

# Trabajo Fin de Grado

## Grado en Ingeniería de Organización Industrial

### Análisis de la implantación de un proyecto de eficiencia energética en el Hospital Virgen del Rocío (HUVR)

Autor: Antonio Manuel Márquez Macías

Tutor: Miguel Torres García

Dpto. Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2022



Trabajo Fin de Grado  
Ingeniería de Organización Industrial

**Análisis de la implantación de un proyecto de  
eficiencia energética en el Hospital Virgen del Rocío  
(HUVR)**

Autor:

Antonio Manuel Márquez Macías

Tutor:

Miguel Torres García

Dpto. Ingeniería Energética  
Escuela Técnica Superior de Ingeniería  
Universidad de Sevilla  
Sevilla, 2022

Trabajo Fin de Grado: Análisis de la implantación de un proyecto de eficiencia energética en el Hospital Virgen del Rocío (HUVR)

Autor: Antonio Manuel Márquez Macías

Tutor: Miguel Torres García

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2022

El Secretario del Tribunal

*A mi familia*

*A mis maestros*

# Agradecimientos

---

En primer lugar, a mi hermanos, sobrinas, tíos, abuelos que han estado ahí apoyándome en mi formación profesional y creyendo en mi en todo momento y sobre todo a mis padres, mi madre por haberme apoyado desde el primer momento a que siguiera formándome como persona y a mi padre que, aunque ya no esté a nuestro lado, sé que estaría orgulloso de todo el empeño que he puesto en mi carrera profesional.

A mis amigos y compañeros de carrera, que han luchado junto a mí para conseguir, al final del camino, la titulación de ingeniería.

A mi tutor Miguel Torres, por darme la oportunidad de presentar este trabajo junto a él y orientarme en su realización.

Y por último, pero no menos importante, a Jose Luis Arjona Sánchez y a todo su gran equipo de profesionales por enseñarme, en mi paso por el Hospital Universitario Virgen del Rocío como estudiante en prácticas, el día a día de un ingeniero en un centro hospitalario y además, darme la oportunidad y facilitarme el poder realizar mi TFG sobre el gran proyecto que están llevando a cabo en sus instalaciones.

*Antonio Manuel Márquez Macías*

*Sevilla, 2022*

# Resumen

---

El Hospital Universitario Virgen del Rocío ha sido por años uno de los mejores centros sanitarios de Andalucía, además de ser uno de los que más consultas, urgencias, cirugías, llega a atender en España. Debido a tanta demanda sanitaria, las condiciones de las instalaciones del centro deben de ser óptimas para cumplir las necesidades de los pacientes.

En el presente documento se va a tratar de describir y comentar el actual proyecto de Eficiencia Energética en el Hospital Universitario Virgen del Rocío, el cual tiene como objetivo mejorar las condiciones del complejo hospitalario que van desde mejorar la climatización de los hospitales hasta mejorar la iluminación en ellos. Todo ello entrando dentro de unas medidas de mejora en la eficiencia energética que supondrá un ahorro energético y económico al hospital, además de suponer una mejora medioambiental.

Por otro lado, se verá la planificación de la ejecución del comienzo de este proyecto en el Hospital de la Mujer, donde intervienen los diferentes agentes que participan en el proyecto de Eficiencia Energética y los cuales ponen todo su empeño en que el proyecto vaya en buen rumbo.

# Abstract

---

The Hospital Universitario Virgen del Rocío been for years one of the best health centers in Andalusia, as well as being one of the ones that attends the most consultations, emergencies, and surgeries in Spain. Due to so much health demand, the conditions of the center's facilities must be optimal to meet the needs of patients.

This document will try to describe and comment on the current Energy Efficiency project at the Hospital Universitario Virgen del Rocío, which aims to improve the conditions of the hospital complex, ranging from improving the air conditioning of hospitals to improving lighting. All this falling within measures to improve energy efficiency that will mean energy and economic savings for the hospital, as well as implying an environmental improvement. All this falling within measures to improve energy efficiency that will mean energy and economic savings for the hospital, as well as implying an environmental improvement.

On the other hand, the planning of the execution of the beginning of this project in the Hospital de la Mujer will be seen, where the different agents that participate in the Energy Efficiency project intervene and who put all their efforts in making the project go well.

# Índice

---

<b>Agradecimientos</b>	<b>v</b>
<b>Resumen</b>	<b>vi</b>
<b>Abstract</b>	<b>vii</b>
<b>Índice</b>	<b>viii</b>
<b>Índice de Tablas</b>	<b>x</b>
<b>Índice de Ilustraciones</b>	<b>xi</b>
<b>1 Introducción</b>	<b>1</b>
<b>2 Descripción del Proyecto</b>	<b>2</b>
2.1 <i>Antecedentes</i>	2
2.2 <i>Alcance del proyecto</i>	2
2.3 <i>Presupuesto</i>	6
2.4 <i>Previsión de la ejecución de las obras</i>	7
2.5 <i>Certificaciones energéticas</i>	9
<b>3 Plan en el Hospital de la Mujer</b>	<b>11</b>
3.1 <i>Central de Frío</i>	11
3.1.1 Consideraciones generales	11
3.1.2 Estado actual	12
3.1.3 Hipótesis de partida	14
3.1.4 Requerimientos	19
3.1.5 Cuadro de control producción de frío	28
3.1.6 Supervisión Energética	31
3.1.7 Obra civil	31
3.2 <i>Instalación de HVAC en el Hospital de la Mujer</i>	32
3.2.1 Consideraciones generales	32
3.2.2 Estado actual	32
3.2.3 Hipótesis de partida	37
3.2.4 Requerimientos	39
3.2.5 Obra civil	44
3.3 <i>Iluminación LED</i>	46
3.3.1 Alcance de la actuación	46
3.4 <i>Fotovoltaica</i>	48
3.4.1 Objetivo	48
3.4.2 Estructura de la instalación	48
3.4.3 Producción eléctrica estimada	49
3.5 <i>Sustitución de ventanas</i>	50
<b>4 Planificación de la ejecución en el HM</b>	<b>51</b>
4.1 <i>Introducción al plan</i>	51
4.2 <i>Problemática del plan</i>	51
4.3 <i>Organización de las obras</i>	57

4.3.1 Agentes interesados	58
4.4 <i>Resultados</i>	68
<b>5 Conclusión</b>	<b>72</b>
<b>Bibliografía</b>	<b>73</b>
<b>Glosario</b>	<b>74</b>
<b>Anexo 1</b>	<b>75</b>
<b>Anexo 2</b>	<b>85</b>

# ÍNDICE DE TABLAS

---

Tabla 1 - Tipos de MAE y MEDE	5
Tabla 2 - Descripción de las actuaciones encada edificio	6
Tabla 3 - Resumen presupuesto del proyecto	7
Tabla 4 - Presupuesto para MAE y MEDE	7
Tabla 5 - Calificaciones estado actual	9
Tabla 6 - Calificaciones con MEDE	9
Tabla 7 - Calificaciones con MAE	9
Tabla 8 - Calificaciones con MAE y MEDE	10
Tabla 9 - Ahorros con MAE y MEDE	10
Tabla 10 - Resumen potencia instalada	47
Tabla 11 - Resumen fases del proyecto	52
Tabla 12 – Diagrama de Gantt inicial de las actuaciones en el HM	56
Tabla 13 - Diagrama de Gantt primeros cambios	63
Tabla 14 - Diagrama de Gantt segundo cambio	66
Tabla 15 - Diagrama de Gantt resultante de la ejecucion en el HM	70
Tabla 16 - Cronograma de la coordinación con el servicio sanitario	71

# ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

---

Ilustración 1 - Planos por zonas del HUVR	8
Ilustración 2 - Vista general Hospital de la Mujer	12
Ilustración 3 - Ubicación nueva central de frío HUVR	12
Ilustración 4 - Ubicación centrales de frío existentes HUVR	12
Ilustración 5 - Sala técnica exterior HM+HI	13
Ilustración 6 - Enfriadora condensada por agua sala técnica HM	13
Ilustración 7 - Grupo de bombeo sala técnica HM	14
Ilustración 8 - Ubicación nueva central de frío	16
Ilustración 9 - Implantación central de frío en la zona de lavandería HUVR	17
Ilustración 10 - Vista 3D de la implantación	17
Ilustración 11 - Paso de tuberías por racks	17
Ilustración 12 - Trazado de tuberías del anillo de frío	18
Ilustración 13 - Vista entre el HM y la nueva central	18
Ilustración 14 - Planta enfriadora condensada por aire	21
Ilustración 15 - Planta enfriadora condensada por agua	21
Ilustración 16 - Bomba in line con variador de frecuencia incorporado para el circuito primario	22
Ilustración 17 - Vaso de expansión con compresor	23
Ilustración 18 - Bomba centrífuga para el grupo del anillo de frío	25
Ilustración 19 - Válvula de equilibrado	25
Ilustración 20 - Válvula de control de presión diferencial	26
Ilustración 21 - Válvula motorizada de 2 vías	26
Ilustración 22 - Torre de refrigeración de circuito cerrado	27
Ilustración 23 - Bomba monobloc	27
Ilustración 24 - Vaso de expansión con compresor	28
Ilustración 25 - Cuadro de Control Activo y Optimizado	30
Ilustración 26 - Ubicación del HM dentro del complejo HUVR	33
Ilustración 27 - Vista del inductor en una habitación del HM	33
Ilustración 28 - Vista más cercana del inductor existente en el HM	34
Ilustración 29 - UTAs asociadas a inductores, situadas en el sótano del HM	34
Ilustración 30 - Grupo de bombeo de frío del HM y HI	35
Ilustración 31 - Grupo de bombeo de calor del HM y HI	35
Ilustración 32 - Plantas enfriadoras existentes en la central de frío del HM y HI	35
Ilustración 33 - Intercambiadores de calor de placas existentes en el HM y HI	36

Ilustración 34 - Plantas enfriadoras planta 1ª HM	36
Ilustración 35 - Intercambiadores de calor de placas y bombas circuito primario calor planta 1ª HM	36
Ilustración 36 – Bombas de circulación circuitos primario y secundario frío planta 1ª HM	37
Ilustración 37 - Redes de distribución de aire del edificio HM I	38
Ilustración 38 - Redes de distribución de aire del edificio HM II	38
Ilustración 39 - Fancoil horizontal para conectar a conductos	39
Ilustración 40 - Válvula motorizada de 2 vías roscada (izquierda) y embridada (derecha)	41
Ilustración 41 - Válvula de bola roscada (izquierda) y de mariposa embridada (derecha)	41
Ilustración 42 - Manguito de doble onda roscado (izquierda) y embridado (derecha)	42
Ilustración 43 - Bomba in line con variador de frecuencia incorporado	42
Ilustración 44 - Válvulas de descarga de presión diferencial	43
Ilustración 45 - Bomba monobloc	43
Ilustración 46 - Equipo de climatización actual en el interior del HM	45
Ilustración 47 - Falso techo pasillo del HM	45
Ilustración 48 – Vista simple interior del falso techo	45
Ilustración 49 - Cubierta 1ª planta HM	46
Ilustración 50 - Pasillo Planta 4ª HM	47
Ilustración 51 - Cubierta disponible en el HM	49
Ilustración 52 - Planning del proyecto de la DO X	53
Ilustración 53 - Ubicación de las alas en el HM	54
Ilustración 54 - Pasarela actual (2022)	60
Ilustración 55 - Situación actual de la obra en la 6º planta	67

# 1 INTRODUCCIÓN

---

*Las enfermedades no nos llegan de la nada. Se desarrollan a partir de pequeños pecados diarios contra la Naturaleza. Cuando se hayan acumulado suficientes pecados, las enfermedades aparecerán de repente.*

*- Hipócrates -*

**H**oy en día, el sistema de Sanidad Pública en España es uno de los referentes a nivel mundial en cuanto a la asistencia sanitaria a los ciudadanos del país, dejándonos en manos de los mejores profesionales del sector sanitario, confiando plenamente en que nuestras necesidades sanitarias van a ser cumplidas con satisfacción. No obstante, la Sanidad Pública no brilla solo por sus profesionales sanitarios, sino por la calidad de su servicio y las condiciones que llevan a que el ciudadano tenga las mejores condiciones de confort a la hora de utilizar el servicio sanitario. Entre estas condiciones están la climatización del centro hospitalario, su iluminación, adecuación de los equipos, mobiliario e instalaciones del centro, etc.

Por otro lado, tenemos el concepto de Eficiencia Energética donde con el mismo uso de unos equipos, instalaciones, maquinaria, ... obtenemos mejores resultados en las actividades a realizar, minimizando los recursos energéticos y con ello minimizar el impacto ambiental que estos equipos pueden ocasionar al Medio Ambiente.

Juntando el servicio sanitario del Hospital Universitario Virgen del Rocío más las mejoras en cuanto a eficiencia energética tenemos el actual proyecto de Eficiencia Energética en el HUVR.

Este proyecto que se presenta en el HUVR tiene por objetivo la descripción de las medidas de ahorro y diversificación energética que son necesarias implementar con el fin de mejorar la eficiencia energética, reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y, consecuentemente, mejorar la calificación energética de los edificios con actividad de hospitalización que comprenden el Hospital Universitario Virgen del Rocío (HUVR): Hospital General, Hospital de Rehabilitación y Traumatología, Hospital de la Mujer y Hospital Infantil.

Por confidencialidad, se censurarán los nombres de las empresas que intervienen en el proyecto de Eficiencia Energética.

# 2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

---

## 2.1 Antecedentes

En el año 2018 se llevaron a cabo dos auditorías energéticas en el Hospital Universitario Virgen del Rocío (HUVR) de Sevilla. La primera de ellas se centraba en los edificios del Hospital General (HG) y el Hospital de Rehabilitación y Traumatología (HRT), mientras que la segunda analizaba los edificios del Hospital de la Mujer (HM) y el Hospital Infantil (HI).

En ambos documentos se analizaron los sistemas consumidores de energía de cada edificio como, por ejemplo, el sistema de climatización, la iluminación o la producción de A.C.S., entre otros. Se mostraban también los consumos anuales, mes a mes, separados en consumos eléctricos y térmicos. Y, por último, se analizaron las posibles medidas de mejora en el rendimiento de los sistemas de climatización, así como las posibilidades de ahorro mediante actuaciones sobre la instalación de iluminación y la posibilidad de implementar energías renovables en los edificios.

Además, como justificación de los ahorros energéticos y reducción de emisiones conseguidos mediante la implementación de las mejoras propuestas se aportaron las certificaciones energéticas de cada edificio tanto en la situación actual como en la situación mejorada, es decir, con el escenario de consumo futuro una vez ejecutadas las medidas de mejora propuestas.

Así pues, el objetivo de las auditorías energéticas realizadas era proponer medidas de mejora con el objetivo de reducir el consumo energético en los principales edificios del Hospital Universitario Virgen del Rocío y disminuir el impacto ambiental por la reducción de emisiones contaminantes.

## 2.2 Alcance del proyecto

Una vez que se analizaron las dos Auditorías Energéticas existentes aportadas por los técnicos responsables del proyecto dentro del HUVR, se realizaron visitas de inspección por los técnicos de la dirección de obras que llevará el proyecto que se quiere implantar (que llamaremos DO X por confidencialidad). Así, pudieron tener un conocimiento exhaustivo y detallado de las instalaciones y el equipamiento existente en la actualidad en cada uno de los edificios de hospitalización del HUVR.

Paralelamente, se mantuvieron reuniones entre los técnicos responsables del proyecto en el HUVR y con los técnicos de la empresa DO X para consensuar de manera conjunta el alcance de cada una de las Medidas de Ahorro Energético (MAE) y Medidas de Diversificación Energética (MEDE) a incluir en el proyecto, todas ellas basadas en las medidas de mejora propuestas en las Auditorías Energéticas de referencia.

Para ello analizaron todos los aspectos que afectan a cada una de las actuaciones haciendo hincapié en su viabilidad técnico-económica.

Desde el punto de vista técnico, se tuvieron en consideración, entre otros, los siguientes aspectos:

- La mayor eficiencia posible de los nuevos sistemas.
- Los espacios disponibles para la implantación de las nuevas instalaciones.
- La coordinación entre las instalaciones actuales y las futuras, sobre todo a nivel de ubicación, montaje, uso y mantenimiento, intentando mantener en todo momento el servicio en los edificios afectados.
- Las fases de transición en el conexionado de las nuevas instalaciones con las existentes; o el encaje de las nuevas instalaciones dentro de las estrategias previstas a corto y medio plazo por la Subdirección de Ingeniería, Inversiones y Mantenimiento del HUVR.

