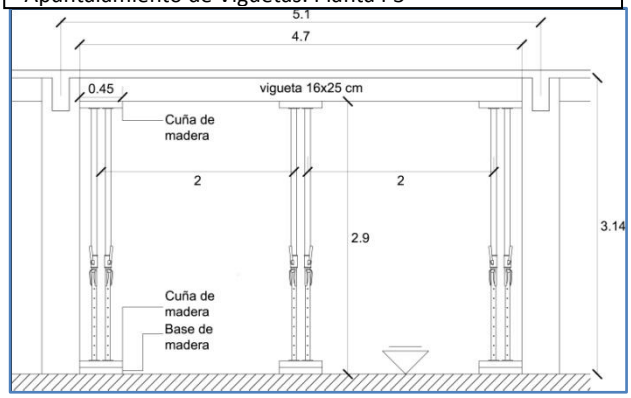
Apuntalamiento de Viguetas : Planta P1 y P2



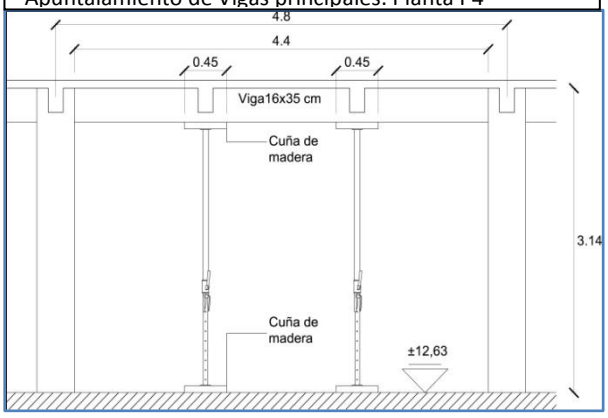
Apuntalamiento de Vigas principales: Planta P3



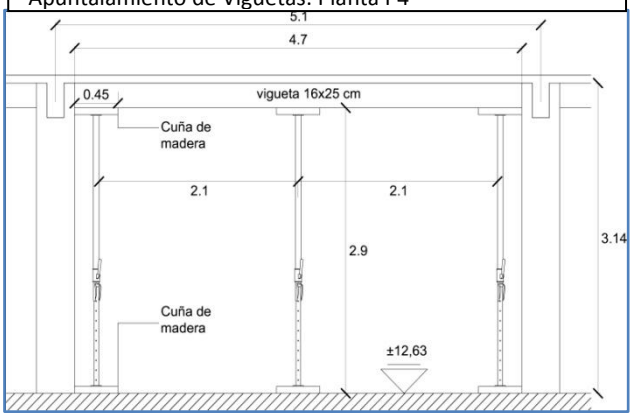
Apuntalamiento de Viguetas: Planta P3



Apuntalamiento de Vigas principales: Planta P4



Apuntalamiento de Viguetas: Planta P4



2.2.2. Sistema de demolición, métodos de trabajo y medios a emplear

En la elección del sistema de ejecución de la a demolición, se han tenido en cuenta los siguientes factores condicionantes:

- El estado general de conservación del edificio
- Sus características constructivas, tipo de estructura y diagnósticos de lesiones
- La seguridad de los trabajadores, transeúntes y edificaciones colindantes
- El impacto medioambiental producido por la generación de polvo, ruidos y vibraciones
- El volumen y características de los residuos generados.

Valorando las condiciones nombradas y junto con el objetivo básico del proyecto para preservar el patrimonio histórico de la estructura de forjados de la fábrica, el sistema de demolición **se hará elemento a elemento de la estructura de forjados y se mantendrá las fachadas de ladrillo** que serán arriostradas a medida que avancen los trabajos de demolición.

Métodos de trabajo

La demolición de la estructura de forjados se llevara a cabo con los siguientes métodos

Métodos	Descripción	
Herramientas manuales	Este método se lleva a cabo para aquellas demoliciones de pequeña envergadura o como tareas preparatorias para otros métodos de demolición. Como eliminación de pavimento o enfoscado de paredes y elementos de tabiquería y carpintería. Donde se utilizaran los martillos manuales neumáticos, eléctricos o hidráulicos, conjuntamente con accesorios y herramientas específicas y básicas para demoliciones manuales como, cinceles, escarpas, punteros y maceta. El martillo picador manual se utiliza demolición de los elementos de hormigón, del forjado de manera complementaria a otras técnicas de demolición, para su manejo se requiere personal de obra cualificado (tarjeta TCP). Provistos de los equipo de protección individual reglamentarios	
	Zonas de aplicación • Desmonte de revestimientos en muros principales de ladrillo • Desmonte y limpieza de pavimentos • En el desmontaje de Losas de hormigón armado • En las oberturas ocasionales realizadas en forjado para replanteo • Durante la ejecución de apeos en muros de carga • En la demolición o desmontaje de elementos del forjado	
Por corte	Se utilizara para la extracción de elementos enteros de la estructura que lo requiera, mediante el uso de la sierra circular adiamantada para hormigón, practicando cortes horizontales y verticales en la superficie del elemento a cortar. Sus inconvenientes medioambientales son el consumo abundante de agua para el enfriamiento de las hojas adiamantadas, el polvo durante el corte, además de la contaminación acústica provocada por la emisión de ruidos de alta intensidad y frecuencia.	
	Zonas de aplicación • Demolicion y desmontaje de losa de forjado hennebique • Demolicon complementaria para vigas y viguetas de forjado	

Métodos	Descripción	
Perforación térmica	Este método se lleva a cabo para la perfección de las armaduras principales que queden expuestas un vez realizado el corte y repicado con medios manuales del hormigón que las recubre. Este método nos permite una extracción rápida y con más precisión, ya que como hemos mencionado hay piezas del forjado que no habrá que demoler y con este método evitamos esfuerzos mecánicos y vibraciones que podrían dañar las zonas a mantener. Tiene una rápida puesta en obra, y el equipo que lo compone no requiere mucho espacio, lo que hay que tener e en cuenta es que la mano de obra tiene que ser muy específica, con tarjeta TCP y certificaciones de grado de experiencia en la ejecución de estos trabajos. Además de asegurar en todo momento la seguridad del operario ya que queda directamente expuesto a la ignición de la lanza. Además la lanza solo utiliza oxigeno, sin ningún otro tipo gas peligroso como acetileno o semejantes. y no necesita aportación ni conectarte a un red eléctrica.	
	Zonas de aplicación	
	• Desmonte y demolición de elemento armados de forjado Hennebique, concretamente armado vigas y viguetas o losas. • Durante la demolición de elementos verticales, corte de las armaduras de pilares	

Maquinaria y medios auxiliares de apoyo para la demolición

Medios a emplear de manera complementaria y directa para la ejecución de los trabajos de demolición

Medios	
Auxiliares	Maquinaria
• Escaleras de mano • Bajante de escombros • Andamio de borriquetas • Plataforma elevadora de tijeretas • grúa torre	• Camión con caja basculante • Sierra circular • Equipo lanza térmica,. • Herramientas manuales básicas de albañil

2.2.3. Proceso de demolición

Operaciones previas

Antes de proceder a los procesos de demolición, se han realizado las siguientes operaciones

- Desconexión de acometidas: aunque el estado de las infraestructuras del edifico CACI está completamente neutralizado se asegurara la desconexión de las acometidas para evitar riesgos de electrocutaciones y otros peligros que puedan afectar a los trabajadores.
- Instalación de medios auxiliares necesarios y las protecciones colectivas para que los procesos de demolición se lleven a cabo de forma segura y cause el menor impacto ambiental.
- Recuperación de materiales reutilizables: una vez instalado los medios auxiliares y de protección, se retiraran aquellos elementos reutilizables como es el caso de carpintería de ventanas, barandillas y escaleras de perfilería. Y en el caso de barandillas y ventanas se substituirán por elementos de seguridad para evitar caídas y otros riesgos durante la obra.

Procesos de demolición

Los trabajos consisten en el derribo selectivo o en conjunto, de elementos estructurales del forjado Hennebique determinados en los planos de derribos, de sistemas de acabados y particiones (tabiques, carpintería exterior e interior, pavimentos, aparatos sanitarios y revestimientos verticales), desmontaje de cubiertas, Y derribo del muro de fachada y hastial de la nave frontal pequeña.

Como criterio general los procesos de demolición se efectúan siguiendo el orden inverso al que corresponde a la construcción del edifico, es decir, procediendo desde arriba hacia abajo, siempre tratando de realizarlos al mismo nivel, evitando siempre la presencia de personas o trabajos complementarios en aquellas zonas o elementos a derribar utilizando arnés de seguridad anclado a elementos fijos a partir de los 3 metros de altura.
Antes de describir los procesos de demolición, se muestra las siguientes normas básicas que se han seguido de manera general en todos los trabajos de derribos.

- Eliminación y retirada de elementos que dificultan las fases de desescombro.
- Las demoliciones establecidas empiezan en las plantas superiores, descendiendo planta a planta.
- La retirada de los escombros se hace de manera simétrica y periódica para evitar sobre cargas no esperadas por la estructura.
- Antes de demoler elementos estructurales, como vigas, viguetas o pilares se aligeraran las cargas por escombros que puedan tener.
- Todo el sistema estructural se apuntalara y arriostrara, afín de evitar riesgos a los trabajadores y empujes en los elementos que puedan sufrir durante las demociones o consolidación de estructura.

Demolición y desmontaje de cubierta

Con anterioridad al comienzo de las obras, se detecto e identifico que el material de cubierta y elementos auxiliares, están compuestos por placas onduladas de fibrocemento. Es por eso que durante el proceso de desmontaje de cubierta hay que seguir en primer lugar un plan de desamiantado, conforme a la Directiva 2009/148/CE sobre protección de los trabajadores expuestos al amianto durante el trabajo y al RD 396/2006, donde se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud en los trabajos con riesgos de exposición al amianto.

Según esto antes de empezar el desmontaje de cubierta, se elimina los materiales con amianto, en nuestro caso se localizan en placas de cubierta, chimeneas y bajantes realizados con fibrocemento.

Plan desamiantado: Retirada de placas de fibrocemento cubierta

Primeramente identificamos el tipo de amianto que se encuentra en los materiales, que tiene que estar realizado por una empresa registrada en el Registro de Empresas con Riesgo de Amianto (**RERA**), según esto podemos decir que el tipo de amianto presente en las placas es del **tipo Crisolito**, combinado con cemento, lo cual hace que sea un material **no friable,** que junto con su envejecimiento, falta de mantenimiento y agentes atmosféricos, hace muy probable el desprendimiento de fibras de amianto al ambiente.
Al tratarse de amianto no friable los trabajos de manipulación y extracción de las placas han de seguir las siguientes disposiciones preventivas:

- Extracción rápida de las piezas, evitando la rotura y dispersión del amianto.
- En la extracción se emplearan preferentemente herramientas manuales, y no generar polvo.
- Los trabajadores utilizaran mascarillas autofiltrantes FFP3, Con mono de trabajo de un solo uso con capucha, además de disponer de los demás EPIs adecuados al resto de riesgos presentes en la obra.

