



¿Técnica invisible?
Tres intervenciones en el Arsenal de Ferrol
Blanca Rodríguez-Villasante Antón

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID



ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA



TRABAJO FIN DE GRADO

Blanca Rodríguez-Villasante Antón

¿Técnica Invisible? Tres intervenciones en el Arsenal de Ferrol

¿TÉCNICA INVISIBLE? TRES INTERVENCIONES EN EL ARSENAL DE FERROL

Estudiante

Blanca Rodríguez-Villasante Antón

Expediente 19338

Tutor

Jesús García Herrero

Departamento de Construcción y Tecnología Arquitectónicas

Aula TFG 4

Daniel Díez Martínez, *coordinador/a*

Ángel Martínez Díaz, *adjunto/a*

Escuela Técnica Superior de Arquitectura de Madrid

Universidad Politécnica de Madrid

*“Ferrol será perfecto porque se ha copiado
lo mejor de Europa y excluido lo malo”
(Marqués de la Ensenada)*

Índice

RESUMEN

MOTIVACIÓN

OBJETIVO

METODOLOGÍA

1. HISTORIA DEL ARSENAL DE FERROL

- 1.1 Siglo XVIII: Fundación y construcción del Arsenal de Ferrol
- 1.2 Siglo XIX: Adaptación de los trabajos a la ``Revolución Industrial``
- 1.3 Siglo XX: Modernización y nuevos usos
- 1.4 Siglo XXI: Consolidación de las reformas del S.XX

2. CASOS DE ESTUDIO

- 2.1 Sala de Armas
- 2.2 Cuartelillo de la ``Punta del Martillo``
- 2.3 Las Herrerías

CONCLUSIONES

FUENTES

- Bibliografía y recursos digitales
- Procedencia de las ilustraciones

Resumen

El Trabajo de Fin de Grado titulado *¿Técnica invisible? Tres intervenciones en el Arsenal de Ferrol* analiza cómo se han integrado los sistemas modernos de climatización en tres edificios históricos del siglo XVIII: la Sala de Armas, el Cuartelillo de la Punta del Martillo y el edificio de Herrerías. El objetivo es evaluar cómo estas intervenciones han respetado el valor patrimonial, arquitectónico y funcional de los edificios, adaptándolos a nuevos usos sin alterar su imagen histórica.

Se estudia la historia del Arsenal de Ferrol desde su fundación en el siglo XVIII hasta la actualidad, describiendo los cambios estructurales, usos y rehabilitaciones. Cada edificio se analiza en detalle: su historia, arquitectura, uso actual y las soluciones técnicas adoptadas para climatización, evaluando sus ventajas y limitaciones.

El trabajo concluye que, aunque las rehabilitaciones han sido respetuosas y técnicamente eficaces, en algunos casos se han perdido elementos originales o se han instalado sistemas poco eficientes o poco utilizados, comprometiendo la sostenibilidad o el confort. Sin embargo, se valora positivamente el esfuerzo por conservar el patrimonio y dotarlo de una función moderna, manteniéndolo vivo y operativo.

PALABRAS CLAVE

Arsenal · Ferrol · Rehabilitación · Climatización · Patrimonio
· Arquitectura

Motivación

La elección del Arsenal de Ferrol como tema de mi Trabajo de Fin de Grado responde a una motivación tanto personal como académica. Ferrol no es únicamente el lugar donde nací, sino que es un lugar con mucho significado personal y familiar.

Desde pequeña, he escuchado a mi abuelo hablar con orgullo y detalle del Arsenal, de sus muelles, de los astilleros, de los talleres, de la vida que giraba (y gira) en torno a este enclave estratégico de la Armada española. Sus relatos, tan llenos de conocimiento sobre el lugar, despertaron en mí una curiosidad profunda por estudiar no solo su historia, sino también como se han ido transformando los edificios hasta llegar a “modernizarlos” en la actualidad.

A lo largo del proceso de investigación, ha sido precisamente su conocimiento y sus diversas publicaciones las que me han permitido conocer y estudiar con detalle el Arsenal. Gracias a él, he podido reunir documentación, acceder a fotografías, planos y testimonios.

Este trabajo surge entonces del deseo de compartir esa memoria y de poner en valor un patrimonio que, aunque muy presente en el paisaje ferrolano, a veces pasa desapercibido o se da por sentado. El Arsenal de Ferrol no es solo una infraestructura militar; es el corazón histórico de la ciudad, un símbolo de su identidad y una pieza clave en la historia naval de España.

Por otro lado, el interés despertado en mí por la asignatura “Proyecto de instalaciones” de 5º curso del Grado en Fundamentos de la arquitectura, me llevó a estudiar los edificios del Arsenal desde un inusual enfoque técnico, que creo que complementará las investigaciones realizadas hasta el momento.

Objetivo

El objetivo de este trabajo es analizar en profundidad el proceso de integración de los sistemas de climatización en tres edificios del siglo XVIII ubicados en el Arsenal de Ferrol. Este estudio se centra en las intervenciones realizadas en sus últimas rehabilitaciones respectivas, acometidas desde finales del siglo XX hasta la actualidad, con el fin de comprender cómo se ha llevado a cabo la incorporación de estas instalaciones modernas en construcciones históricas, respetando su valor patrimonial y arquitectónico.

Metodología

La metodología de este Trabajo de Fin de Grado se fundamenta en un enfoque cualitativo, combinando el análisis documental, el trabajo de campo y la recopilación de testimonios para estudiar el Arsenal de Ferrol y los procesos de rehabilitación llevados a cabo en algunos de sus edificios históricos.

1. Investigación documental

Una parte esencial del trabajo ha consistido en recopilar documentación histórica y técnica sobre el Arsenal de Ferrol, con especial atención a la evolución de sus instalaciones, los planes de conservación y las intervenciones de rehabilitación más relevantes. Para ello, se ha recurrido a archivos, bibliotecas, documentación institucional y estudios previos sobre la arquitectura militar.

2. Recogida de testimonios

El conocimiento oral ha sido una fuente clave. A través de mi abuelo, personal que trabaja en el Arsenal e incluso los propios arquitectos de las rehabilitaciones, se han recopilado percepciones y detalles que no suelen aparecer en los documentos técnicos, pero que permiten comprender como ha sido el impacto social y simbólico del Arsenal y de las rehabilitaciones. Estos testimonios se han transcrito y organizado según el caso de estudio propio.

3. Análisis de casos de rehabilitación

Dentro del Arsenal, se han seleccionado tres edificios representativos, que fueron edificados en el siglo XVIII y han sido rehabilitados entre finales del siglo XX y la actualidad (Sala de Armas, Cuartelillo de la Punta del Martillo y EXPONAV). Los tres albergan distintos usos (residencial público, administrativo y museo), que a priori contarán con diferentes sistemas de climatización. Se ha analizado el estado original, la historia de cada edificio, así como el estado previo a la rehabilitación, los criterios técnicos aplicados y el resultado final, tanto desde una perspectiva arquitectónica como patrimonial.

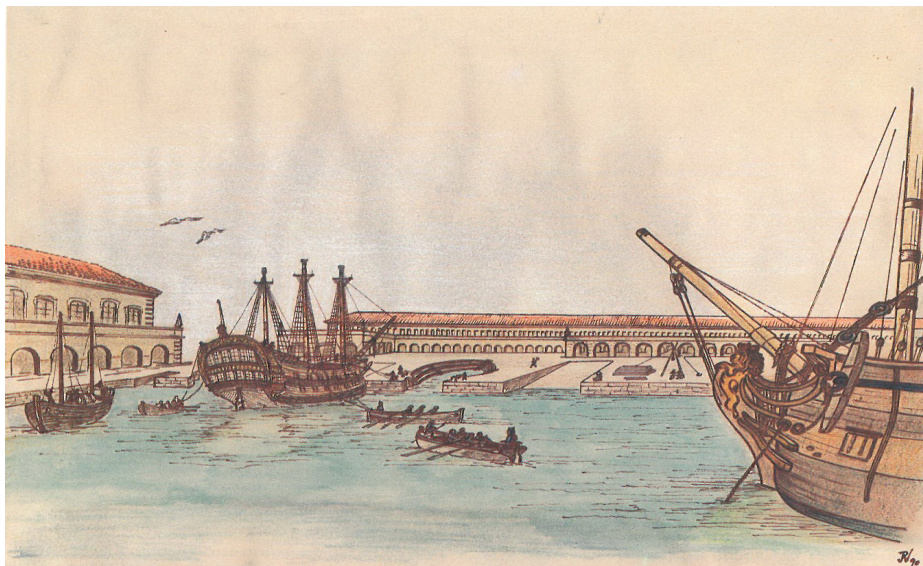
Este análisis se ha apoyado en visitas al lugar, fotografías propias, planos, informes técnicos y normativa de conservación.

4. Elaboración de documentación propia

Como resultado del trabajo, se ha generado material propio que incluye descripciones actualizadas de los edificios estudiados, esquemas, comparativas entre el estado previo y el actual, así como reflexiones personales de cómo se han realizado dichas intervenciones.

1 Historia del Arsenal de Ferrol

Antes de comenzar a contar la historia del Arsenal, se define lo que es un arsenal. Un arsenal es el núcleo de una base naval. Abarca dos funciones, por una parte, funciona como puerto y centro de apoyo para los buques y por otra, es un centro de gestión que coordina los buques, la marinería, los recursos costeros y el apoyo a la fuerza de combate.

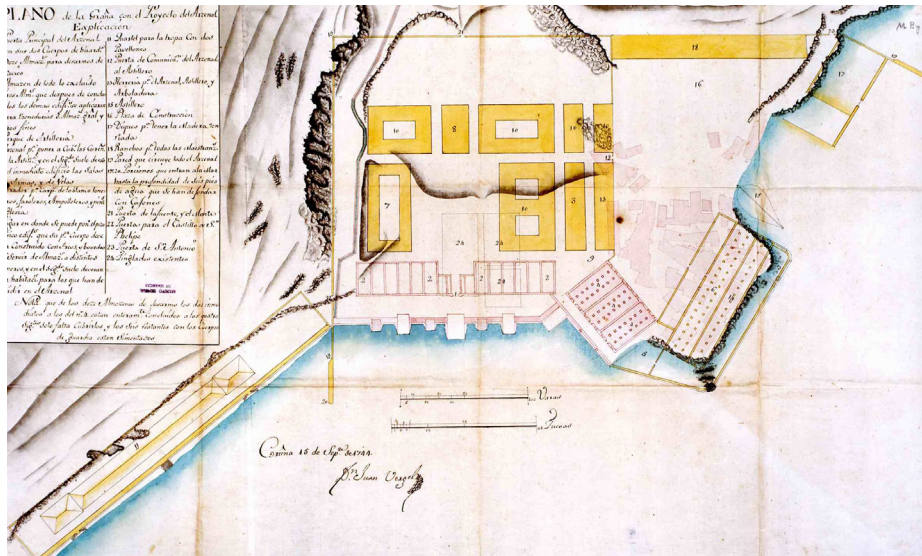


1.1. Lamina del Arsenal de Ferrol

1.1 Siglo XVIII: Fundación y Construcción del Arsenal de Ferrol

El Arsenal de Ferrol forma parte del conjunto de la base naval histórica de Ferrol creada en el S. XVIII. Su origen se remonta al año 1726, cuando la villa fue designada capital del Departamento Marítimo del Norte de España. Esta designación fue el punto de partida para el desarrollo de una base naval que materializaba el ideal ilustrado de un «puerto perfecto», donde se integraban las funciones logísticas y defensivas, incluido el urbanismo, como ordenación espacial del territorio.

En 1732 se redactan los primeros proyectos para la construcción del Arsenal en la cercana población de la Graña, a cargo del ingeniero Francisco Montaigú, por orden del Intendente de La Coruña y posterior participación del Comisario del cuerpo del Ministerio, Zenón de Somodevilla y Bengoechea (futuro Marqués de la Ensenada), siendo Secretario de Estado y de Marina, José Patiño.



1.2. Plano del Arsenal de la Graña, Juan Vergel (1726),

El impulso definitivo llegó en 1747, cuando el Marqués de la Ensenada ordenó presentar un nuevo proyecto para un arsenal capaz de albergar 60 navíos de línea, incluyendo astillero de construcción de buques (fábricas, talleres y gradas), almacenes para el armamento y talleres para mantenimiento de los buques (diques de carenar en seco y diferentes obradores). El proyecto fue aprobado en enero de 1750, y en mayo comenzaron los trabajos bajo la dirección del Intendente Antonio Perea (Marques de Monteverde) con la colaboración del Comandante General Cosme Álvarez para la parte militar y la del ingeniero Joseph Petit de la Croix para la construcción.

Debido a la urgencia de construir buques, se separó la función de astillero, trasladándola a Esteiro, inicialmente de forma provisional y luego definitiva. Esta reubicación implicó una primera modificación del proyecto original en agosto de 1750, ya ubicado en la antigua rada y puerto de Ferrol.

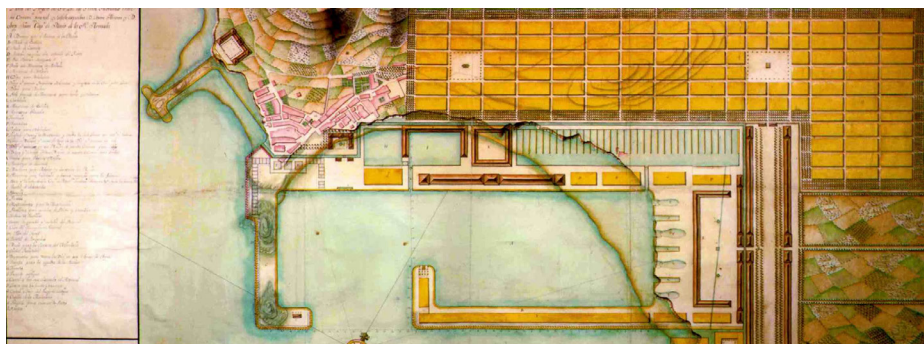


1.3. Plano de la Ría de Ferrol, Bernardo Gomez (1639)

En 1751, el prestigioso marino y proto-ingeniero Jorge Juan Santacilia asumió la supervisión de las obras junto a Álvarez y Petit de la Croix, rediseñando el Arsenal bajo un esquema geométrico más racional y de módulos de proporciones usadas por los nuevos arquitectos e ingenieros académicos (de relación rectangular con el número “áureo”), propio del pensamiento científico-ilustrado, que serán después también utilizadas en el diseño y construcción de las arquitecturas. El nuevo proyecto, aprobado en octubre de 1751, será la base definitiva de la construcción.

La ejecución material comenzó en la zona oeste del Arsenal. Entre 1752 y 1753, bajo la dirección técnica del ingeniero militar Miguel Marín se levantaron importantes estructuras de cimentación sobre la mar para la formación de las dársenas con sus muelles y arquitectura de almacenes como la Sala de Armas y acuartelamientos como el de la Punta del Martillo.

Posteriormente, Francisco Llobet asumió la dirección de obras en 1754 con la ayuda de Julián Sánchez Bort, en su calificación y formación básica de arquitecto por la Real Academia de Nobles Artes de San Fernando (Madrid), incluso apreciándose un importante debate sobre el nuevo concepto de la arquitectura en su proceso operacional de diseño y construcción (informe de Julián Sánchez Bort a su Real Academia en 1760). En esta época se completó buena parte del dique de abrigo del oeste y cimentaciones de muelles y edificios y se inició la construcción de edificaciones como fue la Sala de Armas y el Cuartelillo de la Punta del Martillo.

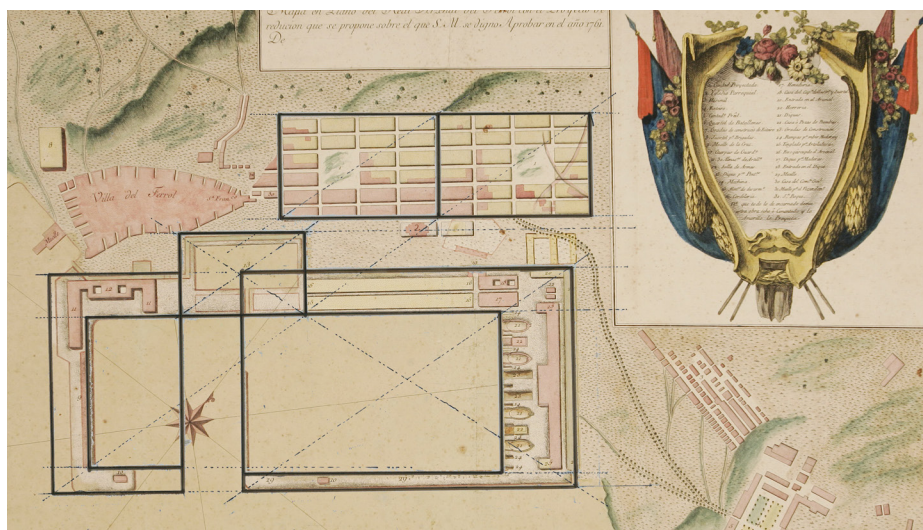


1.4. Plano del proyecto del Arsenal de Ferrol, Cosme Alvarez y Jorge Juan (1751)

En 1761, Jorge Juan, que además de oficial de Marina pasaba a ser profesor de matemáticas en la Real Academia de San Fernando, realiza un nuevo estudio del proyecto general incluyendo una reforma espacial que abarcaba el propio arsenal y el urbanismo del contiguo Barrio de la Magdalena reafirmando el concepto de diseño geométrico, destacando la racionalización del área de mantenimiento de los buques y la reubicación del dique de maderas, incluyendo ciertos proyectos de talleres como era el de las Herrerías. Estos cambios optimizaron tiempos y costes de construcción secundados por Julián Sánchez Bort como director técnico de las obras.

En 1765 se aprobó el diseño definitivo del Arsenal, organizando ya la parte del Arsenal de mantenimiento de los buques con sus talleres que incluían el edificio de Herrerías y los diques de carenar en seco.

En 1770, cuando se creó el Cuerpo de Ingenieros de Marina, se daba por finalizada la construcción de la mayor parte del conjunto, incluida el nuevo diseño de las Herrerías por Francisco Solinis (1781) y la dársena de Puerto Chico (1785); aunque quedaron por completarse algunas zonas del muelle por el sudeste. El Arsenal ya se encontraba en pleno funcionamiento, tal como se representa en los planos de la época.



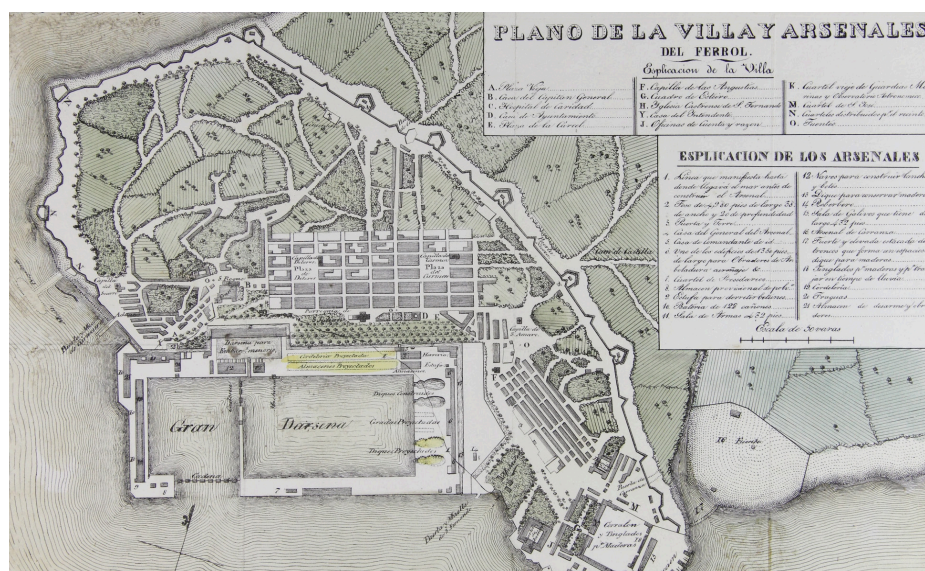
1.5. Plano del proyecto del Arsenal de Ferrol, Julian Sanchez Bort (1768)

1.2 Siglo XIX: Adaptación de los trabajos a la ``Revolución Industrial``

Durante la segunda parte del siglo XIX, el Arsenal se vio afectado por los avances tecnológicos en la navegación, especialmente la introducción de la propulsión “a vapor” y la metalurgia. Esto obligó a adaptar las instalaciones de los edificios originales con ciertas modificaciones en su función (almacenes y talleres).

La reforma más significativa fue la construcción del Dique de carenar en seco San Julián (o de la Campana), diseñado por el ingeniero Andrés Comerma Batalla en 1869, iniciado en 1874 e inaugurado en 1879. Esta obra implicó la demolición parcial de la muralla exterior del Arsenal y el cegamiento del foso de circunvalación entre Puerto Chico y la Puerta del Dique; todo esto suponía la reforma del sistema defensivo en su fachada marítima sobre el dique de abrigo de La Cortina (invalidando el sistema de artillería que lo coronaba) y la de parte de tierra (hacia la ciudad) con reforma de las murallas. Así mismo, la zona del “Arsenal del Parque” (de aprovisionamiento) pasaba a aumentar la función de mantenimiento de los buques con la nueva artillería, precisamente en la antigua Sala de Armas y los almacenes contiguos.

En las Herrerías y en el taller denominado “Gran Tinglado de Maestranza” así como en los diques de carenar en seco también se introducían las máquinas de vapor: sobre el citado del dique de San Julián y en los dos diques del siglo anterior. Así mismo se construyeron dos grupos de aljibes dentro del arsenal con el suministro de agua desde la ciudad, atravesando el foso defensivo que se cegó en aquella época.



1.6. Plano de la villa de Ferrol y arsenales, José Satiro (18--)

1.3 Siglo XX: Modernización y nuevos usos.

El siglo XX trajo consigo grandes transformaciones:

- En 1912 se construyó el dique seco Reina Victoria Eugenia, lo que implicó la desaparición de los antiguos diques del siglo XVIII y la demolición parcial del Tinglado de Maestranza.

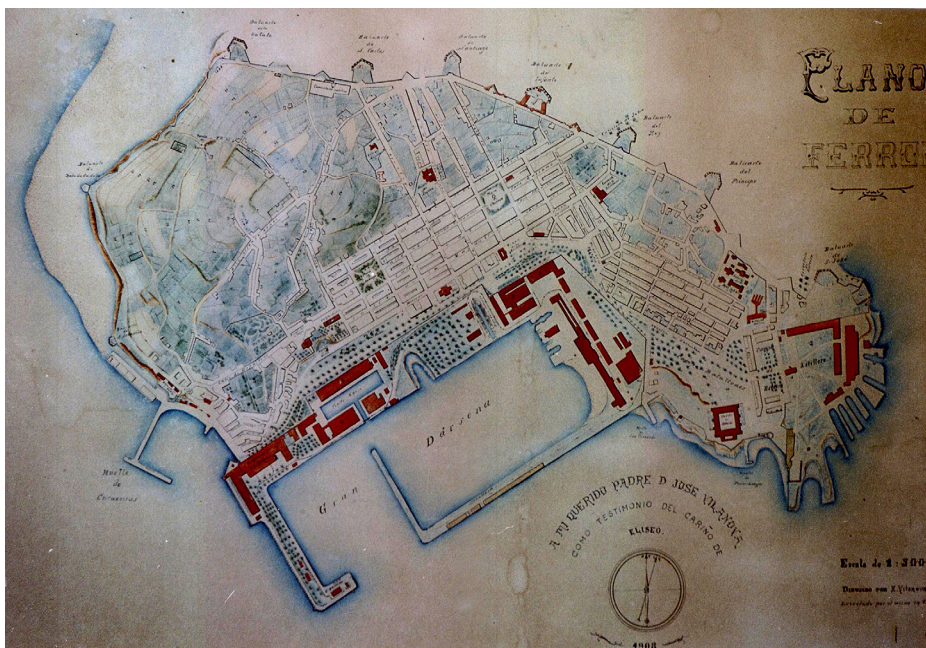
- En 1917 se proyectó el cierre del muelle norte, obra que no se materializó hasta mediados de siglo. Esta área se destina hoy a servicio del tren naval (aljibes, remolcadores...).

- Se adelantaron líneas de atraque en varios muelles para adaptarse a los nuevos calados requeridos por los buques modernos.

- Se introdujeron redes de electricidad y conducciones de agua desde la ciudad y se aprovecharon algunas estructuras antiguas para la regulación del agua dulce y la de las mareas a base de pozos y algunas canalizaciones entre el foso y la dársena.

- Se construyeron una gran cantidad de nuevas edificaciones para los distintos “ramos de mantenimiento” (casco y máquinas, armas y electricidad) así como para los “servicios de aprovisionamiento” (combustibles, vestuarios, víveres, repuestos y pertrechos)

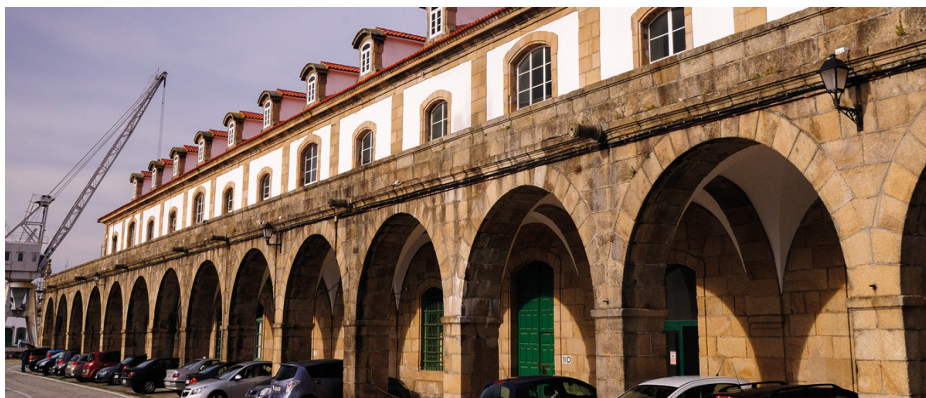
- Una parte del arsenal histórico se cedió a la industria naval (Empresa nacional Bazán) con ampliación por relleno en la parte sur, sobre el dique de abrigo.



1.7. Plano de Ferrol, Eliseo Vilanova (1908)

Es importante destacar los cambios de uso en las edificaciones, especialmente las siguientes:

- La Sala de Armas se modificó parcialmente, siendo sucesivamente taller de armas y cuartel de marinería.
- El cuartel de presidiarios pasó a ser el museo naval y biblioteca general.
- La antigua Teneduría se reformó para servicios generales de la administración del arsenal (oficinas e instalaciones de los nuevos servicios de informática)
- Las antiguas Herrerías se transformaron en Escuela de Máquinas y de Ingeniería (siglos XIX-XX).
- El Cuartelillo de la Punta del Martillo se amplió en sus instalaciones para la dotación de la Compañía de Infantería de Marina (seguridad militar).



1.8. Imagen del edificio de Teneduría (2025)

1.4 Siglo XXI: Consolidación de las reformas del S. XX.

En este siglo, se realizan nuevos cambios a los usos de determinados edificios:

- Las antiguas Herrerías, después de ser escuela de Máquinas e Ingenieros en el siglo XX, se rehabilita entre 2001-2008 para pasar a ser el museo de la Construcción Naval (EXPONAV).

- La Sala de Armas, posteriormente cuartel de marinería, fue rehabilitada para residencia de clases de marinería y tropas en el año 2003.

- El cuartelillo de la Punta del Martillo ha sido rehabilitado para un uso administrativo naval militar en 2024.

- Se han realizado reformas en los edificios de talleres y administración de ramos de armas, electricidad y máquinas, en sucesivas etapas de forma parcial, al igual que la enfermería, almacenes de aprovisionamiento, la residencia de oficiales “La Cortina” y de otros mandos del Arsenal.

- Actualmente, se está ejecutando la rehabilitación de la antigua teneduría para uso administrativo naval militar.

- Se encuentra en fase de proyecto una intervención a lo largo de la fachada terrestre del Arsenal. El proyecto plantea reducir la muralla a su altura original del siglo XVIII consiguiendo reconectar la ciudad con su entorno marítimo pero respetando al mismo tiempo la seguridad necesaria para la Armada.

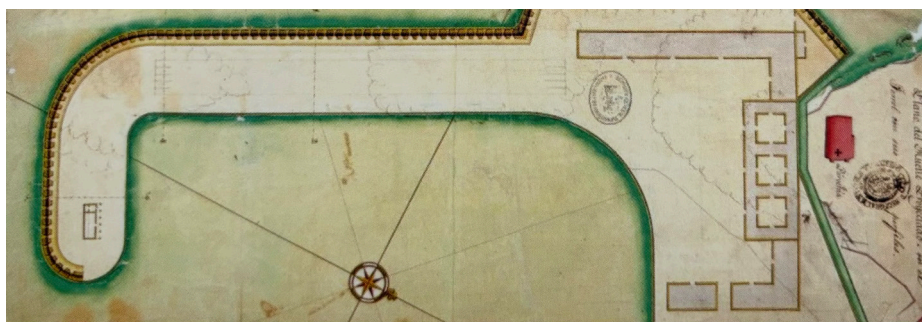


1.9. Imagen del proyecto “Abrir Ferrol al mar” (2025)

2.1 Sala de Armas

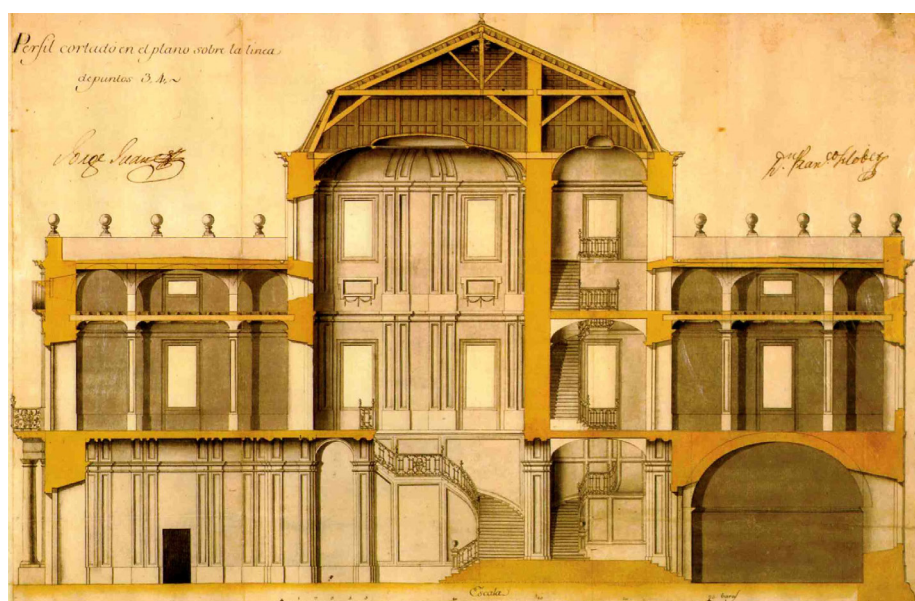
La Sala de Armas del Arsenal de Ferrol es uno de los edificios de mayor valor patrimonial de este complejo militar, declarado Bien de Interés Cultural (BIC) en 1994. Su arquitectura, iniciada por los ingenieros militares con un estilo barroco, aun con características de influencia afrancesada, fue posteriormente terminado con un estilo más clasicista de referencias italianas, un tanto neoclásicas.

Situada en el «Arsenal del Parque», en la parte occidental, la Sala de Armas fue el primer edificio proyectado dentro del conjunto. Esta edificación fue concebida inicialmente como almacén de artillería, armas portátiles y sus pertrechos.