Desde el punto de vista económico, se trabajó manteniendo la premisa de la limitación existente en la inversión disponible por el HUVR. Una vez se analizaron todas las medidas propuestas Auditorías Energéticas, comprobaron que su coste era mayor a la inversión disponible por lo que se tuvieron que ajustar los alcances de cada una de ellas.

En el Anexo 1 se encuentra un plano general del HUVR, además de los planos de las plantas en el HM.

Finalmente, el alcance de cada MAE y MEDE es el que se describe en la siguiente tabla:

ÁMBITO DE LA MEDIDA	TIPO DE MEDIDA	ALCANCE DE LA ACTUACIÓN
CLIMATIZACIÓN y A.C.S.	MAE	<p><u>Nueva central de producción de frío HUVR:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sustitución de equipos de producción de frío de la central de frío de HG + HRT y de HM + HI por la nueva central de frío común para los 4 edificios, ubicada junto a la lavandería del HUVR, formada por equipos con compresores de levitación magnética, 5 enfriadoras aire-aire y 2 de agua-agua, con 4 torres de refrigeración de circuito cerrado (2x planta), bombas de recirculación de agua y tuberías hasta las salas de bombeo actuales del HG+ HRT y del HM + HI mediante tuberías enterradas.</li> <li>• Instalación eléctrica y de control para el nuevo equipamiento de la central de frío, así como un sistema de monitorización y seguimiento energético.</li> <li>• Nuevo centro de transformación para alimentación eléctrica de la nueva central de frío.</li> <li>• Obra civil asociada a la nueva central de frío (losas de cimentación, adecuación de la lavandería, etc.).</li> </ul>

	<b>MAE</b>	<p><u>Reforma instalación HVAC en HM:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sustitución de la instalación existente en el HM a base de inductores y UTAs por la nueva instalación mediante fancoils y UTAs de aire primario en las siguientes zonas: semisótano, planta baja y plantas de la 2ª a la 6ª.</li> <li>● Sustitución de la instalación hidráulica por una nueva instalación a 4 tubos, incluso las verticales previstas en los núcleos de escaleras.</li> <li>● Instalación de nuevas bombas para los nuevos circuitos hidráulicos de fancoils de frío y calor.</li> <li>● Sustitución de los grupos de bombeo existentes para los circuitos de frío y calor en el HM y HI.</li> <li>● Instalación eléctrica y control para la nueva instalación de HVAC, así como el sistema de monitorización y seguimiento energético.</li> <li>● Refuerzo de la estructura del HM para el soporte de los nuevos equipos.</li> </ul>
<b>CLIMATIZACIÓN N y A.C.S.</b>	<b>MAE</b>	<p><u>Sustitución UTAs en el HI:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sustitución de 5 UTAs en la cubierta.</li> <li>● Reconexión de las redes hidráulicas y de conductos existentes a los nuevos equipos.</li> <li>● Instalación eléctrica y control para los nuevos equipos, así como el sistema de monitorización y seguimiento energético.</li> <li>● Estructura de soporte para las nuevas UTAs.</li> </ul>
<b>ILUMINACIÓN</b>	<b>MAE</b>	<p><u>Sustitución iluminación a LED:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● Sustitución de la iluminación existente en el HG, HRT, HM y HI por tecnología LED en pasillos y vestíbulos.</li> <li>● Sistema de monitorización y seguimiento energético.</li> </ul>

<b>RENOVABLES</b>	<b>MEDE</b>	<p><u>Instalación solar fotovoltaica:</u></p> <p>Instalación de plantas fotovoltaicas por edificio con las siguientes potencias:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>● 72 kW y 57,6 kW nominales en HG.</li> <li>● 48 kW y 38,4 kW nominales en HRT.</li> <li>● 48 kW y 38,4 kW nominales en HM.</li> <li>● 72 kW y 57,6 kW nominales en HI.</li> <li>● TOTAL: 240 kW y 192 kW nominales.</li> </ul> <p>Sistema de monitorización y seguimiento energético.</p>
<b>MEJORA EPIDERMIS</b>	<b>MAE</b>	<p><u>Sustitución de ventanas en el HM:</u></p> <p>Cambio de ventanas existentes del HM en algunas zonas.</p>

Tabla 1 - Tipos de MAE y MEDE

También, desde el punto de vista de los edificios afectados por las actuaciones previstas en este proyecto, el alcance previsto en cada uno de ellos y las instalaciones afectadas se indican en la siguiente tabla:

EDIFICIO	INSTALACIÓN AFECTADA	DESCRIPCIÓN ACTUACIÓN
Hospital General (HG)	Iluminación (MAE)	Sustitución de luminarias existentes por luminarias tipo LED en pasillos y vestíbulos
	Fotovoltaica (MEDE)	Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo. Potencia pico 72 kWp, potencia nominal 57,6 KW
Hospital de Rehabilitación y Traumatología (HRT)	Iluminación (MAE)	Sustitución de luminarias existentes por luminarias tipo LED en pasillos y vestíbulos
	Fotovoltaica (MEDE)	Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo. Potencia pico 48 kWp, potencia nominal 38,4 KW
Hospital de la Mujer (HM)	Iluminación (MAE)	Sustitución de luminarias existentes por luminarias tipo LED en pasillos y vestíbulos
	Fotovoltaica (MEDE)	Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo. Potencia pico 48 kWp, potencia nominal 38,4 KW

	Climatización (MAE)	Sustitución de la instalación de HVAC existente de inductores en las plantas semisótano, baja, 2ª, 3ª, 4ª, 5ª y 6ª por nueva instalación mediante fancoils a 4 tubos más UTAs de aire primario.  Sustitución de los grupos de bombeo existentes.
	Mejora de la Epidermis (MAE)	Cambio de ventanas por otras de mejores prestaciones en todo el edificio salvo en el ala derecha y ala central de la planta 1ª y ala central de la planta 6ª
Hospital Infantil (HI)	Iluminación (MAE)	Sustitución de luminarias existentes por luminarias tipo LED en pasillos y vestíbulos
	Fotovoltaica (MEDE)	Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo. Potencia pico 72 kWp, potencia nominal 57,6 KW
	Climatización (MAE)	Sustitución de UTAs existentes por nuevos equipos en cubierta.
Central de Producción de Frío (CF)	Climatización (MAE)	Ejecución de nueva central de producción de frío para suministro a los edificios HG, HRT, HM y HI.  Esta nueva central de producción de frío sustituirá a las dos centrales existentes en el HUVR que actualmente dan servicio al HG+HRT, por un lado, y al HM+HI, por otro.

Tabla 2 - Descripción de las actuaciones encada edificio

## 2.3 Presupuesto

Así como la descripción de cada MAE y MEDE, se va a incluir una tabla resumen del presupuesto del proyecto, con la valoración económica de cada intervención e indicando las cantidades económicas que corresponden a las MAE y las que corresponden a las MEDE.

TABLA RESUMEN PRESUPUESTO PROYECTO MEJORAS HUVR								
ÁMBITO DE LA MEDIDA	MEDIDA	TIPO DE MEDIDA	P.E.M. (€)	13% Gastos Generales (€)	6% Beneficio Industrial (€)	PRESUPUESTO ANTES DE I.V.A. (€)	21% I.V.A. (€)	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (€)
CLIMATIZACIÓN Y A.C.S.	Nueva Central de Producción de Frío HUVR (incluido nuevo CT).	MAE	3.439.568,00	447.143,84	206.374,08	4.093.085,92	859.548,04	4.952.633,96
	Mejora de la instalación de climatización de semisótano, baja y plantas de 2ª a 6ª en HM. Y modificación de la instalación hidráulica para climatización en la sala de máquinas.	MAE	1.519.659,68	197.555,76	91.179,58	1.808.395,02	379.762,95	2.188.157,97
	Instalación de sistemas de recuperación de calor, free-cooling e incorporación de ventiladores de alta eficiencia en climatizadores, incluyendo sustitución completa de equipos en HI.	MAE	160.685,29	20.889,09	9.641,12	191.215,50	40.155,25	231.370,75
ILUMINACIÓN	Sustitución de iluminación general por tecnología LED en HG+HRT+HM+HI.	MAE	670.378,62	87.149,22	40.222,72	797.750,56	167.527,62	965.278,17
RENOVABLES	Instalación solar fotovoltaica de autoconsumo en HG + HRT + HM + HI.	MEDE	183.134,24	23.807,45	10.988,05	217.929,75	45.765,25	263.694,99
MEJORAS EPIDERMIS	Mejora de epidermis en HM.	MAE	577.269,50	75.045,04	34.636,17	686.950,71	144.259,65	831.210,35
<b>TOTAL</b>			<b>6.550.695,33</b>	<b>851.590,39</b>	<b>393.041,72</b>	<b>7.795.327,44</b>	<b>1.637.018,76</b>	<b>9.432.346,21</b>

Tabla 3 - Resumen presupuesto del proyecto

Las cantidades destinadas a las MAE y a las MEDE son las siguientes:

TIPO DE MEDIDA	P.E.M. (€)	PRESUPUESTO ANTES DE I.V.A. (€)	PRESUPUESTO BASE DE LICITACIÓN (€)
MAE	6.367.561,09	7.577.397,70	9.168.651,21
MEDE	183.134,24	217.929,75	263.694,99
<b>TOTAL</b>	<b>6.550.695,33</b>	<b>7.795.327,44</b>	<b>9.432.346,21</b>

Tabla 4 - Presupuesto para MAE y MEDE

Todas estas medidas se encuentran dentro del programa FEDER (Fondo Europeo de Desarrollo Regional).