Proceso de extracción:

Primeramente se eliminan las partículas superficiales con aspiradores que dispongan de filtros absolutos, para que eviten la emisión de fibras durante su traslado, después la superficie de las placas se impregna con un solución acuosa encapsulante, utilizando equipo de pulverización de baja presión para evitar que las fibras se dispersen, el agua utilizada será debidamente filtrada antes de su vertido en la red general de alcantarillado.

Los trabajos de desmontaje se iniciaran des de las zonas más altas, allí se quitaran los anclajes de la placas, Una vez retiradas las placas de fibrocemento, se limpia toda la estructura de cerchas con aspiradores de filtro absoluto y se colocaran las piezas sobre un pale para su transporte, embalándose con embalajes tipo BIG-BAG de polipropileno con asa y bolsa interior de polietileno de tamaño adecuado que permita depositar el material con suficiente resistencia sobre el palé de madera.
Finalmente los embalajes se señalizaran con la etiqueta de la figura 1, que indique el contenido.

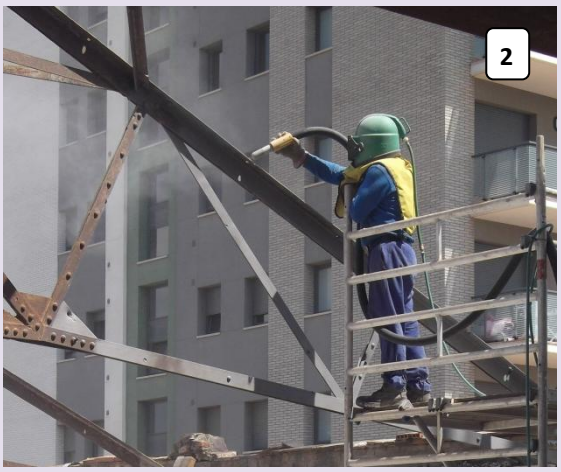
Fig.1 Etiquetado para amianto

Un vez embalado y etiquetado , se transportara fuera del lugar de trabajo, lo antes posible, debiendo estar cerrados y limpios sin restos de residuos, y así como la empresa que se encarga del desmiantado; el transportista estará registrado en el RERA, y autorizado por el departamento de medioambiente de la Generalitat de Catalunya.
El material se depositara en vertederos especializados de residuos peligrosos habilitados por el departamento de medio ambiente de la Generalitat de Catalunya, o que cumplan los requisitos establecidos para gestión de residuos con amianto de acuerdo a la normativa vigente.

Desmontaje de cubierta

Zona	Descripción del proceso
Aleros Y cubierta	Una vez eliminado y gestionado los residuos peligrosos de amianto que formaban parte de las placas de fibrocemento de la cubierta, la estructura metálica de cubierta compuesta por cerchas metálicas se desmontara de la siguiente manera: Proceso de desmontaje de cubiertas. • Después del desamiantado, se limpiara todas las cerchas metálicas con pulverizadores de filtro absoluto hasta eliminar completamente restos de amianto. • Desmontaje de las correas de madera. por corte con medios manuales. • Las cerchas metálicas se limpiaran de oxido y pinturas mediante chorreo abrasivo de material mediante aire comprimido. utilizando partículas de arena fina de silíceo, hasta eliminar todo el oxido de los perfiles, con un grado de acabado SA 2 ½. • Colocación de encofrado de tablones de madera para sujetar y transportar las cerchas mediante grúa torre. • Derribo de dados de hormigón donde se apoyan los extremos de las cerchas y transporte de las cerchas hasta zona de acopio determinada. Las dimensiones y disposiciones están detalladamente determinadas en los planos de estructuras adjuntos.

Secuencia del proceso



Demolición de equipos de instalaciones

Una vez anulados los servicios generales del edificio, se desmotan, las instalaciones generales que aún quedan, los equipos industriales y la maquinaria abandonada de la fábrica, efectuando el desmontaje de manera inversa al de la instalación, además los elementos sanitarios, se quitaran enteros en la medida que sea posible.

Demolición de sistemas de acabados y particiones

El pavimento se desmontara y se retirara previamente a la demolición del forjado donde se suspende y que será derruido, se repicaran 5 cm de pavimento sin alterar la capa de compresión de la losa.
Los revestimientos de tabiques interiores y paredes que no estén sometidos a cargas estructurales, serán derribados conjuntamente, excepto las paredes que componen la fachada exterior, a las cuales solo se le quita en revestimiento interior de yeso.

Derribos de paredes de fachada

Solo se derribara la fachada de la nave frontal más pequeña de la fábrica, una vez se haya desmontado las estructuras de cubierta. Y seguirá los siguientes pasos.

- Arriostrado de muros mediante la colocación de andamios tubulares multidireccionales, formados por plataforma de 0.7 metros de ancho y 2 metros de largo, bases regulables, tubos de traba, escaleras de acceso, barandas laterales, sócalos y red de protección colocada en toda la cara exterior, que quedaran perfectamente anclados y arriostrados al edifico

- La pared de fachada se irá desmontando desde la zona más alta del hastial hasta llegar al nivel del forjado que corresponda por planta, y antes se habrá quitado la carpintería de las ventanas.

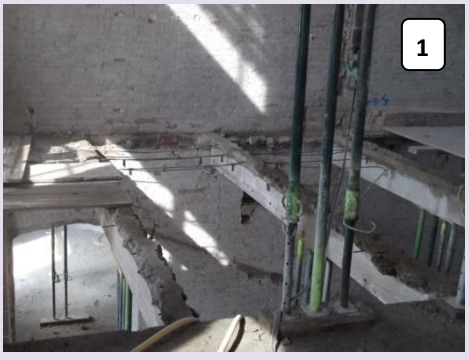
- Para continuar con el derribo habrá que arriostrar con perfiles aligerados, las paredes laterales de la nave frontal pequeña, arriostrando de muro a muro directamente. Después se demolerá el forjado según el proceso para forjados y se continuara con el derribo de la pared de fachada utilizando medios manuales.

Demolición de estructura de forjados

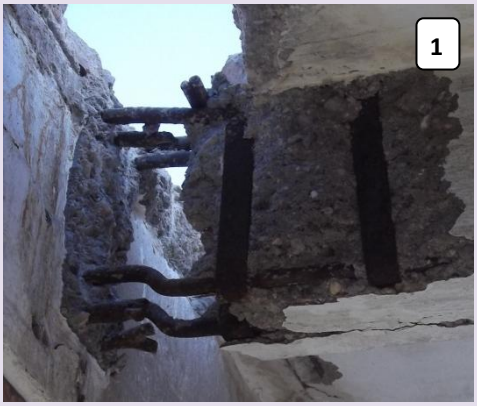
Después de haber retirado todos los elementos constructivos no portantes, se inician los trabajos de derribos estructurales. Hay que tener en cuenta que el proyecto de consolidación no contempla derrocar toda la estructura de forjados ya que el interés es preservar el carácter histórico del edificio, es por eso que se derribara solo aquellos elementos que por su estado patológico grave no puedan recuperarse, pero hay que mencionar, que antes de las demoliciones se habrá realizado ya el refuerzo de pilares y vigas principales que vayan a preservarse, que se justifica y explica de manera más detallada en el apartado de intervenciones y ahora se explica el proceso de demolición teniendo en cuenta las pautas nombradas.

Losas y vigas

Los forjados de la estructura Hennebique se demolerán después de haber retirado todos los elementos situados por encima, pilares, tabiques, maquinaria, además de estar correcta y firmemente apuntalados como se explica en el apartado de apuntalamientos y seguirán las siguientes fases.

Fases	Descripción	
Derribo de losas	Se utilizara primeramente la sierra circular adiamantada para hormigón, practicando cortes horizontales y verticales en la superficie de la losa de entrevigado, que antes habremos humedecido para reducir la cantidad de polvo generado por la maquina. Una vez realizado el corte se utiliza el martillo picador manual para demoler la losa de forjado que hemos cortado, realizando varios agujeros en las esquina que coinciden con los puntos de corte realizados y con el apoyo de la losa en la viguetas y viga, hasta desvincular totalmente la losa de las viguetas, después con una maceta se procederá a derrumbar el hormigón de la losa.	
Derribo Vigas	Después de eliminado el hormigón de la losa se quitara su armado utilizando un cortador hidráulico manual. Una vez hecho esto repitiéremos la operación en las losas contiguas, hay que tener en cuenta que el proceso de derribo de losas a veces implicara varios tramos o solo partes concretas, ya que algunos casos solo quitaremos la losa pero mantendremos las vigas o viguetas donde se apoya. Pero como criterio general para poder derribar las viguetas y vigas , derribaremos varios tramos de losa contiguos como vemos en la imagen	

Fase	Descripción
Corte de Vigas	Ahora que los tramos de viguetas están aligerados del peso de la losa, a continuación se retira el hormigón en los extremos de apoyos de las viguetas dejando el armado visto. Utilizando primeramente el martillo picador, y después con herramientas manuales de repicado, pero en el caso que se esté quitando el hormigón, en un cruce con una viga o pilar a conservar utilizaremos herramientas manuales mecánicas para no causar tensiones o esfuerzos en estos elementos. Finalmente, una vez quitado todo el hormigón y quede expuesto el armado del elemento, cortamos el armado de los dos extremos utilizando la lanza térmica, asegurándonos que la vigueta esta correctamente sujetada por dos extremos a los ganchos de la grúa que lo transportara al contenedor.



Observaciones

En este apartado hemos explicado el proceso completo de demolicion , que se ha aplicado para la apertura de huecos y para la demolicion de elementos especialmente deterirados, pero en el proyecto debido a que algunas zonas a derruir tenian mejor resistencia, la primera fase de derrribo de losa, no se ejecutaba y se desmotaba una unica pieza con viga y losa unidos, en este proceso sigue las mismas fases que se han descrito menos la que corresponde a derribo de losa y su armado.

2.3. Cimentación

La cimentación de la fábrica CACI esta echa de zapatas continuas bajo muros perimetrales y zapatas cuadradas en los pilares. Para la consolidación y adaptación de la nueva estructura, se ha realizado un descenso de carga y una vez comprobada la estabilidad y resistencia según el CTE DB-SE, DB-AE, se ha determinado mantener la cimentación existente. Solo habrá una zona donde se realizara nueva cimentación para sujetar elementos estructurales de la cubierta y la para la zona exterior del edificio.

Estudio geotécnico

Para el análisis y dimensionado de la cimentación se ha realizado un estudio geotécnico que nos muestra las características del terreno de apoyo, la tipología del edificio previsto y el entorno donde se ubica la construcción. Los datos que presentamos son las obtenidos en el estudio geotécnico facilitado por la propiedad y que fueron encargados a al Centre Català de Geotécnia en el año 2010.

El solar objeto de estudio se encuentra a la unidad morfológica denominada plataforma costera, concretamente al litoral Mediterráneo, próximo al delta del río Besòs. El río Besòs origina un delta a su desembocadura, el cual tiene la estructura típica de los deltas de la Mediterránea.

- Nivel de base; Constituidos por grabas gruesas y arenas. Las grabas son de guijarros muy rodados heterométricos de pizarra y cuarzo a la base, y roca carbonatada y granito al techo. Tiene una potencia homogénea de 13 a 16 m.