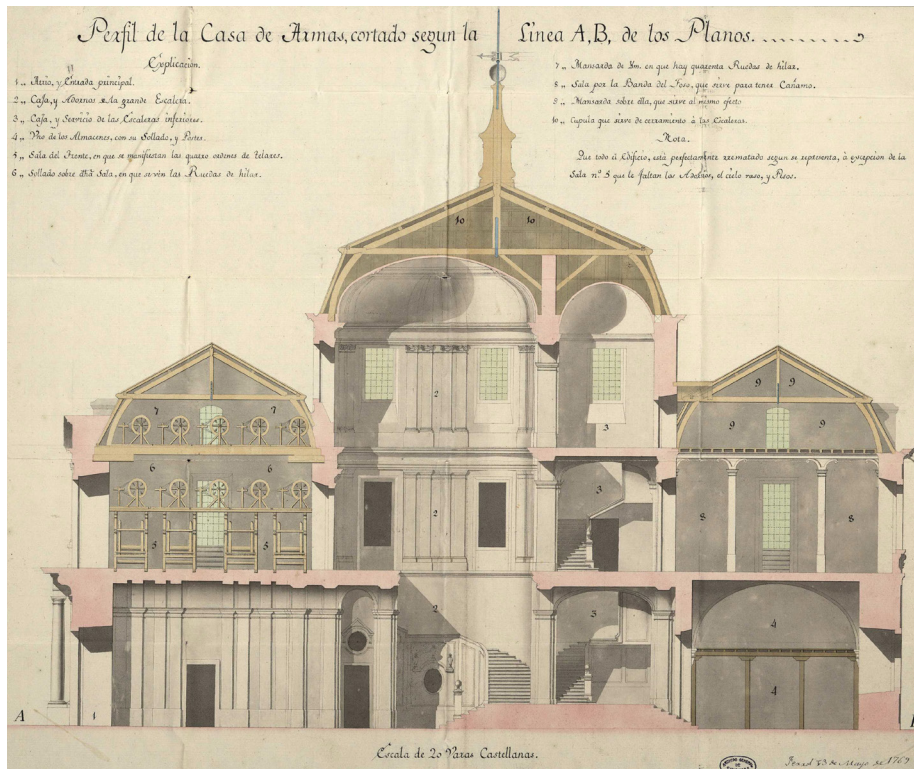


2.1.1. Plano del Muelle proyectado en el Ferrol, Joseph Petit de la Croix (1750)

Su diseño original fue supervisado por Jorge Juan en 1754, aunque no llegó a construirse tal cual. En 1769, Julián Sánchez Bort retomó el proyecto, conservando la sección original, aunque introdujo modificaciones como el cambio de la cubierta. Los primeros trabajos los realizaron hasta 1760 Joshep Petit de la Croix, Miguel Marín y Francisco Llobet ; posteriormente, Sánchez Bort asumió la dirección a partir de 1765, terminándose la obra hacia 1770.



2.1.2. Plano de sección de la Sala de Armas, Jorge Juan (1754)



2.1.3. Plano de sección de la Sala de Armas, Julian Sanchez Bort, (1769)

Durante el siglo XIX, no sufrió grandes modificaciones en su estructura adaptándose la zona de bajo cubierta. al uso de taller de “cordelería”.

En los años posteriores a la Guerra Civil (1939) sufrió una serie de modificaciones para adaptarlo a cuartel de instrucción de marinería, siendo la más destacable la modificación de la cubierta original de tipo “mansarda”, elaborada con estructura de hormigón con mayor volumen (alrededor de 1970), perdiéndose toda la armadura de madera original, así como otras modificaciones en los patios interiores y reformas de saneamiento.



2.1.4 Imagen de la Sala de Armas (19--)



2.1.5. Imagen del patio de la Sala de Armas (2025)

En el año 2003, Iago Seara realizó una intervención para rehabilitarlo y adaptarlo como alojamiento logístico para tropa y marinería, conocido actualmente como Residencia «Balandra». El proyecto consistía en mantener el edificio original, sin intervenir en la estructura original, creando un nuevo espacio interior; éste contaría con una planta baja que seguía diáfana en la parte delantera, mientras que la parte trasera albergó dos plantas de oficinas asomando a la doble altura, siendo utilizados los patios claustrales para diferentes actos culturales.

La primera planta, la entreplanta primera y la bajo cubierta fueron destinadas a alojamiento, formadas por diversos módulos que cuentan con habitaciones con cuartos de aseo comunes, así como dotados de un espacio destinado a usos varios (zona de estar y pequeña cocina). Se realiza la cubrición de la mansarda de hormigón con planchas de zinc.



2.1.6. Imagen de la Sala de Armas (200*)

La Sala de Armas fue construida con una cimentación muy sobredimensionada sobre la ribera de la mar, incluso con escollera y canalizaciones entre el foso defensivo y la dársena. La arquitectura fue realizada en sillería de granito en la estructura portante y bóvedas de ladrillo en los patios, que están arriostrados con grandes barras metálicas, así como algún espacio de mampostería en el interior.

El edificio de planta rectangular se articula en torno a dos patios laterales porticados y presenta en su módulo central una impresionante escalera de tipo “imperial”, considerada el elemento más destacado de toda la construcción y que aún se conserva en la actualidad, destacando también la estereometría y estereotomía de los sillares de cantería. Cuenta también con la escalera de servicio adosada a la principal en el mismo módulo. El conjunto no solo servía a una función logística, sino que también buscaba una imagen de gran dignidad, propia de las obras del Estado (despotismo ilustrado).



2.1.7. Imagen de las escaleras de la Sala de Armas (2021)

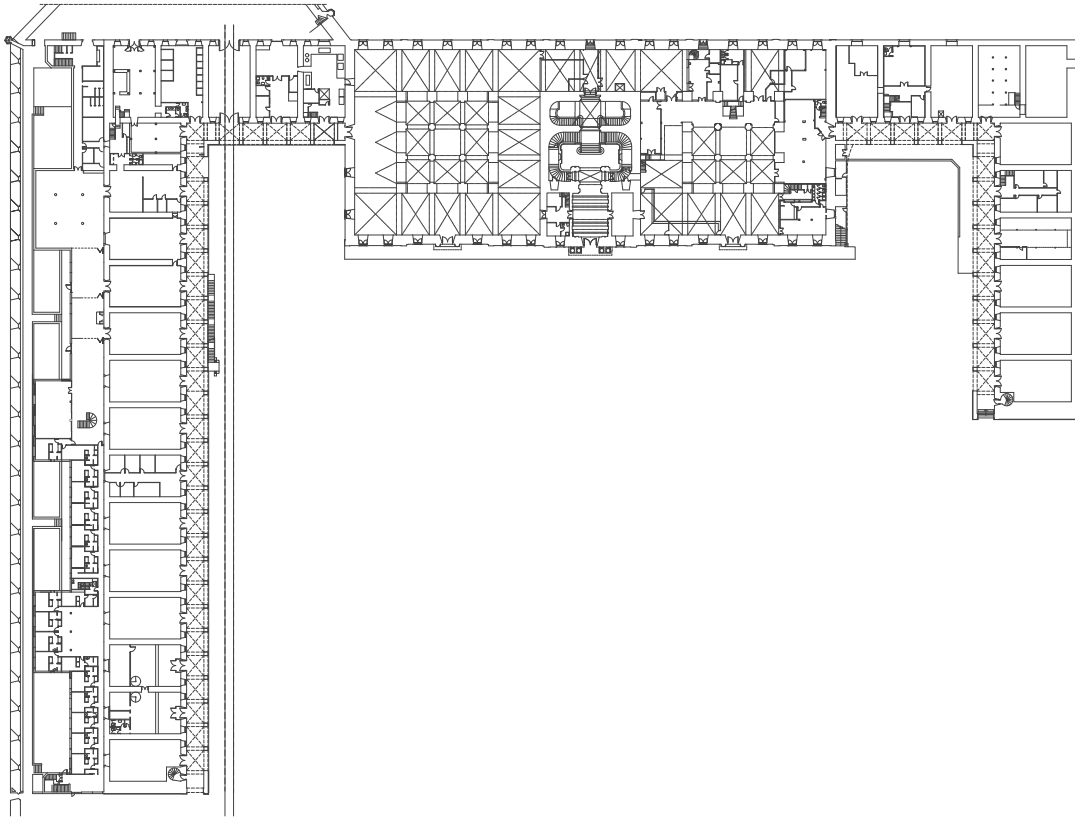
La fachada se organiza como reflejo de su modulación interior en tres cuerpos de cierta simetría, siguiendo una modulación basada en la “proporción aurea”, muy perceptible por la división de los cuerpos con pilastras almohadilladas y el ritmo de los vanos.

En cuanto a la ornamentación hay que destacar la que corresponde a la puerta central (principal) con columnas pareadas de orden dórico, sobre las que se aprecia un balcón con rejería realizada en pletina roscada al estilo rococó. Se remata esta puerta en la parte superior con la ornamentación de pilastras jónicas que sustentan un frontón triangular. Las dos puertas laterales idénticas tienen lateralmente pilastras dóricas, balconcillo similar al referido de la puerta principal y, sobre este, pilastras jónicas que se rematan con un frontón curvo. Cabe destacar la utilización de máscaras sobre la cornisa.

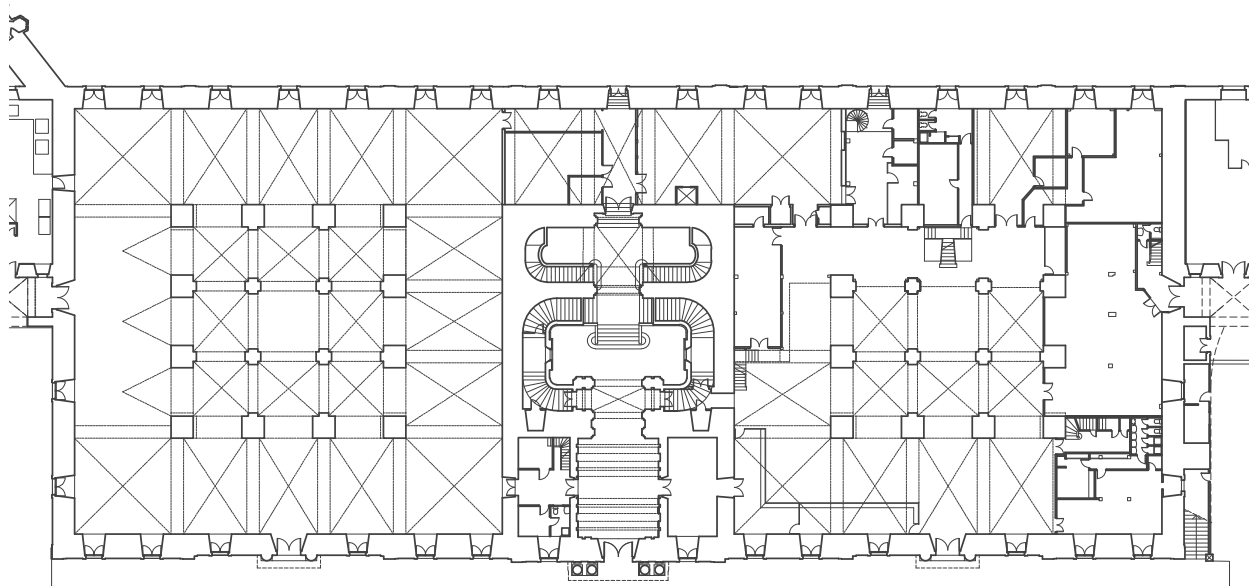


2.1.8. Imagen de las escaleras de la Sala de Armas (2025)

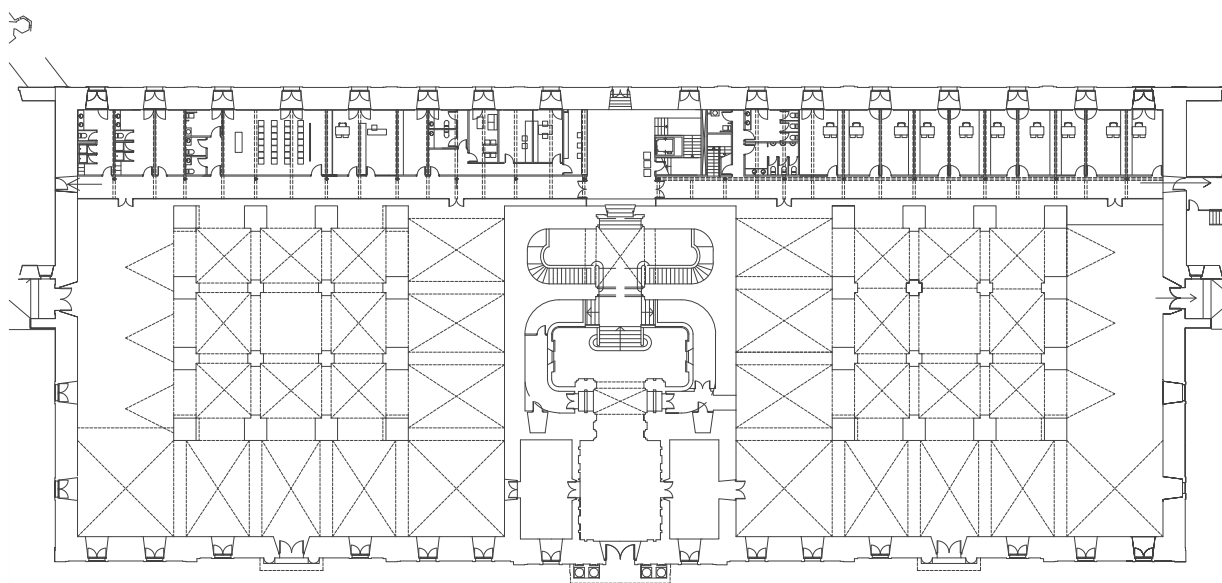
Planos previos y posteriores a la reforma de Iago Seara (2003)



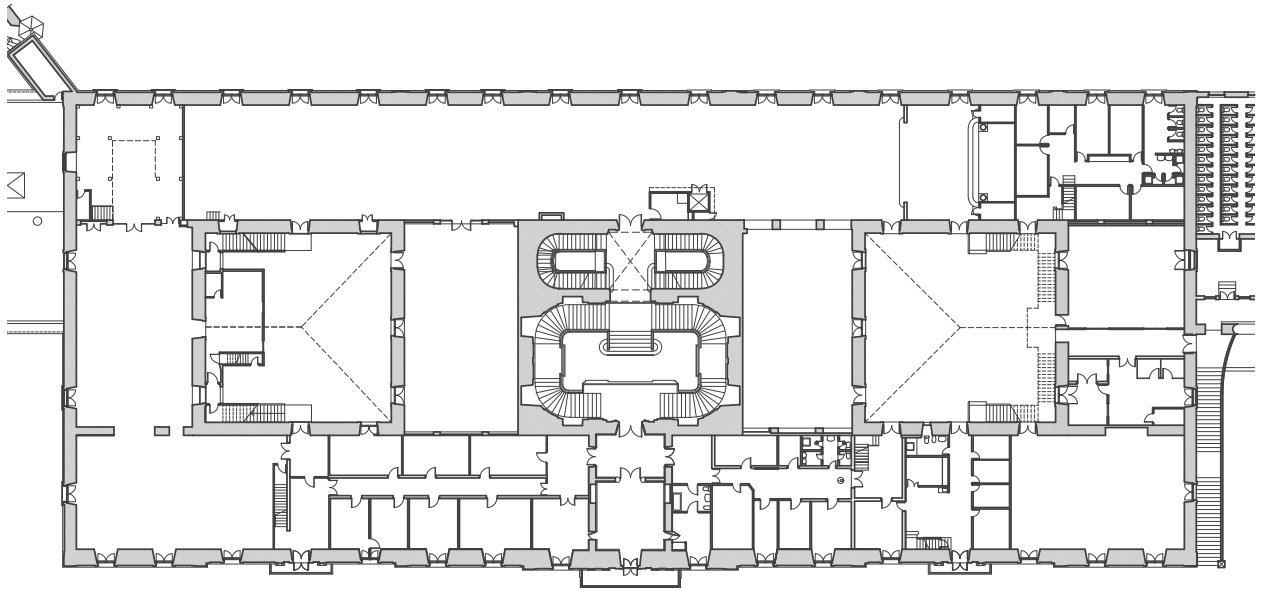
2.1.9. Plano general previo a la reforma de Iago Seara (2003)



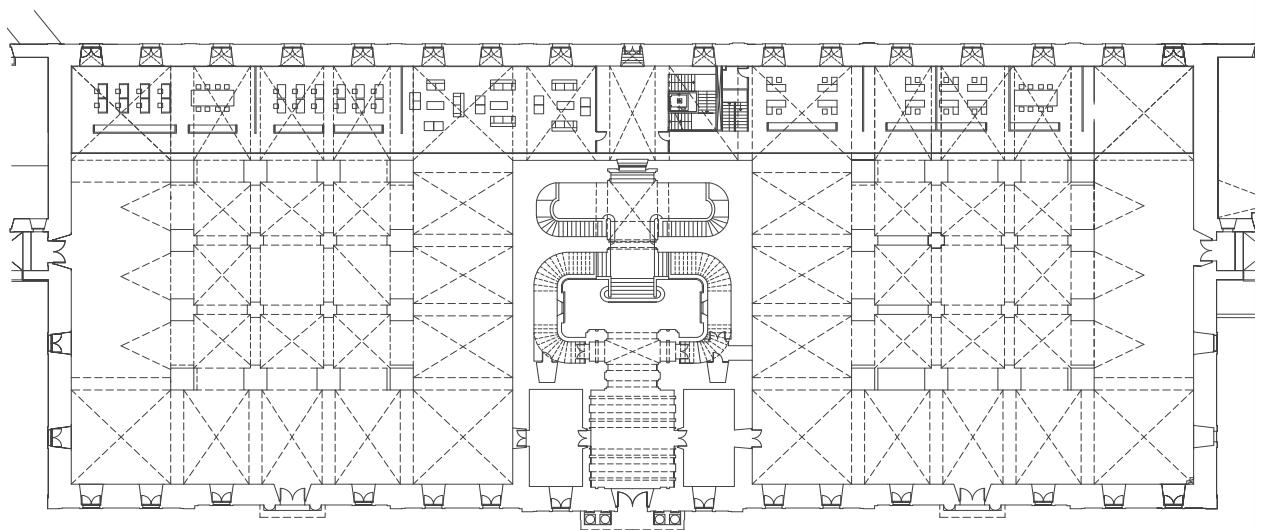
2.1.10. Plano de planta baja previo a la reforma de Iago Seara (2003)



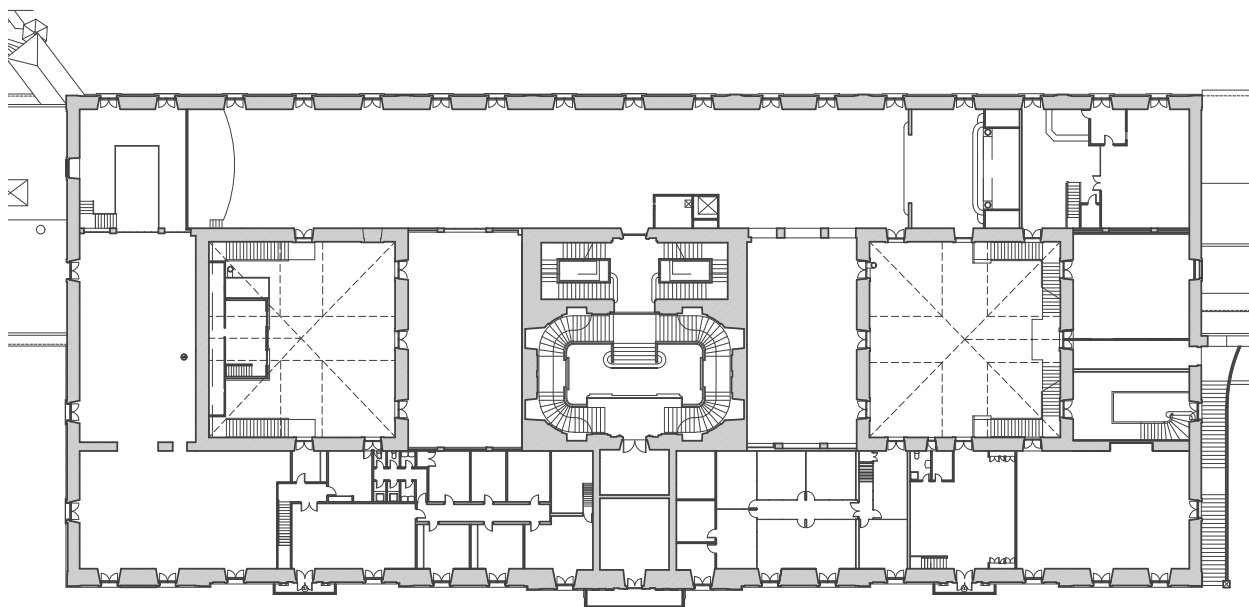
2.1.11. Plano de planta baja posterior a la reforma de Iago Seara (2003)



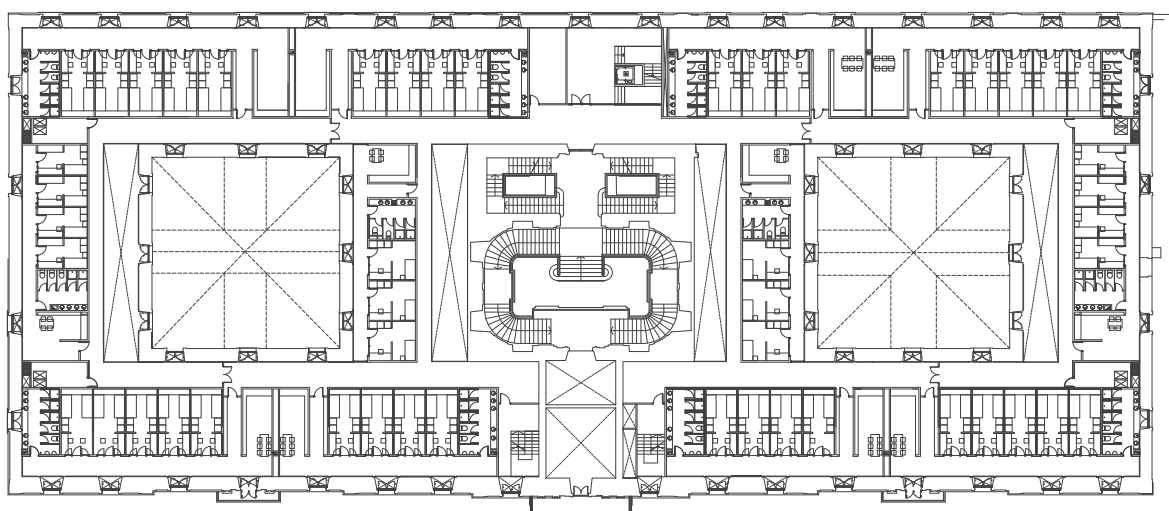
2.1.12. Plano de entre planta baja previa a la reforma de Iago Seara (2003)



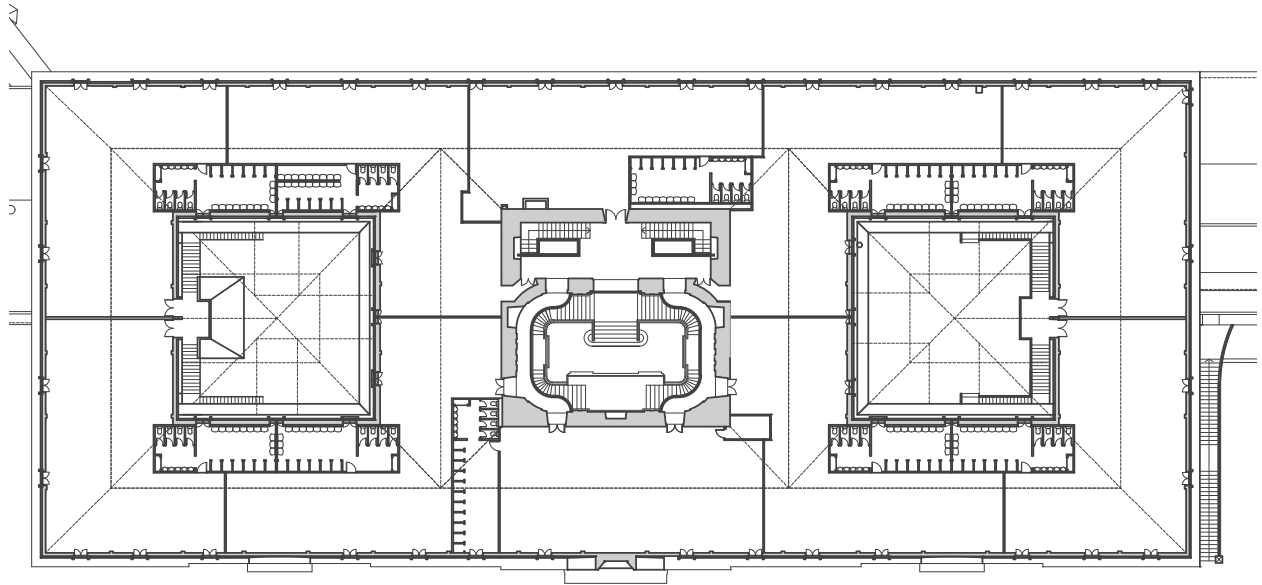
2.1.13. Plano de entre planta baja posterior a la reforma de Iago Seara (2003)



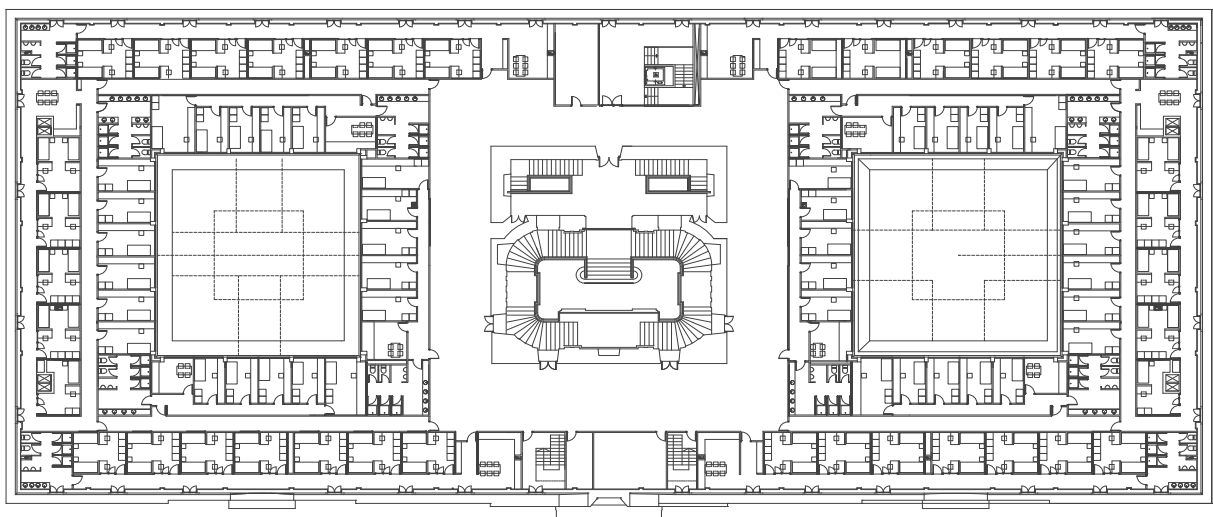
2.1.14. Plano de planta primera y segunda previo a la reforma de Iago Seara (2003)



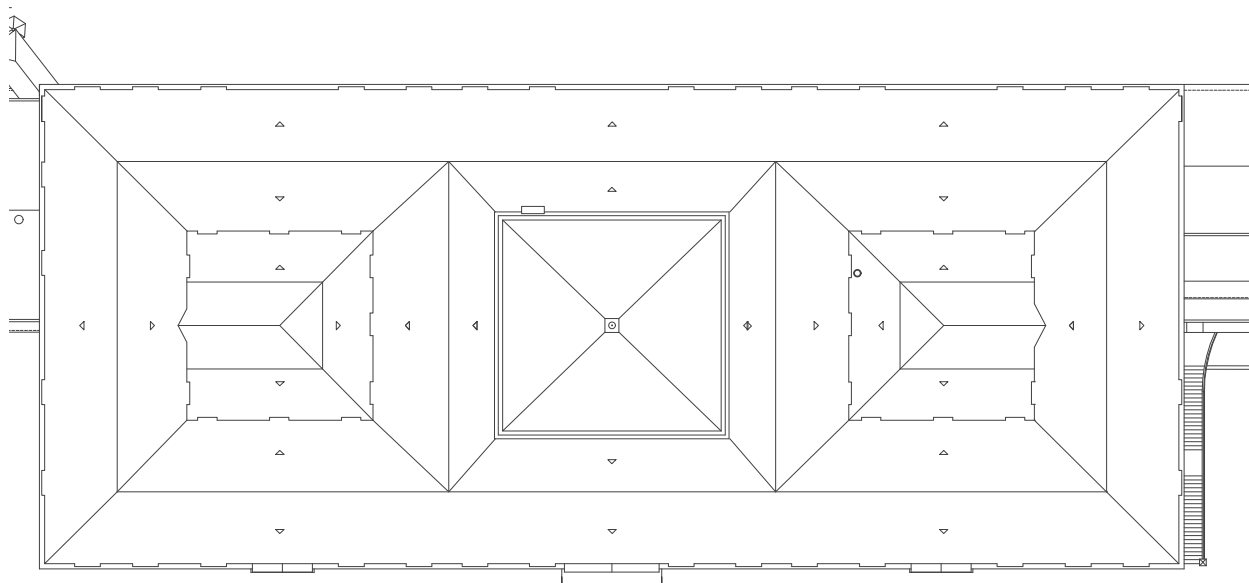
2.1.15. Plano de planta primera y segunda posterior a la reforma de Iago Seara (2003)



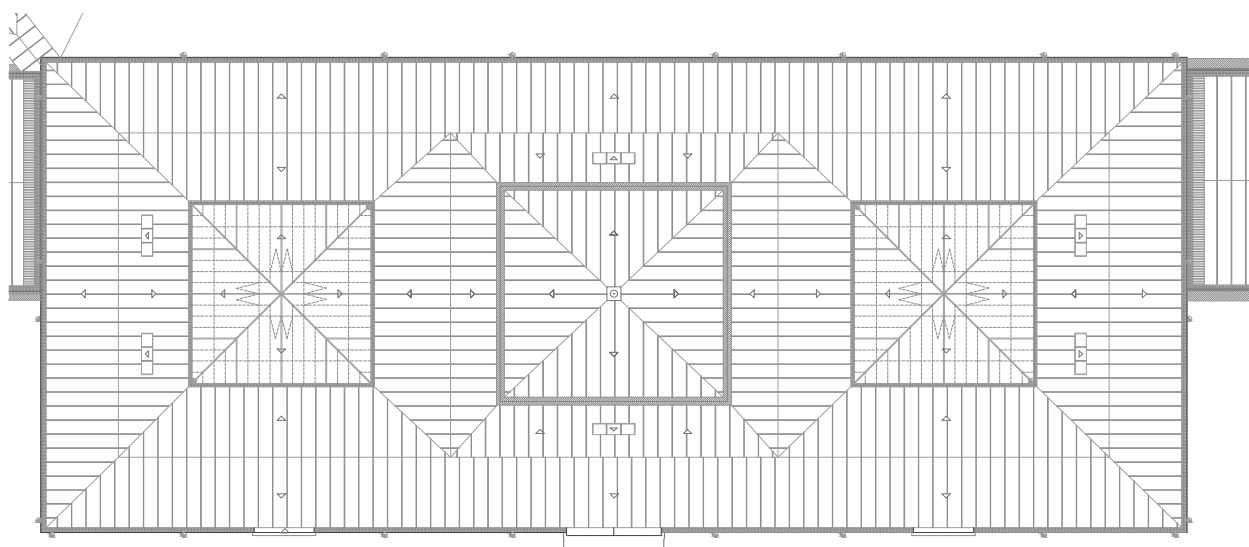
2.1.16. Plano de planta bajo cubierta previo a la reforma de Iago Seara (2003)