## 2.4 Previsión de la ejecución de las obras

Las actuaciones contempladas se han previsto en varias fases con el fin de interferir lo mínimo posible en la actividad hospitalaria, garantizando que se pueda mantener el servicio durante el mayor tiempo posible en condiciones óptimas, tanto para el personal sanitario como para los usuarios, disminuyendo lo máximo posible los tiempos de cierre de cada planta o zona afectada.

Con esa premisa, los técnicos de la empresa adjudicataria realizaron una zonificación de cada planta en los edificios objeto del proyecto según se muestra en la siguiente imagen:

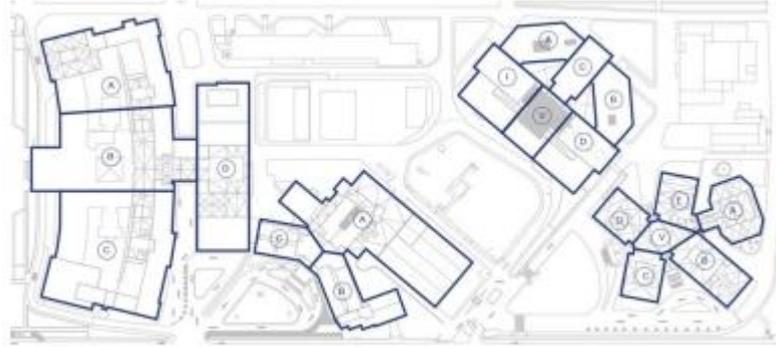


Ilustración 1 - Planos por zonas del HUVR

La planificación prevista prevé la acometida de las diferentes actuaciones en fases en cada una de las zonas indicadas en las que se ha dividido cada edificio. Para minimizar la afcción que las obras pudieran tener sobre el servicio hospitalario, los técnicos del HUVR consideraron no actuar sobre más de una zona de forma simultánea en cada edificio. Esto se verá con más importancia en el punto de ejecución del HM.

Además, la ejecución de las actuaciones descritas en el proyecto se prevén siguiendo un orden lógico basado en la relación existente entre las instalaciones descritas en él. Es decir, si existen unas actuaciones que condicionan la ejecución de otras, se ha considerado que primero se ejecute la tarea de la que depende la siguiente.

Según todo lo indicado, el faseado estaría condicionado por las siguientes premisas:

1. La reforma del HVAC del HM se acometerá planta a planta, actuando sobre toda la superficie de la misma manera simultánea. Se iniciarán los trabajos por la planta 6ª y se continuará con la planta simultáneamente inferior. Así sucesivamente hasta la planta semisótano. De este modo, a medida que se vayan reformando las plantas se irán desmontando las instalaciones verticales existentes en el edificio sin dejar de dar servicio a las plantas inferiores pendientes de actuación.

Las plantas que se vayan reformando se conectarán a la instalación hidráulica nueva que previamente se habrá ejecutado en el edificio (sala de bombeo y distribución de tuberías por sótano y verticales). En las reformas se ejecutará la sustitución de la iluminaria existente.

2. Paralelamente al punto anterior, desde la fecha de inicio de los trabajos, está prevista de las redes hidráulicas en la central de frío. Así mismo, se empezará de manera paralela también con el centro de transformación y con la instalación interior de la sala de bombas. En una fase previa a las obras de ejecución, se habrán ejecutado las losas donde se ubicarán las plantas enfriadoras y las torres de refrigeración, los racks de instalaciones y el acondicionamiento interior de la sala de bombas de la central de frío.
3. Una vez se haya terminado la ejecución de la central de frío y del anillo de frío se podrá realizar la conexión a los edificios alimentados por el nuevo sistema de producción de frío, es decir, HG+HRT y HM+HI (independientemente de si se ha terminado la reforma interior del HVAC del HM).
4. Las actuaciones relacionadas con la instalación solar fotovoltaica y la sustitución de UTAs en la cubierta del HI se podrán acometer en cualquier momento siempre que no formen parte del camino crítico de la planificación.

Los bloques en los que se divide el proyecto deberán ejecutar en paralelo ya que no existe tiempo suficiente para plantearlo en serie. El plazo estimado total de ejecución de las actuaciones asciende a **62 semanas**.

El cronograma para la ejecución de las Medidas de Ahorro Energética (MAE) y Medidas de Diversificación Energética (MEDE) en el proyecto tendrá que adaptarse, necesariamente, a las condiciones funcionales y

operativas de los centros asistenciales. Por tanto, el cumplimiento de este estará condicionado a las aprobaciones por parte del órgano gestor responsable correspondiente dentro de cada una de las áreas afectadas por las actuaciones descritas en el proyecto.

## 2.5 Certificaciones energéticas

A continuación, se muestran los resultados de calificación de los 4 hospitales; Hospital General, Hospital de la Mujer, Hospital Infantil y Hospital Rehabilitación y Traumatología.

Calificaciones Estado Actual:

Hospital	Energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> *año)		Emisiones dióxido de carbono (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> *año)	
<b>HG</b>	689,01	<b>E</b>	<b>117,93</b>	<b>E</b>
<b>HI</b>	622,33	<b>E</b>	<b>107</b>	<b>E</b>
<b>HM</b>	658,7	<b>D</b>	<b>113,22</b>	<b>D</b>
<b>HRT</b>	808,83	<b>E</b>	<b>137,15</b>	<b>F</b>

Tabla 5 - Calificaciones estado actual

Calificaciones con MEDE:

Hospital	Energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> *año)		Emisiones dióxido de carbono (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> *año)	
<b>HG</b>	682,28	<b>E</b>	116,79	<b>E</b>
<b>HI</b>	610,86	<b>E</b>	105,03	<b>E</b>
<b>HM</b>	650,49	<b>D</b>	111,83	<b>D</b>
<b>HRT</b>	798,69	<b>E</b>	135,43	<b>F</b>

Tabla 6 - Calificaciones con MEDE

Calificaciones con MAE:

Hospital	Energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> *año)		Emisiones dióxido de carbono (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> *año)	
<b>HG</b>	642,14	<b>E</b>	110,36	<b>D</b>
<b>HI</b>	531,91	<b>D</b>	91,64	<b>D</b>
<b>HM</b>	343,36	<b>B</b>	59,8	<b>C</b>
<b>HRT</b>	595,85	<b>E</b>	101,07	<b>F</b>

Tabla 7 - Calificaciones con MAE

Calificaciones con MAE y MEDE:

Hospital	Energía primaria no renovable (kWh/m <sup>2</sup> *año)		Emisiones dióxido de carbono (kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> *año)	
<b>HG</b>	635,42	<b>E</b>	109,22	<b>D</b>
<b>HI</b>	520,7	<b>D</b>	89,74	<b>D</b>
<b>HM</b>	336,1	<b>B</b>	58,57	<b>C</b>
<b>HRT</b>	586,15	<b>E</b>	99,42	<b>F</b>

Tabla 8 - Calificaciones con MAE y MEDE

Siendo las superficies de los hospitales de:

- HG: 47.465 m
- HI: 19.199 m
- HM: 28.958 m
- HRT: 22.170 m

Realizando las operaciones oportunas (multiplicar por superficie) tenemos que los ahorros totales son:

<b>Ahorro con MAE y MEDE</b>		
<b>Hospital</b>	(kWh/año)	(kg CO <sub>2</sub> /año)
HG	2543649,35	413420,15
HI	1951194,37	331374,74
HM	9341850,8	1582554,5
HRT	4936815,6	836474,1

Tabla 9 - Ahorros con MAE y MEDE

Comparando el consumo energético y emisiones del estado previo con el estado reformado se puede afirmar que con la implantación de las medidas previstas, se obtiene una reducción en consumo de energía primaria y emisiones de CO<sub>2</sub> del 25%, en el complejo HUVR.