- Nivel medio: Limos de color gris, con arcillas de color gris verdoso y marrón oscuro con un notable contenido en materia orgánica. Es una formación de estuario. Hacia la parte alta presenta intercalaciones de arenas. El grueso es variable en forma de falca con un grueso máximo de 25 cm a la costa y desaparece unos 4 Km tierra adentro.

- Nivel superior: Arenas de grano mediano con grabas de guijarros redondeados heterométricos, formados por roca calcárea y pizarra. Es una formación deltaica litoral. Superficialmente: Existen depósitos de sedimentos coluviales y otros de aportación humana.

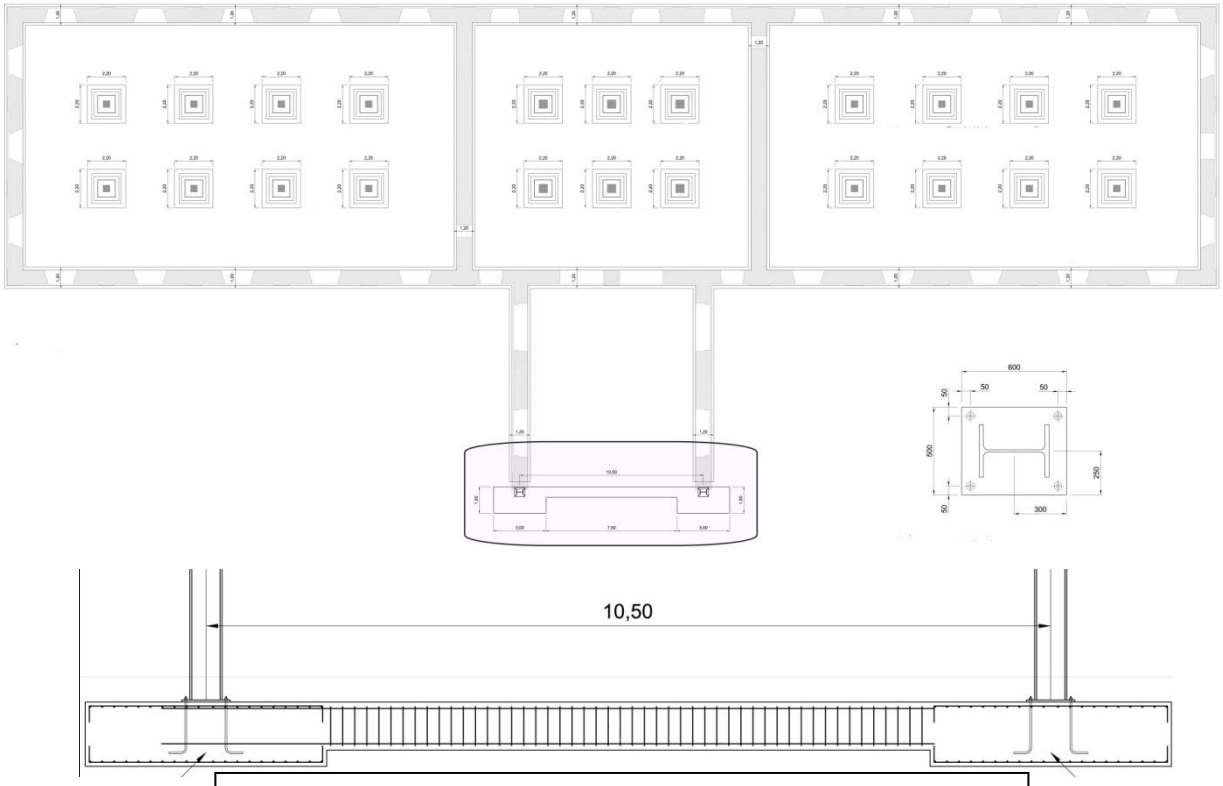
La disposición típica expuesta corresponde a la mayor parte de los deltas de la Mediterránea. Hacia los bordes del delta, el nivel de limos grises intermedio, pasa a tener carácter arenoso muy fino.
Se ha realizado un total de 9 sondeos, de los cuales 5 son realizadas por rotación y los otros 4 por el método de penetración dinámica. Y tomando datos de resistencia cada 20 cm y a continuación mostramos los parámetros más relevantes del estudio.

TIPO	**Datos de los Parámetros del reconocimiento**	
Cota de apoyo de cimentación		-2.50 m
Estrato previsto para cimentación		Arena de grano fino a medio
Nivel freático		Detectado a -4.10
Tensión Admisible considerada	**(Cimentación Aislada)**	2.43 Kg/cm²
	(Cimentación Continua)	1.95 Kg/cm²
Peso específico del terreno		γ=1.95 T/m^3
Angulo de rozamiento interno del terreno		Φ=27 -29°

2.3.1. Cimentación nueva

Una vez realizado el análisis estructural, basado en los principios de la mecánica racional, teorías clásicas de materiales y elasticidad, y comprobados los estados límites últimos según la normativa CTE.
Además con el descenso de cargas realizado teniendo en cuenta el nuevo estado reformado, la capacidad de carga del terreno obtenida en el estudio geotécnico es superior a las tensiones que puedan transmitir el nuevo uso. Además ya que la voluntad inicial es mantener la cimentación actual, se decide no actuar sobre la cimentación ya que cualquier actuación alteraría mucho el edificio.

Solo hay un zona en que se realizara nueva cimentación que se ejecuta por el exterior del edifico y que se realiza como complemento para reparación del cuerpo frontal más pequeño de la fábrica, donde se colocara un estructura metálica nueva para su sujeción y que necesitara nuevos cimientos.



Ubicación y detalle de Cimentación nueva para estructura metálica de refuerzo

Así como el resto de la estructura y detalles constructivos, las dimensiones, características y detalles para ejecutar la solución, se encuentran en los planos de reforma estructural de cimentación que se presentan adjuntos con estas memorias. En la siguiente tabla mostramos los requisitos que siguen los materiales que se emplean para la cimentación nueva.

TIPO	Características de los materiales de cimentación
Hormigón	HA-30/B/20/IIIa+Qb
Cemento	CEM II 32,5 R
Clase de árido	Machaqueo
Tamaño máximo del árido (mm)	20
Consistencia cono de Abrams	6-9
Resistencia 7 días (N/mm²)	21
Resistencia en 28 días (N/mm²)	30
Tipo de acero (Sello CIETSID)	B-500-S
Límite elástico de acero (N/mm²)	500

2.4. Sistema estructural

Como se ha nombrado en el apartado de demoliciones, algunas de las reparaciones de los elementos estructurales del forjado de la fábrica CACI, se ejecutaran con anterioridad a los trabajos de desmontaje de elementos del forjado que no pueden rehabilitarse, estos también ocurre con los apeos realizados en los muros de nave central con el fin de crear los nuevos accesos, que se emplearan en el futuro museo que acogerá el edificio. A continuación vamos a explicar los procesos y los medios empleados para los apeos en los muros y los métodos en empleados para la rehabilitación de los elementos del forjado Hennebique.

2.4.1. Apeos de muros en nave central

Zona	Material empleado
Muros Nave Central	Conforme al nuevo uso de la fábrica, se van a crear nuevos accesos desde la nave central para conectarla con las naves laterales, para esto se emplearan apeos desde la Planta PB, hasta la planta 3. Debido a que en cada planta las cargas a soportar son distintas los perfiles irán cambiando en número a medida que subamos de planta. Materiales para apeo de muros: • 2 HEB 300 EN PLANTA PB • 2 HEB 300 EN PLANTA 1 • 1 HEB 300 EN PLANTA 2 • 1 HEB 300 EN PLANTA 3 • Pletinas de anclaje de e=20mm cm ACERO S275JR • Ladrillos macizos R15 de 290x140x50mm C.1 HD • Mortero de cemento elaborado en obra CEM II/B-L, de resistencia 10N/mm² Las dimensiones y disposiciones de los apeos están detalladamente determinadas en los planos de estructuras adjuntos.

Fase	Descripción proceso	
Tapiado Accesos	1) Primero se taparan los antiguos accesos que comunicaban las diferentes naves entre sí, y que están contiguos a los apeos a realizar utilizando ladrillos macizos para revestir, amorterados con cemento portland CEM II/B-L. 2) Antes de empezar el emparedado del muro, se realizan en los laterales unas hendiduras transversales al muro de 15 cm de profundidad para asegurar que el tapiado trabaje solidariamente con el muro existente. 3) Una vez realizado las hendiduras, procedemos a colocar los ladrillos, utilizando un doble parejo sencillo al ras con la pared a tapiar.	1

2

3

3

Fase	Descripción

Replanteo Y Derribo

1) Empezamos con el replanteo de los agujeros que formaran los nuevos accesos, para ello en la planta 3, marcamos el hueco de muro que deberemos derribar, marcando los laterales y después a partir de uno de los líneas laterales dibujadas y utilizando una plomada, desde la planta 3, bajamos la plomada siguiendo la línea lateral, hasta planta baja, realizando agujeros en la losa de forjado para pasar el plomo. Se marcaran los nuevos puntos en cada planta. Para que los agujeros estén alineados en las 3 plantas.

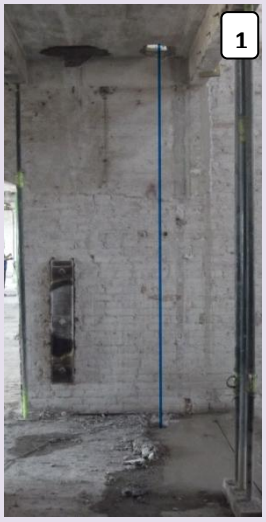
2) Una vez marcadas y alineadas las zonas de muro que se derribaran en todas las plantas, se replantea en pared la posición y empotramiento de las vigas a colocar, y se quita un primera hilada de ladrillos para marcar bien la zona, después se colocan unos cuantos mechinales a una distancia mayor de 50 cm partiendo desde el centro, que se apoyaran en sus extremos por puntales tubulares metálicos.

3) Una vez colocados los mechinales, se derriba la zona donde se ubicara la viga, con medios manuales.

4) A partir de la línea de replanteo hecha con la plomada, se realizan un recalzado de los apoyos donde ira la viga, utilizando ladrillos macizos R15 con morteros de cemento Portland.

5) Después se coloca la viga mediante la ayuda de la grúa torre para levantarla, y puntales metálicos para alinearla correctamente, y se realiza un línea de retacado, en la parte superior con piezas cerámicas tras retirar los mechinales.

6) finalmente se empieza a derribar el muro a partir del recalzado elaborado con piezas cerámicas y mortero de cemento portland realizado en uno de los apoyos de la viga, a partir de la línea de replanteo realizada con la plomada.