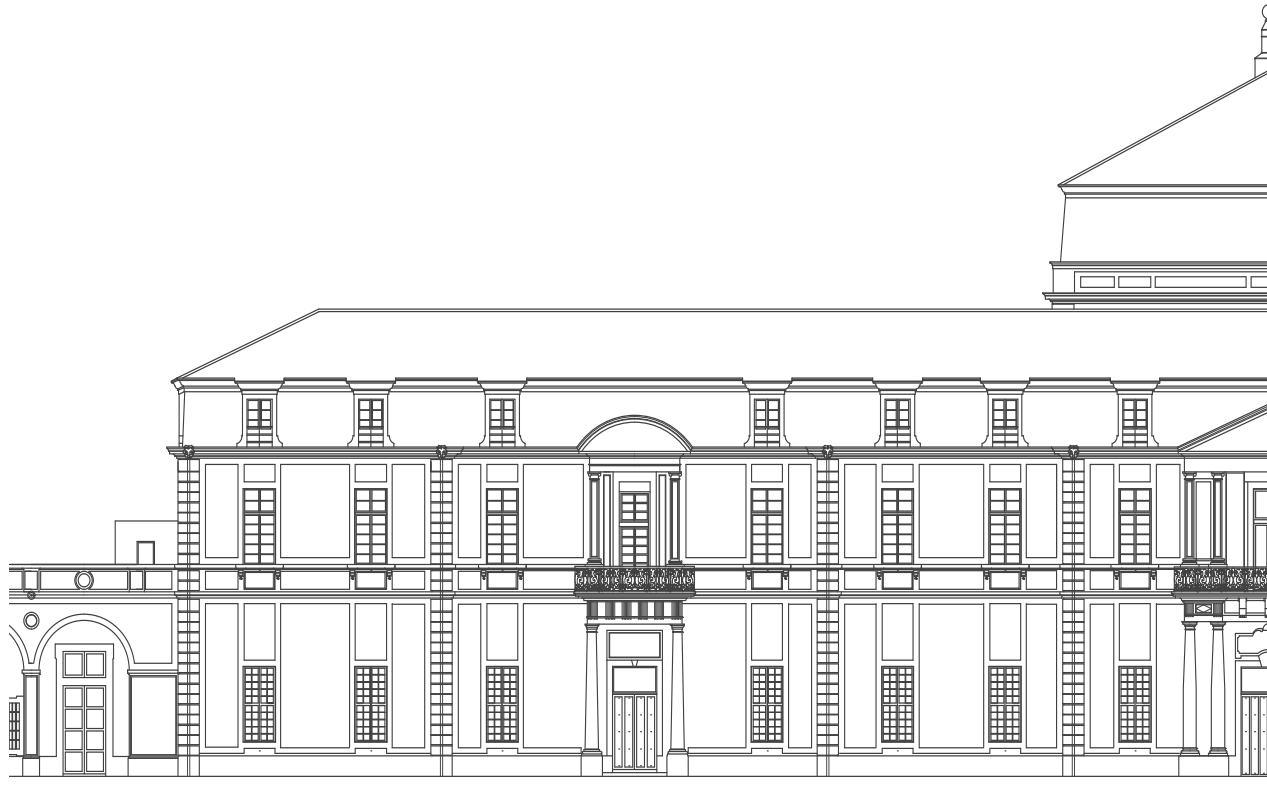
2.1.17. Plano de planta bajo cubierta posterior a la reforma de Iago Seara (2003)



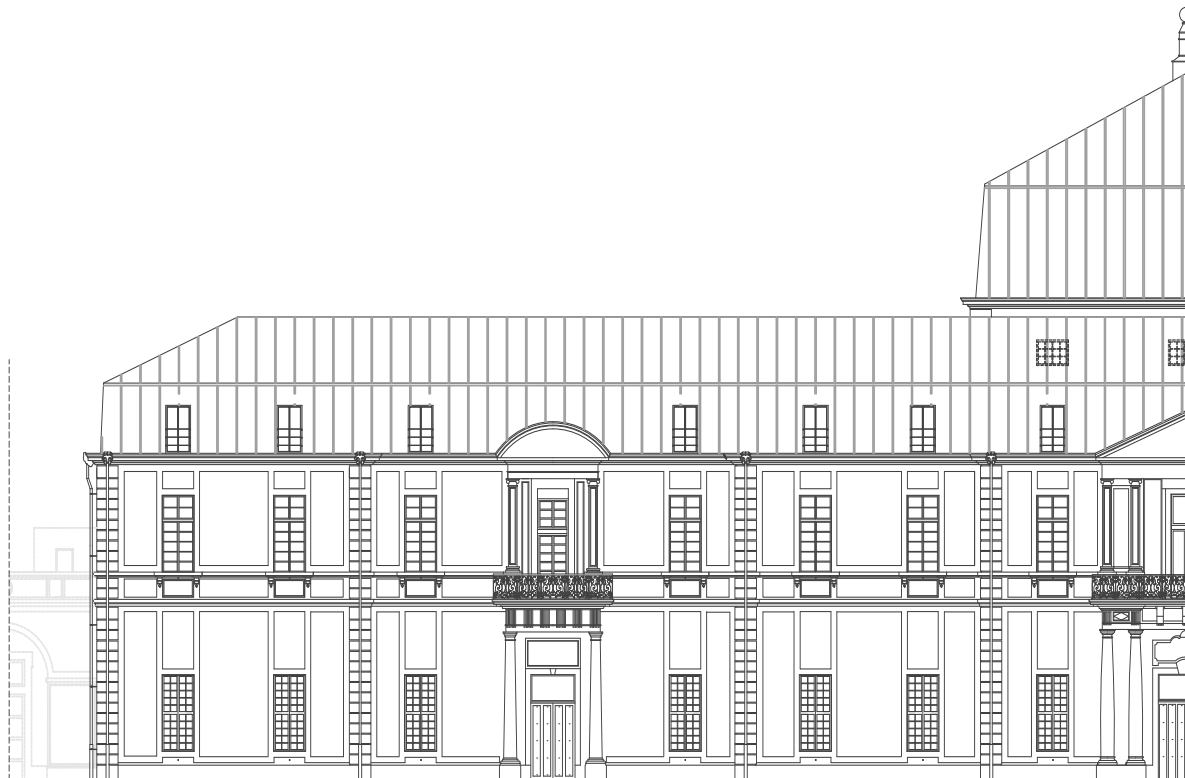
2.1.18. Plano de planta de cubiertas previo a la reforma de Iago Seara (2003)



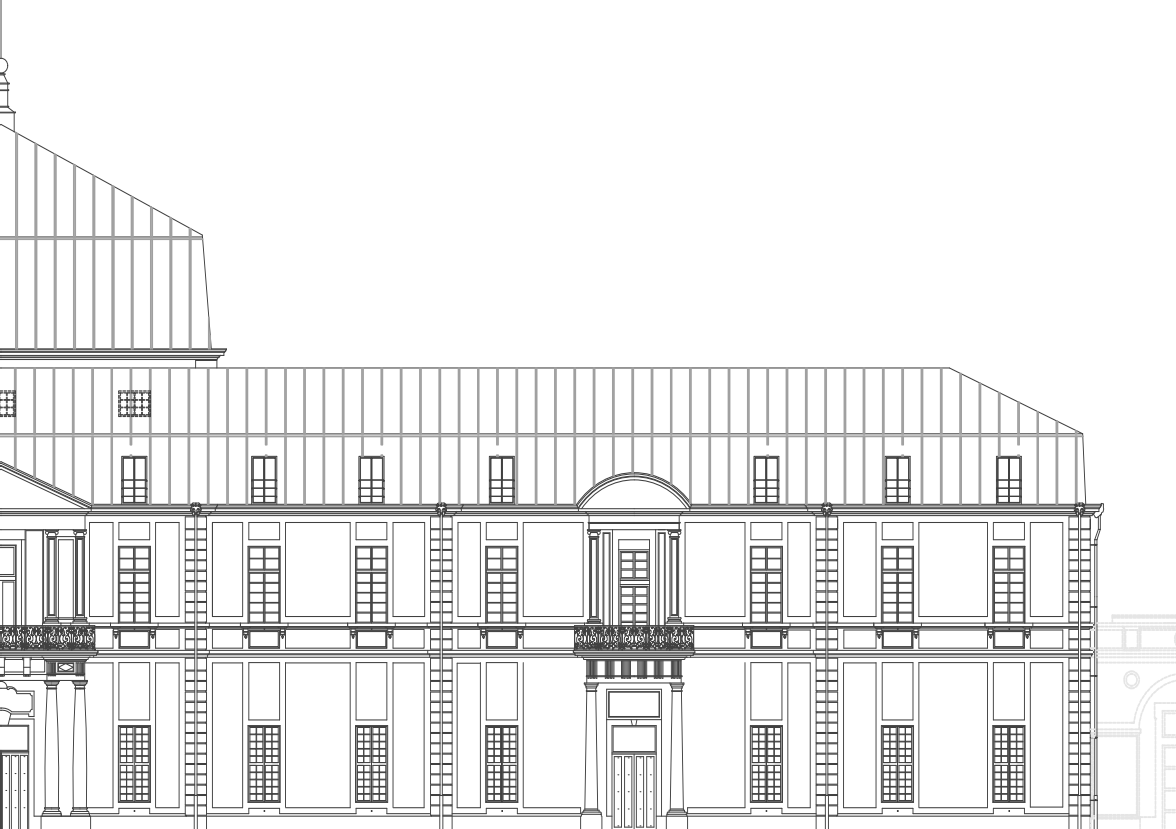
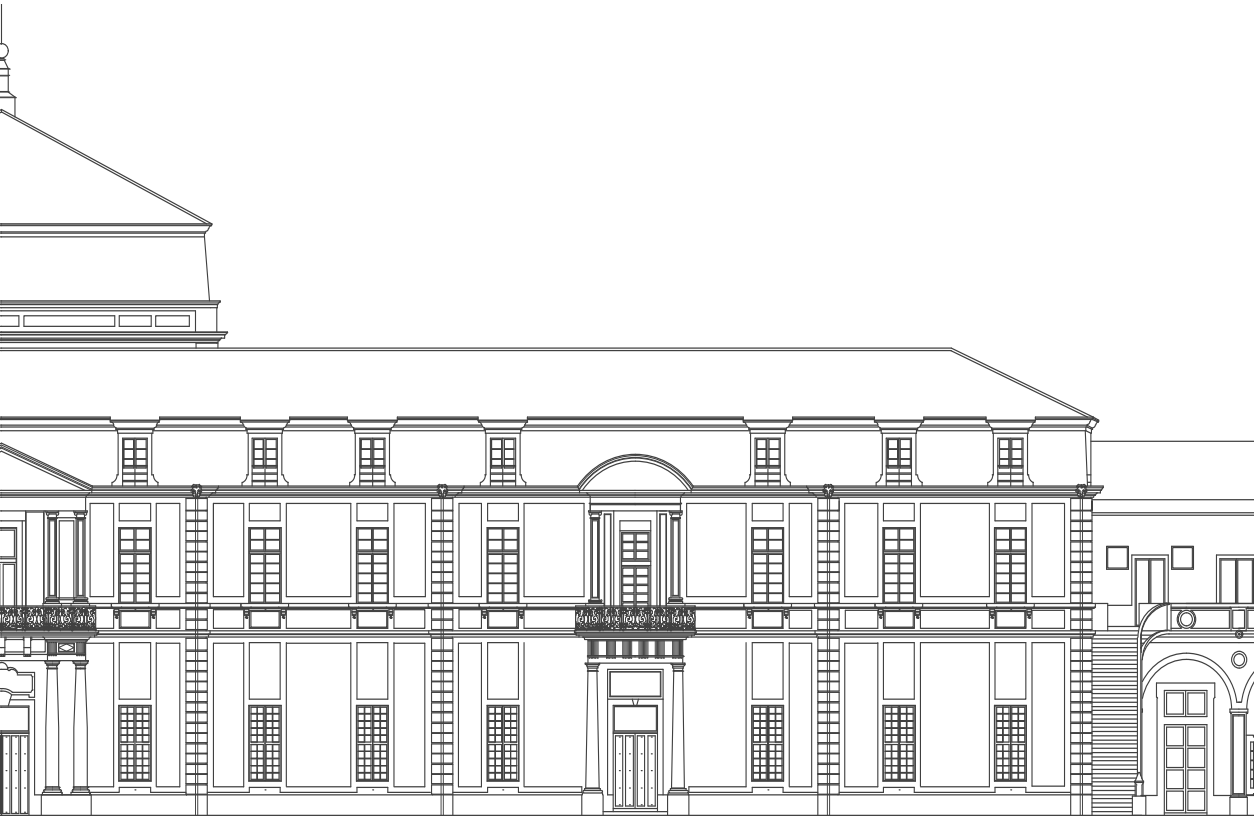
2.1.19. Plano de planta de cubiertas posterior a la reforma de Iago Seara (2003)

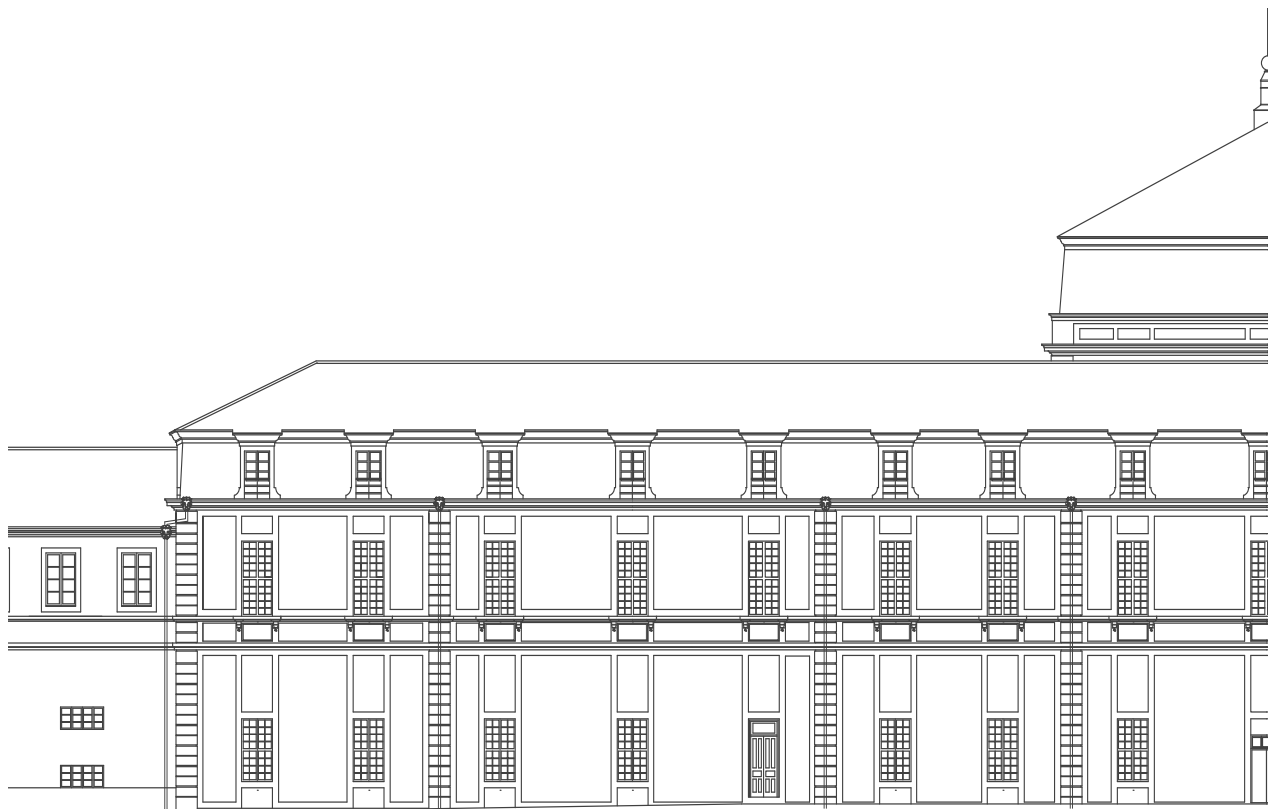


2.1.20. Plano de alzado delantero previo a la reforma de Iago Seara (2003)

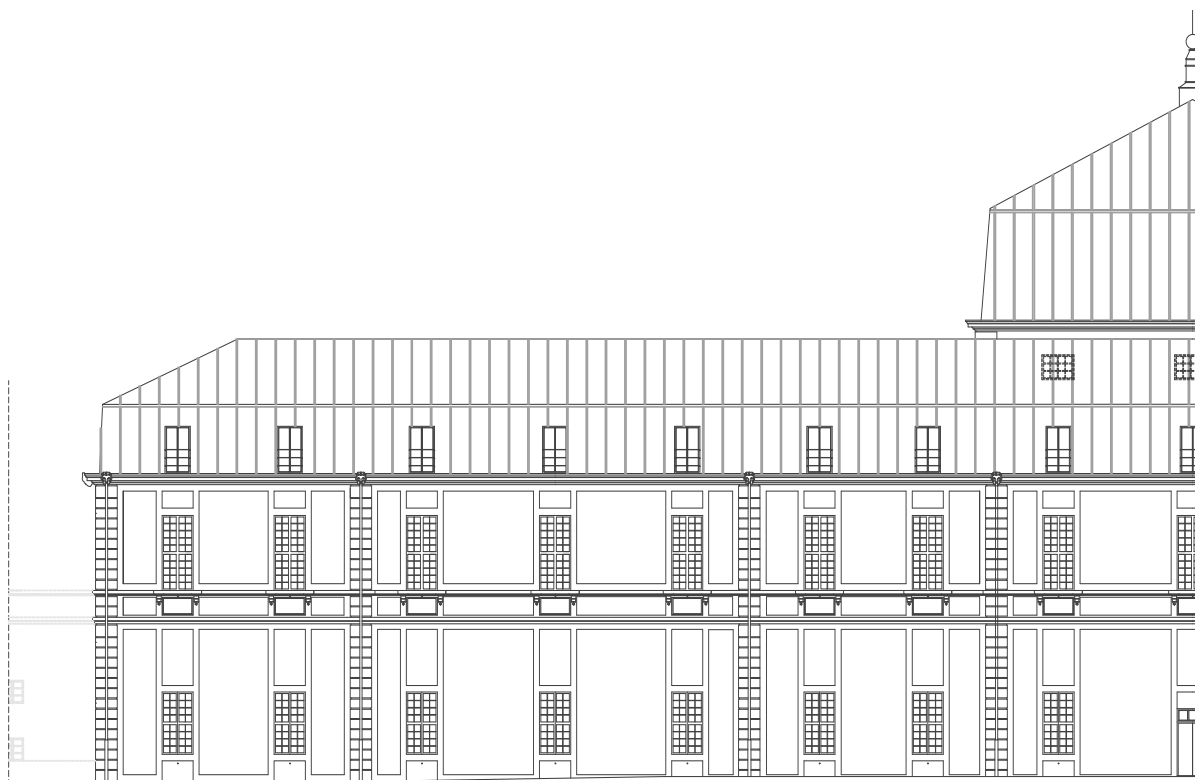


2.1.21. Plano de alzado delantero posterior a la reforma de Iago Seara (2003)

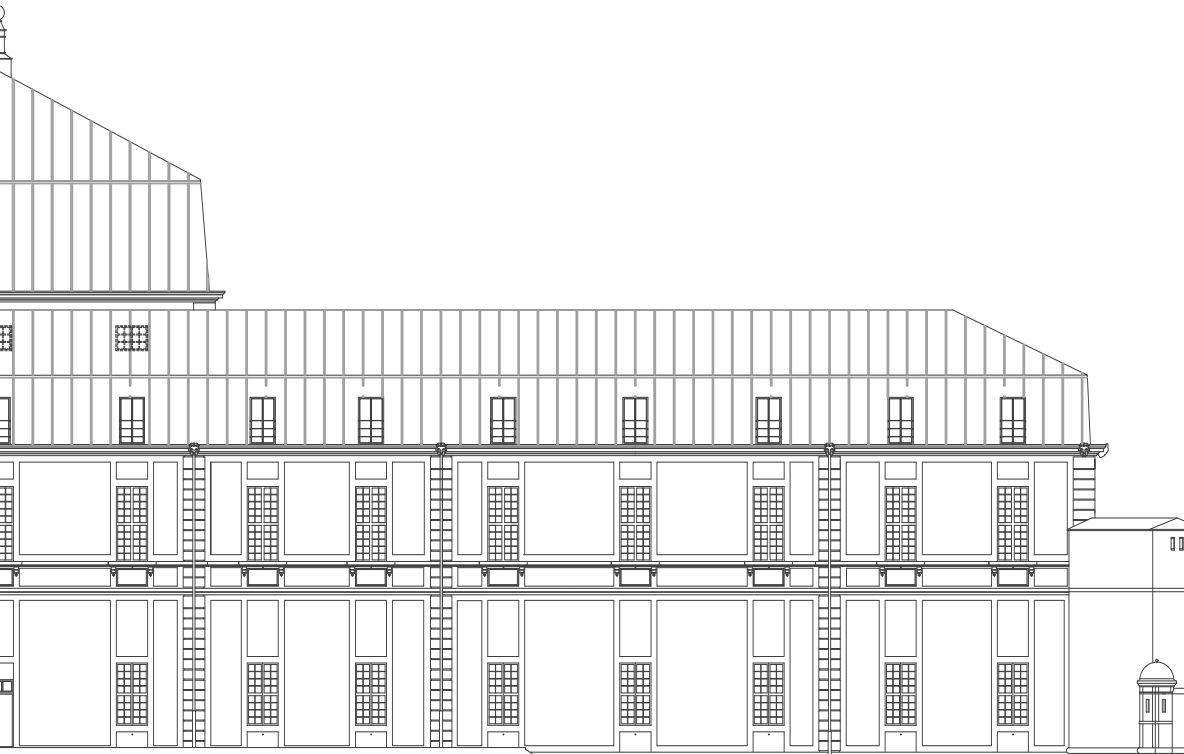
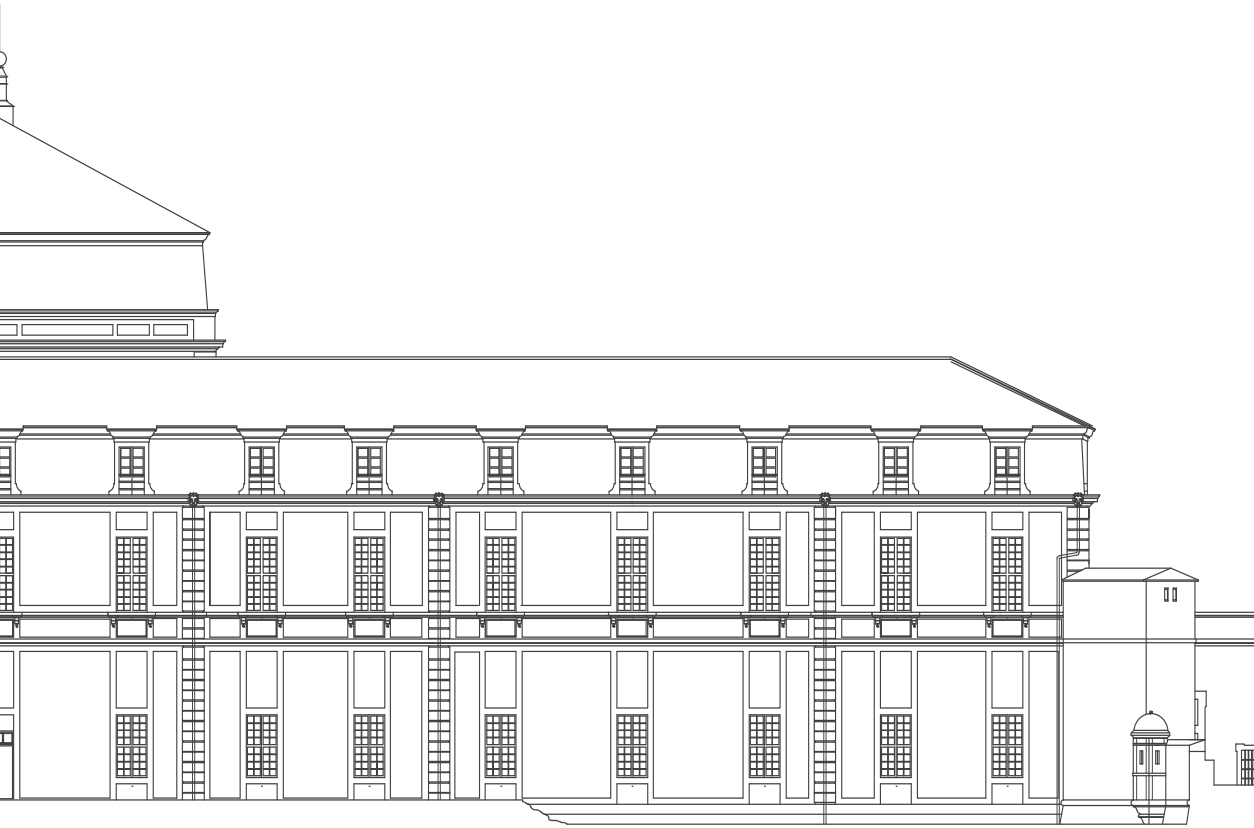




2.1.22. Plano de alzado posterior previo a la reforma de Iago Seara (2003)



2.1.23. Plano de alzado posterior, posterior a la reforma de Iago Seara (2003)

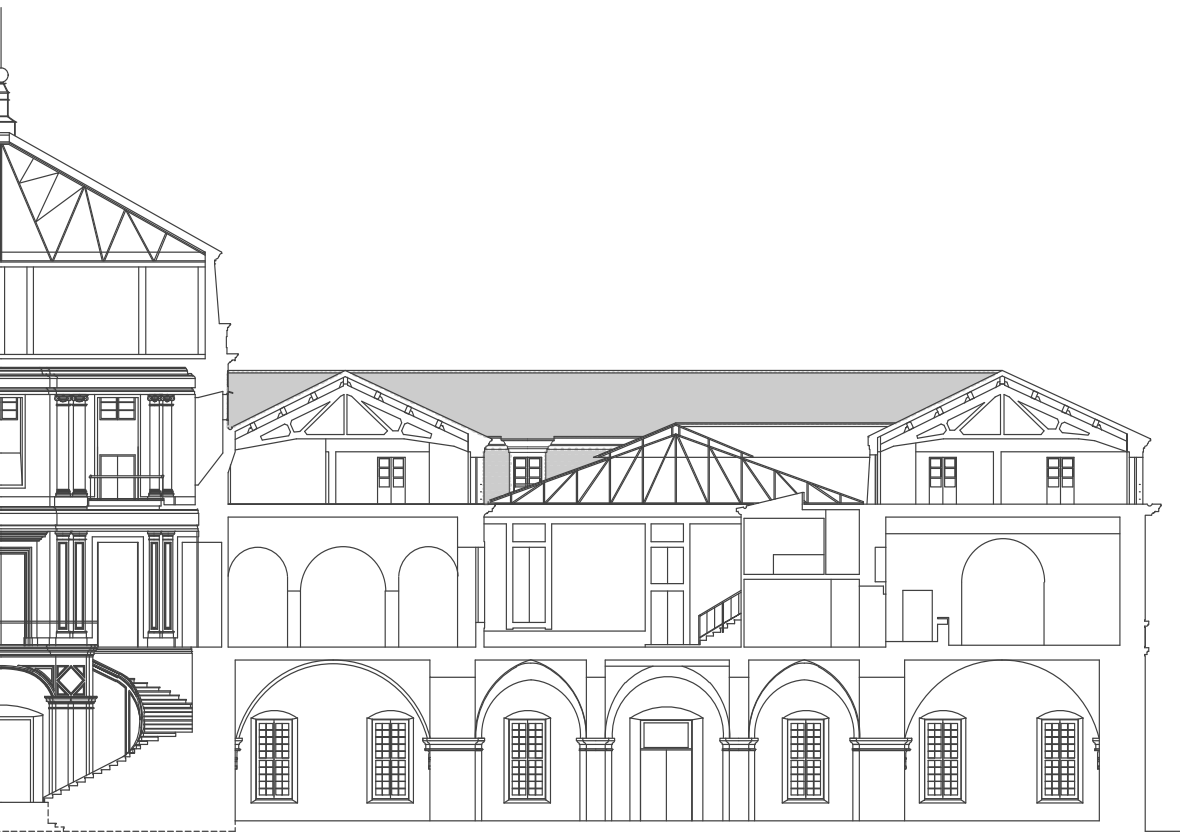


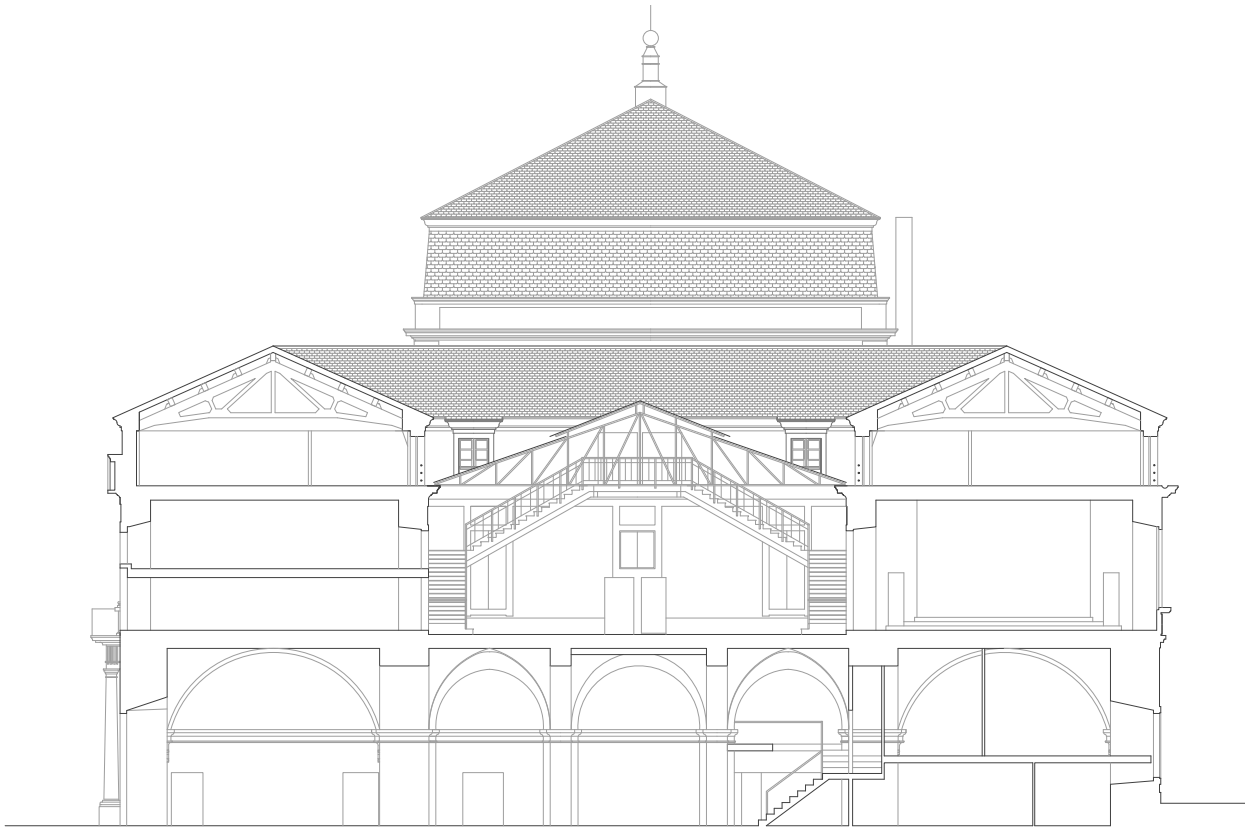


2.1.24. Plano de sección longitudinal previo a la reforma de Iago Seara (2003)

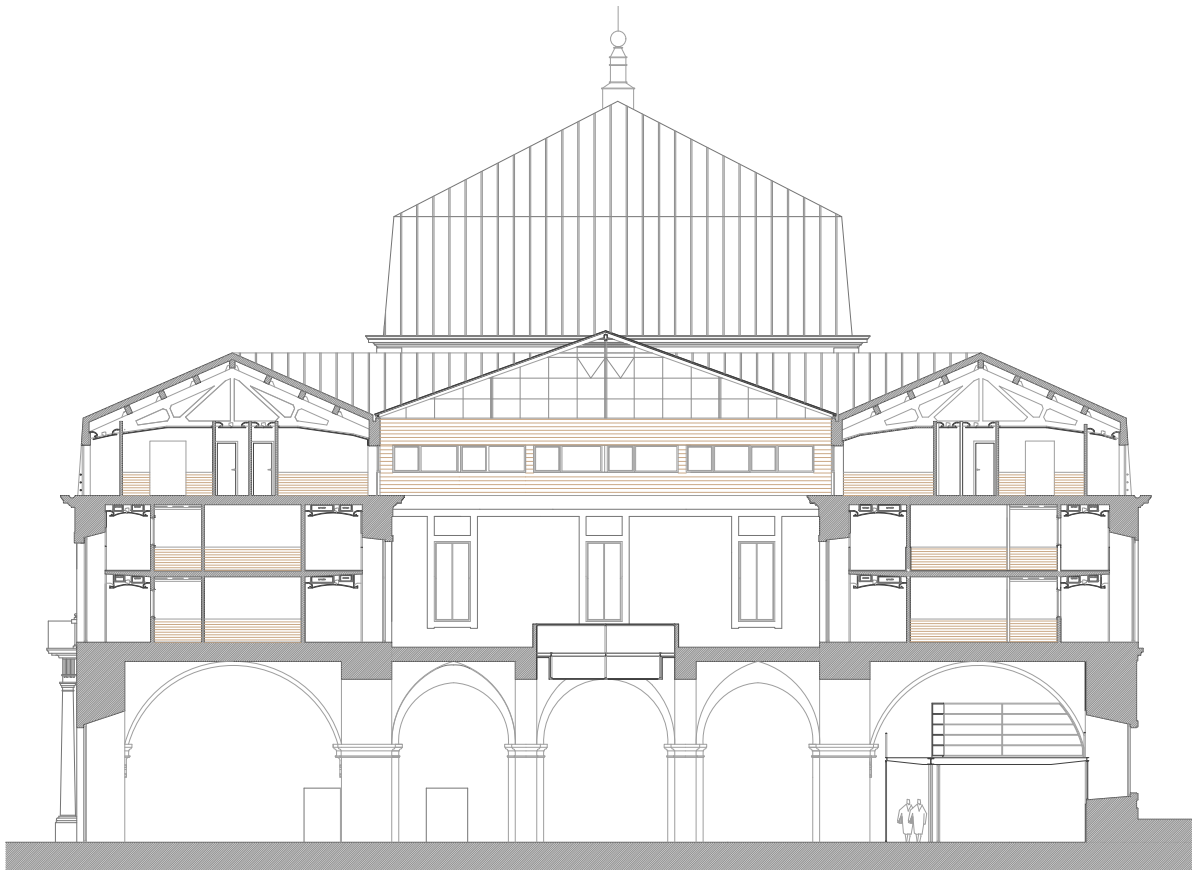


2.1.25. Plano de sección longitudinal posterior a la reforma de Iago Seara (2003)





2.1.26. Plano de sección transversal previo a la reforma de Iago Seara (2003)



2.1.27. Plano de sección transversal previo a la reforma de Iago Seara (2003)

1. Instalaciones de climatización de la Sala de Armas

A partir de la intervención realizada por Iago Seara en 2003, se considera que el edificio cuenta con cuatro plantas sobre rasante. La planta baja se destina, en su parte delantera, a la celebración de eventos, mientras que la zona trasera se utiliza con fines administrativos. Las plantas superiores comprenden la primera planta y el espacio bajo cubierta, distribuyéndose según las necesidades funcionales del edificio.