Si pensamos que el precio medio (con impuestos) de la electricidad en España en 2021 es de aproximadamente 0,2479 €/kWh, se supone un ahorro total (sumando todos los edificios) de aproximadamente 4.654.000 €/año, lo cual supone un gran ahorro económico por parte del HUVR.

# 3 PLAN EN EL HOSPITAL DE LA MUJER

---

**E**n este punto del proyecto se van a describir las actuaciones que entran dentro del alcance del proyecto, referente al Hospital de la Mujer. Algunas de las actuaciones se describirán a nivel general ya que, por ejemplo, la nueva central de frío no solo afecta al Hospital de la Mujer sino también al resto de edificios como son el Hospital Infantil, Hospital General y Hospital Rehabilitación y Traumatología.

## 3.1 Central de Frío

En esta sección se describen las diferentes actuaciones, dentro de las mejoras de eficiencia energética, incluidas en el proyecto de ejecución de la nueva central de producción de frío para el Hospital Universitario Virgen del Rocío que abastecerá a los edificios ya comentados con anterioridad, entre ellos el Hospital de la Mujer.

### 3.1.1 Consideraciones generales

La nueva central de producción de frío sustituirá a las dos centrales existentes en el HUVR que actualmente dan servicio al HG+HRT, por un lado, y al HM+HI, por otro.

Al estar el proyecto enmarcado dentro de unas medidas de mejora de la eficiencia energética de las instalaciones existentes en el HUVR, la potencia de generación de frío de la nueva central será la misma que la teóricamente generada por los equipos existentes en las dos centrales de frío actuales considerando las condiciones más desfavorables según la norma vigente, es decir, a 42°C exteriores. Por tanto, no se prevé un aumento de la potencia de generación de frío instalada en la actualidad.

La nueva central de generación de frío estará ubicada en la zona donde en la actualidad se encuentra la lavandería y la central térmica del complejo hospitalario. Esta ubicación se consensuó, después de varios estudios y propuestas por parte de los técnicos de la DO X con los técnicos responsables del proyecto dentro de la Subdirección de Ingeniería y Mantenimiento del Hospital Virgen del Rocío.



Ilustración 2 - Vista general Hospital de la Mujer

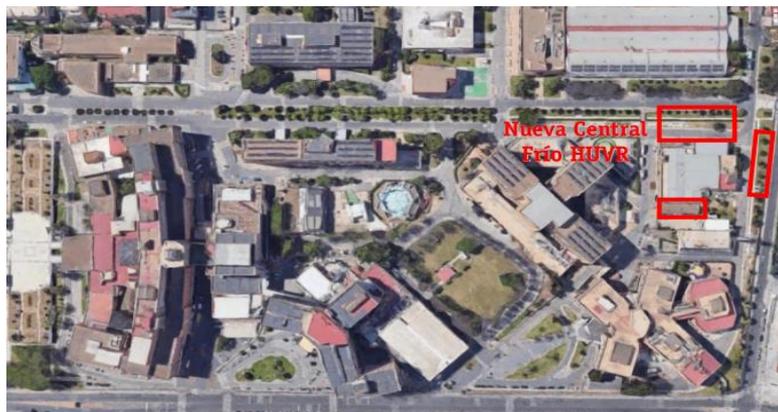


Ilustración 3 - Ubicación nueva central de frío HUVR

La intención por parte de los responsables de las instalaciones del HUVR es crear una zona técnica dentro del complejo en esa área donde se centralizan los servicios de producción de frío, calor o vapor y se distribuyan desde allí a los edificios del complejo que demanden estos servicios. Este proyecto y su implantación serán de importancia para la nueva central térmica que el HUVR quiere instalar en un futuro cercano.

### 3.1.2 Estado actual

Como ya se ha indicado en la subsección anterior, en la actualidad existen dos centrales de frío en el complejo hospitalario del HUVR. Una de ellas da servicio a los edificios HG+HRT, mientras que la otra suministra agua fría para climatización al HM+HI. La ubicación de ambas centrales de frío es la que se indica en la siguiente imagen:



Ilustración 4 - Ubicación centrales de frío existentes HUVR

### 3.1.2.1 Central de Frío HM + HI

La central de frío del HM+HI está formada por 3 plantas enfriadoras, dos de ellas condensadas por aire y la tercera condensada por agua. Dos de ellas aportan un total de 1.207 kW de frío cada una. Ambas unidades están ubicadas en una sala técnica en el exterior del HM.

Estas plantas presentan un estado de degradación alto para el tiempo que tienen, con problemas de calcificaciones y un equipo funcionando al 50% de su capacidad. En el Anexo 2 se encuentra una tabla con las enfriadoras existentes del HM+HI.



Ilustración 5 - Sala técnica exterior HM+HI

La tercera unidad es de 1.290 kW de frío y está ubicada en una sala técnica del sótano del HM. Está en un buen estado a pesar de su antigüedad, pudiendo estar operando a un 90% de su capacidad.

Todo ello hace que la central de frío del HM+HI, con una potencia nominal teórica instalada de 3.704 kW, tenga en la actualidad una capacidad de generación nominal teórica de 2.972 kW, por lo que es necesario durante el verano, el alquiler de equipos de apoyo.

Además, en la sala técnica del sótano del HM se ubica el grupo de bombeo del único circuito hidráulico existente, formado por 4 bombas.



Ilustración 6 - Enfriadora condensada por agua sala técnica HM



Ilustración 7 - Grupo de bombeo sala técnica HM

### 3.1.3 Hipótesis de partida

Para empezar a comentar este punto es necesario hacer un apunte, las plantas enfriadoras por protección acústica están encapsuladas acústicamente. Una vez dicho esto el hecho de tener ambas centrales de frío existentes encapsuladas acústicamente afecta de forma directa en su rendimiento. Por un lado, los silenciadores en la descarga generan pérdidas de carga que reduce el caudal que los ventiladores de las máquinas son capaces de evacuar. Por otro lado, la entrada de aire a la sala donde están las plantas también se produce a través de silenciadores lo que limita también el caudal de paso.

Todo ello hace que el caudal de condensación real de los equipos no sea suficiente para poder evacuar el calor de las baterías condensadoras. Esta situación hace que, durante los meses de verano cuando se produce la máxima demanda en la instalación, los equipos tengan que trabajar al límite de su capacidad con un alto consumo eléctrico. Muy seguramente esta situación se esté dando desde el inicio de los equipos lo que ha producido un deterioro acelerado de los equipos.

Por esta situación es por la que se plantea la ejecución de una nueva central de frío, de la misma potencia térmica generada que las existentes, cuyos equipos cumplan con los requisitos principales tenidos en cuenta en el proyecto:

- Máxima eficiencia posible.
- Máxima fiabilidad posible.
- Proporcionar el mejor nivel acústico posible.

Los técnicos de la DO X realizaron un estudio para ver cuáles son las plantas enfriadoras más eficientes que operan en el mercado nacional. Como resultado de dicho estudio se comprobó que las máquinas que más eficiencia generan son las que usan levitación magnética en los compresores centrífugos, teniendo un rendimiento muy superior a otros equipos que utilizan otras tecnologías.

Además, los equipos con compresores de levitación magnética son también los más silenciosos del mercado ya que en los propios compresores no se produce el rozamiento mecánico que si se da en otros con otras tecnologías (lo que produce un alto ruido en las plantas enfriadoras).

Por consiguiente, esta medida junto con el hecho de ubicar los nuevos equipos relativamente lejos de los centros hospitalarios del complejo hará que no sea necesario encapsular acústicamente los nuevos equipos.

De esta forma, no se correrá el riesgo de que funcionen en unas condiciones de trabajo al límite de su capacidad, que pueda limitar la potencia frigorífica generada y acotar su vida útil como está ocurriendo actualmente en las 2 centrales de frío.

### 3.1.3.1 Configuración final

Gracias al estudio realizado se decantaron por seleccionar los equipos con compresores centrífugos de levitación magnética.

Teniendo como resultado:

- 5 unidades de plantas enfriadoras condensadas por aire con compresores de levitación magnética de 1.320 kW.
- 2 unidades de plantas enfriadoras condensadas por agua con compresores de levitación magnética de 2.060 kW.