2.4.2. Reparación y refuerzo de pilares

Zona	Descripción	
Pilares	En primer lugar se inicia el refuerzo de los pilares, que como se determino en el estudio patológico no presentan lesiones, pero a modo de refuerzo y por carácter normativo actual se hace un recrecido de 60mm de la sección de los pilares que formaran parte del nuevo proyecto. 1) Primero, un repicado del hormigón que cubre el armado Hennebique. 2) Después sanear la armadura mediante la proyección de micropartículas de silicato de aluminio. 3) Pasivado con un inhibidor de la corrosión a base de amino alcoholes, inhibidores orgánicos e inorgánicos y una protección con pintura epoxídica para hierro. Después se aplicara un puente de unión para asegurar la adherencia entre el hormigón actual y el de recrecido, antes de aplicar este puente habrá un raspado enérgico con rascador de púas. Después se protegerá las zonas de armaduras tratadas originales con mortero de alta resistencia, aplicando un máximo 6 cm de grueso. 4) Ahora se replanteara la posición del armado de la presilla de recrecido dejando siempre una separación con el hormigón original de 10 mm. Además en el pilar se le atravesara la armadura superior y inferior de refuerzo de las vigas principales que luego serán utilizadas durante en refuerzo de las vigas principales, dejamos las esperas y las taponamos para proteger a los trabajadores.	

Fases Descripción

5) Una vez colocado el armado de recrecido, procederemos a encofrar el pilar utilizando dos capas ,la primera base, compuesta con tableros contrachapados revestido con película fenólica de resistencia 200 gr/m² , y que estarán cubiertos con desencofrante oleoso. Con estos tableros, conseguiremos el acabado liso.

6) Seguidamente se coloca los el encofrado de paneles metálicos medianamente aligerados que quedaran bien sujetos, utilizando cuñas anclajes y pletinas de montaje.

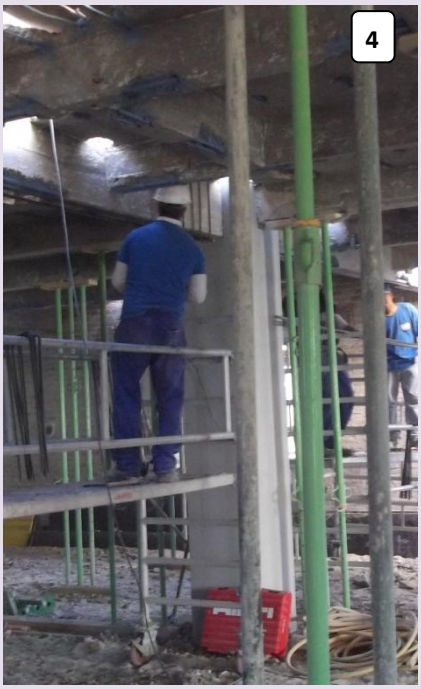
7) Después se realizara el vertido con hormigón autocompactante HAC-30/B/20/IIIa, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido de 20mm. Para poder realizar el vertido se realizaran previamente unos agujeros en la parte superior de pilar y se verterá desde la planta inmediatamente superior.

8) finalmente se realiza el desencofrado donde apreciamos las esperas del armado que se han dejado para conectar el pilar siguiente y también se proyecta una espuma de poliuretano para proteger los extremos del recrecido expuestos el vertido de posibles filtraciones o golpes durante la obra .

2.4.3. Reparación y refuerzo de vigas:

La fase de rehabilitación de las vigas del forjado Henebique, abarcar todos aquellos elementos que no se han derribado señalizados en el plano de derribos, y que para el nuevo uso del edifico no necesitan reforzar, pero de cara a cumplir normativa y a la vez curar las vigas principales que se han mantenido pero presentan patologías por Humedad, se les ha aplicado un refuerzo mediante recrecido armado de 60 mm que se aplicara una vez reforzados los pilares que no han sido derruidos.

Zona	Descripción	
Vigas	1) La solución consiste en realizar primero, un repicado del hormigón en las fisuras, grietas y zonas con desprendimientos que se encuentren en las vigas hasta eliminar todo el hormigón dañado. 2) Si uno de los extremos de la viga a rehabilitar se apoya en la pared de fábrica se procederá repicar la zona de apoyo hasta eliminar el hormigón antiguo y se consiga espacio suficiente para las nuevas dimensiones de la viga. 3) Para después sanear la armadura mediante la proyección de micropartículas de silicato de aluminio con equipo de presión y seguridad especializado. 4) Seguidamente se inicia el pasivado utilizando un inhibidor de la corrosión a base de amino alcoholes, inhibidores orgánicos e inorgánicos y una protección con pintura epoxídica para hierro. Después se aplicara un puente de unión, utilizando un adherente de base acrílica, para asegurar el agarre entre el hormigón actual y el de recrecido, antes de aplicar este puente habrá un raspado enérgico con rascador de púas.	



Zona	Descripción
Vigas	5) Ahora se replanteara la posición del armado de la presilla de recrecido dejando siempre una separación con el hormigón base de 10 mm, además este armado tendrá que traspasar la losa, así que se practican agujeros cada vez que el armado lo necesite y también se colocaran barras que traspasan el pilar y que conectaran la vigas. 6) Una vez colocado el armado de recrecido, procederemos a encofrar la viga utilizando tableros contrachapados revestidos con película fenólica de resistencia 200 gr/m² , y que estarán cubiertos con desencofrante oleoso. Con estos tableros, conseguiremos el acabado liso. Hay que tener en cuenta. Que el armado superior que está en losa, no se hormigonara hasta que se ejecute el refuerzo de losa. 7) Después se realizara el vertido con hormigón autocompactante HAC-30/B/20/IIIa, de consistencia blanda y tamaño máximo del árido de 20mm. Para poder realizar el vertido se realizaran previamente unos agujeros en la parte superior de la viga coincidiendo donde hemos realizado los agujeros para pasar el armado y se verterá desde la planta inmediatamente superior. 8) finalmente se realiza el desencofrado, donde apreciamos las esperas del armado que se han dejado para conectar cuando se refuerce las vigas principales y la losa, finalmente en el armado que ha quedado expuesto, se colocan tapones de protección.

5

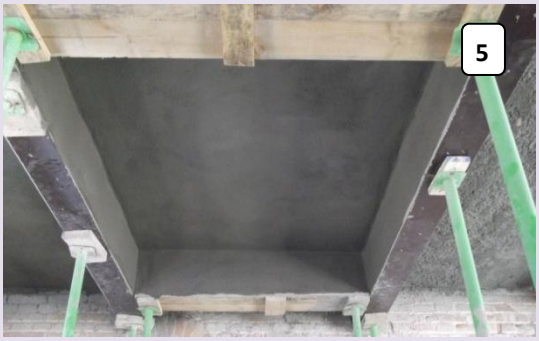
6

7

8

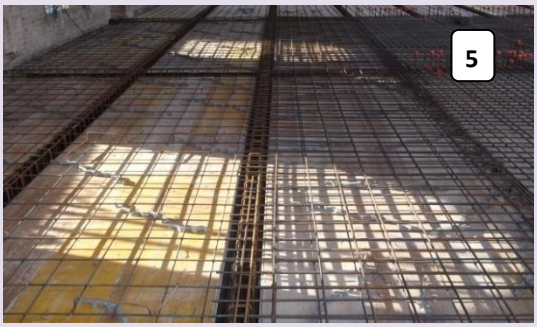
2.4.4. Reparación de losas y viguetas secundarias

Zona	Descripción	
Losas inferior y Viguetas	1) Se empieza con un repicado del hormigón en las fisuras, grietas y zonas con desprendimientos que se encuentren en las viguetas y losas hasta eliminar todo el hormigón dañado. 2) Después, sanear la armadura mediante la proyección de micropartículas de silicato de aluminio con equipo de presión y protección especializado. 3) Seguidamente se inicia el pasivado utilizando un inhibidor de la corrosión a base de amino alcoholes, inhibidores orgánicos e inorgánicos y una protección con pintura epoxídica para hierro. Después se aplicara un puente de unión a base de resinas acrílicas, para asegurar la adherencia entre el hormigón actual y el de recrecido, antes de aplicar este puente habrá un raspado enérgico con rascador de púas. 4) finalmente se recupera volumen de las viguetas y losa tratadas originales con mortero de alta resistencia (cemento y fibras sintéticas), mediante la proyección de mortero aplicando un máximo de hasta 6 cm de grueso. 5) En algunos casos para la recuperaciones de volumen de viguetas se colocara un tablero de contrachapados revestido con película fenólica de resistencia 200 gr/m² , cubierto con desencofrante, en toda la longitud de la viga y estará fijado con puntales. Este tablero nos ayudara a dar el acabado liso de la vigueta. 6) Finalmente en la parte superior de la losa se colocara la malla electrosoldada de 10X10 cm y D:10-10mm, acero B 500 S, y se verterá el hormigón autocompactante HAC-30/B/20/IIIa, de consistencia blanda, que se vibrara y repartirá uniformemente, para aumentar la capa de compresión de la losa existente 4 cm.	



2.4.5. Reconstrucción de estructuras

Zona	Descripción
Forjados	1) Ahora se va reconstruir todas aquellas partes de la estructura Hennebique que fueron derruidas por su mal estado, utilizando hormigon armado, pero manteniendo el aspecto reticular original, es por ello que en primer lugar se realiza un complejo replanteo del forjado y del encofrado para que su aspecto final sea igual al original. 2) Durante la confección del replanteo hay zonas , como el apoyo del forjado en la pared de fabrica, donde se efectuara una entrada hacia el muro de fábrica de 15 cm para que el nuevo forjado quede bien fijado a los muros. 3) El encofrado base está compuesto por tableros contrachapados revestidos con película fenólica de resistencia 200 gr/m² , cubierto con desencofrante, que se utilizan para las viga y viguetas fijados con puntales. Una vez elaborados los encofrados de vigas se añaden a modo de doble fondo tableros de madera con desencofrante que darán forma a los vanos de losa 4) Una vez elaborado el encofrado, se añadirán la armaduras nuevas para las vigas principales y seguidamente las de viguetas, teniendo en cuenta aquellos puntos singulares donde se encuentra el forjado antiguo con el nuevo donde se dispondrán varillas de refuerzo, ancladas al forjado antiguo con adhesivo de resinas epoxi . 5) Se coloca el armado de la losa y la malla electrosoldada de 10X10 CM y D:10-10mm, acero B 500 S. 6) Se realiza el vertido el vertido del hormigón autocompactante HAC-30/B/20/IIIa, con bombeo en la zonas poco accesibles y por cubilote en las demás, que se vibrara y repartirá uniformemente con la ayuda de palas esparcidoras.