Los cerramientos son muros exteriores de mampostería de granito de 1,5 m, el acristalamiento responde al tipo "CLIMALIT" 6-4-6 y la cubierta está hecha de placas de zinc sobre forjado de hormigón.

Según la memoria del proyecto para establecer las condiciones interiores de proyecto, se siguió lo prescrito en la IT.1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

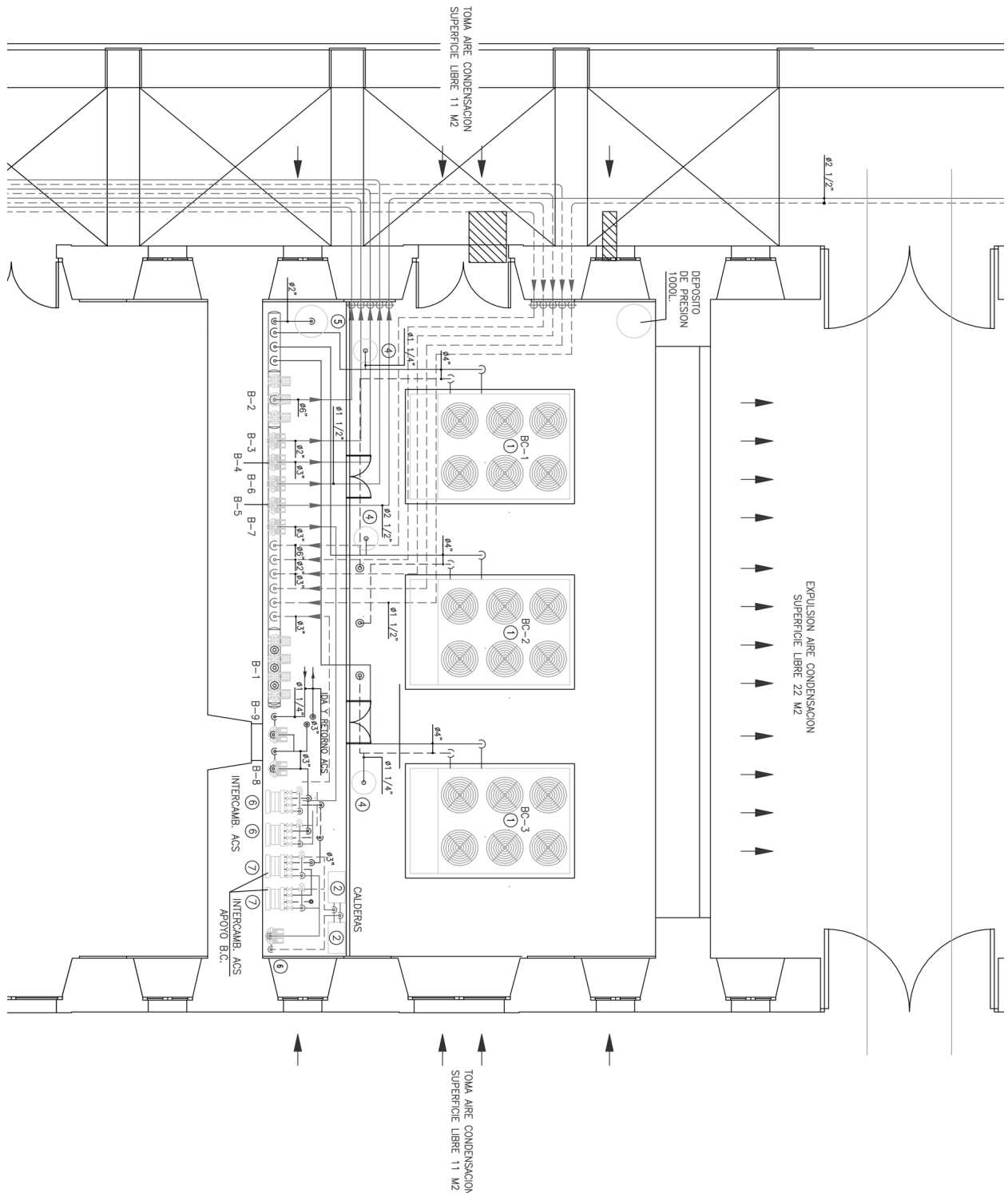
Las condiciones interiores de diseño se fijaron en función de la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje de personas insatisfechas que se quiera obtener.

- Condiciones climatológicas exteriores: El edificio a climatizar se encuentra ubicado según la NBE-CT-79 en la zona W del mapa 2, por lo que las temperaturas de cálculo serán en verano 30°C y en invierno 2°C
- Condiciones climatológicas interiores: De acuerdo con la IT.IC.04.1.1 la temperatura de los locales serán en verano 25°C y en invierno 20°C.

1.1 Sistema de producción general

Toda la producción se centraliza en la sala de calderas y las bombas de calor, que está situada en el edificio contiguo a la Sala de Armas. Esta sala contiene dos calderas y tres bombas de calor que condensan por aire. La necesidad de aire exterior para su buen funcionamiento se resuelve tomando aire desde el exterior y soltándolo por un lateral que es invisible, ya que es un pasillo que siempre está ventilándose. Esto se realiza de esta forma debido a que la superficie necesaria para disipar el calor que producen las maquinas es de 22 m². La fachada original no se puede tocar por lo que se decide abrir ese hueco por ese lateral.

2.1.28. Plano de la sala de calderas de la Sala de Armas





2.1.29. Imagen de la sala de calderas de la Sala de Armas (2025)



2.1.30. Imagen del pasillo de la Sala de Armas (2025)

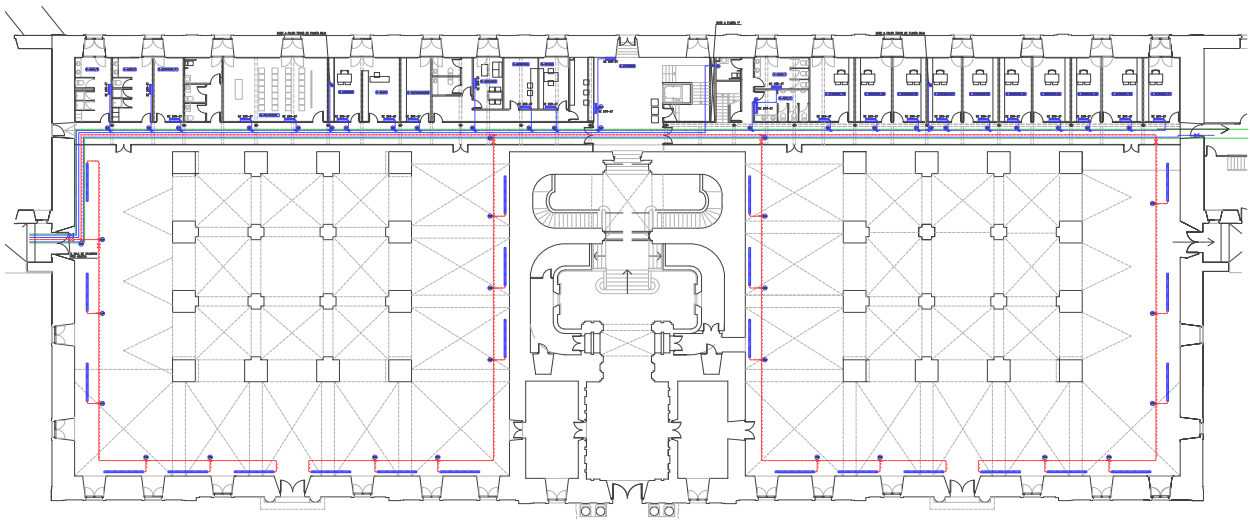
1.1.1 Climatización de planta baja.

La planta baja funciona independiente al resto de plantas, dividiéndose ésta en dos sistemas, uno para la parte delantera diáfana y otro para la posterior. La primera se subdivide a su vez en tres partes: dos espacios articulados en torno a sendos patios y el núcleo central de escaleras. Este último no está climatizado, mientras que los otros dos se calientan con una red monotubular de doce radiadores en cada uno de ellos, también utilizados en la entreplanta.

En la parte de atrás, el espacio se compartimenta en diferentes despachos de oficinas. Cada uno de ellos cuenta con un fan-coil, excepto la zona de recepción, donde se colocan dos unidades. Los fan-coils utilizados son a dos tubos, que sólo permiten una sola opción de temperatura, es decir, o enfrían o calientan.



2.1.31. Imagen de los radiadores de la entreplanta. (2025)



2.1.32. Plano de climatización de la planta baja, reforma de Iago Seara (2003)

1.1.2 Climatización de plantas superiores.

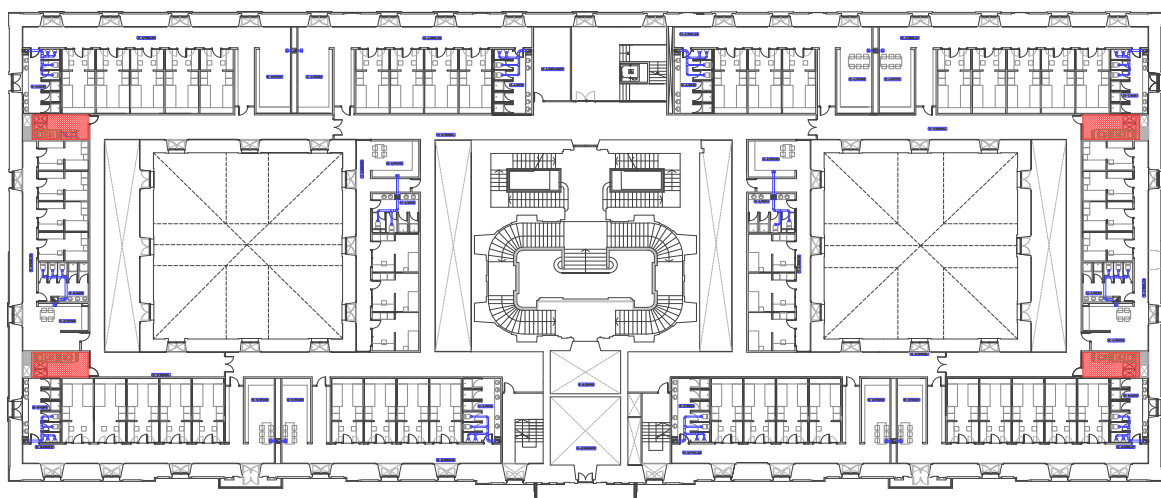
Las plantas superiores funcionan con un sistema de climatización todo aire, que funciona mejor para espacios diáfanos y dificulta un tratamiento individualizado de la temperatura de cada estancia.

La planta primera y la entreplanta tienen cuatro unidades de tratamiento de aire situadas de forma simétrica en los laterales del edificio.

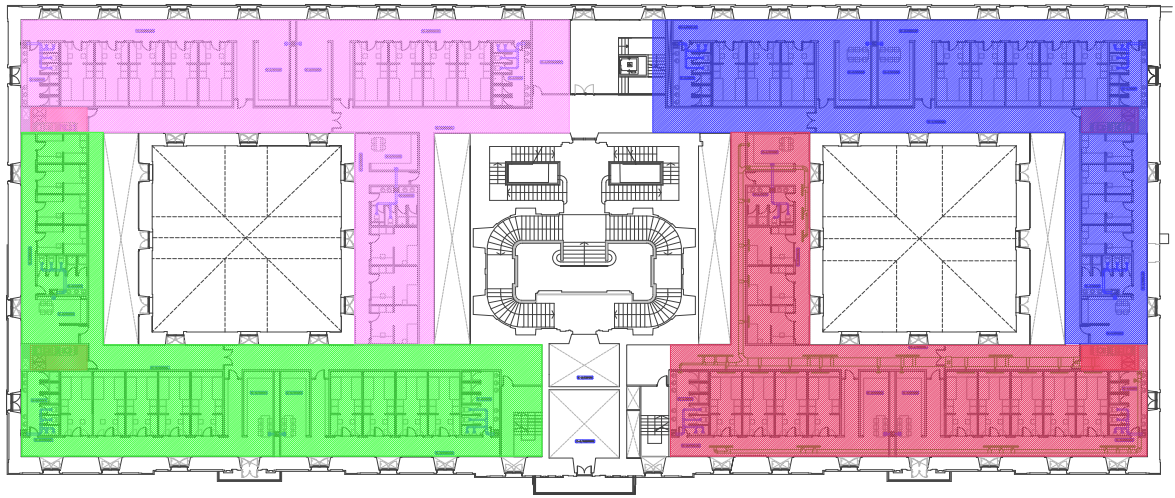
Cada una de estas unidades de tratamiento de aire climatiza una cuarta parte de la planta, realizando la impulsión mediante una red de conductos y rejillas por la zona de estudio y la extracción por la parte del dormitorio. Los pasillos de cada módulo también están climatizados y en los baños existe extracción, pero que funciona de forma independiente



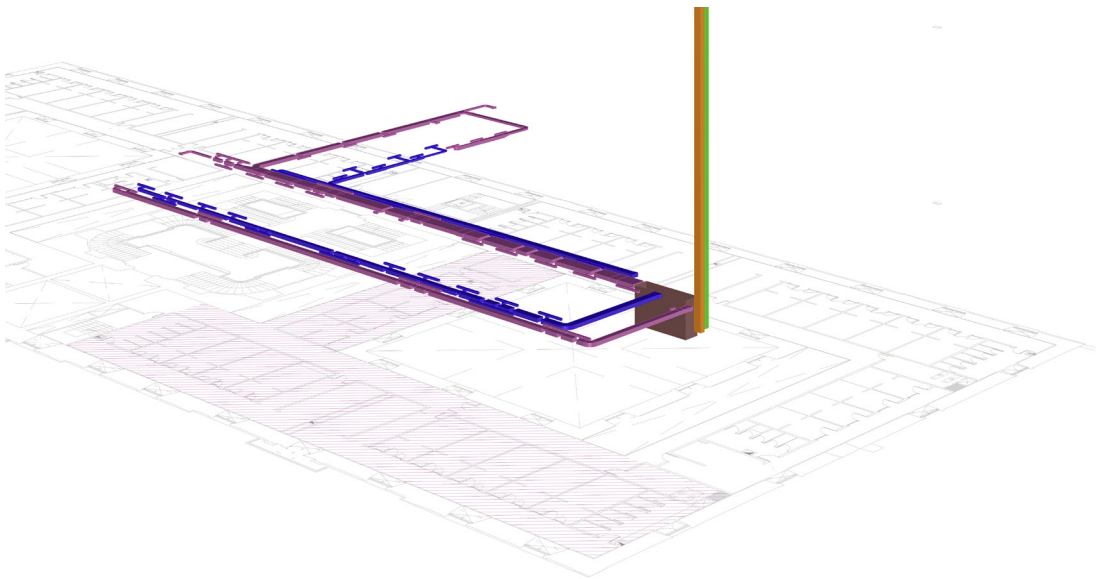
2.1.33. Imagen de una unidad de tratamiento de aire de la planta primera. (2025)



2.1.34. Plano de distribución de las unidades de tratamiento de aire de la planta primera y segunda, reforma de Iago Seara (2003)

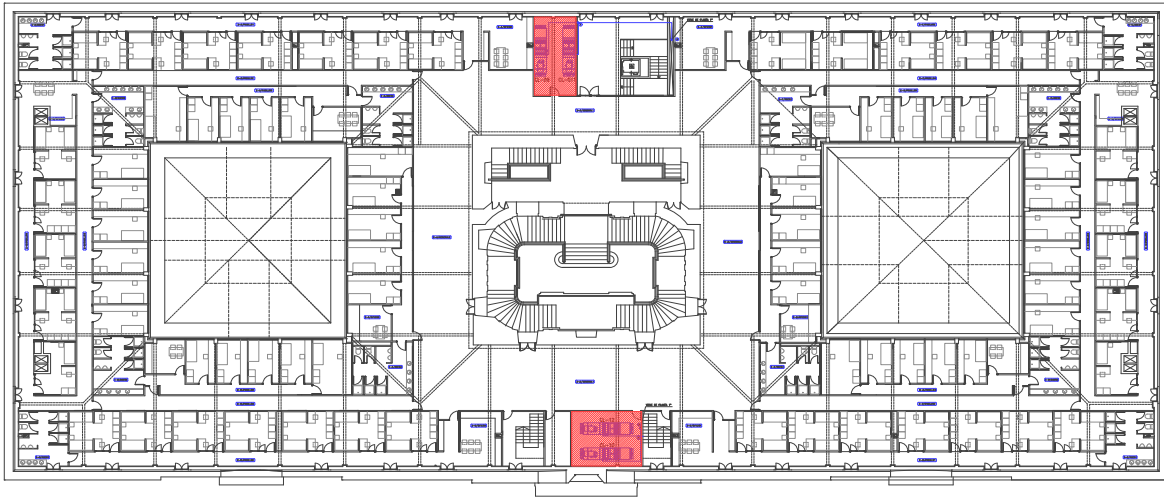


2.1.35. Plano de los cuatro módulos de la primera y segunda planta, reforma de Iago Seara (2003)

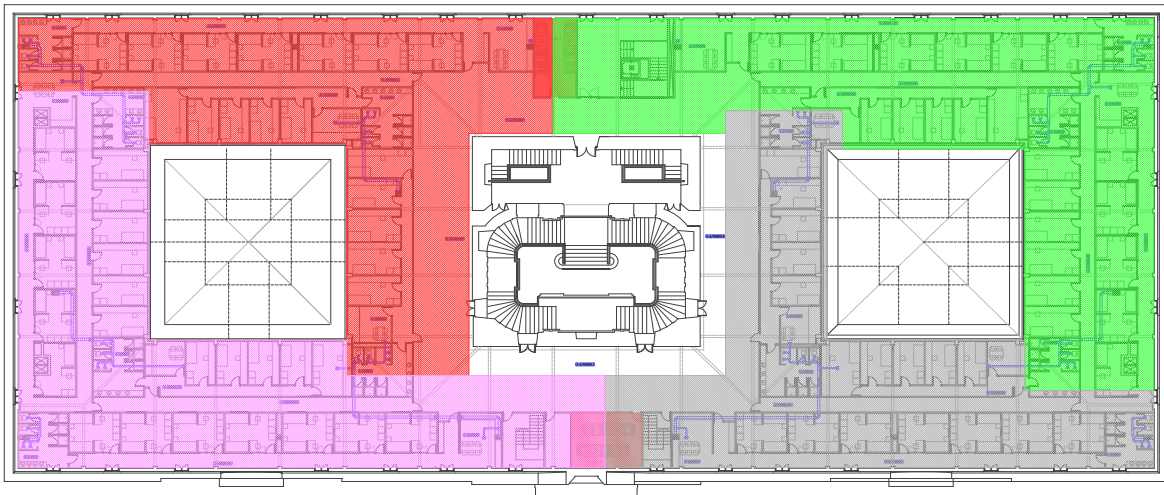


2.1.36. Plano de la distribución de un módulo de planta primera, reforma de Iago Seara (2003)

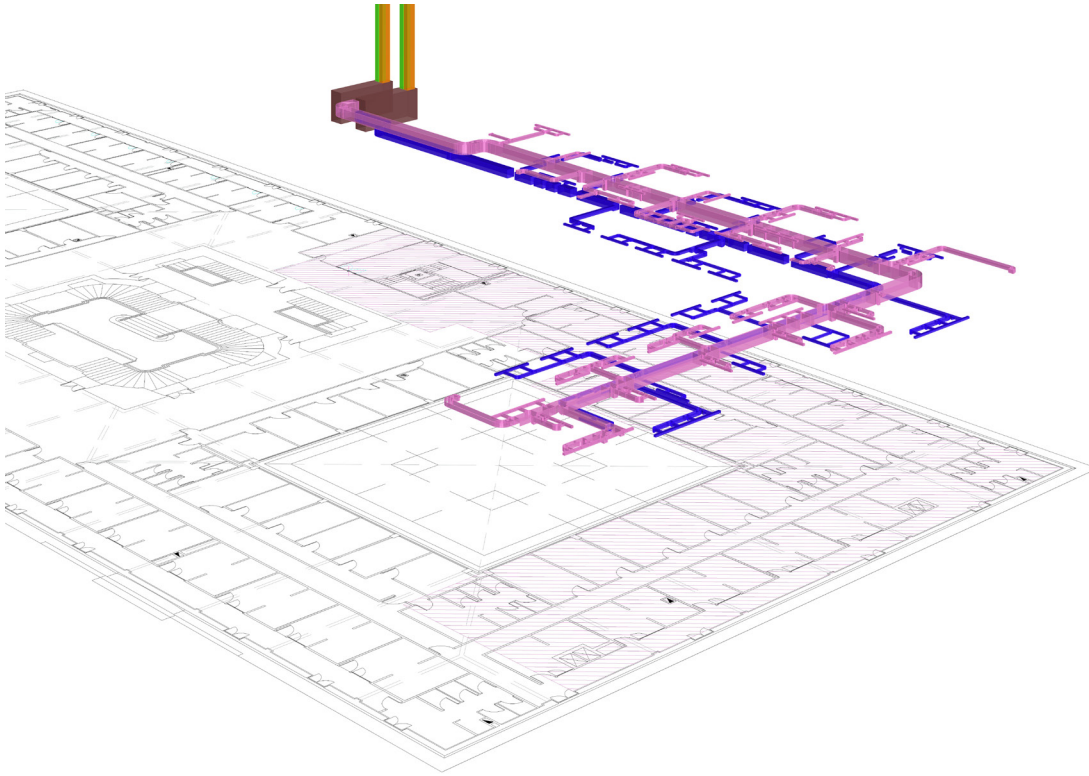
La planta bajo cubierta funciona de la misma forma que las otras plantas, pero esta vez, las unidades de tratamiento de aire estarán situados en el eje central, dividiéndose dos a cada lado y por módulos. En esta planta el aire también se impulsa desde las zonas de estudio y se extrae por los dormitorios



2.1.37. Plano de distribución de las unidades de tratamiento de aire de la planta bajo cubierta, reforma de Iago Seara (2003)



2.1.38. Plano de los cuatro módulos de la planta bajo cubierta, reforma de Iago Seara (2003)



2.1.39. Plano de uno de los módulos de la planta bajo cubierta, reforma de Iago Seara (2003)

Todas las unidades de tratamiento de aire realizan la admisión y la extracción del aire por la cubierta; de esta forma, serán invisibles desde el exterior y no habrá que modificar la fachada. Es cierto que, para conseguir esto, el recorrido es más complicado y obliga a realizar quiebros en el trazado de los conductos al llegar a la zona del bajo cubierta, tal y como se observa en los esquemas adjuntos.

1.1.1 Conclusiones parciales

Aspectos positivos:

- Rehabilitación respetuosa con el edificio original, manteniendo su volumetría y estructura sin intervenir agresivamente.
- Se ha logrado una integración estética y funcional de las instalaciones de climatización sin alterar fachadas ni estructuras visibles.
- La cubierta de zinc y los sistemas de climatización permiten compatibilizar el uso moderno (Residencia Balandra) con la conservación patrimonial.
- Ejemplo de adaptación de un edificio histórico a usos logísticos y residenciales actuales.

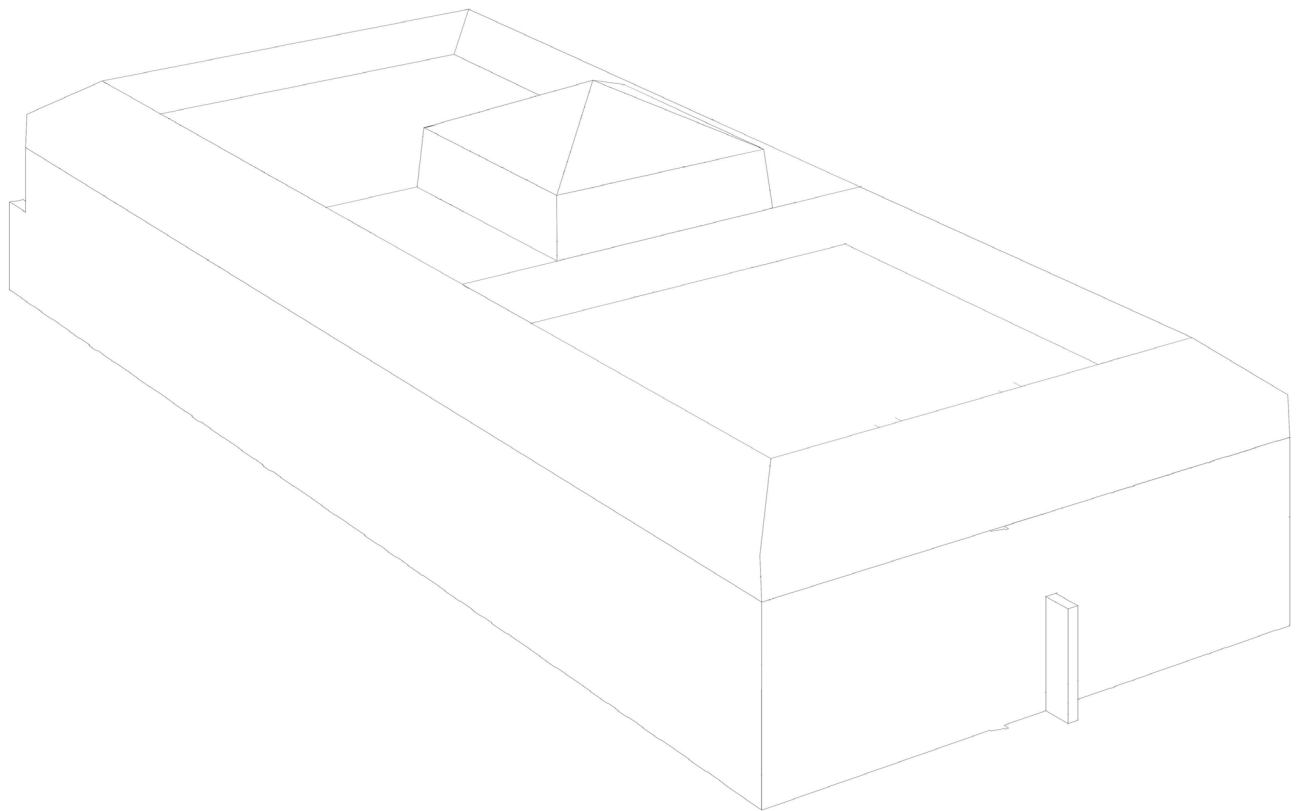
Aspectos negativos:

- El sistema de climatización no permite el control individualizado por habitaciones, lo cual puede reducir el confort.