Esas potencias son para el funcionamiento en condiciones nominales de las plantas. Para las enfriadoras condensadas por aire ocurre que la temperatura exterior en Sevilla es de 42°C, 7°C más por encima de la temperatura nominal recomendada por el fabricante, unos 35°C. Como el agua de salida saldrá a 7°C independientemente de la temperatura exterior, esto hace que las plantas funcionen con una potencia frigorífica de 1.027 kW.

La suma total de potencia frigorífica de la central de frío para estas condiciones es de:

$$(5 \times 1.207) + (2 \times 2.060) = 10.155 \text{ kW}$$

Según los fabricantes de las plantas enfriadoras existentes, la potencia en esas condiciones de una planta enfriadora es de 1.149 kW por lo que la suma de las potencias de las plantas es de 10.482 kW.

Estas potencias, tanto nominales (35°C) como en las condiciones descritas (42°C), se dan en unas condiciones determinadas de funcionamiento y a campo abierto. Pero estos equipos no están trabajando a esas condiciones ya que están encapsulados, condicionando su caudal de aire de condensación que hace que, desde el primer día de funcionamiento, estén funcionando por debajo de su rendimiento óptimo. Esto afecta a la potencia que pueden proporcionar los equipos, es decir, aproximadamente un 10% de pérdidas. Si a eso se le suma la pérdida de rendimiento que tienen actualmente los equipos debido a su antigüedad, se estima que los equipos que están en funcionamiento actualmente puedan estar funcionando a un 70% de su capacidad nominal. Y todo esto considerando los equipos que están funcionando al 100% sin tener en cuenta los equipos que no funcionan.

Por todo esto queda justificado que la potencia de los equipos nuevos será la misma o algo mayor, de los actuales, cuando esté instalada.

Las unidades condensadas por agua funcionarán exclusivamente los meses de verano (junto con las condensadas por aire). En los meses de invierno en los que la demanda de frío en los edificios es menor, las unidades que estarán operativas serán las condensadas por aire.

Además, como se dispone de equipos de producción de agua fría de alta eficiencia, todos los grupos de bombeo de la nueva central de frío funcionarán a caudal variable de agua lo que hará más eficiente el conjunto de la instalación. De igual manera, las bombas de los circuitos de condensación y el grupo de bombeo del anillo de frío, ajustando su punto de trabajo según la demanda que haya en los edificios.

Al disponer de plantas enfriadoras con compresores centrífugos de levitación magnética, las bombas de los circuitos primarios podrán funcionar a caudal variable, desde el 50% al 100% de su caudal nominal. Si fuesen de otra tecnología los compresores, podría darse la circunstancia de que las bombas no pudiesen trabajar a caudal variable.

### 3.1.3.2 Descripción de la implantación

La nueva central de frío del HUVR se ubicará, como ya se ha comentado anteriormente, en la zona de la lavandería. En la siguiente imagen se puede ver una fotografía de la zona y las áreas implicadas:



Ilustración 8 - Ubicación nueva central de frío

Como se observa en la Ilustración 8, en la zona número 1 se ubicarán las 5 unidades enfriadoras condensadas por aire. Por lo cual se ocupará parte del viario existente. Los equipos se colocarán sobre una losa de hormigón armado con su perímetro cerrado con un vallado.

Desde la zona 1 transcurrirán las tuberías de los circuitos primarios (línea azul) hasta la zona 2. La zona 2, que actualmente es un taller-almacén de mantenimiento, pasará a ser la sala de máquinas y bombeo de la nueva central de frío del HUVR. En ella se ubicarán las 2 plantas enfriadoras condensadas por agua, los grupos de bombeo de los circuitos primarios y el grupo de circulación del anillo de frío que será el encargado de distribuir el agua fría hasta los diferentes edificios alimentados por la central de frío.

Finalmente, en la zona 3 irán las 4 torres de refrigeración que estarán conectadas a las 2 plantas condensadas por agua (línea verde). También, se construirá una losa de hormigón armado sobre la que se colocarán las torres de refrigeración.

El paso de las tuberías por las diferentes zonas se hará con el apoyo de pórticos de tipo rack metálicos.

En las siguientes imágenes se puede ver el modelo 3D de la implantación:

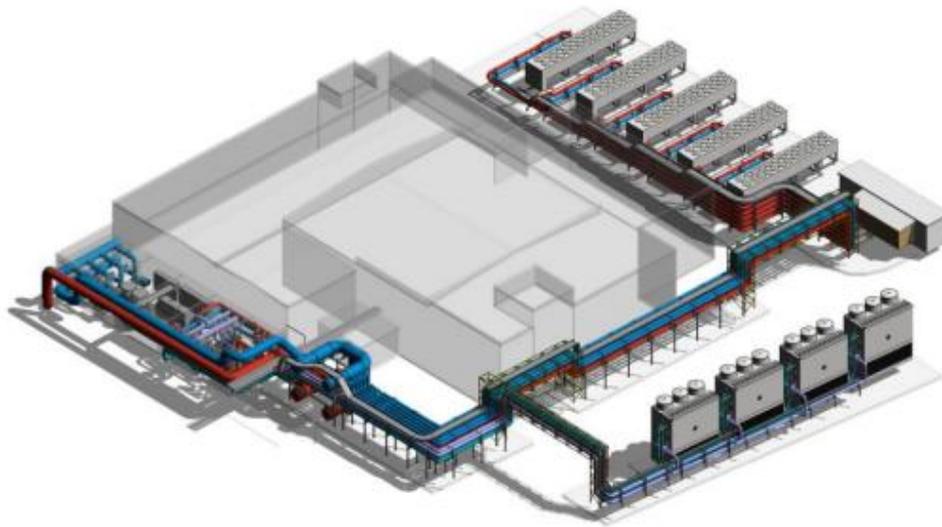


Ilustración 9 - Implantación central de frío en la zona de lavandería HUVR



Ilustración 10 - Vista 3D de la implantación



Ilustración 11 - Paso de tuberías por racks

Desde la sala de máquinas y bombeo (zona 2) saldrán las tuberías del anillo de frío a través de las cuales se distribuirá el caudal de agua fría a los distintos edificios demandantes. Se llegará hasta la sala de bombas situada en el sótano del HM y allí se alimentará a los diferentes grupos de bombeo, tanto los existentes como los nuevos.



Ilustración 12 - Trazado de tuberías del anillo de frío

### 3.1.3.3 Niveles de contaminación acústica y ruido

Para cumplir los parámetros de cumplimiento de los niveles de ruido, los técnicos de la Propiedad decidieron realizar un estudio acústico del impacto que los equipos producirían en el complejo.

Como resultado del estudio y las simulaciones acústicas realizadas, obtuvieron que, dado el número de plantas enfriadoras, no se prevé la ejecución de ninguna pantalla acústica y suponiendo que las unidades funciones a pleno rendimiento, el nivel de ruido estimado en la fachada más próxima de cualquier edificio de hospitalización estará ligeramente por debajo de los 50 dB (A). Esa fachada es concretamente la fachada central del Hospital de la Mujer.

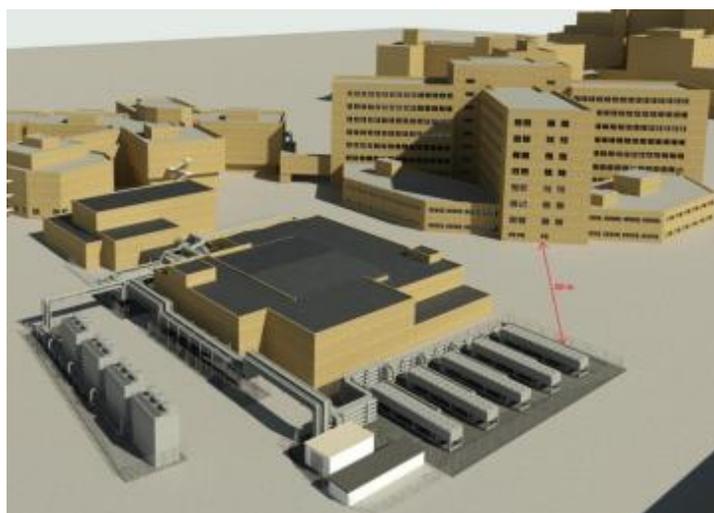


Ilustración 13 - Vista entre el HM y la nueva central

### **3.1.4 Requerimientos**

El sistema de climatización tiene su razón de ser y su origen en la necesidad de mantener la calidad del aire interior de los espacios a los que alimenta. En este sentido, nace para garantizar unas condiciones interiores térmicas y de calidad de aire adecuadas.