2.5. Fachadas

Zona	Material empleado
Fachadas	Del estudio patológico, no se detectaron lesiones estructurales, que pudieran afectar seriamente al conjunto de fachadas de la fábrica, además una vez realizado y analizado la capacidad de carga de los muros con la catas practicadas, ahora se presenta las diferentes actuaciones que se llevaron a cabo para la recuperación y rehabilitación de la fachadas, que presentaban procesos patológicos no estructurales de carácter leve y moderado originados por la falta de mantenimiento y por la exposición ambiental. Materiales y Medios : • Contenedor de escombros de 9 $m^{3,}$ apto para cerámica (ladrillos, tejas) • Herramientas manuales de Derribo, martillos eléctricos manuales, cincel y martillo. • Limpiador Herbicida y Fungicida, con 3-5% de solución diluida de amoniaco. • Solución acuosa de silicofloruro de zinc al 1-2% (Limpiador acido H2 líquido para limpieza utilizando ácidos orgánicos y detergentes especiales resistente a PH bajos) • Acrílico para obturación directa, de metacrilato de metilo con activador(líquido) • Piezas prefabricadas de hormigo en forma de clave para arcos. • Mortero mixto de cemento portland, con CEM II/B-L calcáreo, cal y arena de piedra granítica con 380Kg/m3 de cemento, con un proporción 1:0,5:4 Y 10 N/mm2 de resistencia a la compresión, elaborado en obra con hormigonera de 165 L. • Ladrillos macizos de elaboración mecánica R-15 de 290x140x50mm,categoría I, HD según UNE (771-1) • Hidrolimpiadora de agua fría con bomba de sistema biela-cigüeñal, con una presión máxima de 150 bar y 4Kv de potencia. • Sistema de proyección de microparticulas de silicato de aluminio. • Listones de madera de pino para encofrado de reconstrucción para arcos de ventana. Los elementos afectados están marcados detalladamente en los planos de intervenciones de fachadas adjuntos.

Materiales y medios

Hidrolimpiadora de 150 bares

Herbicida y obturador

Limpieza con micro partículas abrasivas

Andamio

2.5.1. Reconstrucción de elementos de fachada

Zona	Descripción	
Fachadas	1) Se empieza con la limpieza, y desmontaje de restos de elementos metálicos clavados en las paredes, utilizando herramientas manuales. 2) Eliminación y extracción de las raíces de plantas, ubicada en la juntas de los paramentos y sobre todo en la base de los muros, utilizando medios manuales. 3) Después se inicia los trabajos de reparación y sustitución, de las piezas cerámicas, se retiran todas aquellas piezas que presentas fisuras, o están muy desgatadas, utilizando una radial para separar las piezas y después retirarla manualmente, en otras zonas se utiliza el martillo picador manual, para retirar varias piezas agrupadas. En algunas zonas se retira en hiladas las partes más superficial de las piezas cerámicas que han sufrido un desgaste acusado. 4) Una vez retiradas se sustituye por piezas que se han seleccionado y conservado en las fases de derribo de muros de fachada o si es necesario por piezas cerámicas macizas tipo R15 nueva, utilizando mortero mixto de cemento Portland	

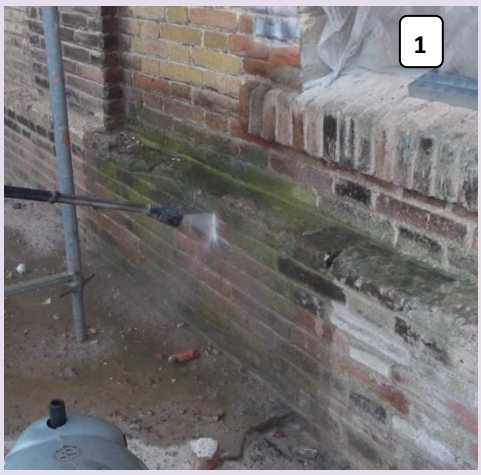
Zona	Descripción	
Ventana Y Huecos	5) También se reparan los huecos de antiguos accesos que por motivos de nuevo diseño, tiene que tapiarse, utilizando las misma piezas recuperadas para reciclar y para dejar un aspecto inalterado en la fachada 6) Además en algunos casos por motivos estéticos, se ha sustituido las piezas clave de algunos arcos de fábrica de ladrillo de las ventanas, utilizando piezas prefabricadas de hormigón con mortero mixto de cemento Portland, para esta reparación se utilizara un encofrado especial para arcos, utilizando tablero de madera de pino. 7) Tapiado de huecos realizados por catas de ensayos en paredes de fábrica de planta baja, como estamos muy próximos a la cimentación utilizamos los ladrillos nuevos macizos de elaboración mecánica R15 de 290x140x50mm con mortero mixto de cemento portland 8) Reconstrucción de aleros y cornisas de fachada que durante la fase de desmontaje de elementos de cubierta quedaron en mal estado y aleros que necesitan sustitución de piezas para que puedan acoger y soportar las nuevas construcciones que se realizaran para la estructura de cubierta. Esta reconstrucción se llevara a cabo con medios tradicionales de encofrado y piezas de fábrica recuperadas o nuevas, pegadas con mortero mixto de cemento Portland	 5

6

7

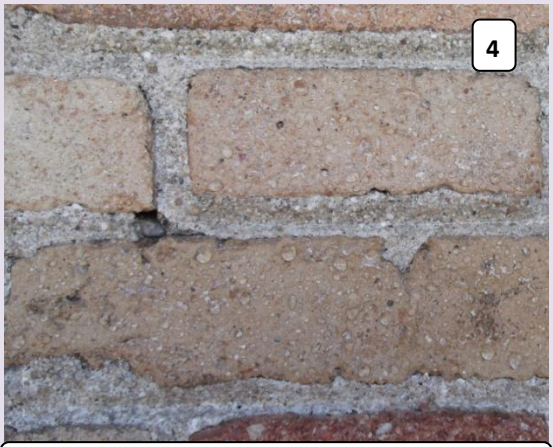
8

2.5.2. Limpieza y tratamientos de protección para fachada.

Zona	Descripción	
Fachada	1) Una vez retirados los elementos metálicos y restaurado las piezas de fachada, procedemos a la limpieza de manchas, restos de suciedad incrustada y eflorescencias en fachada donde utilizaremos detergente acido aplicado con hidrolimpiadora de agua fría de uso profesional y rendimiento para más de 8h diarias. 2) Una vez limpio el paramento, procedemos a realizar el tratamiento abrasivo con micropartículas de silicato de aluminio con maquina de chorreo en seco. 3) Después se aplica el tratamiento Herbicida y Fungicida, principalmente en las zonas de arranque de fachada y en los aleros y cornisas de cubierta. 4) Para acabar se aplica el tratamiento Obturador, para proteger y taponar la superficies porosas del ladrillo que con los años y las agresiones ambientales ah aumentado su porosidad, y conseguir una última capa hidrófuga que proteja las piezas cerámicas.	 1

2

3

 4

Con tratamiento Hidrófugo

4

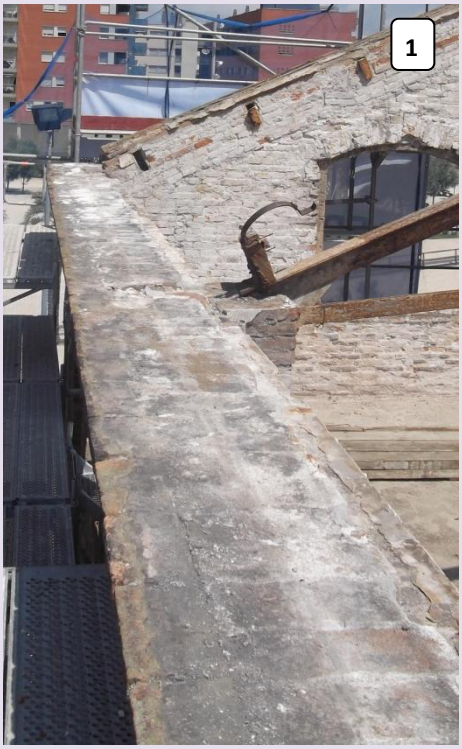
Sin tratamiento Hidrófugo

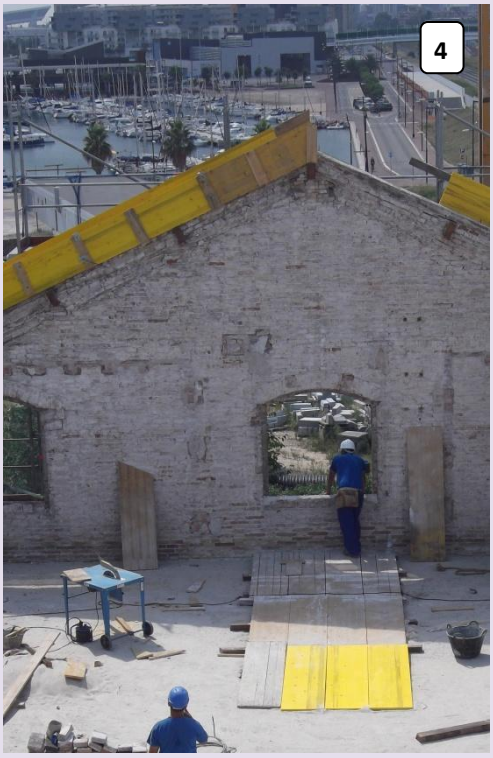
2.6. Sistemas de Cubiertas

Zona	Material empleado
Aleros Y cubierta	Conforme a la consolidación y recuperación de fábrica, se reforzara los elementos estructurales de cubierta como los aleros y apoyos, además se colocaran nuevas cerchas metálicas con correas metálicas. Están nuevas cerchas estarán junto con las cerchas antiguas, las cuales se les habrá aplicado un tratamiento anticorrosivo y de acabado, pero que se dejan a modo de preservación ya que no participaran en soportar las cargas de cubierta. Sobre estos soportes se coloran tablas tipos TERMOCHIP, compuesto por una lámina impermeable transpirable ala exterior, adherida a un tablero aglomera hidrófugo de 19 mm con un núcleo aislante sobre que se colocara una estructura de soporte para el acabado con piezas de gres. Materiales para estructura de cubiertas: • 8 cerchas metálicas HEB 400 para cubiertas laterales, correas tipo IPE 160 • 3 cerchas metálicas HEB 400 para cubierta central, correas tipo IPE 160 • 1 Estructura Metálica portante de muro y cubierta para nave frontal • 3 cerchas metálicas IPN 300, con correas tipo perfil rectangular de 160x60x5mm • Hormigón para zunchos HA-30/B/20/IIIa, de 300kg/m^3, consistencia blanda y tamaño máximo del árido de 20mm. • Armadura de zunchos AP 500 formada por barras de acero corrugado B500s • Encofrado de tablones de pino de 22 mm de grueso. • Anclajes con tacos de acero s450JR de 12mm de ⌀ y 80 cm de largo , para anclar en fábrica. • Pasadores para tubos de 70 mm de ⌀ • Pletinas de anclaje S275R, con capa de imprimación antioxidante, para elementos de anclaje, apoyo y rigidizadores colocados en la obra con soldadura. Las dimensiones y disposiciones están detalladamente determinadas en los planos de estructuras adjuntos.