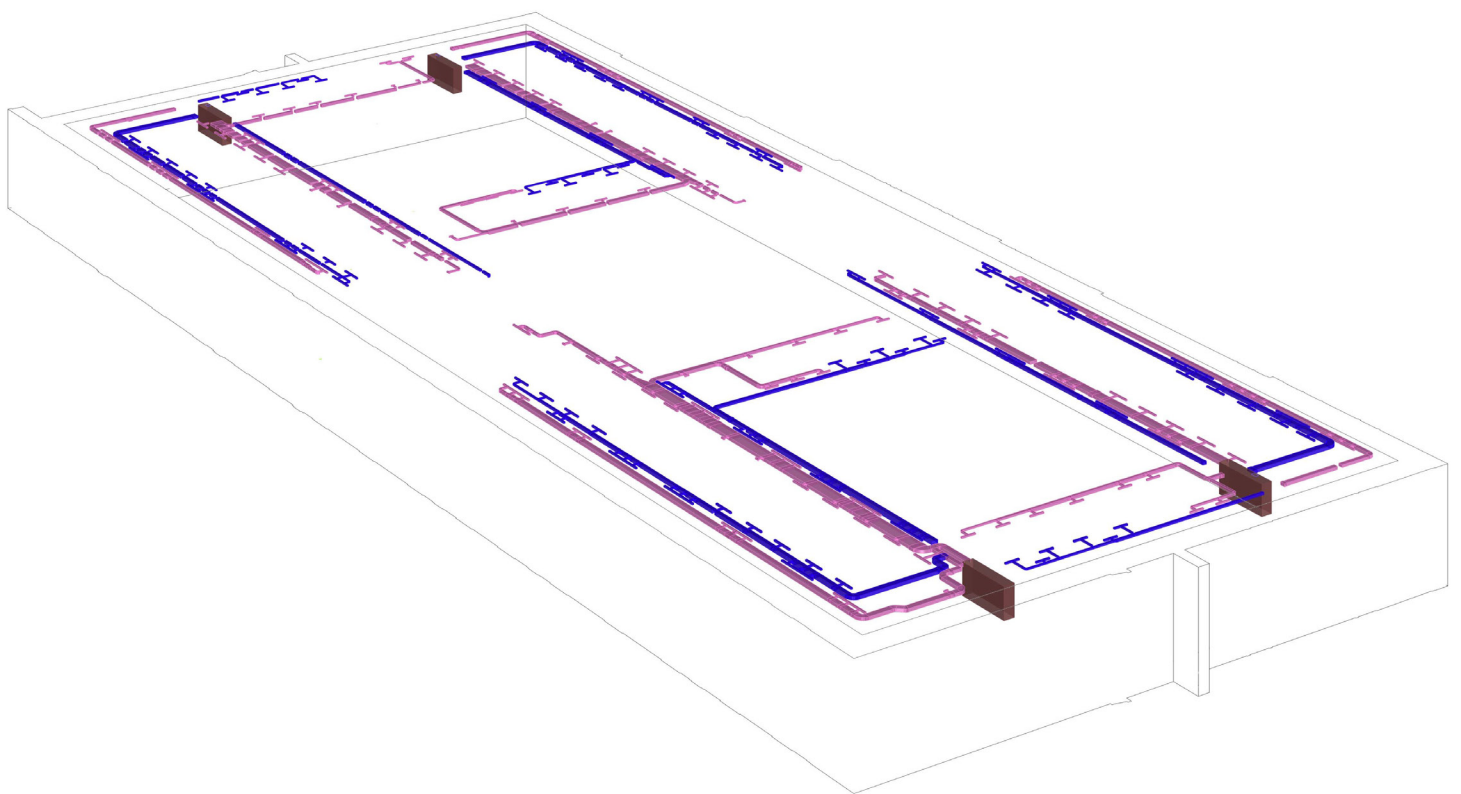
- Las modificaciones del siglo XX, especialmente la cubierta de hormigón, supusieron una pérdida irreparable de elementos originales (mansarda de madera).
- La ventilación natural, aún presente en la planta baja, no cumple la normativa actual.
- El sistema, en su momento, era tan avanzado que cayó en desuso por desconocimiento de los que habitaban el lugar en el momento de la rehabilitación.



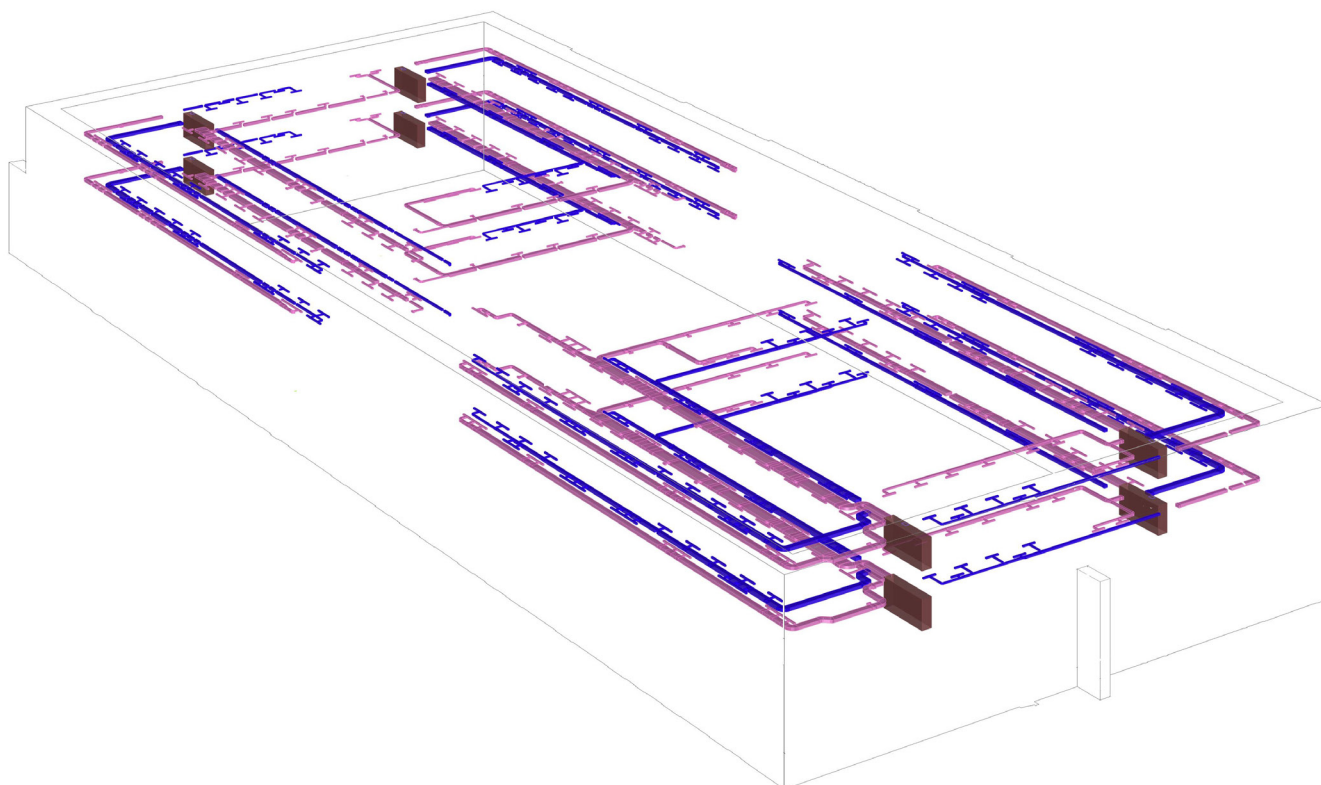
2.1.40. Imagen de los radiadores de la entreplanta. (2025)



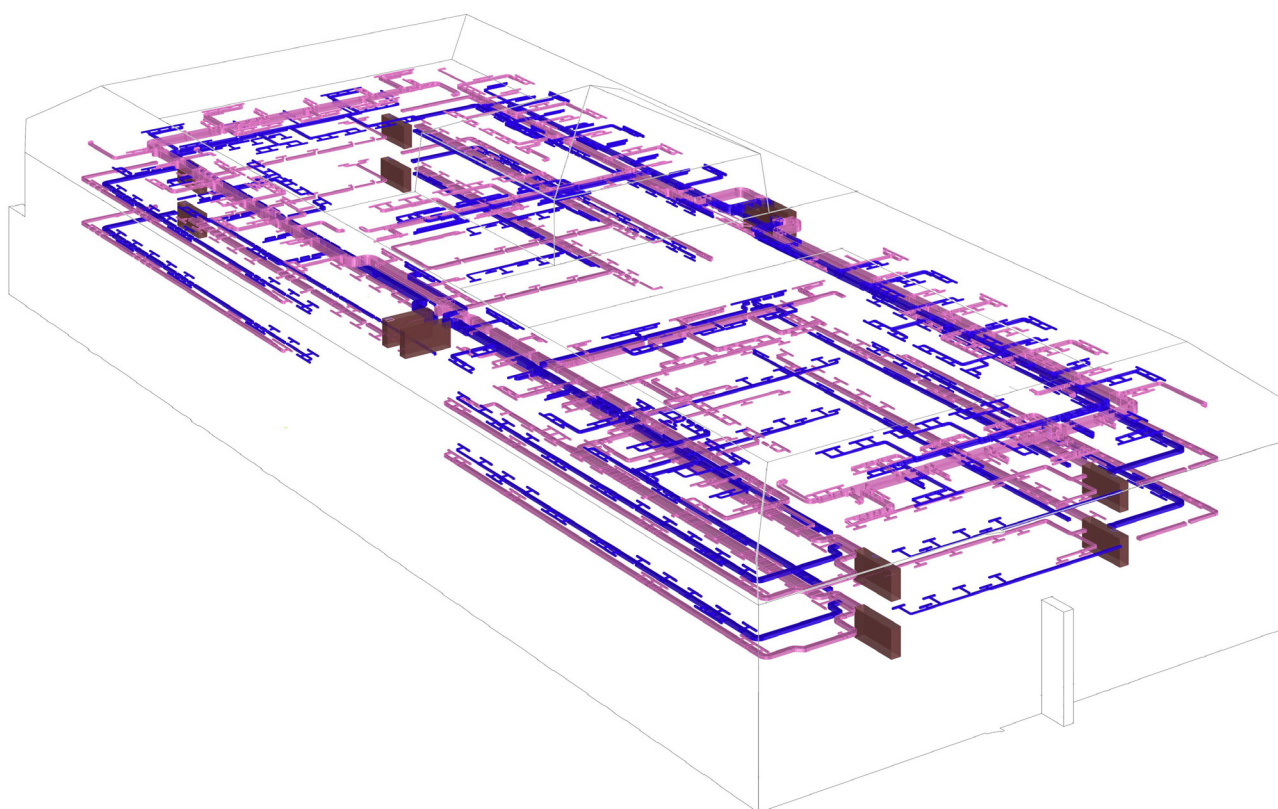
2.1.41. Plano de la volumetría general de la Sala de Armas



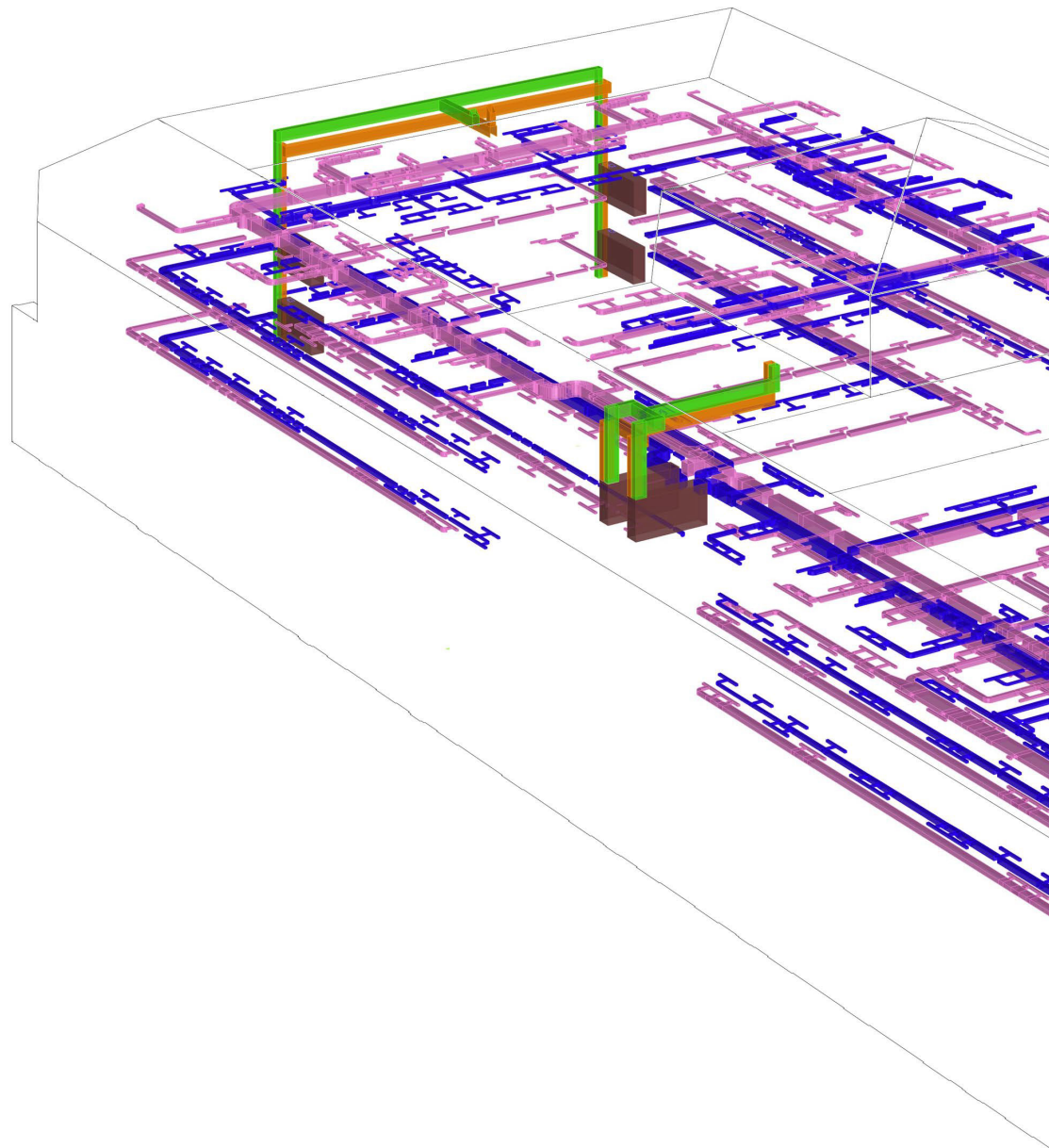
2.1.42. Plano de la volumetría general de la Sala de Armas



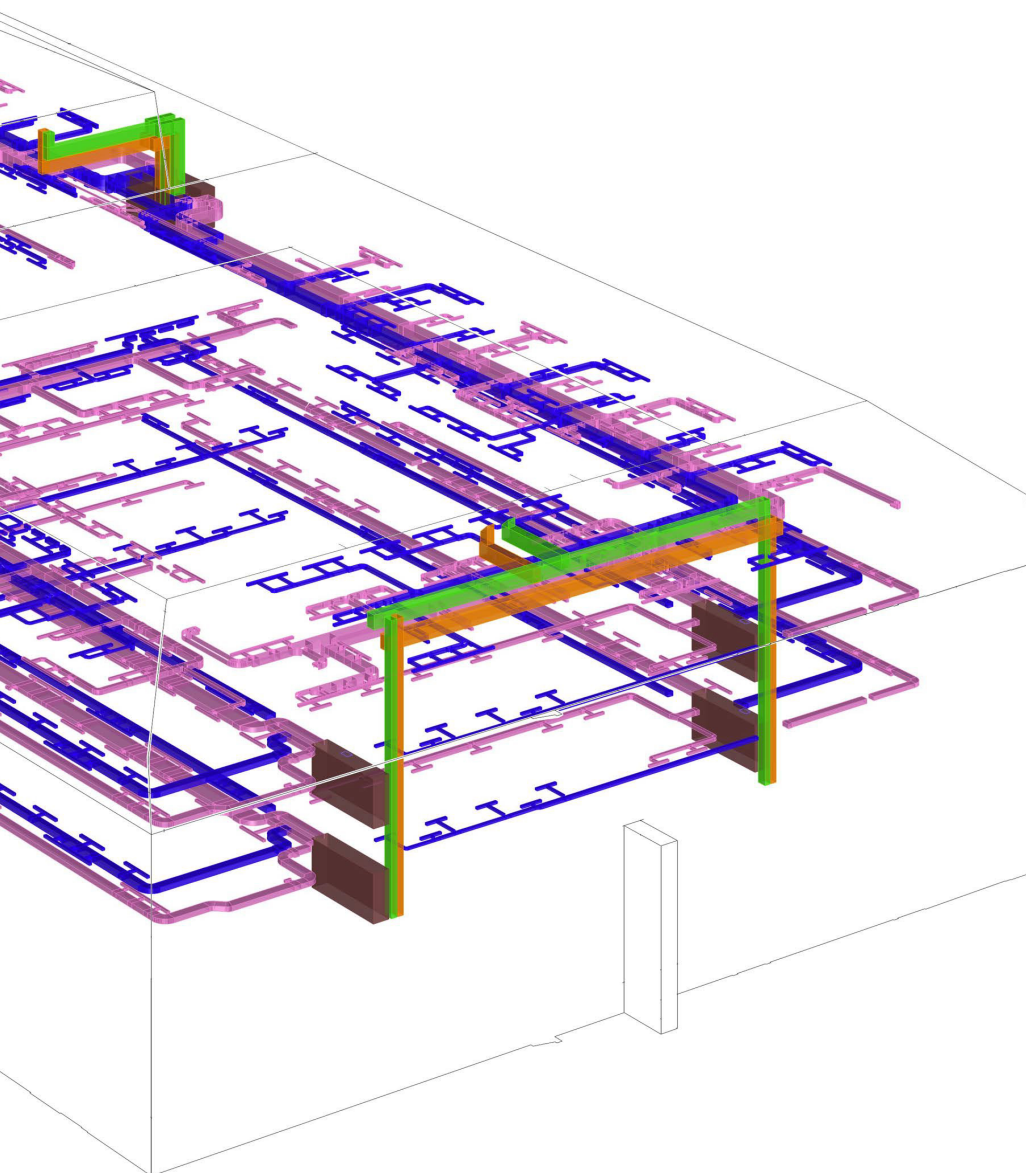
2.1.43. Plano de la volumetría general de la Sala de Armas



2.1.44. Plano de la volumetría general de la Sala de Armas



2.1.45. Plano de las instalaciones de climatización de la Sala de Armas



2.2 Cuartel de la Punta del Martillo

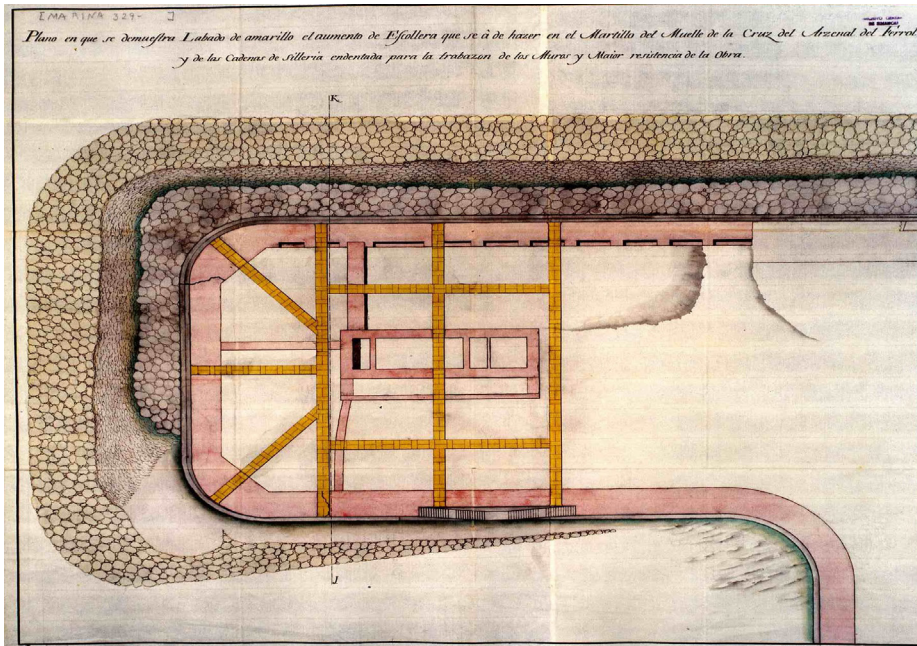
El Cuerpo de Guardia de la Batería de la Cortina es una construcción militar diseñada en el siglo XVIII para proteger el único acceso por mar a las dársenas del Arsenal. El área de vigilancia que le correspondía abarcaba, hacia el exterior, toda la línea de “cortina” realizada sobre el dique de abrigo, y hacia el interior, todo el muelle oeste de la dársena. La defensa terrestre quedaba asegurada por la muralla, el foso y los cuerpos de guardia situados en las puertas de acceso, por lo que su función era fundamentalmente defensiva y complementaria respecto al resto de cuerpos de guardia que se repartían la vigilancia del Arsenal. Esta edificación, que conserva en la actualidad gran parte de su función original, responde al modelo tipológico propuesto por Belidor y más tarde recogido por el tratadista inglés John Muller para los cuerpos de guardia del siglo XVIII.



2.2.1 Grabado del Arsenal de Ferrol (1850)

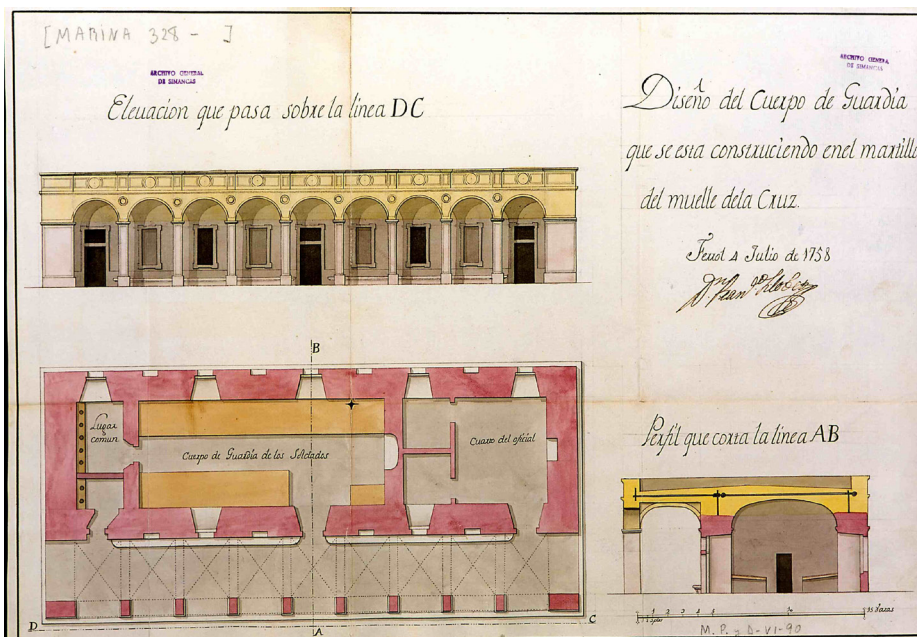
Aunque su construcción se realizó algunos años después de estos almacenes, el edificio incorpora ciertos avances técnicos, especialmente en el sistema de sostenimiento de las bóvedas, donde se rebajan los arcos para ocultar los tirantes de refuerzo. Su diseño responde claramente a la arquitectura militar de su época, con una fachada de traza académica similar a la de los almacenes de artillería del Arsenal. Destacan en ella el soportal corrido con columnas de pilares cajeados y arcos de medio punto, que soportan un antepecho decorado con metopas circulares, así como las gárgolas en forma de cañón y los cuatro pináculos en las esquinas.

Este diseño refleja una clara voluntad de integrarse armónicamente en el conjunto arquitectónico del Arsenal, dotado de un marcado carácter académico y funcional. El edificio se sitúa en el extremo este de la “Punta del Martillo” que remata el dique de abrigo, con su fachada principal orientada al noroeste de la dársena, frente a la Sala de Armas. Debe destacarse su fuerte cimentación sobre el dique de abrigo de la dársena, que fue reforzada.



2.2.2 Plano de Propuesta de aumento en la escollera del Martillo en el año 1759, firmada por Francisco Llobet.

Este edificio, diseñado por Francisco Llobet en 1758, fue concebido como un lugar táctico para el control del acceso marítimo. La importancia patrimonial de esta construcción es indudable, siendo el único edificio del Arsenal cuya función original se ha mantenido a lo largo de los siglos hasta la actualidad. Por ello, resulta esencial que cualquier intervención urbanística en su entorno preserve su aislamiento y visibilidad, evitando que se diluya su protagonismo dentro del paisaje del Arsenal. Su distribución interna comprendía una sala para el oficial y un espacio amplio para la tropa, y su fachada, porticada, sigue el patrón estético utilizado también en los almacenes porticados del Arsenal.



2.2.3 Plano de Diseño del Cuerpo de Guardia. Francisco Llobet, 4 de julio de 1758.

En los años 40 del siglo XX, el edificio original fue objeto de una importante reforma que añadió una planta superior y dos cuerpos laterales de planta rectangular, los cuales sobresalen ligeramente de la fachada posterior, orientada al sur. Toda la intervención se llevó a cabo buscando el mimetismo con la construcción original, manteniendo su coherencia estilística.



2.2.4 Imagen de la fachada principal (s.f)

En los últimos años, el edificio albergó a la Compañía de Guardias de Arsenales y se destino a despachos, oficinas y vestuarios para el personal de Infantería de Marina que custodia el Arsenal. El acceso se realizaba a través de dos puertas situadas en la fachada principal, una en la posterior y otras dos que se abren desde la galería hacia los cuerpos laterales. La escalera de acceso a la planta superior se encontraba en el extremo izquierdo del cuerpo central. Antes de la reforma, el edificio contaba en la planta baja con un módulo izquierdo donde se ubicaban los vestuarios, diferenciados en masculinos y femeninos, junto con varias oficinas; en la zona central se encontraba la oficina diáfana, distribución que se repetía también en el módulo derecho. En la planta primera se disponían tres despachos privados, una sala de reuniones y una zona de mesas comunes para trabajo compartido.



2.2.5 Imagen del espacio abovedado exterior. (s.f)

En la actualidad, este antiguo cuartelillo ha sido rehabilitado con el diseño del arquitecto Manuel Barros para usos administrativos (2024), preservando la estructura histórica, así como su ornamentación y entorno de la “cortina” contigua, pero con ciertas modificaciones puntuales: revestimiento de las escaleras y suelos con mármol y compartimentaciones interiores reversibles acristaladas, así como, aperturas en los cuerpos laterales para la entrada de luz cenital.



2.2.6 Imagen del espacio de cafetería (2025)

El edificio actual se organiza en distintas áreas funcionales. En la planta baja, el módulo izquierdo alberga los aseos, vestuarios, una zona de cafetería y espacios administrativos.

El resto de la planta se configura como un espacio diáfano destinado a una oficina común.



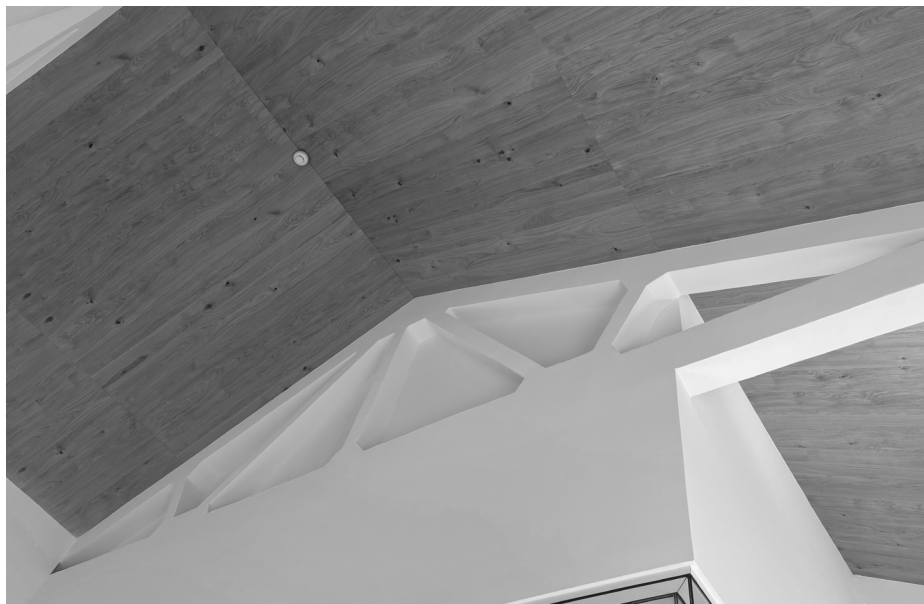
2.2.7 Imagen del espacio principal en planta baja (2025)



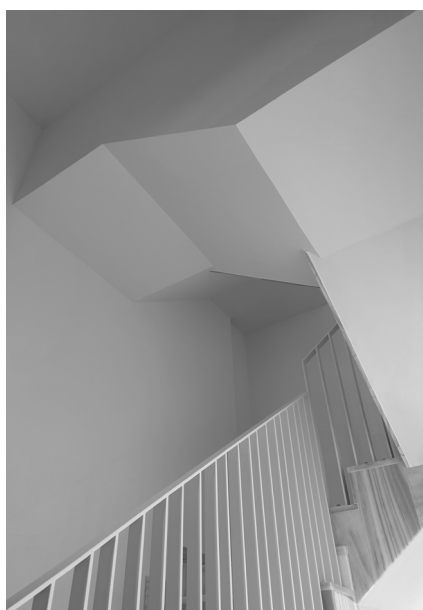
2.2.8 Imagen del espacio principal en planta baja (2025)

En la planta primera se distribuyen los despachos privados y una sala de reuniones.

La escalera ha sido modificada en su diseño, aunque se ha mantenido en su ubicación original.