La configuración de los diferentes elementos busca mantener el aire interior dentro de unos márgenes adecuados para llevar a cabo las actividades propias de los diferentes espacios. Y hacer esto de la forma más eficiente y segura posible.

Para ello, a cada unidad de tratamiento de aire (UTA) le tiene que llegar el caudal de agua nominal a la temperatura adecuada según hayan sido seleccionadas. No obstante, es importante que los equipos encargados de producir esa agua fría puedan enfriar todo el caudal requerido por la instalación a la temperatura de trabajo de esta. Y, además, que lo hagan con el menor consumo de energía posible ya que es en esta parte de la instalación (producción y en la distribución de frío) donde se produce el mayor consumo de energía.

Como se comentó, la temperatura de trabajo de la climatización es de 7°C en impulsión con un salto térmico de 5°C, es decir, con un retorno del agua de 12°C. Y el caudal requerido por la instalación es el que corresponde a la potencia de los equipos de producción de frío existentes en las dos centrales del HG+HRT y del HM+HI.

Por tanto, es vital que la nueva central de tratamiento de frío sea capaz de suministrar la misma potencia de frío que la existente, pero con un consumo de energía eléctrica sensiblemente inferior al que existe en la actualidad.

Con todo lo anterior comentado, se han seleccionado los equipos necesarios (equipamiento) para cubrir las necesidades de la nueva central de frío y para disponer de un funcionamiento altamente eficiente, desde el punto de vista energético.

#### **3.1.4.1 Esquema de Principio**

Antes de comentar el equipamiento requerido se comentará una descripción del esquema de principio. En el Anexo 2 se encuentra el Esquema de Principio de la nueva Central de Frío.

El esquema de principio se divide en tres grandes bloques diferenciados: los circuitos primarios, los circuitos de condensación y el anillo de distribución.

La generación de frío se realiza con 7 plantas enfriadoras, de las cuales 5 son aire-agua y 2 son agua-agua, todas ellas de alta eficiencia, con compresores centrífugos de levitación magnética, que a través de un colector equilibrador en "H" alimentan al anillo de distribución que conecta con los edificios a los que abastece la central de frío.

Paralelamente, las 2 plantas agua-agua están conectadas a 4 torres de refrigeración, todas ellas de circuito cerrado. Se ha configurado la conexión hidráulica de los equipos para que cualquiera de las plantas enfriadoras pueda condensar sobre cualquiera de las torres existentes, dando mayor fiabilidad a la instalación.

Del colector equilibrador principal parte el circuito correspondiente al anillo de frío, encargado de distribuir el agua fría producida en la central hasta los 4 edificios alimentados por ella: el HG, HI, HRT y también el HM.

### 3.1.4.2 Unidades de Generación de Frío

Disponen para este proyecto de 5 plantas enfriadoras condensadas por aire con compresores de levitación magnética y de alta eficiencia energética, con capacidad de funcionamiento en caudal variable en el circuito primario. Conlleva una potencia térmica de frío de 1320 kW para un funcionamiento en condiciones nominales, con una temperatura del agua de impulsión de 7°C, siendo la del agua de retorno a 12°C y una temperatura del aire de condensación de 35°C. Con clasificación según Eurovent del tipo A. Las unidades incluyen el grupo de bombeo necesario para la circulación del agua desde las mismas hasta el colector formados por dos bombas centrífugas de alta presión, una principal más otra de reserva.

Las unidades condensadas por aire incorporarán kit de enfriamiento adiabático que extenderá el rango de funcionamiento de la enfriadora en 5-6°C, dependiendo de la humedad relativa. El kit estará compuesto de pulverizadores plásticos (mínima presión de trabajo 1,5 bar) a contracorriente con la aspiración del aire en el condensador, tuberías plásticas donde se emplazan los pulverizadores con válvula manual de descarga y válvula de alivio, malla en material plástico, válvula solenoides y controlador encargado de gestionar la apertura y cierre de las válvulas solenoides. El kit funcionará con agua de red, es decir, agua potable tratada en el depósito de acumulación de agua en la unidad, sino que tiene un uso de agua perdida. El agua que se expulsa a través de los pulverizadores (solo cuando es necesario si la temperatura exterior es muy elevada) moja la malla y es evaporada casi inmediatamente por el flujo de aire caliente que lo atraviesa, evitando de esta manera la formación de legionella.

Así mismo, el kit de enfriamiento adiabático presenta varias ventajas sobre otros sistemas tradicionales:

- No tiene ninguna bomba de recirculación. El agua es tomada directamente desde la red de fontanería.
- Se rocía el agua directamente sobre una red plástica, evitando las formaciones de cal sobre las baterías propias de la enfriadora.
- Se puede utilizar agua del sistema de fontanería, no son necesarios tratamientos especiales.
- Se realiza un rociado intermitente sobre la red plástica para conseguir la completa evaporación. El material plástico de la red y las boquillas reduce el desarrollo microbiano.
- Optimización del consumo de agua.

Estos equipos de enfriamiento evaporativo que pulverizan agua, como es el caso del kit que incorporan estas enfriadoras comentadas, son considerados como una instalación con menor probabilidad de proliferación y dispersión de la legionella, al igual que los sistemas de fontanería tradicionales o fuentes ornamentales.

Según esto, elaborarán y aplicarán programas de mantenimiento higiénico-sanitario adecuados a las características que se incluyan en el esquema de funcionamiento hidráulico. Además, los técnicos de la Propiedad se encargarán de aplicar estos programas de mantenimiento, limpieza y desinfección, si procede, de la instalación.

Se dispondrá también de 2 plantas enfriadoras condensadas por agua con compresores de levitación magnética de alta eficiencia energética, con capacidad de funcionamiento en caudal variable tanto en el circuito primario de evaporación como en el circuito de condensación, con potencia térmica de 2060 kW para un funcionamiento en condiciones nominales, con una temperatura de impulsión de 7°C, siendo la de retorno de 12°C en el evaporador y de 35°C de salida y 30°C de entrada en el condensador. Con clasificación energética según Eurovent del tipo A.



Ilustración 14 - Planta enfriadora condensada por aire



Ilustración 15 - Planta enfriadora condensada por agua

Debido a la configuración constructiva de los equipos condensados por agua, estos no pueden disponer de grupos de bombeo en su interior (como si es el caso de las plantas aire-agua) por lo que prevén la instalación de un grupo de bombeo para el circuito primario de cada una de estas máquinas, formado cada uno de ellos por tres bombas centrífugas (dos principales más una de reserva), de rotor seco, en construcción in line, con variador de frecuencia incorporado para la regulación electrónica de la velocidad. Cada una de las bombas dispondrá de manguitos anti vibratorios de doble onda en la aspiración y la impulsión. Además, en la aspiración de cada bomba dispondrán de unos filtros en “Y”.

En la impulsión colocarán una válvula de mariposa con tiempo de actuación ajustable para evitar los golpes de ariete. La apertura y cierre de esa válvula se realizará de forma automática y sincronizada con el arranque y paro, respectivamente, de la bomba asociada a ella. Además de instalar válvulas de mariposa de accionamiento manual con volante reductor. En cada bomba existirá un puente de manómetro para comprobar la presión disponible y la caída de presión en el filtro en “Y”.



Ilustración 16 - Bomba in line con variador de frecuencia incorporado para el circuito primario

Las enfriadoras al ser maquinarias con gran dimensión producirán vibraciones. Para evitar la transmisión de vibraciones a las losas donde están apoyadas o las estructuras de alrededor, todas las plantas enfriadoras estarán montadas sobre suspensiones elásticas, adecuadas al peso que tienen que soportar en cada apoyo del equipo, a base de amortiguadores híbridos con topes de movimiento.

A las unidades de generación de frío se conectarán dos tuberías (una de impulsión y otra de retorno) de acero negro sin soldadura, para presiones mayores o iguales a PN16 en los dos tipos de planta enfriadora. Las tuberías (al igual que toda la valvulería de la instalación) estarán aisladas térmicamente mediante elementos elastoméricos con barrera y resistencia a la difusión del vapor elevado, moldeados con forma cilíndrica y estructura concéntrica de tipo autoadhesivo y acabado con cobertura de chapa de aluminio.

Las tuberías tendrán un tratamiento antioxidante a base de pinturas de tipo epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas, para una durabilidad que garantice una estabilidad de más de 15 años.