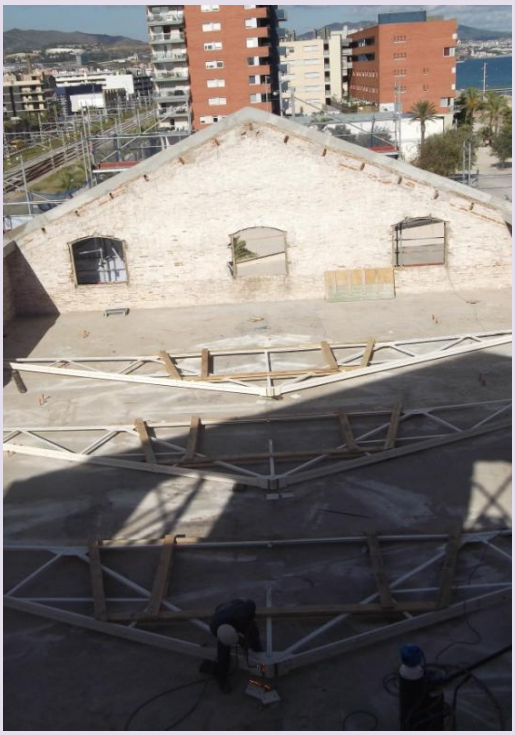
Materiales Medios utilizados

2.6.1. Refuerzo de aleros para cerchas

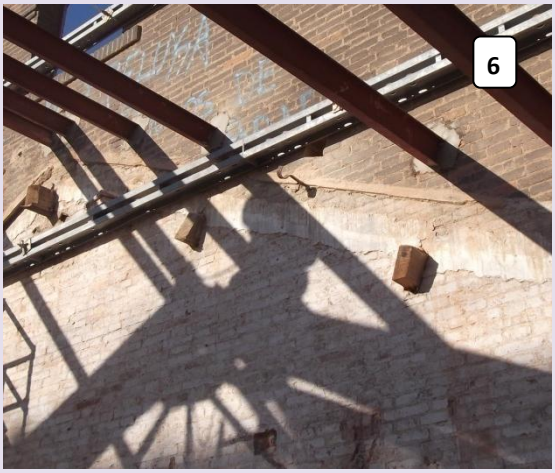
Zona	Descripción	
Aleros cubierta	Ahora se va reconstruir la estructura de apoyo para nuevas cerchas metálicas que se han optado como solución, formadas por perfiles HEB O IPN según el caso. Para eso se empieza con el refuerzo de aleros, que poyaran las nuevas cerchas, se ha solucionado construyendo zunchos perimetrales rectos en el alero y inclinados en los hastiales de fachada, que estarán conectados unos a otros. Y que se ejecutaron de la siguiente manera. 1) Las pilastras y los aleros rectos de cubierta realizados con fábrica, estarán tratados y rehabilitados de las lesiones, indicadas en estudio de patologías, con el método descrito en rehabilitaciones de fachadas (Repicado, saneado y recuperación de piezas). 2) Los aleros inclinados de hastiales de fachada, estarán también rehabilitados y sobre todo se repararan o substituirán las piezas, y se retirara hasta recuperara completamente el alero. Ya que será la base donde se colocara el zuncho. 3) se empieza el replanteo de los zunchos perimetrales y de su encofrado sobre los aleros y pilastras, utilizando varillas con herrajes de sujeción puntales estabilizadores para aplomar y dar verticalidad a los tableros puesto en las pilastras, durante el hormigonado, el encofrado son tablero de pino con cavado hidrofugante y antiadherente de 22mm.	 1
		 2
		 3
		 3

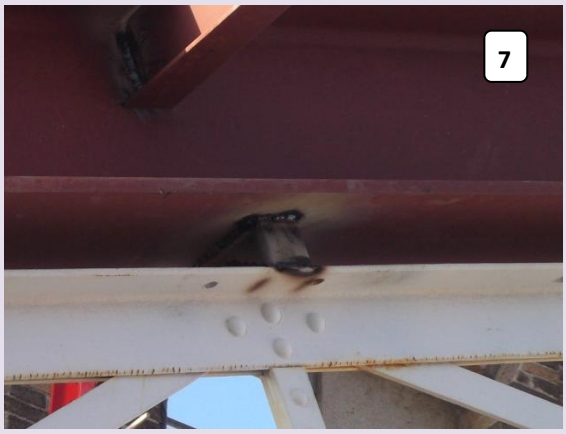
Zona	Descripción	
Aleros cubierta	4) Utilizando el mismo material de encofrado, se procede a replantear y encofrar el alero inclinado del hastial de fachada, colocando las pletinas donde más adelante se fijaran las correa de cubierta 5) Una vez montado y fijado todo el encofrado, se coloca el armado del zuncho. Durante el armado se colocaran los pasadores de tubos necesarios para la evacuación de las aguas pluviales de la nueva cubierta. 6) Durante el armado se coloca las pletinas de anclaje que servirán de apoyo a la nueva estructura de cubierta, estas pletinas están ubicadas en las pilastras que hemos encofrado para reforzar junto con los zunchos, siguiendo la disposición de las cerchas originales. 7) Finalmente se hace el vertido de hormigón HA-30/B/20/IIIa, de 275kg/m^3 de cemento, consistencia blanda y tamaño máximo del árido de 20mm, utilizando cubilote de 250 litros, una vez repartido el hormigón, se vibra con una pica vibratoria de placa, después se realizara el curado por riego directo de agua sin producir deslavado, esta agua para el curado cumple las exigencia del artículo 27 de la EHE 08. Cuando el hormigón pueda soportar con seguridad las cargas que tendrá que soportar se realizara el desencofrado evitando producir sacudidas en los elementos.	 4
	 5 6	 7

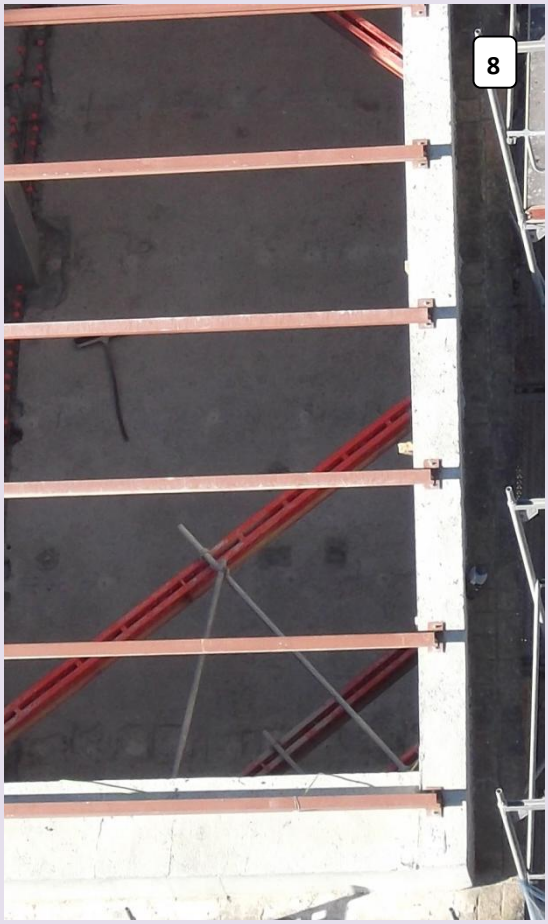
2.6.2. Reconstrucción estructura de cubiertas

Zona	Descripción	
Montaje Cerchas	Desde la zona de acopio, se trasladan a cubierta todas las cerchas originales, a las cuales se les ha aplicado previamente una pintura epoxidica anticorrosiva y un acabado con pintura intumescente. Se colocaran en sus posiciones originales, pero antes se preparan algunas zonas para que puedan adaptarse a la nueva solución y además queden fijadas a las nuevas estructuras que se colocaran encima. 1) Una vez posicionadas, se cortan los extremos de las cerchas utilizando la lanza térmica, para poder luego soldarlas desde allí a las pletinas situadas en los zunchos. 2) Se colocan las cerchas en el eje de las pletinas mediante la grúa y se fijan con soldadura. 3) Para que las posiciones de los nuevos perfiles queden alineadas, se coloca en todo el vano transversal a las cerchas, un perfil rectangular que servirá de cuña y como puntos de unión entre cerchar originales y nuevas. 4) Con las cerchas fijadas se traen y colocan los nuevas estructuras que soportaran la cubierta, utilizando la Grúa torre, y se posicionan e unen con soldadura sobre las pletinas de anclaje.	

Zona	Descripción	
Cubierta	5) Una vez soldadas las estructuras de cubierta a las pletinas de anclaje, se colocan las correas formadas por perfiles IPN 160 para las cubiertas laterales y central, perfiles rectangulares para la nave frontal. El proceso de montaje de las correas, se iniciara desde los vanos centrales hacia los laterales, montando desde la cumbrera de las cerchas metálicas y se va descendiendo por el travesaño según distancia marcadas en los plano de ejecución. 6) En el encuentro de las correas con las paredes de fábrica de ladrillo, se realizara unos empotramientos de 10 cm que luego serán amorteradas con cemento y fibras sintéticas. 7) Después se cortara el perfil rectangular que inicialmente se puso para separar las dos cerchas, durante su colocación, y los trozos que queden entre ellas se soldaran alas cerchas como puntos de unión. 8) Finalmente en el apoyo del zuncho inclinado, las correas estarán fijadas por soldadura a unas pletinas de anclaje que se dejaron colocadas durante la ejecución del zuncho.	







2.6.3. Acabados y canalizaciones de cubierta

Zona	Material empleado
Cubierta	Sobre los elementos estructurales de cubierta se colocara el sistema de protección y aislamiento de cubierta con el acabado y sistema de evacuación de aguas decidida para el sistema de cubiertas. Materiales del sistema de cubiertas: • Tablero compuesto tipo Sándwich, formado por un tablero hidrófugo conglomerado de madera de 16mm En la parte exterior, poliestireno extruido de 80mm de grueso en la capa intermedia y un tablero hidrófugo conglomerado de 10mm de grueso. • Fijaciones mecánicas galvanizadas para tableros, Sándwich que se fijaran en las correas metálicas. • Lamina impermeable y transpirante Tivek Supro , de polietileno de alta densidad con polipropileno. • Capa separadora de polietileno de 100 µm y 96g/m^2, no adherente. • Cinta adhesiva acrílica de una cara para sellar juntas y solapes de gran durabilidad. • Enlistonado con ristreles de pino de 25x40mm de sección, colocados cada 25cm, con fijaciones mecánicas. • Alero de plancha de Zinc de 0.65 mm de grueso y 0.7 m de desarrollo con 3 pliegos para forrar la cornisa existente, con fijaciones mecánicas. Juntas y uniones (con chapa montada de unos 5cm) sellados con silicona de poliuretano. • Canal exterior de sección rectangular de plancha de zinc de 0.65mm de grueso y 100cm de desarrollo con 4 pliegos y conectado al bajante. • Teja cerámicas de gres de 20x25 cm (T20), ratio de 50 tejas por m^2, colocadas con espuma adhesiva de poliuretano Den Draven (PUN-Gunfuam 700), aplicada con pistola. Las dimensiones y disposiciones están detalladamente determinadas en los planos de cubierta adjuntos.

Descripción del proceso

1) Se empezara colocando los tableros compuestos tipo sándwich, desde la parte inferior del los faldones, utilizando fijaciones mecánicas galvanizas que se fijaran a las correas metálicas y hendiduras con tacos de madera para el solape entre tableros.