2.2.9 Imagen de la cercha recuperada tras la reforma (2025)



2.2.10 Imagen de la escalera. (2025)

2.2.11 Imagen de la estructura vista de la planta primera (2025)



Por su parte, los alzados del edificio se han conservado con el objetivo de preservar su identidad arquitectónica y respetar su valor histórico

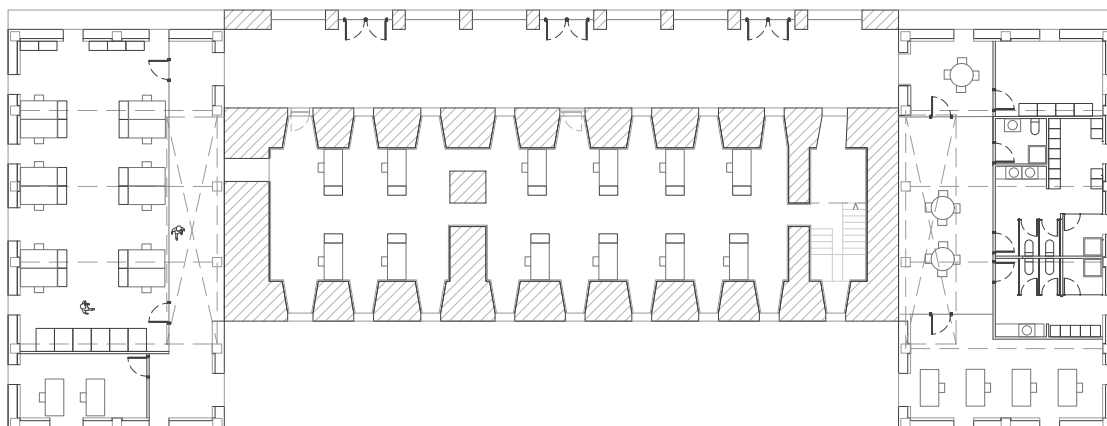


2.2.12 Imagen de detalle de arca-
da exterior (2025)

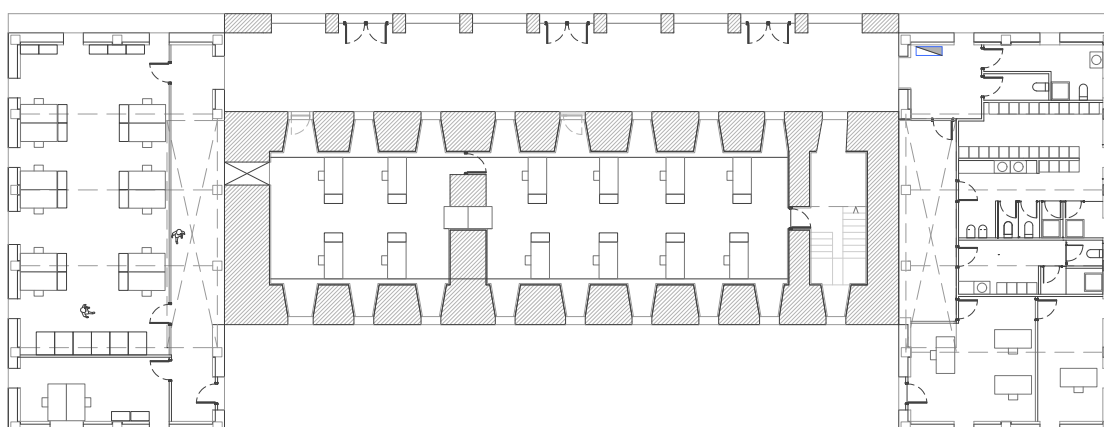
2.2.13 Imagen de detalle de la ar-
cada exterior (2025)



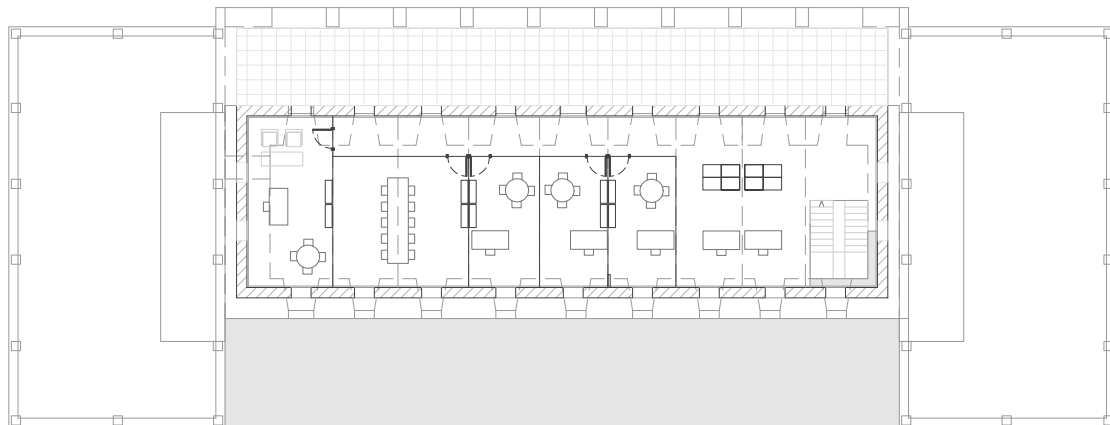
2.2.14 Imagen de la fachada prin-
cipal (2025)



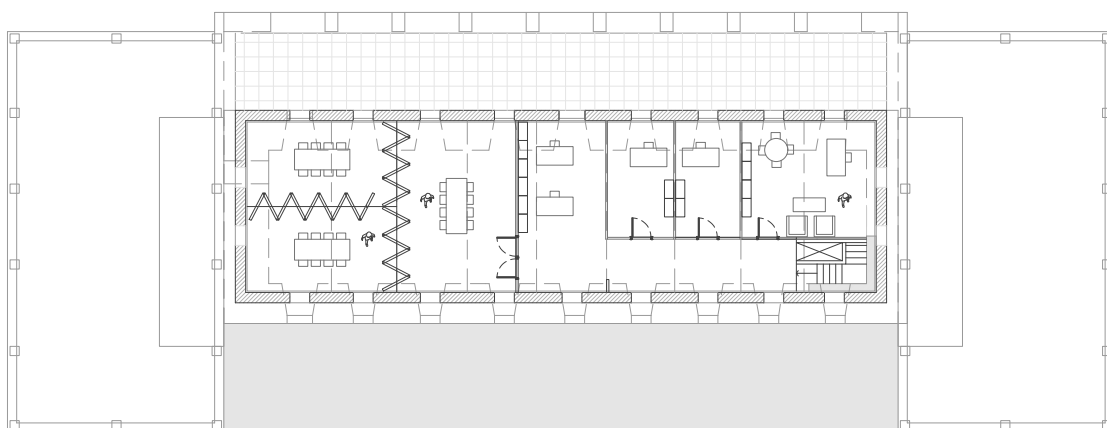
2.2.15 Plano de planta baja previo a la reforma de Manuel Barros (2024)



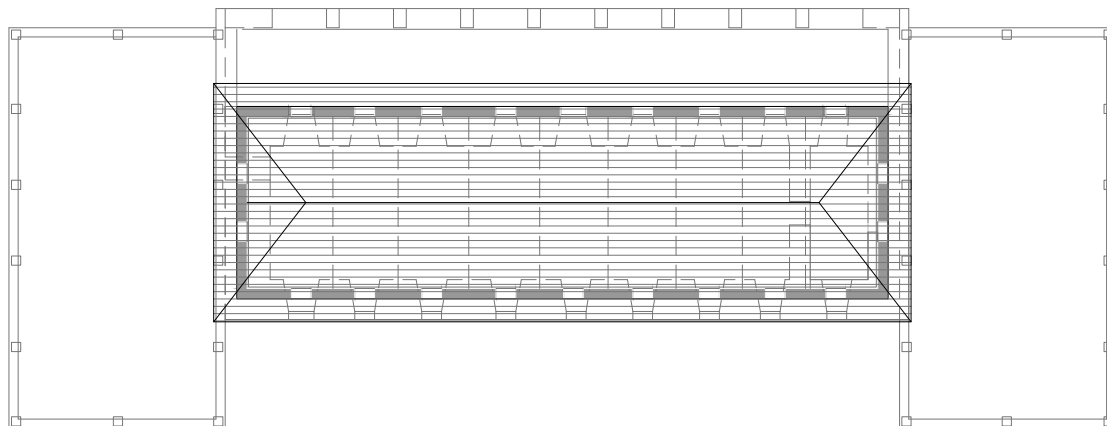
2.2.16 Plano de planta baja posterior a la reforma de Manuel Barros (2024)



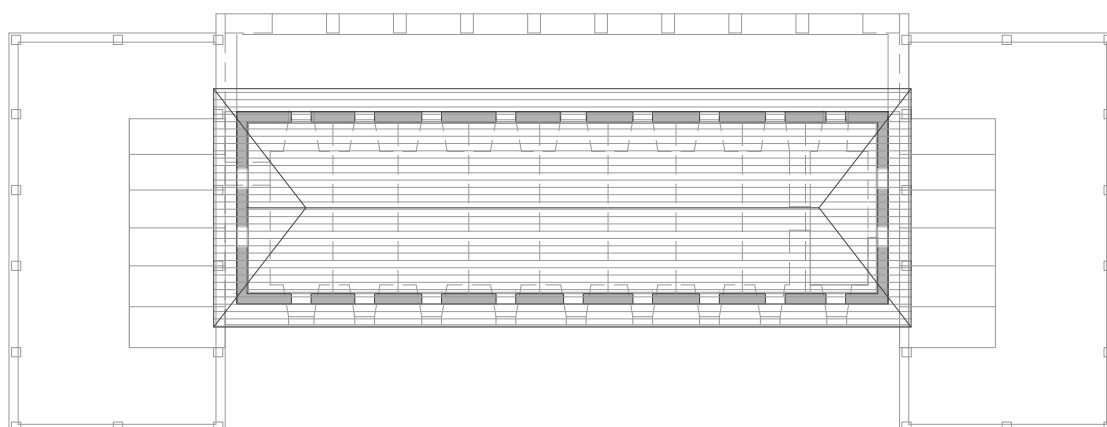
2.2.17 Plano de planta primera previo a la reforma de Manuel Barros (2024)



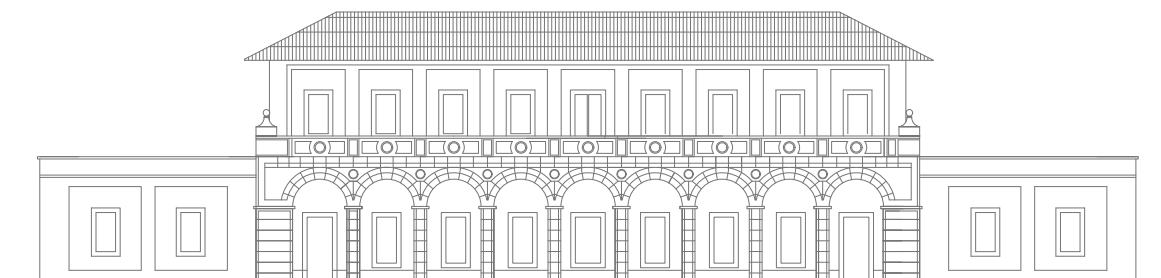
2.2.18 Plano de planta primera posterior a la reforma de Manuel Barros (2024)



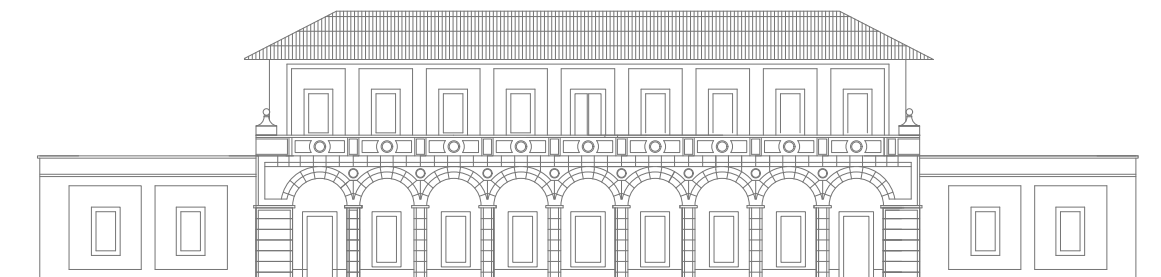
2.2.19 Plano de planta de cubierta previo a la reforma de Manuel Barros (2024)



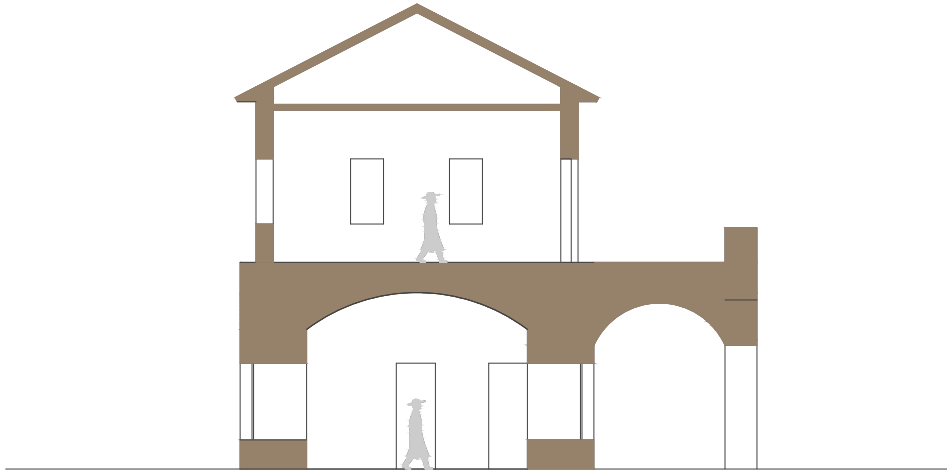
2.2.20 Plano de planta de cubierta posterior a la reforma de Manuel Barros (2024)



2.2.21 Plano de alzado principal previo a la reforma de Manuel Barros (2024)



2.2.22 Plano de alzado principal posterior a la reforma de Manuel Barros (2024)



2.2.23 Plano de sección posterior a la reforma de Manuel Barros (2024)

1 Instalaciones de climatización del Cuartelillo de la Punta del Martillo

Partimos de que el edificio consta de dos plantas sobre rasante, las cuales se utilizan para el uso administrativo en su totalidad.

Los cerramientos son muros exteriores de mampostería de granito de 1,5 m en la zona central mientras que los laterales son de doble tabique de ladrillo cerámico hueco de 50 cm; el acristalamiento responde al tipo “control glass acústico y solar” 4/12/6 y la cubierta está formada por prelosas de hormigón armado insitu de espesores de 10 cm, que se impermeabilizaron con pintura de tipo bituminoso en las alas laterales, mientras que en el cuerpo central se mantuvo la cubierta de teja existente

Según la memoria del proyecto, para establecer las condiciones interiores de proyecto, se siguió lo prescrito en la IT.1 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.

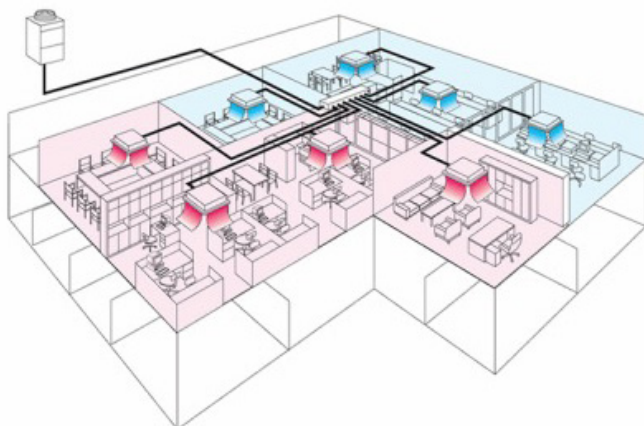
Las condiciones interiores de diseño se fijaron en función de la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje de personas insatisfechas que se quiera obtener.

- Condiciones climatológicas exteriores: El edificio a climatizar se encuentra ubicado según la NBE-CT-79 en la zona W del mapa 2, por lo que las temperaturas de cálculo serán en verano 30°C y en invierno 2°C
- Condiciones climatológicas interiores: De acuerdo con la IT.IC.04.1.1 la temperatura de los locales serán en verano 25°C y en invierno 20°C.¹

¹ Texto extraído de la memoria del proyecto.

1.1 Sistema de producción general

Se proyecta la instalación de un sistema VRV, con una única unidad exterior conectadas a múltiples unidades interiores mediante circuitos de refrigerante de ida y vuelta.



2.2.24 Imagen del funcionamiento de un sistema VRV

1.2 Sistema de climatización

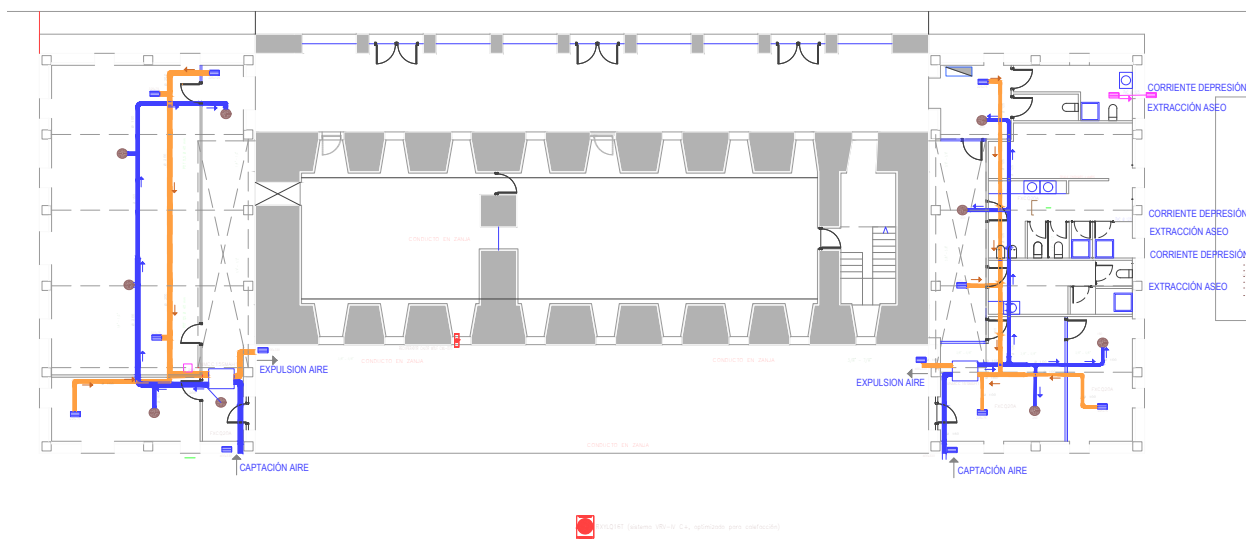
El Cuartel de la “Punta del Martillo” está compuesto por dos plantas de distinta superficie y ambas tienen un mismo uso: oficinas y despachos. Por ello se considera un único sistema de climatización, acorde a su función e intensidad de uso.

Se ha optado por un sistema aire-refrigerante, donde la climatización del edificio se logra combinando un sistema de ventilación de aire primario con otro que calienta o enfría los espacios utilizando el refrigerante como medio de transporte de la energía.

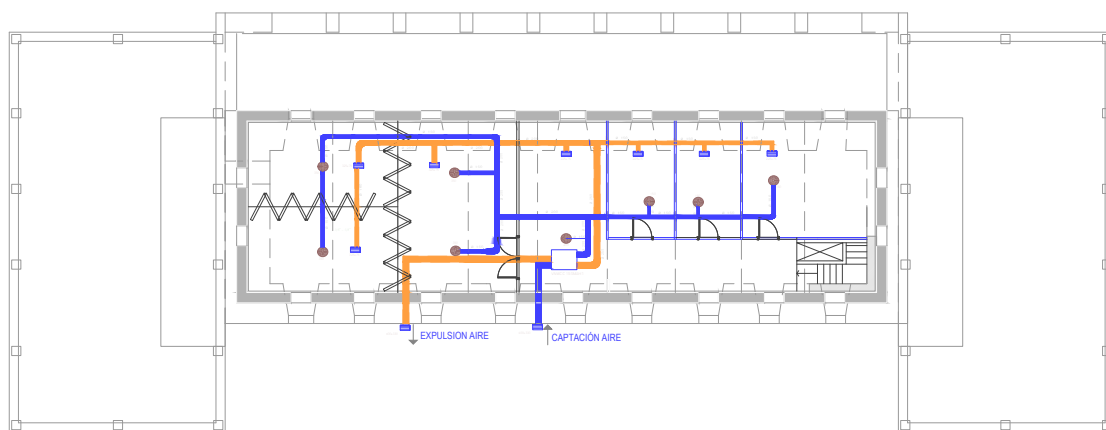
Así, la ventilación del edificio está dividida en tres partes. Se excluye la planta baja del núcleo central, que no contiene ventilación mecánica y se resuelve a través de los huecos de fachada, muy probablemente por la dificultad de ubicar los equipos necesarios en su espacio abovedado. Las tres zonas tratadas según la normativa vigente son los dos módulos anexos al núcleo central y la planta alta del éste.

Existe una unidad de tratamiento de aire pasivo con recuperador de calor en cada una de ellas, que toman y extraen el aire del exterior a través de la fachada posterior. Al ser una intervención en un edificio existente se permite esta solución, pues de lo contrario sería necesario realizar la extracción por cubierta. Las rejillas al exterior se integran bien con la fachada.¹

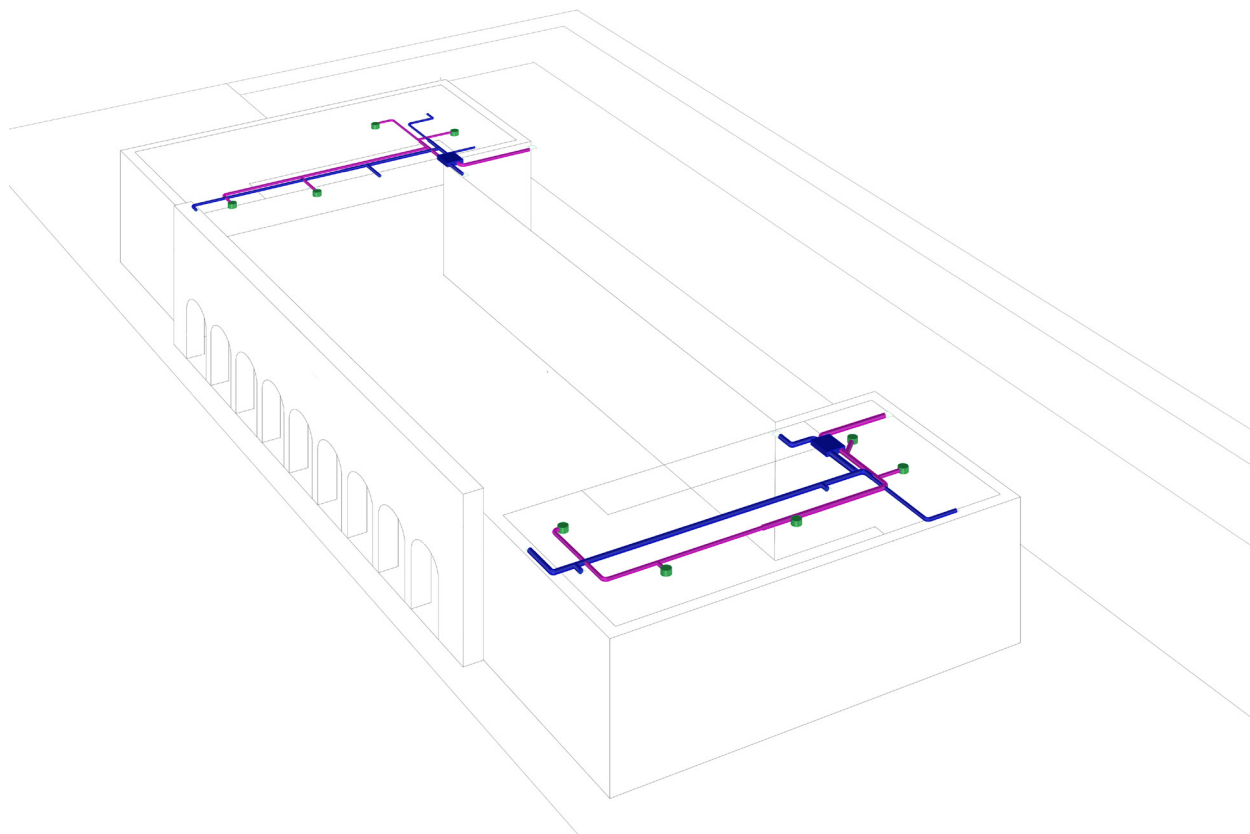
¹ Texto extraído de la memoria del proyecto



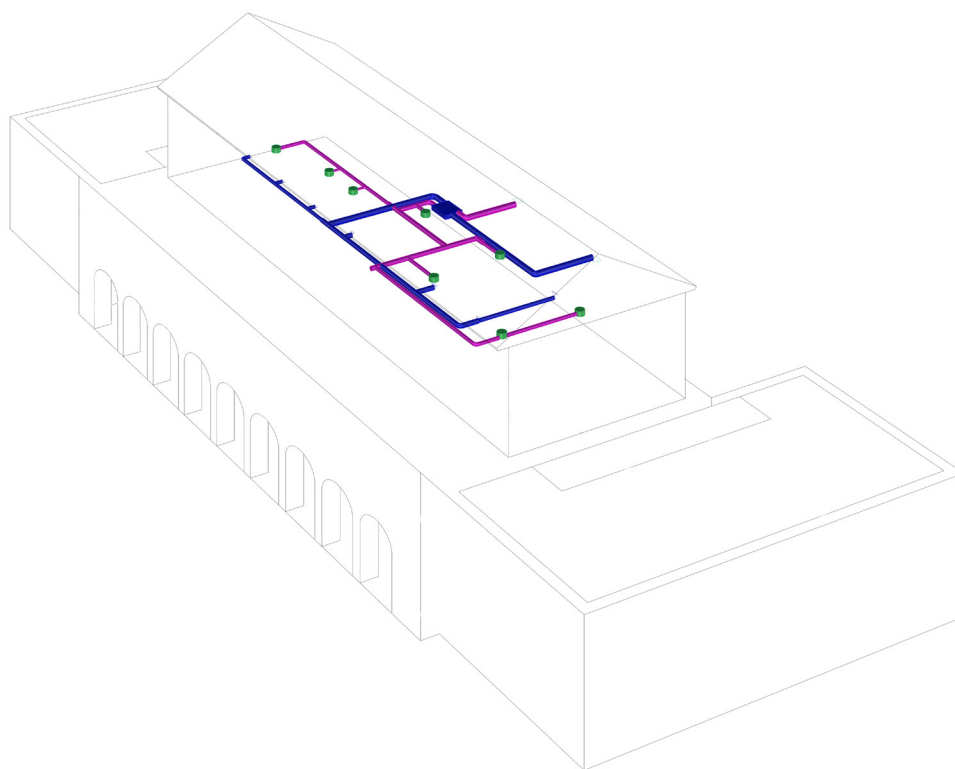
2.2.25 Plano de las instalaciones de ventilación en planta baja, reforma de Manuel Barros (2024).



2.2.26 Plano de las instalaciones de ventilación en planta primera, reforma de Manuel Barros (2024).

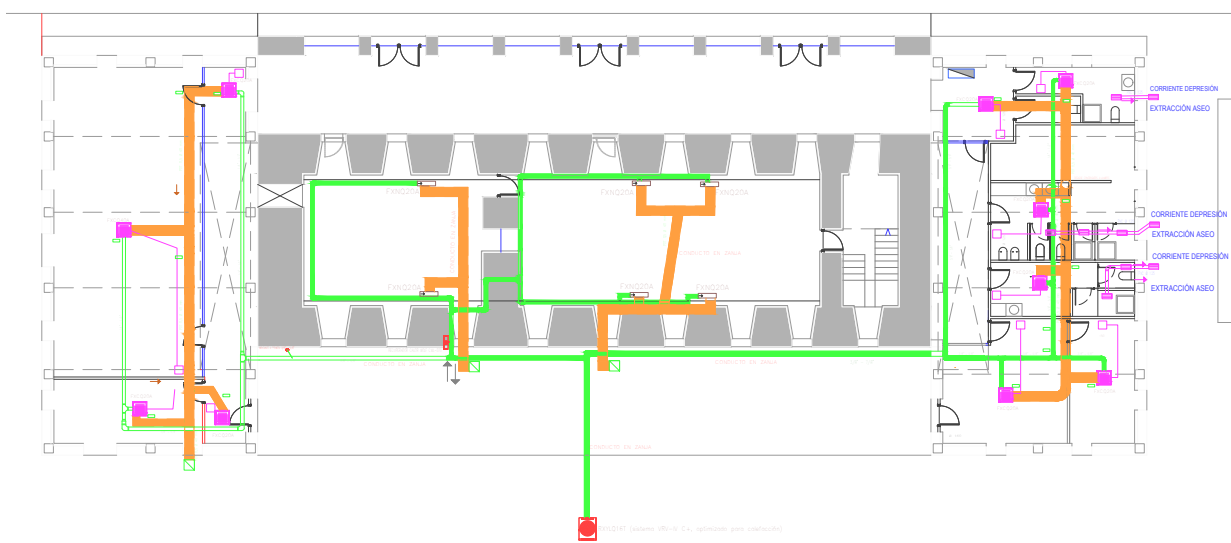


2.2.27 Plano de la ventilación en planta baja

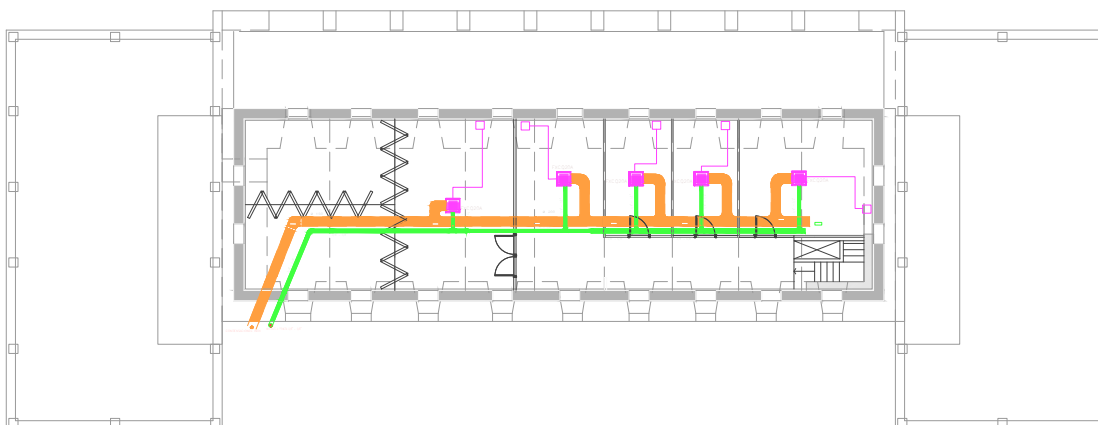


2.2.28 Plano de la ventilación en planta primera

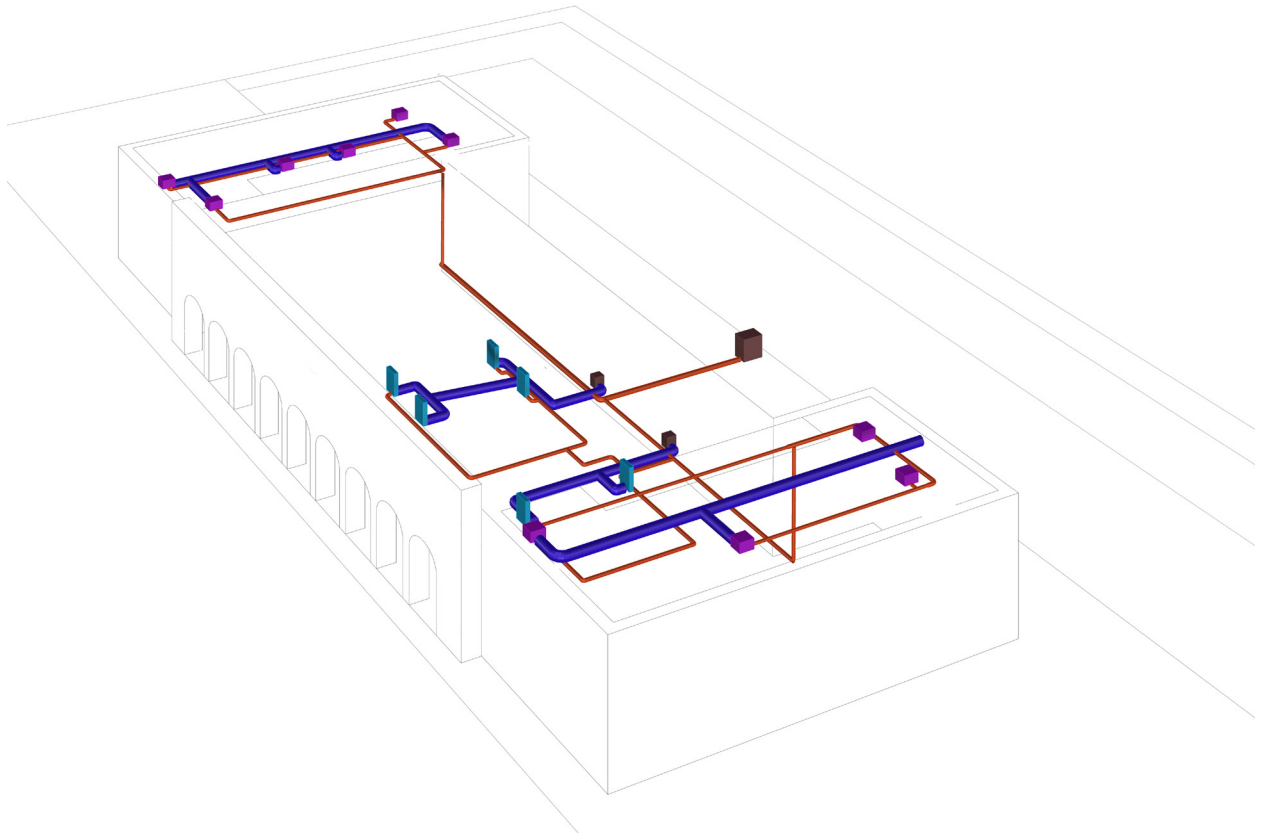
En cuanto al sistema de calefacción y refrigeración se han dispuesto unidades interiores conectadas mediante tuberías de ida y retorno con la unidad exterior de expansión directa tipo invertir. El fluido refrigerante que circula entre ésta y aquellas permite funcionar tanto en modo verano como modo invierno.



2.2.29 Plano de las instalaciones de climatización en planta baja, reforma de Manuel Barros (2024).



2.2.30 Plano de las instalaciones de climatización en planta primera, reforma de Manuel Barros (2024).



2.2.31 Plano de la climatización en planta baja

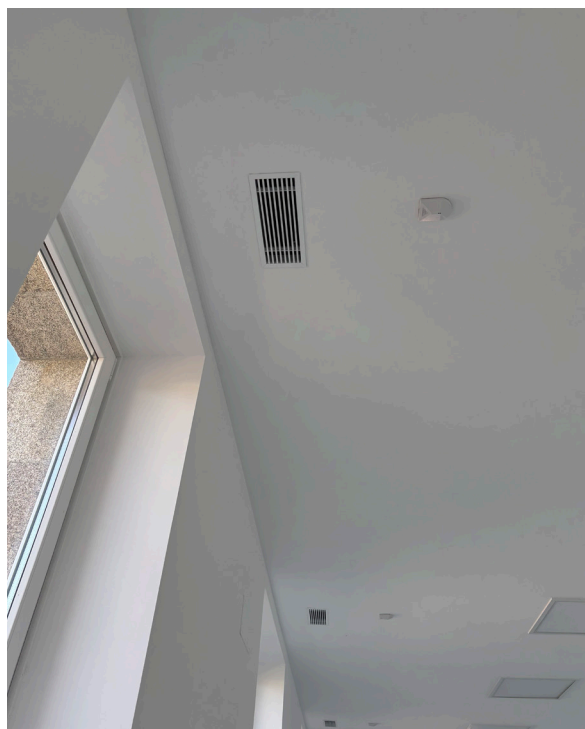
Se ha sido cuidadoso con la integración arquitectónica de la climatización. Así, en las tres zonas donde se ha optado por la ventilación mecánica, se han utilizado unidades interiores vistas de correcto diseño, situadas en los falsos techos junto con las rejillas de ventilación y las luminarias.



2.2.32 Imagen de las unidades interiores en la planta baja. (2025)

2.2.33 Imagen de las unidades interiores en la planta primera. (2025)

2.2.34 Fotografía de las rejillas en planta baja (2025)



A diferencia de la instalación precedente, donde puntualmente las tuberías atravesaban descuidadamente los muros en el pórtico de acceso, en esta ocasión los conductos de ida y retorno de refrigerante y los desagües de los condensados discurren por zanjás en el suelo.



2.2.35 Imagen de la salida de los conductos (previa a la reforma de 2024).

2.2.36 Imagen de la recuperación de la esquina sin conductos vistos (posterior a la reforma de 2024).

En el caso de la sala central abovedada, las unidades interiores se disponen en la pared y se ocultan tras un tabique de cartón yeso. Únicamente una rejilla superior y otra inferior señalan la zona de impulsión y retorno. ¹

¹ Texto extraído de la memoria del proyecto



2.2.37 Imagen de la climatización oculta en planta baja. (2025)

1.1.1 Conclusiones parciales

Aspectos positivos:

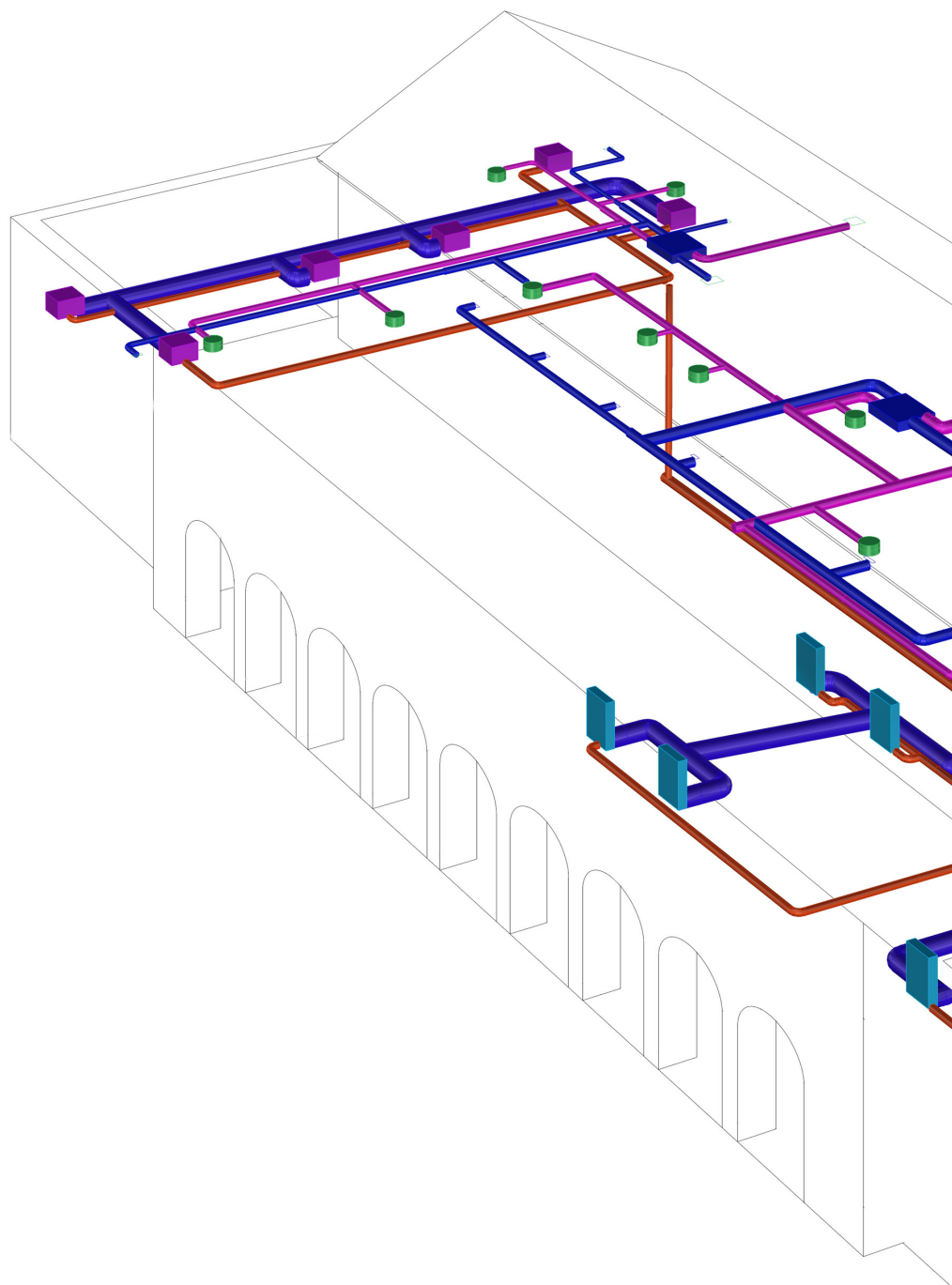
- Ejemplar conservación del uso original, lo que lo convierte en un modelo de arquitectura militar viva.
- La reforma reciente es respetuosa con el entorno, con modificaciones puntuales reversibles (vidrios, mármol, etc.).
- El sistema de climatización elegido es sencillo, eficiente y silencioso, adaptado al nuevo uso como oficinas.
- Buena integración arquitectónica de la instalación de climatización en los espacios interiores.

Aspectos negativos:

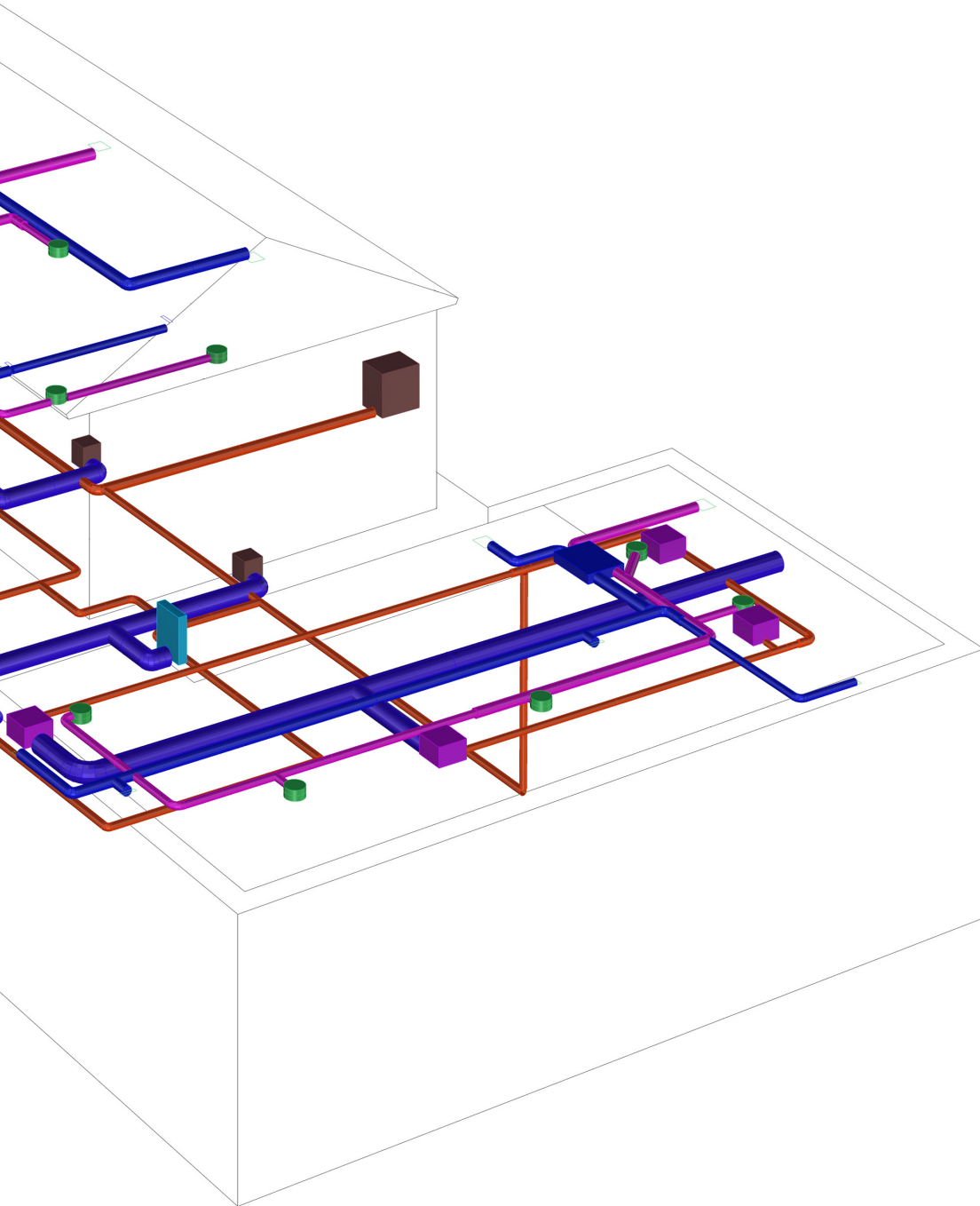
- La solución dada para ocultar la unidad exterior del VRV no se integra bien con el edificio existente



2.2.38 Imagen de la climatización oculta en planta baja. (2025)

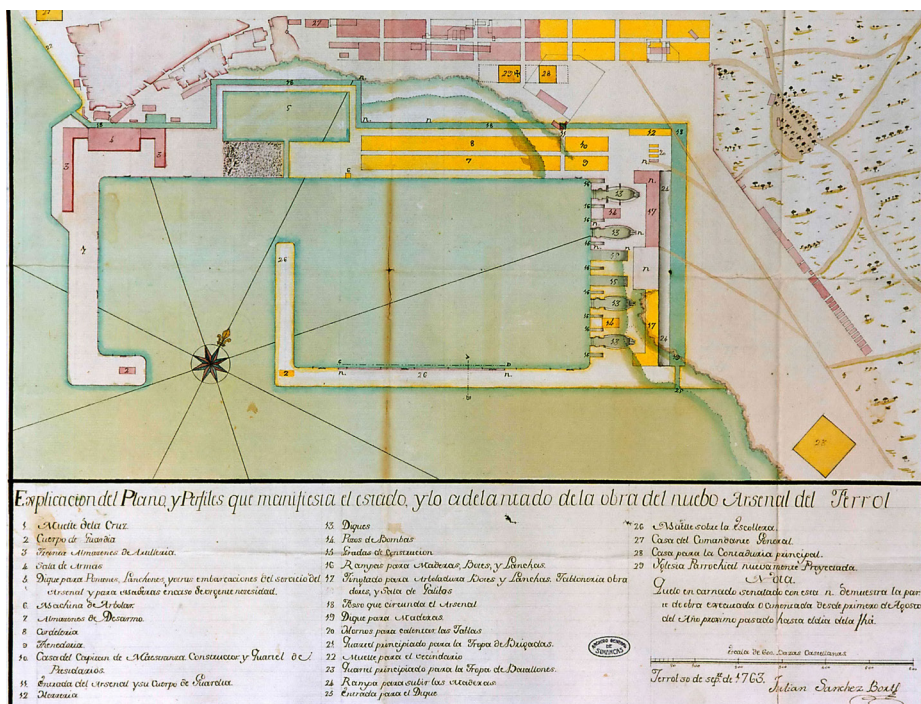


2.2.39 Esquema de climatización general.



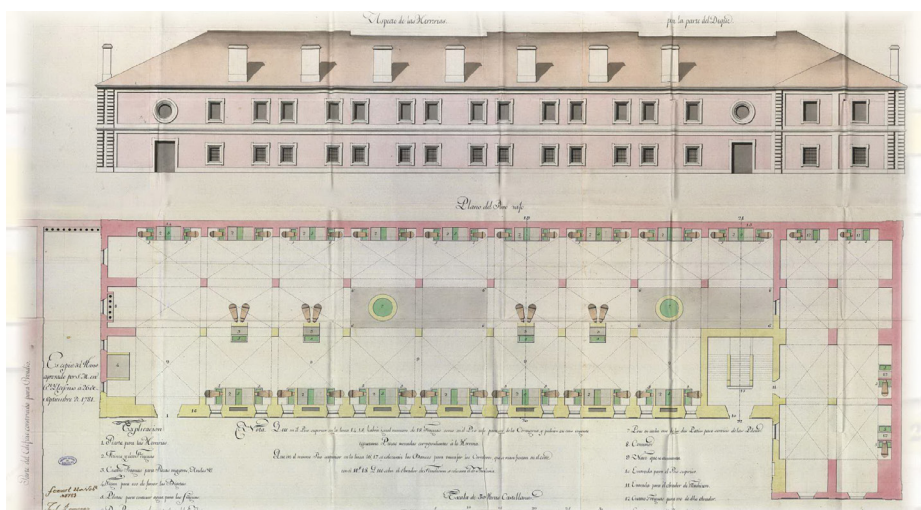
2.3 Las Herrerías

En el año 1761, el arquitecto y oficial de marina, Julián Sánchez Bort diseñó un conjunto de instalaciones en el Arsenal de los Diques, que era una zona que se distinguía por su concepción y diseño respecto al Arsenal del Parque. Entre estas construcciones se encontraba el edificio de las Herrerías; su primer diseño fue realizado por el citado arquitecto. en su planta baja contigua al foso y con las fraguas de su taller.

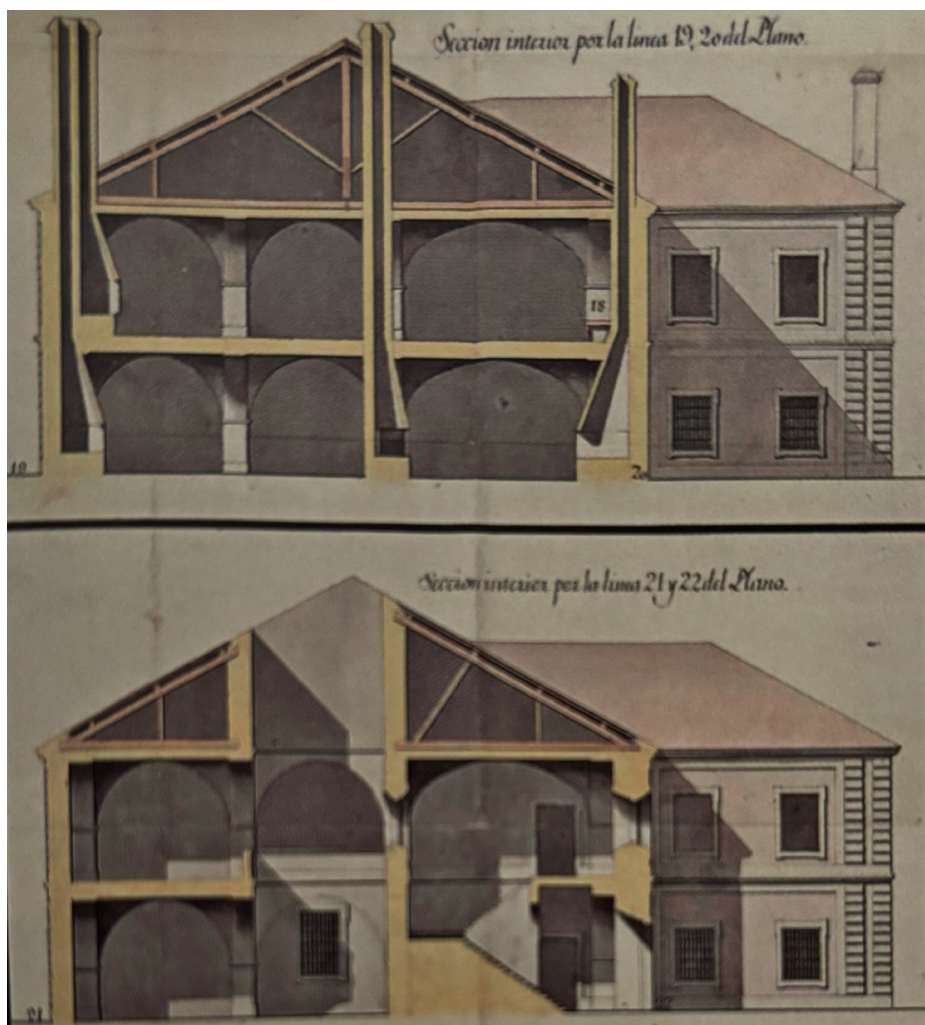


2.3.1 Plano del Arsenal de Ferrol, Julian Sanchez Bort, 1763.

En 1781, se realiza una reforma del proyecto por el ingeniero B. Solinís, supervisado por su jefatura de J. Romero Landa y la participación de M. Vodopich, quienes añadieron una planta superior.



2.3.2 Planta y alzado del edificio Las Herrerías, J. Romero Landa (1783)



2.3.3 Sección del edificio Las Herreras, J.Romero Landa (1783)

A lo largo del siglo XIX, el edificio fue adquiriendo nuevos usos. En 1850 comenzó a ser utilizado como taller de prácticas para los alumnos de la Escuela de Maquinas de la Armada, función que se consolidó décadas más tarde. En 1914, cuando un Real Decreto reorganizó la enseñanza en el Cuerpo de Ingenieros de la Armada, el Edificio de Herreras se convirtió en sede de la “Academia de Ingenieros y Maquinistas de la Armada”. Esta escuela funcionó entre 1914 y 1932, hasta que se creó el edificio adjunto destinado a la ampliación de la Escuela de Máquinas y después un centro de diferentes servicios administrativos.



2.3.4 Imagen de la Escuela de Maquinas de la Armada

En 1988, el edificio dejó de utilizarse como Escuela de Máquinas y pasó a cumplir también funciones de administración. En el año 1997, se inició un proceso de restauración y rehabilitación con el objetivo de devolver al edificio su aspecto original del siglo XVIII. Las obras trataban de conservar la estructura histórica del edificio y recrear su cubierta con unas chimeneas simuladas, manteniendo elementos arquitectónicos importantes como su planta en forma de L con dos patios interiores y la monumental escalera, rodeados por naves apoyadas en pilares interiores y muros de carga, así como los pozos interiores; sin embargo, se cegaron las ventanas originales del S. XVIII y las reformadas en el S.XX en su fachada norte.



2.3.5 Imagen de la fachada a la ciudad del edificio Las Herrerías (s.f)



2.3.6 Imagen de la fachada principal del edificio Las Herrerías (s.f)



2.3.7 Imagen de la fachada actual a la ciudad del edificio de Las Herrerías (2025)

En cuanto a su construcción debe reseñarse lo siguiente: la cimentación y su contiguo foso se realizó en zona de ribera intermareal con conducciones de las aguas entre el citado foso y la dársena. Se trata de un edificio industrial del siglo XVIII, con dos cuerpos diferenciados, ambos cubiertos por sólidas bóvedas de ladrillo compacto que descansan sobre arcos de sillería. El primer volumen, de mayor tamaño, está dividido en tres naves longitudinales separadas por arcos de medio punto sobre pilares de sección cuadrada, cubiertas con bóvedas de arista.



2.3.8 Imagen de las bóvedas del edificio Las Herrerías (2025)

Esta zona albergaba unas 32 fraguas —cuatro de ellas especialmente grandes, utilizadas para la composición de anclas— y estaba destinada a las obras más pesadas; además, cuatro de sus tramos centrales acogen dos patios de luces con pozos de agua para abastecimiento interno. El segundo cuerpo, más pequeño y de planta rectangular, está organizado en dos naves transversales que funcionaban como obrador y taller de fundición, y se dedicaba a labores de cerrajería y farolería; con sus fraguas situadas en la espalda del edificio, documentos de la época atestiguan que estaban tan bien construidas que el humo no suponía una molestia para los trabajadores.

En su lado oeste, se construyeron exteriormente en el S. XVIII los retretes y en el este en el S.XIX dos aljibes.



2.3.9 Imagen de los aljibes del Arsenal de los Diques (2025)

Como se menciona anteriormente, López Rioboo y Font González-Anleo realizan en 1997 una rehabilitación del edificio para volver al estado original de este. Las reformas anteriores habían hecho grandes modificaciones que lo transformaron casi por completo.

La arquitectura antes de la reforma se podría definir de la siguiente manera: las ventanas se abrían hacia la ciudad, no contaba con bóvedas originales ni chimeneas, y la fachada incluía galerías que no eran de origen, situadas sobre la línea de cornisa original. En la planta baja, el espacio era diáfano y las escaleras estaban ubicadas en un lugar distinto al actual. En la planta primera, el espacio era casi completamente diáfano, con balcones hacia los patios, excepto en una zona que estaba compartimentada en una esquina. En la planta bajo cubierta, el espacio estaba completamente compartimentado con pasillos y despachos de diferentes tamaños, además de salas de reuniones.

La arquitectura actual se caracteriza por la recuperación de las bóvedas originales, el cegado de las ventanas hacia la fachada de la ciudad, y la recreación de las chimeneas originales. Esto último ha supuesto reducir la altura del edificio hasta recuperar la altura de cornisa inicial y recuperar la gran presencia de la cubierta previa. En ésta se han añadido grandes lucernarios en las zonas que cubren los patios, las cuales no existían originalmente. En la planta baja, se ha recolocado la escalera secundaria en la zona central, alineándola con el eje de los patios, manteniendo la escalera original, así como los patios y pozos. Este espacio diáfano se dedica a piezas de gran volumen relacionadas con la historia de la construcción. En la planta primera, se crea un espacio diáfano con balcones hacia los patios, donde se encuentran exposiciones. En la planta bajo cubierta, se ha compartimentado el perímetro del edificio para albergar oficinas, despachos, archivo y una sala de reuniones. Finalmente, se ha reducido la altura del edificio para devolverlo a su altura original.



2.3.10 Imagen del interior del edificio Las Herrerías (2025)



2.3.11 Imagen del pozo del edificio Las Herrerías (2025)



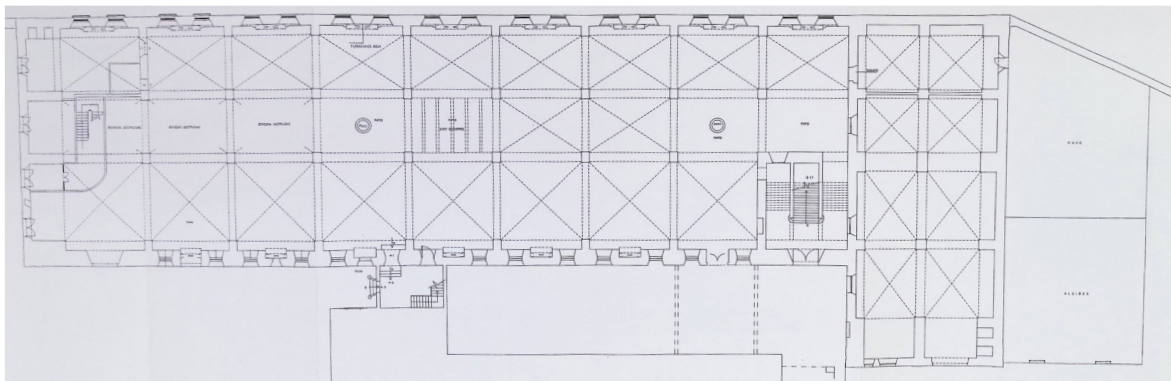
2.3.12 Imagen del lucernario del edificio Las Herrerías (2025)



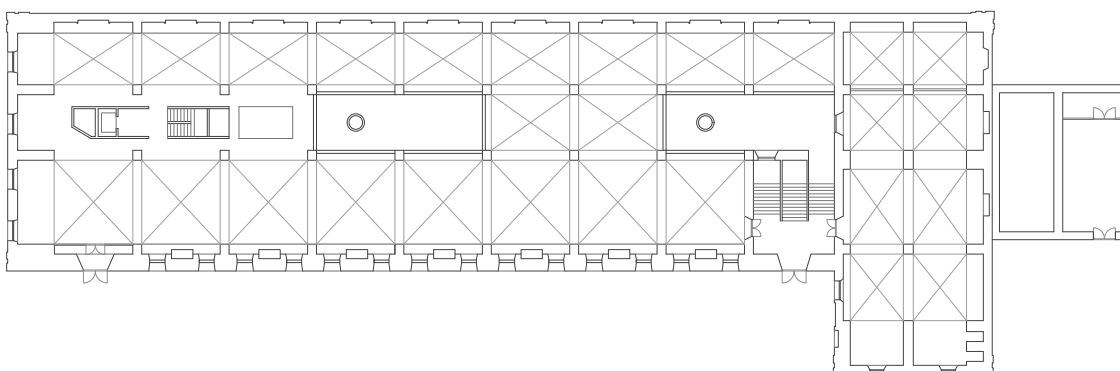
2.3.13 Imagen de las escaleras principales en el edificio Las Herrerías (2025)



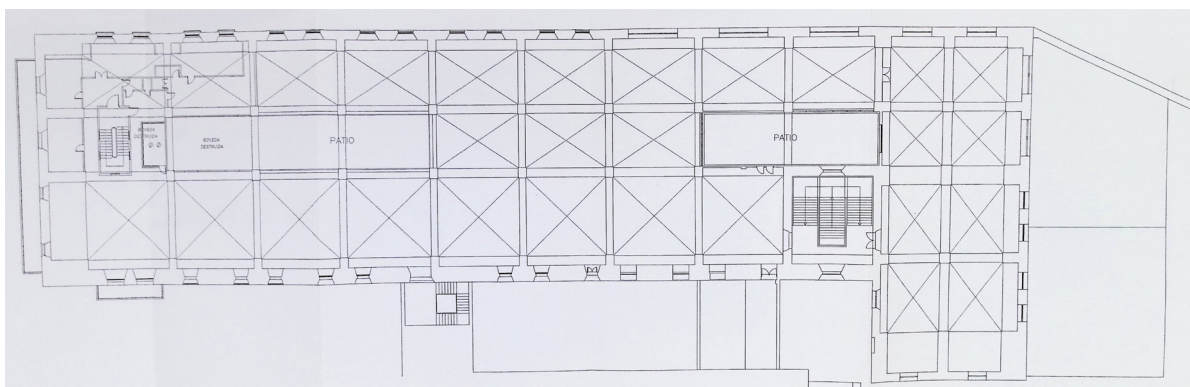
2.3.14 Imagen de las escaleras secundarias en el edificio Las Herrerías (2025)



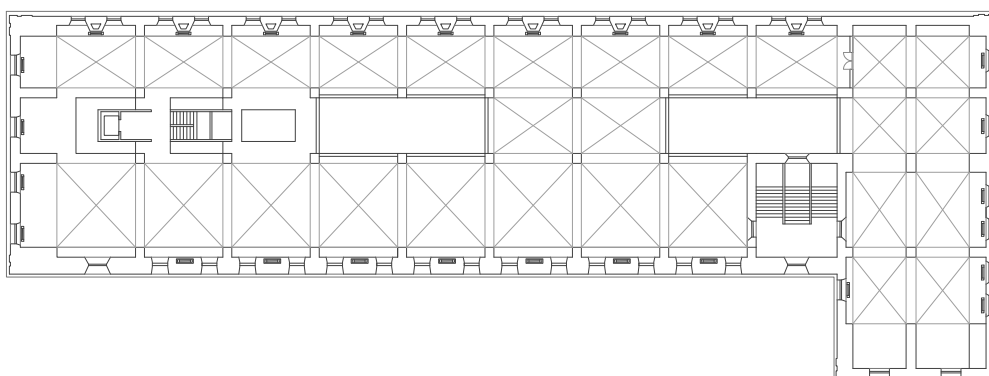
2.3.15 Plano de la planta baja previa a la reforma



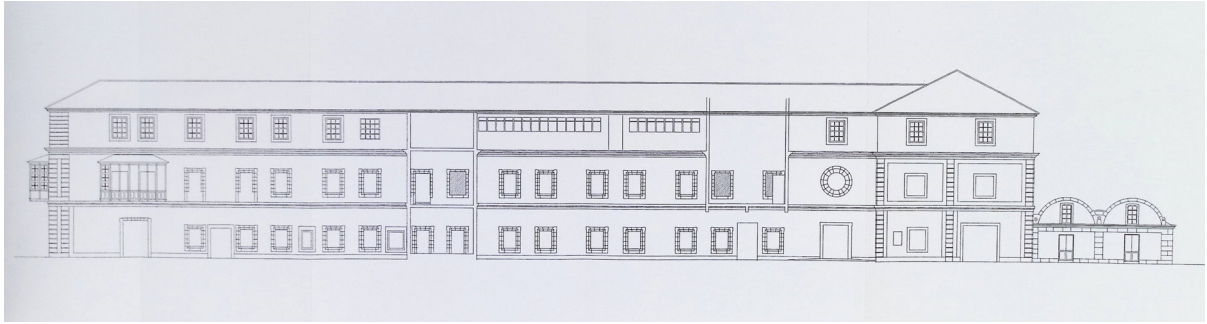
2.3.16 Plano de planta baja del estado reformado del edificio Las Herrerías



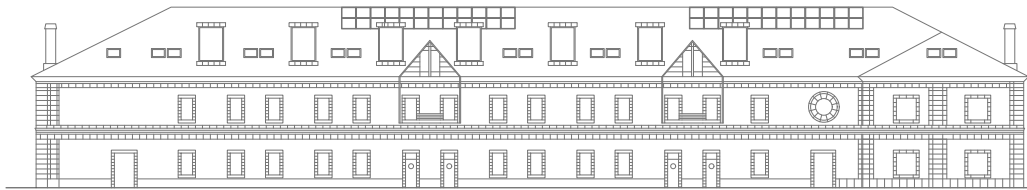
2.3.17 Plano de la planta primera previa a la reforma



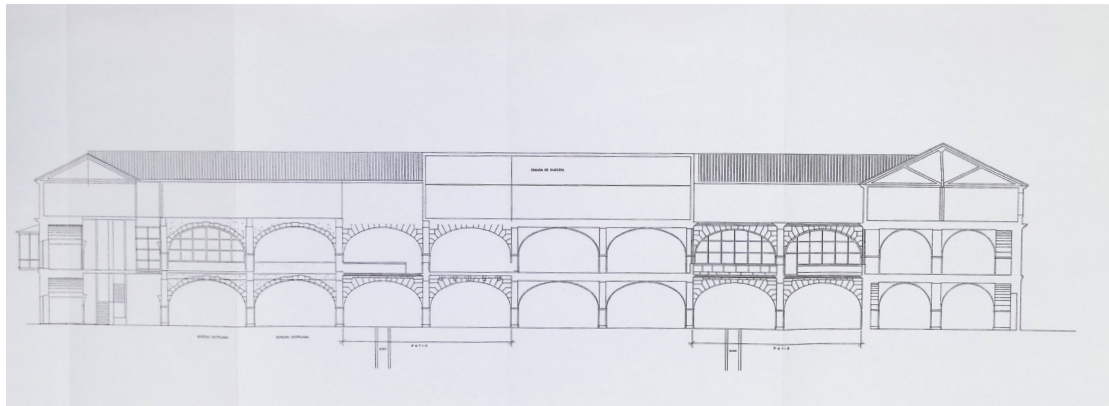
2.3.18 Plano de planta primera del estado reformado del edificio Las Herrerías



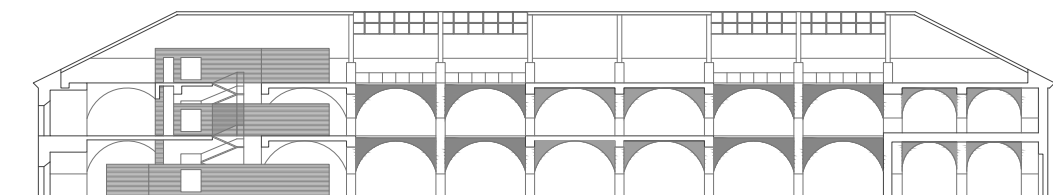
2.3.19 Plano del alzado principal previo a la reforma



2.3.20 Plano del alzado actual despues de la reforma



2.3.21 Plano de la sección previa a la reforma



2.3.22 Plano de sección del estado reformado del edificio Las Herrerías

Instalaciones de climatización de Las Herrerías

Partimos de que el edificio consta de cuatro plantas sobre rasante, de las cuales la planta baja y la primera se dedican a museo, la planta bajo cubierta para oficinas y depósito de publicaciones y la planta bajo cubierta segundo nivel, como depósito de fondos cartográficos.