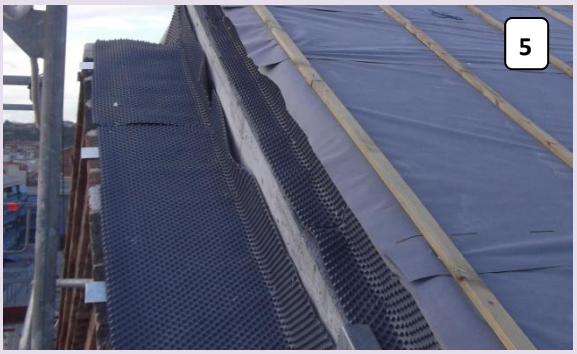
L os tableros se va montando desde esos extremos hacia el interior y en las juntas se aplicara espuma de poliuretano para impermeabilizar la junta.

2) En los extremos bajos y laterales del faldón se tapara el remate con tablones compuestos más pequeños y adaptados.

3) Después se pondrá en todas la juntas y solapes de los tableros, cinta adhesiva acrílica de sellado.

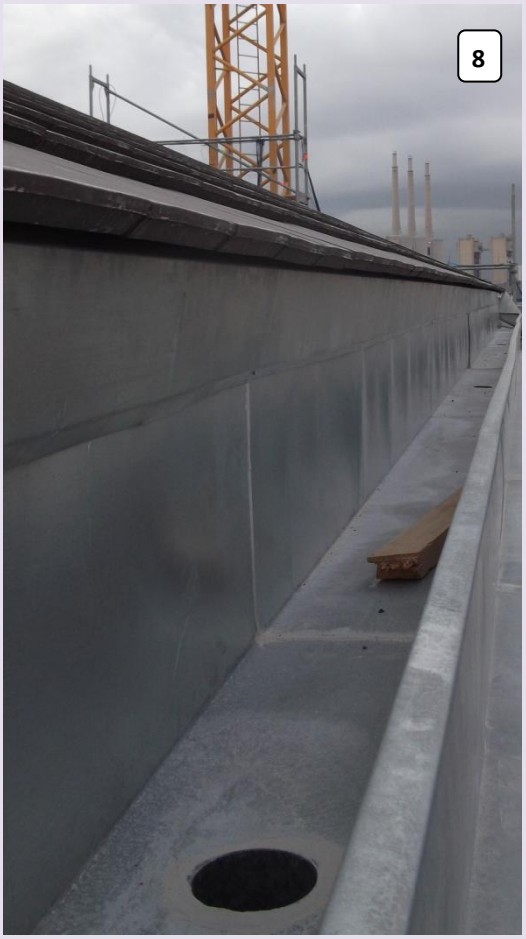
Zona	Descripción del proceso
Cubierta Y aleros	4) Se sitúa la lamina impermeable tipo Tivek, dejando entre ellas un solape que impida el filtrado de agua. Junto con la puesta del impermeable, se coloca los listones donde luego se apoyara las placas de gres de acabado. 5) En los extremos laterales del faldón y aleros, la lámina impermeable se instalara dejando un solape suficiente para evitar filtraciones, además se colocara una capa separadora de polietileno, respetando siempre el solape que impida entradas de agua. 6) Se forran las cornisas con chapas de zinc fijadas con tronillos autorroscantes para hormigón, utilizando dos piezas, primero una exterior con 3 pliegues para adaptarse a la forma del alero y crear la zona por donde pasara la canalización principal. 7) Se monta la canalización principal con chapa de zinc, manteniendo solapes, para evitar filtraciones de agua, fijando láminas auxiliares a las riostras finales de cubierta para proteger de las filtraciones con guías de polietileno. 8) Se acaba realizando los huecos para bajantes, y colocando cinta adhesiva en los solapes de la canalizaciones.

4


5

6

7


8

Zona	Material empleado
Acabado cubierta	8) Se instalan las piezas de gres sobre los rastreles, utilizando espuma adhesiva de poliuretano aplicada en los rastreles de apoyo, empezando desde las cornisas hasta la cumbrera. Hay que tener en cuenta la puesta de placas de ventilación cada 25 m^2 de cubierta y medias tejas para poder encajar todas las hiladas de piezas. 9) Una vez montadas las piezas del los dos faldones se colocan las piezas para la cumbrera, utilizando el adhesivo de poliuretano. 10) Para acabar el montaje de la estructura de cubierta se ejecutaran los guardaguas en zonas donde la cubierta entre en contacto con paredes de fachada, utilizando placas de aluminio de 0.65mm con un acabado lacado de protección y fijado con tornillos autorroscantes.

8

9

10

3. Conclusiones y valoración personal

Este sin duda alguna ha sido uno de los trabajos que más me ha aportado , eh tenido experiencia real de como se realizan los trabajos de rehabilitación y consolidación , también me ha ayudado a consolidar toda la parte teórica y técnica aprendida en la EPSEB y junto con el seguimiento de la obra el estudio de fotos con todas la fases más relevantes de la recuperación patrimonial de la fábrica CACI, también eh aprendido mas sobre cómo trabajar y coordinar los diferentes agentes que intervienen el proceso de rehabilitación de un obra pública de carácter histórico, toda esta experiencia me ha otorgado una confianza para saber realmente de una manera más practica todo el proceso de la obra, que siempre está en constante movimiento y cambio, en definitiva un trabajo del que aprendido mucho y del que salgo reforzado en todos los puntos importantes a tener en cuenta en la obras y fuera de ellas, para empezar bien este final de la carrera y seguir aprendiendo más cosas.

Es por esta experiencia, recomiendo a todo el que le interese, a que haga un trabajo o estudio de una obra, ya que se aprende mucho y consolida eficazmente toda la teoría aprendida en la universidad. de la misma manera , recomiendo a nuestra Universidad, la EPSEB, que estaría bien(más bien sería ideal) que en nuestra carrera hubiera practicas para todos los que cursamos este grado de ingeniería, ya que estas aportaran sin duda alguna una ampliación y actualización de los conocimientos aprendidos además de saber cómo esta mercado y de la misma forma ser más competitivo y preparado para entrar en este mercado con todos los cimientos bien consolidados. además dará una mejor calidad y competitividad a los estudios que hemos cursado.

4. Agradecimientos

Tengo que agradecer a todas esta personas que des el inicio de mi trabajo me ha ayudado y guiado en la recerca de información y han hecho posible este trabajo, sencillamente gracias a todos.

- **Fernando Hernandez Izquierdo del Archivo Histórico de patentes de Madrid**
- **La señorita Paqui de la Biblioteca EPSEB**
- **Al señor ingeniero Jordi Pares y al Señor Antoni Masague y a todo el equipo de Departamento Técnico de Área 5**
- **A mi Tutora Gemma Muños Soria (gracias por las guías y Ayuda durante el trabajo)**
- **Señor Jose Salvador Guevara del Departamento de planos y urbanismo de Badalona**
- **La señorita Pilar Ramos del Departamento de Proyecto y obras públicas de Badalona**
- **Señorita Monserrat Carreras del Archivo histórico del Museo de Badalona**
- **La señora Asunción Archivo histórico de la Biblioteca de la universidad de ingeniería industrial .**

Muchas gracias a todos y les deseo lo mejor en sus respectivas áreas de trabajo.

5. Bibliografía

Burgues nuñez, Antonio. (2009) Los orígenes del hormigón armado en España CEDEX (centro de estudios históricos de obras públicas y urbanismo).

Pellicer Daviña, Domingo. (1949) El hormigón armado en la construcción arquitectónica Ed adaptada al EHE 08 Y CTE, Madrid (2010).

Camps Goset, Sergi (2009) Los pioneros del hormigón armado estructural. Tesis especializada, Ingeniería de puentes y Caminos, Barcelona.

Munilla, Leira. (1999) Tratado de rehabilitación, Madrid.

Cobo Escamilla, Alfonso. (2001) Corrosión de armaduras de estructuras de hormigón armado: causas y procedimientos de rehabilitación, Madrid.

Calavera Ruiz, José. (2005) Patología en estructura de hormigón armado y pretensado 2ed, Madrid

González Fernández, Jose. (2007) Corrosión en las estructuras de H. Armado, Madrid.

Jiménez Montoya, Pedro. (2009) Hormigón Armado, Barcelona

Tejela Juez, Juan. (2010) Rehabilitación y conservación de fachadas, Madrid

Licencia de obras fábrica CACI 1898, Expediente 50, folio 25, Archivo histórico de Badalona

1º 13652 y 2º 22304 Patentes presentadas por Hennebique en España 1897, Fondo histórico de patentes españolas, Madrid

Catalogo histórico de la revista Le Beton Armè (1930), Fondo histórico universidad de ingenieros industriales

Bases de datos y webs de consulta

http://lib.ugent.be (Base de datos Fondo histórico de Bélgica)
http://en.structurae.de (Base de datos internacional de estructuras y imágenes)
http://archiwebture.citechaillot.fr (Base de datos Estructuras de Hormigón armado)
http://spa.archinform.net (Base de datos internacional de arquitectura)
http://www.ciment.wikibis.com
http://www.explorations-architecturales.com (Base de datos Hormigon armado)

6. Planos

Tabla de Planos de Estudio de consolidación Fabrica CACI				
Categorías	Estado Previo		Estructuras estado previo	
	Nombre	Nº de plano	Nombre	Nº de plano
	Emplazamiento	01	Cimentación	11
	Estado actual PB	02	Forjado Planta Baja	12
	Estado actual P1	03	Forjado Planta 1	13
	Estado actual P2	04	Forjado Planta 2	14
	Estado actual P3	05	Forjado Planta 3	15
	Estado actual P4	06	Forjado Planta 4	16
	Estado actual P5	07	Techo Planta 5	17
	Estado actual Cubierta	08	Cubiertas	18
	Fachada principal A	09	Detalles	19
	Fachada posterior B	10		
Categorías	Estudio fotográfico		Estudio de patologías	
	Nombre	Nº de plano	Nombre	Nº de plano
	Planta Baja	20	Leyendas	30
	Planta Primera	21	Planta Baja	31
	Planta Primera B	22	Planta Primera	32
	Planta Segunda	23	Planta Segunda	33
	Planta Segunda B	24	Planta Tercera	34
	Planta Tercera	25	Planta Cuarta	35
	Planta Cuarta	26	Planta Cubierta	36
	Planta Quinta	27	Fachada Principal	37
	Fachada Principal A	28	Fachada Posterior	38
	Fachada Posterior B	29		
Categorías	Intervención Estructuras y Estado reformado			
	Nombre	Nº de Plano	Nombre	Nº de Plano
	Implantación	39	Cubierta Planta Quinta	56
	Derribos Parte 1	40	Estructuras Nave Anexo	57
	Derribos Parte 2	41	Detalles Anexo	58
	Cimentación	42	Detalles Cubiertas	59
	Forjado Planta Baja	43	Programa de Usos PB-P1	60
	Detalles Planta Baja	44	Programa de Usos P2-P3	61
	Forjado Planta Primera	45	Programa de Usos P4-P5	62
	Detalles Planta Primera	46	Fachada Principal Refor.	63
	Detalles Planta Primera 2	47	Fachada Posterior Refor.	64
	Forjado Planta Segunda	48	Cubiertas Reformada	65
	Detalles Planta Segunda	49	Imágenes y fotografías	66
	Detalles Planta Segunda 2	50		
	Forjado Planta Tercera	51		
	Detalles Planta Tercera	52		
	Detalles Planta Tercera 2	53		
	Forjado Planta Cuarta	54		
	Detalles Planta Cuarta	55		

7. Anexo

Análisis Estructural

La finalidad de este análisis es determinar la capacidad portante del sistema estructural, utilizando un descenso de cargas y compararlo con la capacidad de resistencia del terreno, teniendo en cuenta las cargas permanentes y variables que se han de aplicar según el tipo de uso que tendrá en edificio, que en este caso se destinara para albergar el futuro museo Público. El valor de estas sobre cargas se extraerá de la Norma CTE-AE- Acciones en la edificación.
Todo esto para mostrar como en el proyecto original se siguió la voluntad inicial es mantener la cimentación , ya que cualquier actuación supondría alteraciones muy importantes en el edifico a conservar.