Los cerramientos son muros exteriores de mampostería de 80 cm, el acristalamiento responde al tipo CLIMALIT 6-4-6 y la cubierta es inclinada con una composición de teja árabe sobre bovedilla cerámica, 3cm de aislamiento a base de poliuretano y 1 cm de revestimiento interior de madera.

El objeto del proyecto es dotar de climatización a dicho edificio por lo que se ha tenido en cuenta las condiciones siguientes:

- Condiciones climatológicas exteriores: El edificio a climatizar se encuentra ubicado, según la antigua NBE-CT-79, en la zona W del mapa 2, por lo que las temperaturas de cálculo serán en verano 30°C y en invierno 2°C
- Condiciones climatológicas interiores: De acuerdo con la IT.IC.04.1.1 la temperatura de los locales será en verano 25°C y en invierno 20°C.

Según la memoria del proyecto, para el cálculo de los niveles de ventilación se considera un nivel de ocupación de 681 personas según el criterio de aplicación específico con arreglo a lo marcado por la NBE-CPI-96 (Antigua normativa contra incendios, actualmente sustituida por el DB-SI del Código Técnico de la Edificación).

Se consideraron los niveles de ventilación según lo indicado en la IT.IC.-2.3 tabla 2.1, adaptándose el criterio general de 7l/s. por persona en zonas definidas de ocupación y de 3,5 l/m² en zonas de aseo.

Los niveles de ventilación requeridos fueron, por tanto:

681 personas.....	4.767 l/s.
48m ² aseos	168 l/s.

Se preveía que las zonas de aseo estuviesen en depresión; el aire de extracción de estos locales sería tomado de los colindantes por lo que la aportación de aire exterior necesaria sería de 4.767 l/ s que es equivalente a 17.161 m³/h.

El volumen del edificio a condicionar será de 30.231 m³. Al ser la ventilación requerida de 4.76 l/s, inferior a una renovación/ h, pero superior a 14.400 m³/h, según la IT.IC.4.3.2. se prevén sistemas de recuperación de calor.¹

¹ Texto extraído de la memoria del proyecto.

1.1 Sistema de producción general

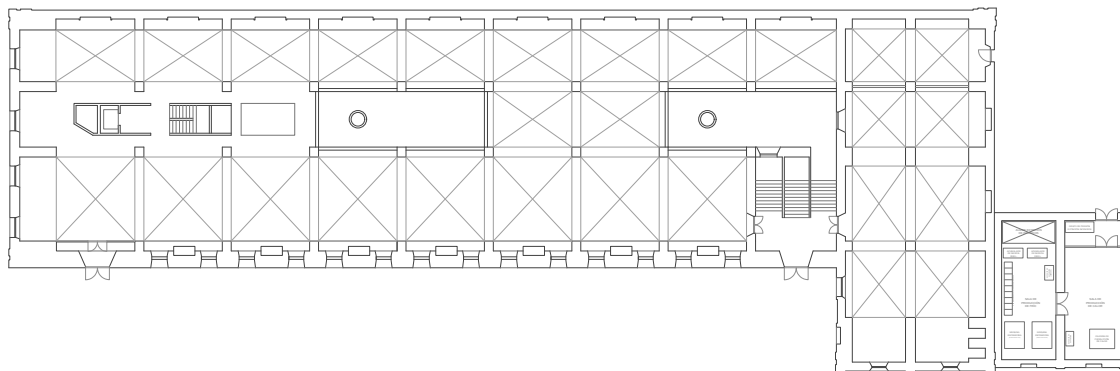
Para poder climatizar dicho edificio se utilizaron los siguientes generadores:

- Para cubrir la demanda calorífica, se instaló un grupo térmico alimentado por gas natural.
- Para cubrir la demanda frigorífica se instalaron dos plantas enfriadoras de agua. A su vez, en el circuito de condensación irán instaladas dos torres de recuperación.

Se optó por el uso del gas natural para el grupo térmico de calefacción y electricidad para las plantas enfriadoras, considerando su rentabilidad en el consumo, adecuada integración con los sistemas de emisión de calor (caso del grupo térmico, ya que es modular) y un fácil mantenimiento con sistemas de control y seguridad adecuados.

En proyecto, el grupo de producción se planteaba situado en el edificio de los aljibes originales del Arsenal, dividiendo el grupo calorífico y las enfriadoras en dos partes. Actualmente, todo el edificio está alimentado por bombas de calor, situadas en un pequeño módulo contiguo a Herrerías, dejando libre el edificio de los antiguos aljibes.¹

¹ Texto extraído de la memoria del proyecto





2.3.24 Imagen de la sala de producción de Las Herrerías (2025)



2.3.25 Imagen de las bombas de la sala de producción de Las Herrerías (2025)

1.2 Sistemas de climatización:

A pesar de los distintos tipos de usos que alberga el edificio, se optó por utilizar sistemas de aire-agua en todos ellos. En ellos se combina la ventilación mediante aire primario con el agua usada para calefactar o refrigerar los espacios in situ.

Los distintos usos y sus diferentes demandas energéticas se tradujeron en la previsión de un climatizador de aire primario para la planta baja y primera (uso museo) de 26.000 m³/h. y otros dos de 2.000 m³/h., cada uno para la planta bajo cubierta (uso oficinas). Para completar la ventilación del edificio, se previó instalar un extractor para la planta baja y primera. En la planta bajo cubierta se previó instalar dos extractores de 2.000 m³ cada uno, así como compuertas de regulación para que el edificio trabaje siempre en sobrepresión. Según la información facilitada por el técnico de mantenimiento del edificio, estos sistemas de ventilación mecánica nunca llegaron a instalarse, siendo la ventilación exclusivamente natural.

En cuanto a los sistemas de calefacción y refrigeración por agua, se plantearon dos soluciones distintas. En el suelo de planta primera, donde se pudo sustituir el pavimento existente, se instaló un suelo radiante, además de incluir las instalaciones de electricidad de la planta baja. Por el contrario, tanto en planta baja como en bajocubierta se optó por utilizar fan-coils como unidades terminales. En el caso de planta baja, se conservó el pavimento original de piedra, ubicándose los fancoils en el techo, situándose en los huecos existentes entre las bóvedas y los muros exteriores, que en el edificio original se utilizaron como chimeneas y que caracterizan la imagen exterior del edificio. En el proyecto de ventilación, al parecer nunca realizado, se pretendía usar también parte del espacio de las antiguas chimeneas para expulsar el aire viciado al exterior.¹

¹ Texto extraído de la memoria del proyecto.



2.3.26 Imagen de la primera planta en obras. (s.f)



2.3.27 Imagen del fancoil situado en la planta baja. (2025)



2.3.28 Imagen de la vista del fan-coil situado en las antiguas chimeneas (2025)

La instalación presenta una notable falta de delicadeza en la resolución estética. En concreto, resulta inapropiado que las tuberías de los fan coils hayan quedado totalmente vistas, desentonando con el resto del acabado interior. Esta decisión transmite una imagen de descuido y ausencia de criterio arquitectónico. Además, afecta negativamente a la percepción de calidad del espacio reformado.



2.3.29 Imagen del interior de Las Herrerías (s.f)

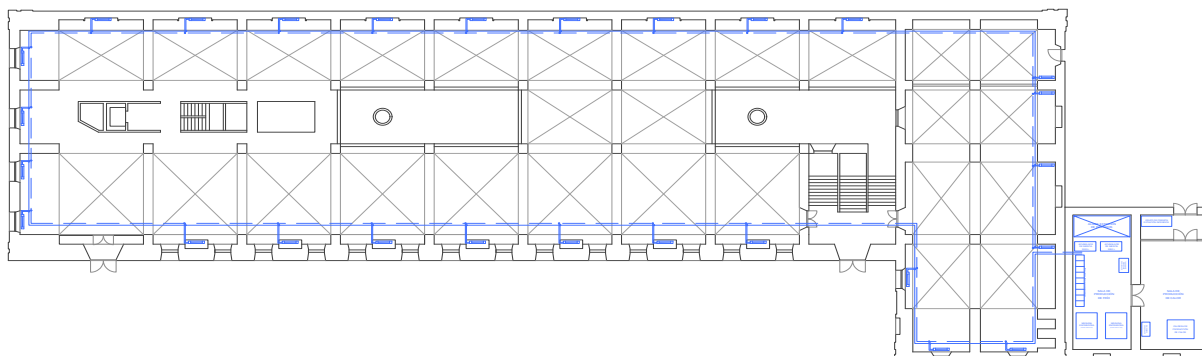
En el caso de la planta bajocubierta, de los fancoils parten redes individuales de conductos, revestidos de madera para mimetizarse con la estructura de la cubierta, de la que surgen unas toberas blancas que contrastan en exceso con la madera.



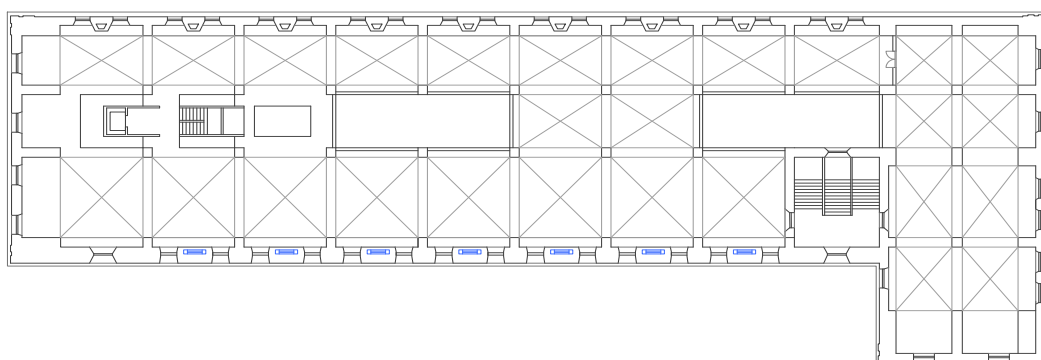
2.3.30 Imagen de la cubierta del patio de Las Herrerías (2025)



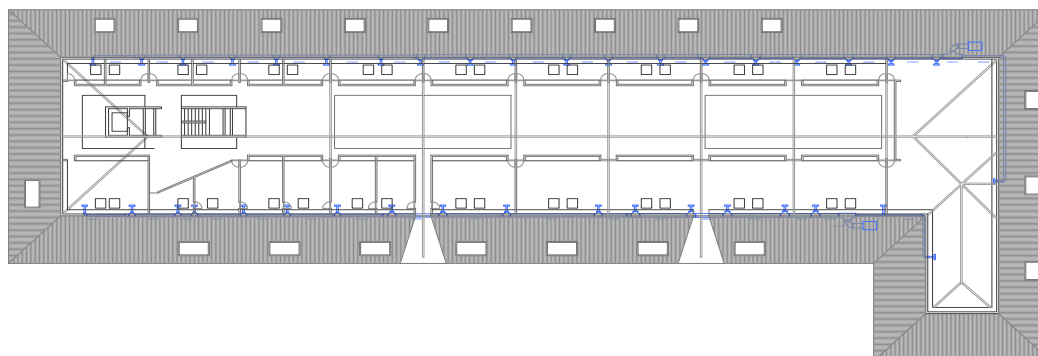
2.3.31 Imagen de las toberas de planta bajo cubierta (2025)



2.3.32 Plano de climatización de planta baja del edificio Las Herrerías



2.3.33 Plano de climatización de planta primera del edificio Las Herrerías



2.3.34 Plano de climatización de planta bajo cubierta del edificio Las Herrerías

La distribución del agua fría o caliente, desde las calderas o las enfriadoras según el ciclo, se llevó a cabo a través de tuberías de acero impulsadas por las bombas ubicadas en la sala de máquinas.

Las temperaturas previstas de trabajo fueron de 9°C a 14°C en verano y de 50°C a 45°C en invierno. De acuerdo con estos valores y en función del diámetro de las tuberías se realizaron los aislamientos.

La instalación es del tipo cerrado, por lo que se prevén vasos de expansión, uno por circuito, con el fin de absorber la dilatación del agua. Además, para el circuito de frío, se previeron dos depósitos de inercia.

El alto coste de funcionamiento del sistema propuesto hace que, en la actualidad, no se use pueda afirmarse que el edificio no está climatizado. Únicamente en los despachos de la planta bajo cubierta se utilizan unidades individuales portátiles, para intentar combatir las altas temperaturas que se alcanzan en verano.¹

1.1.1 Conclusiones parciales

Aspectos positivos:

- Rehabilitación muy rigurosa que devolvió al edificio su forma original del siglo XVIII.
- Recuperación de elementos históricos clave como bóvedas, chimeneas simuladas, patios y pozos interiores.
- El sistema de climatización propuesto, pero no realizado del todo, era robusto, con zonificación precisa, ventilación mecánica, fan-coils, suelo radiante y recuperación de calor.
- Capacidad para albergar múltiples funciones (museo, oficinas, archivo) gracias a su distribución bien pensada.

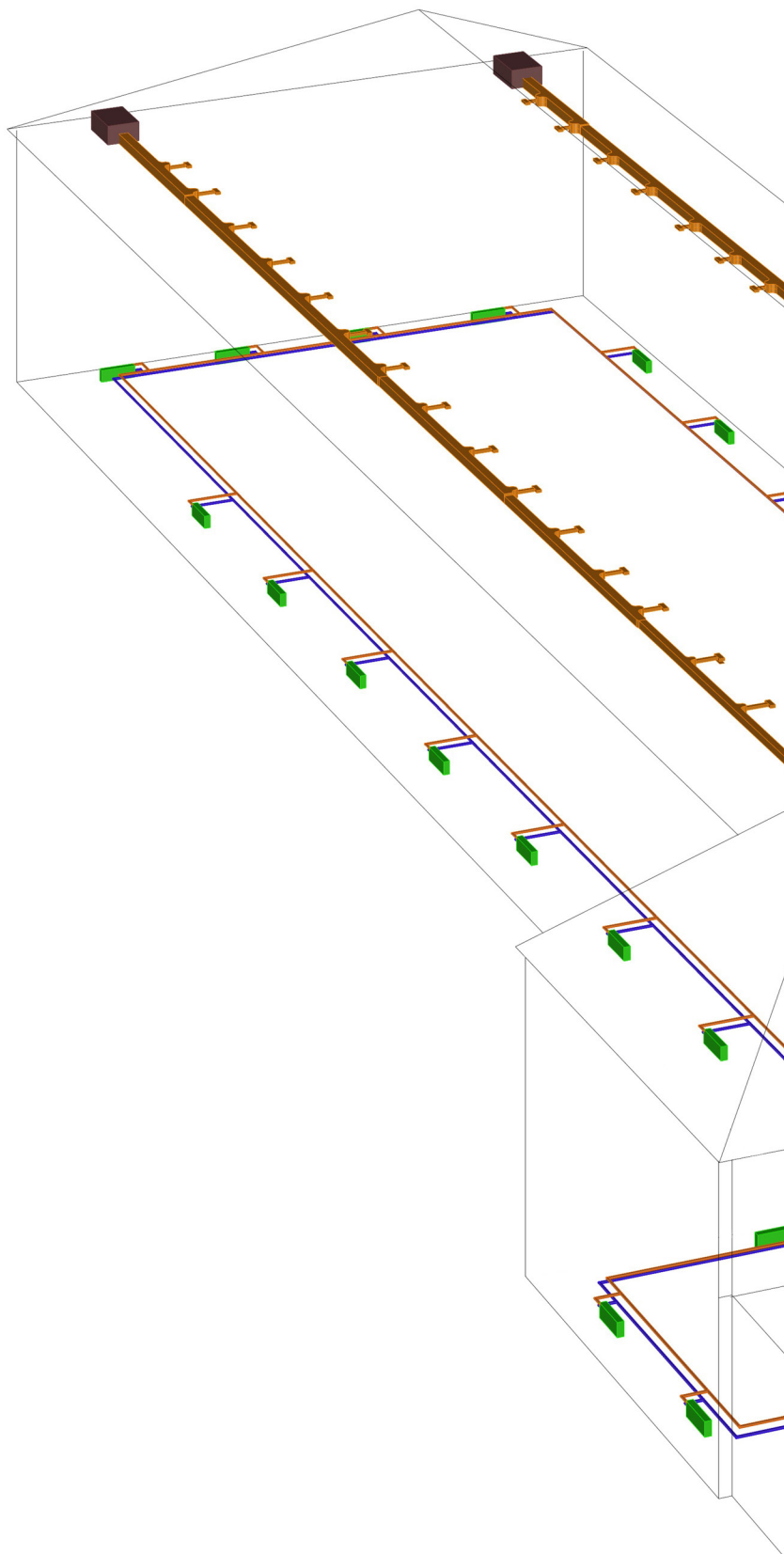
Aspectos negativos:

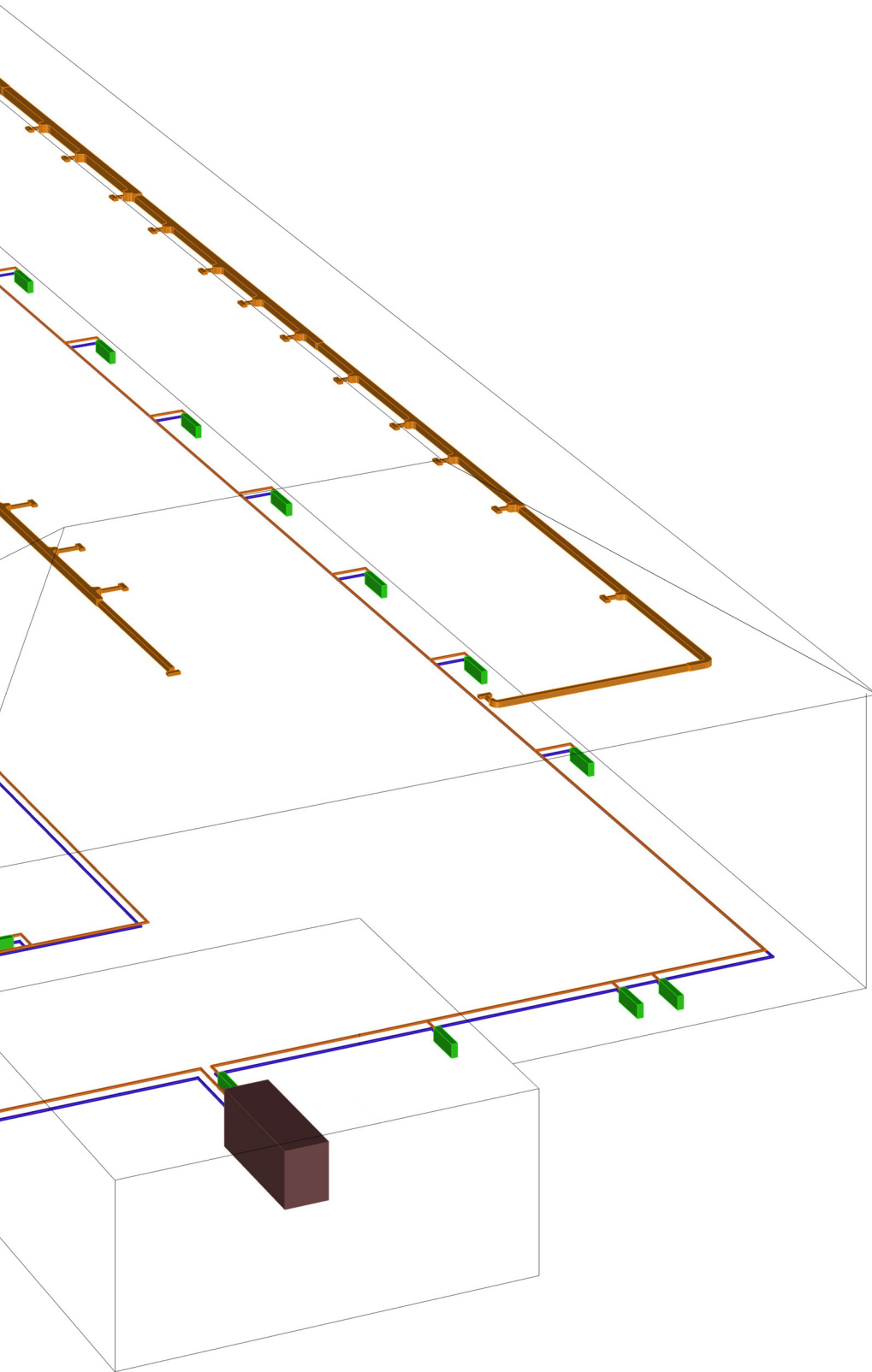
- La instalación térmica es más compleja y costosa de mantener.
- A pesar del respeto patrimonial, se han cegado ventanas originales, afectando a la iluminación natural.
- En la actualidad, el sistema de climatización no se utiliza ya que no resulta útil.

1 Texto extraído de la memoria del proyecto.



2.3.35 Imagen del interior del edificio Las Herreras (s.f)





Conclusiones

1. Conservación patrimonial e integración de nuevos usos

- Adaptación funcional exitosa: Todos los edificios han sido rehabilitados para usos muy distintos de los originales (residencia, oficinas, museo), sin perder completamente su esencia histórica.
- Se percibe una voluntad común de no intervenir en estructuras originales y fachadas visibles, priorizando siempre la reversibilidad de las actuaciones.
- La valorización del patrimonio como activo funcional (uso continuo) evita el abandono, lo que asegura su conservación a largo plazo.

2. Enfoque técnico en instalaciones

- Se observa un esfuerzo técnico por ocultar o integrar las instalaciones modernas (climatización, ventilación) dentro de edificios que no fueron concebidos para ello, lo que en algunos casos obliga a soluciones ingeniosas (quiebros o falsos techos).
- Las instalaciones de climatización han sido diseñadas sin afectar la imagen histórica exterior.
- Los sistemas de climatización no siempre permiten una gestión flexible de temperaturas por espacios, especialmente en usos mixtos.

3. Arquitectura y calidad constructiva

- La construcción en sillería, mampostería y bóvedas de ladrillo demuestra una calidad excepcional que ha facilitado su conservación durante siglos.
- Los tres edificios cuentan con soluciones constructivas singulares adaptadas al terreno (ribera, diques, zonas intermareales) y exigencias militares, que hoy siguen siendo relevantes para su estabilidad estructural.
- Se aprecia una voluntad de mostrar los elementos originales (escaleras imperiales, patios, pináculos, chimeneas) como parte esencial del valor cultural.

4. Distribución y aprovechamiento del espacio

- Las reformas recientes han apostado por espacios diáfanos y versátiles en las plantas bajas, permitiendo un uso flexible para actividades culturales, administrativas o expositivas.
- El uso de entreplantas, cubiertas habitables o módulos de oficinas demuestra una tendencia a densificar sin dañar la imagen original.
- Las zonas bajo cubierta se reutilizan de forma intensiva, aunque ello implica retos térmicos y de ventilación más exigentes.

5. Sostenibilidad y eficiencia energética

- El enfoque hacia una climatización eficiente, suelos radiantes de baja temperatura y recuperación de calor indica un intento claro de adaptación a criterios actuales de sostenibilidad.
- Sin embargo, la gran inercia térmica de los muros antiguos y la dificultad de controlar estancias pequeñas (Sala de Armas) limitan el confort térmico en algunos casos.
- Los tres edificios han reducido las medidas pasivas originales (ventilación natural, iluminación cenital) en favor de soluciones técnicas más modernas, lo que puede tener impacto en el consumo energético.

6. Valor simbólico y representativo

- Cada edificio representa una faceta distinta de la historia del Arsenal:
 - Sala de Armas: poder logístico e institucional del siglo XVIII.
 - Punta del Martillo: vigilancia estratégica marítima.
 - Las Herrerías: origen y evolución técnica de la ingeniería naval española.
- Se ha respetado su valor icónico dentro del conjunto urbano y militar, manteniéndolos visibles, reconocibles y vinculados a su entorno histórico inmediato.

Bibliografía

Rodriguez-Villasante Prieto. J. (2011). La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol.

Rodriguez-Villasante Prieto. J. (2018). La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, dibujos documentados de sus obras históricas.

Rodriguez-Villasante Prieto. J. (1984). Historia y tipología arquitectónica de las defensas de Galicia, Funcionalidad, forma y ejecución del diseño clasicista

Rodriguez-Villasante Prieto. J. y Perales Garat. C. (2023). Catálogo del patrimonio histórico Inmueble de defensa (1)

Rodriguez-Villasante Prieto. J. (2004). Patrimonio histórico del Ferrol de la ilustración. La obra de Julián Sanchez Bort en el conjunto histórico de Ferrol y su referencia al mundo académico

Torres Miño. A, Merino Gayoso. E. y Rodriguez-Villasante Prieto. J. (2010). Patrimonio histórico del Ferrol de la ilustración. El modelo matemático como imagen del orden racionalista

Procedencia de las Ilustraciones

Capítulo 1

- 1.1 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, dibujos documentados de sus obras históricas (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), lámina 45
- 1.2 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 25
- 1.3 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 19
- 1.4 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 73
- 1.5 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 213
- 1.6 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 302
- 1.7 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 303
- 1.8 Tomado de <https://ferrolpatrimoniomundial.gal/es/galeria-fotografica/>
- 1.9 Tomado de <https://enfoques.gal/ferrolterra/ferrol/asi-sera-ferrol-abierto-al-mar-muralla-de-medio-metro-y-nuevo-acceso-al-arsenal/>

Capítulo 2

- 2.1.1 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 266
- 2.1.2 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 211
- 2.1.3 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 139
- 2.1.4 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 215
- 2.1.5 Elaboración propia

- 2.1.6 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto, J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 125
- 2.1.7 Tomado de <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=6516393908401858&id=866451776729461&set=a.1508284412546191>
- 2.1.8 Elaboración propia.
- 2.1.9 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.10 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.11 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.12 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.13 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.14 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.15 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.16 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.17 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.18 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.19 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.20 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.21 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.22 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.23 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.24 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.25 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.26 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.27 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.28 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.29 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.28 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.29 Elaboración propia.
- 2.1.30 Elaboración propia.
- 2.1.31 Elaboración propia.
- 2.1.32 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.33 Elaboración propia.
- 2.1.34 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.1.35 Elaboración propia.
- 2.1.36 Elaboración propia.
- 2.1.37 Elaboración propia.
- 2.1.38 Elaboración propia.
- 2.1.39 Elaboración propia.

- 2.1.40 Elaboración propia.
- 2.1.41. Elaboración propia.
- 2.1.42. Elaboración propia.
- 2.1.43. Elaboración propia.
- 2.1.44. Elaboración propia.
- 2.1.45. Elaboración propia.

- 2.2.1 Tomado de Tomado de Rodriguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 111
- 2.2.2 Tomado del Archivo General de Simancas.
- 2.2.3 Tomado del Archivo General de Simancas.
- 2.2.4 Elaboración propia.
- 2.2.5 Elaboración propia.
- 2.2.6 Elaboración propia.
- 2.2.7 Elaboración propia.
- 2.2.8 Elaboración propia.
- 2.2.9 Elaboración propia.
- 2.2.10 Elaboración propia.
- 2.2.11 Elaboración propia.
- 2.2.12 Elaboración propia.
- 2.2.13 Elaboración propia.
- 2.2.14 Elaboración propia.
- 2.2.15 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.16 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.17 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.18 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.19 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.20 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.21 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.22 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.23 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.24 Tomado de https://preciogas.com/sites/preciogas.com/files/styles/_default/public/vrv-400.png?itok=kT59wKx6
- 2.2.25 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.26 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.27 Elaboración propia.
- 2.2.28 Elaboración propia.
- 2.2.29 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.
- 2.2.30 Tomado del Archivo Militar del Arsenal de Ferrol.

- 2.2.31 Elaboración propia.
- 2.2.32 Elaboración propia.
- 2.2.33 Elaboración propia.
- 2.2.34 Elaboración propia.
- 2.2.35 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 194
- 2.2.36 Elaboración propia.
- 2.2.37 Elaboración propia.
- 2.2.38 Elaboración propia.
- 2.2.39 Elaboración propia.

- 2.3.1 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 95
- 2.3.2 Tomado de Rodríguez-Villasante Prieto. J. La obsesión por el orden académico, el Arsenal de Ferrol, (Ferrol: Ministerio de Defensa, 2018), página 153
- 2.3.3 Tomado de Piñeiro de San Miguel. E. Exponav, Museo de la Construcción Naval, Mascarón de proa de Ferrol, (Ferrol: Club de Prensa de Ferrol, 2024)
- 2.3.4 Tomada de Boletín informativo para personal (Cuartel General d la Armada, 1980)Número 29
- 2.3.5 Tomada de Boletín informativo para personal (Cuartel General d la Armada, 1980)Número 29
- 2.3.6 Tomado de Piñeiro de San Miguel. E. Exponav, Museo de la Construcción Naval, Mascarón de proa de Ferrol, (Ferrol: Club de Prensa de Ferrol, 2024)
- 2.3.7 Elaboración propia.
- 2.3.8 Elaboración propia.
- 2.3.9 Elaboración propia.
- 2.3.10 Tomado de <https://exponav.org/wp-content/uploads/carpinteria-de-ribera-bote-pulpueiro-1536x1152.jpg>
- 2.3.11 Elaboración propia.
- 2.3.12 Elaboración propia.
- 2.3.13 Elaboración propia.
- 2.3.14 Elaboración propia.
- 2.3.15 Tomado del archivo de EXPONAV.
- 2.3.16 Elaboración propia.
- 2.3.17 Tomado del archivo de EXPONAV.
- 2.3.18 Elaboración propia.
- 2.3.19 Tomado del archivo de EXPONAV.
- 2.3.20 Elaboración propia.
- 2.3.21 Tomado del archivo de EXPONAV.

-
- 2.3.22 Elaboración propia.
 - 2.3.23 Elaboración propia.
 - 2.3.24 Elaboración propia.
 - 2.3.25 Elaboración propia.
 - 2.3.26 Tomado de: <https://exponav.org/wp-content/uploads/Figura-2-General.jpg>
 - 2.3.27 Elaboración propia.
 - 2.3.28 Elaboración propia.
 - 2.3.29 Tomado de Piñeiro de San Miguel. E. Exponav, Museo de la Construcción Naval, Mascarón de proa de Ferrol, (Ferrol: Club de Prensa de Ferrol, 2024),
 - 2.3.30 Elaboración propia.
 - 2.3.31 Elaboración propia.
 - 2.3.32 Elaboración propia.
 - 2.3.33 Elaboración propia.
 - 2.3.34 Elaboración propia.
 - 2.3.35 Tomado de <https://exponav.org/wp-content/uploads/barcos-y-astilleros.jpg>
 - 2.3.36 Elaboración propia.