Cimentación

Para llevar a cabo el análisis de la capacidad portante y las cargas que se transmiten desde la cubierta hasta los cimientos, tenemos en cuenta la capacidad portante del terreno que se ha conseguido del estudio geotécnico realizado el año 2010, y del cual se ha sacado la resistencia de 2.43 Kg/cm^2 Para zapatas aisladas y de 1.95 Kg/cm^2 para zapatas continuas detectadas en el estrato B del terreno de cimentación.

Consideraciones adoptadas

Para el estudio de la capacidad portante de las estructuras de hormigón, se han considerado que ninguno de estos elementos presentan lesiones o ningún tipo de proceso patológico. de los elementos que configuran las estructuras de las naves laterales.

Análisis de los elementos estructurales:

Forjados reticulares:

Por la disposición de la armadura en las vigas, y la inexistencia de armadura en la losa superior en el sentido de la vigas, se considera que este elemento con extremos articulados.

Vigas Principales:

Por la disposición de la armadura en las vigas (según planos nº 1-10), se considera que estos elemento tienen los extremos articulados.

Pilares:

Por el carácter monolítico en conjunto de todos los elementos estructurales se consideran la estructura como intraslacional.

Acciones adoptadas en el análisis estructural

Acciones permanentes

Peso Propio

El peso propio de cada elemento se analiza de manera independiente siguiendo los siguientes criterios

- Peso específico Hormigón : 2500Kg/m^2
- Perfiles de acero laminado: Según tablas y catálogos
- Se ha considerado Un Peso propio más desfavorable de forjado de **3.68 KN/m^2**
  Este dato ha sido proporcionada por los calculistas del proyecto original

Cargas permanentes

En el proyecto de consolidación se prevé únicamente la colocación de pavimento el cual se estima que tiene una carga de **0.80 KN/m^2**

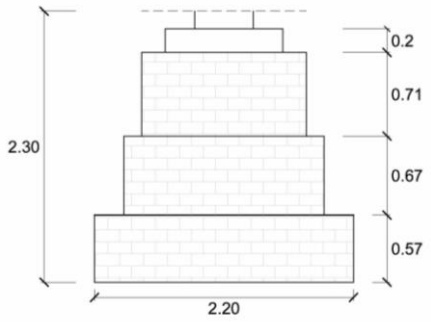
Acciones variables

Sobre carga de Uso : Utilizando la tabla 3.1 del DB-SE-AE, y sabiendo que por el Uso, será para albergar un museo Obtendremos un categoría C3 que tiene asignada una sobrecarga de Uso de **5.00 KN/m^2**

Sobrecarga de Nieve: Según el artículo 3.5.1 del DB-SE-AE, para cubiertas planas pesadas de edificios en localidades con un altitud inferior a 1000 metros, la carga de nieve valdrá 1.00 KN/m^2

DESCENSO DE CARGAS EN PILARES

Zapata Aislada



Carga en Pilares en Nave central (PB+4)

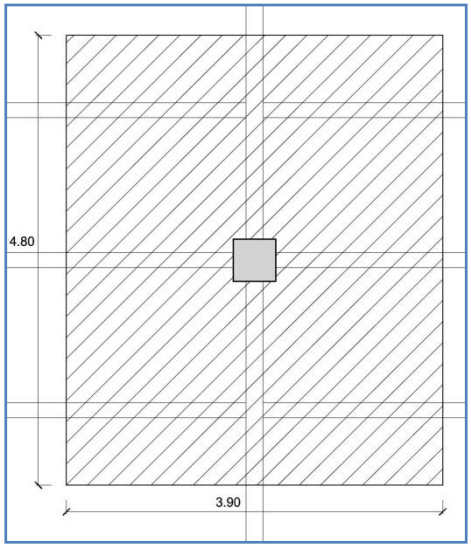
Carga total sobre cimentacion en Nave central:

$N_{(PB+4)} = 5 \times (3.68 + 0.80 + 5.00) KN/m^2 \times 4.80m \times 3.90m = 887 KN$

Tensión transmitida hacia el terreno:

$\sigma_{P(Pb+4)} = \frac{887KN}{(2.20^2)m^2} = 183KN/m^2 \Rightarrow 1.83 Kg/cm^2 \leq 2.43 Kg/cm^2$

Zona de Reparto en planta



Carga en Pilares en Naves Laterales (PB+2)

Carga total sobre cimentacion en Nave central :

$N_{(PB+2)} = 3 \times (3.68 + 0.80 + 5.00) KN/m^2 \times 4.80m \times 5.00m = 683 KN$

Tensión transmitida hacia el terreno :

$\sigma_{P(Pb+2)} = \frac{683KN}{(2.20^2)m^2} = 141KN/m^2 \Rightarrow 1.41 Kg/cm^2 \leq 2.43 Kg/cm^2$

Carga en Pilares en Anexo (PB+1)

Carga total sobre cimentacion en Nave central :

$N_{(PB+1)} = 2 \times (3.68 + 0.80 + 5.00) KN/m^2 \times 4.80m \times 5.40m = 491 KN$

Tensión transmitida hacia el terreno :

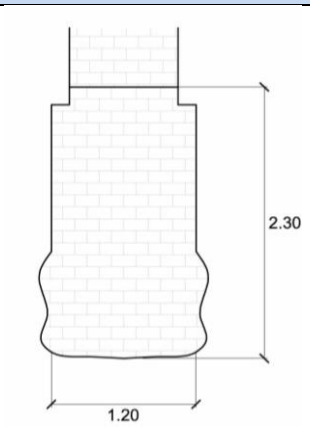
$\sigma_{P(Pb+1)} = \frac{491KN}{2.20^2 m^2} = 102KN/m^2 \Rightarrow 1.02 Kg/cm^2 \leq 2.43 Kg/cm^2$

Peso de fachada Nave Central				
Nave Central	**Sección(m)**	**Area (m^2)**	**Altura (m)**	**Volumen (m^3)**
CIM-PB	0.90 X 1.00	0.90	0.7	0.63
PB-P1	0.90 X 1.00	0.90	3.20	2.88
P1-P2	0.75 X 1.00	0.75	3.20	2.40
P2-P3	0.75 X 1.00	0.75	3.20	2.40
P3-P4	0.50 X 1.00	0.50	3.20	1.60
P4-P5	0.50 X 1.00	0.50	3.20	1.60
P5-CUB	0.50 X 1.00	0.50	2.30	1.60
Volumen de Huecos			**Volumen Total**	13.11
Peso de fachada más desfavorable (1ml)		(NBE-88)1800Kg/m^3 x 13.11m^3		**=23598 Kg(236KN)**

Peso de fachada Nave lateral y anexo				
Nave lateral	**Sección(m)**	**Área (m^2)**	**Altura (m)**	**Volumen (m^3)**
CIM-PB	0.90 X 1.00	0.90	0.7	0.63
PB-P1	0.90 X 1.00	0.90	3.20	2.88
P1-P2	0.75 X 1.00	0.75	3.20	2.40
P2-P3	0.75 X 1.00	0.75	3.20	2.40
P3-CU	0.50 X 1.00	0.50	2.30	1.60
			Volumen Total	9.91
Peso de fachada más desfavorable (1ml)		(NBE-88)1800Kg/m^3 x 9.1m^3		**=17838 Kg(178KN)**

DESCENSO DE CARGAS SOBRE MUROS

Zapata Aislada



Carga en Pilares en Nave central (PB+4)

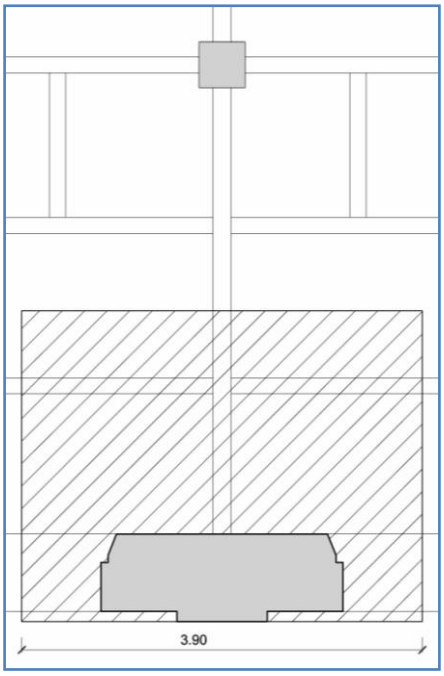
Carga total sobre cimentación en Nave central:

$$N_{(PB+4)} = \frac{\frac{887KN}{2} + 236KN}{3.90m} = 174 \text{KN/m}$$

Tensión transmitida hacia el terreno:

$$\sigma_{P(Pb+4)} = \frac{174KN/m}{(1.20)m} = 145KN/m^2 \Rightarrow 1.45 \text{Kg/cm}^2 \leq 1.95 \text{Kg/cm}^2$$

Zona de Reparto en planta



Carga en Pilares en Naves Laterales (PB+2)

Carga total sobre cimentación en Nave central :

$$N_{(PB+2)} = \frac{\frac{683KN}{2} + 178KN}{5.00m} = 103.9 \text{KN/m}$$

Tensión transmitida hacia el terreno :

$$\sigma_{P(Pb+2)} = \frac{103.9\,KN/m}{(1.20)m} = 86.58\,KN/m^2 \Rightarrow 0.86 \text{Kg/cm}^2 \leq 1.95 \text{Kg/cm}^2$$

Carga en Pilares en Anexo (PB+1)

Carga total sobre cimentación en Nave central :

$$N_{(PB+2)} = \frac{\frac{491KN}{2} + 178KN}{5.40m} = 78.4 \text{KN/m}$$

Tensión transmitida hacia el terreno :

$$\sigma_{P(Pb+2)} = \frac{78.4\,KN/m}{(1.20)m} = 65.4\,KN/m^2 \Rightarrow 0.65 \text{Kg/cm}^2 \leq 1.95 \text{Kg/cm}^2$$

Conclusiones.

Con esta bajada de cargas podemos comprobar, que los valores de capacidad portante se encuentran por encima de las tensiones transmitidas del edificio al terreno, para un descenso de cargas correspondiente a una sobrecarga de uso de 5.00 KN/m^2.

Además como podemos ver en los planos de cimentación reformada (Nº 42) solo habrá una zona donde se pondrá nueva cimentación situado en el exterior del edifico, debido a que las reparaciones de la nave frontal Anexo precisan una estructura metálica nueva par su sustentación, todo esto se ve más detallado en los planos de cimentación (Nº 42).