El pintado se realizará siempre posterior a un tratamiento previo superficial adecuado para la aplicación de la pintura. Las pinturas serán siempre epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas.

Se dispondrán de sistemas de fijación tanto para tramos verticales como horizontales, incluidas estructuras auxiliares mediante perfiles estructurales y perfiles de montaje multifuncional. Llevarán abrazaderas con protección contra la formación de puentes térmicos en el punto de fijación y, por tanto, la condensación de vapor de agua en la superficie del tubo, con aislamiento de PUR revestido con lámina de PVC, con cierre en ambos lados para una adherencia óptimo con el aislamiento, con soporte deslizante y conjunto guía para absorber las dilataciones de las tuberías.

La conexión con las plantas enfriadoras será de tipo ranurado y siguiendo las prescripciones establecidas por el fabricante y dispondrá de manguitos anti vibratorios.

En las plantas condensadas por aire, se colocarán filtros en “Y”. Además, se dispondrá de puente de manómetro para comprobar la caída de presión en él, es decir, su nivel de ensuciamiento.

#### **3.1.4.3 Colector equilibrador**

A raíz de las unidades de frío, se tendrá un colector equilibrador al que acometerán las tuberías de impulsión y retorno de las unidades de producción de frío en disposición adecuada según el esquema de principio del proyecto.

Los colectores de retorno y de ida (que conforman el colector equilibrador) serán ejecutados con forma de “H” para evitar el bypass predominante de algunos de los ramales con las salidas del colector a las plantas enfriadoras.

Estará fabricado en acero negro con una soldadura para presiones mayores o iguales a PN16, aislado térmicamente mediante mantas de espuma elastomérica con barrera y resistencia a la difusión del vapor elevada. Además, llevará una aplicación de pintura anticorrosión igual a la descrita para las tuberías en el apartado anterior.

Dispondrán de sistemas de fijación tanto para tramos verticales como horizontales, incluidas estructuras auxiliares mediante perfiles estructurales y perfiles de montaje multifuncional. Llevarán abrazaderas con protección contra la formación de puentes térmicos en el punto de fijación y, por tanto, la condensación de vapor de agua en la superficie del tubo, con aislamiento de PUR revestido con lámina de PVC, con cierre en ambos lados para una adherencia óptimo con el aislamiento, con soporte deslizante y conjunto guía para absorber las dilataciones de las tuberías.

Además, la conexión de las tuberías a los colectores se realizará mediante soldadura aplicada al acero negro.

El colector se instalará una serie de elementos que son: sondas de temperatura, termómetros, manómetros y tubería de vaciado con válvula de bola. La conexión entre la válvula de vaciado y el desagüe se hará de forma que el paso de agua resulte visible.

El colector equilibrador llevará conectado un sistema de alimentación, expansión y seguridad. Este sistema incluye:

- Válvula de corte de esfera. F
- Filtro de agua en “Y”.
- Manómetro de glicerina graduado para medir la presión de líquidos.
- Contador de agua de impulsos
- Dispositivo de realimentación con una bomba y un depósito separador de red con control para regulación de la alimentación de agua.
- Termómetro vertical o de escuadra articulado y graduado de 0°C a 100°C para medir la temperatura de líquidos.
- Válvula de llenado rápido paralela a contador (bypass) con válvula antirretorno de clapeta.
- Válvula de esfera para aislamiento de la red interior.
- Vaso de expansión con compresor.
- Válvula de seguridad.



Ilustración 17 - Vaso de expansión con compresor

#### 3.1.4.4 Anillo de frío

Del colector de impulsión saldrá el circuito hidráulico de distribución a los edificios consumidores conectados a la nueva central de frío del HUVR. Este circuito, al que llaman “anillo de frío”, está formado por tuberías de acero negro para soportar presiones mayores o iguales a PN16. Todos los tramos de tuberías y toda la valvulería de la instalación estarán aislada térmicamente mediante elementos elastoméricos con barrera y resistencia a la difusión del vapor elevada, moldeados con forma cilíndrica y estructura concéntrica de tipo adhesivo o mediante capas y con acabado con cobertura de chapa de aluminio.

Las tuberías tendrán un tratamiento antioxidante a base de pinturas de tipo epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas, para una durabilidad que garantice una estabilidad de más de 15 años.

El pintado se realizará siempre posterior a un tratamiento previo superficial adecuado para la aplicación de la pintura. Las pinturas serán siempre epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas.

Se dispondrán de sistemas de fijación tanto para tramos verticales como horizontales, incluidas estructuras auxiliares mediante perfiles estructurales y perfiles de montaje multifuncional. Llevarán abrazaderas con protección contra la formación de puentes térmicos en el punto de fijación y, por tanto, la condensación de vapor de agua en la superficie del tubo, con aislamiento de PUR revestido con lámina de PVC, con cierre en ambos lados para una adherencia óptimo con el aislamiento, con soporte deslizante y conjunto guía para absorber las dilataciones de las tuberías.

Existirán, además, dos tramos de la instalación cuya ejecución será enterrada. El primero de los tramos es el que irá desde la sala de bombas de la nueva central de frío en la lavandería hasta la sala de bombas ubicada en el sótano del edificio HM y será de DN800. El segundo tramo será de DN600 e irá desde la galería técnica existente (que comunica el sótano del HM con el sótano del HG) hasta la sala de máquinas que actualmente alberga la central de frío del HG+HRT. En el Anexo 2 se encuentra un plano con el trazado de las tuberías enterradas.

Las tuberías enterradas estarán formadas por tuberías preaisladas:

- Tubería interior de acero negro, para presiones mayores de PN16.
- Aislamiento de espuma rígida de poliuretano PUR.
- Acabado con revestimiento exterior de tubería sin soldadura de polietileno rígido de alta densidad, extruido, hermético y resistente a los golpes y a la rotura.

Ambos tramos de tuberías enterradas preaisladas dispondrán de un sistema de supervisión y detección de fuga propia, formada por dos hilos de cobre.

Para vehicular la energía térmica desde el colector-equilibrador hasta los colectores de aspiración de los bombeos secundarios de cada edificio, se prevé la instalación de un grupo de bombeo para el anillo de frío, formado por cuatro bombas centrífugas (tres principales más una de reserva) con boca de aspiración axial y boca de impulsión radial montada sobre una placa base. Cada una de las bombas tendrá incorporado manguitos anti vibratorios de doble onda en la aspiración y la impulsión. Además de llevar incorporados filtros en “Y”.

En la impulsión existirá una válvula de mariposa motorizada con tiempo de actuación ajustable para evitar los golpes de ariete. La apertura y cierre de esa válvula se realizará de forma automática y sincronizada con el arranque y paro, respectivamente, de la bomba asociada a ella. Además de instalar válvulas de mariposa de accionamiento manual con volante reductor. En cada bomba existirá un puente de manómetro para comprobar la presión disponible y la caída de presión en el filtro en “Y”.



Ilustración 18 - Bomba centrífuga para el grupo del anillo de frío

El grupo de bombeo estará comandado por un cuadro de mando y control del mismo fabricante de las bombas. En él se montarán las protecciones para las líneas de alimentación eléctrica de los motores de las bombas. También tendrá un variador para cada una de las bombas y un controlador electrónico programado capaz de gestionar el óptimo punto de funcionamiento de las bombas que configuran el grupo.

El cuadro recibirá la señal de las tres sondas de presión diferencial existentes en el circuito hidráulico para anticipar el punto de trabajo del grupo según vaya evolucionando la demanda en los edificios. Las sondas de presión diferencial medirán la diferencia de presión existente entre los siguientes puntos del circuito:

- Entre la impulsión y la aspiración del grupo de bombeo.
- Entre la impulsión y el retorno del ramal de alimentación a los circuitos de los edificios HG y HRT.
- Entre la impulsión y el retorno del ramal de alimentación a los circuitos de los edificios HM y HI

La conexión hidráulica del nuevo anillo de frío con los circuitos secundarios existentes en los edificios del HUVR será del tipo de acoplamiento directo y se realizará mediante válvulas de equilibrado en la tubería de impulsión y válvulas de estabilización de presión en la tubería de retorno. De esta forma los circuitos secundarios existentes en el HG, HRT, HI y HM quedarán desacoplados hidráulicamente del circuito del anillo de frío.



Ilustración 19 - Válvula de equilibrado



Ilustración 20 - Válvula de control de presión diferencial

Para garantizar el caudal mínimo de las bombas que forman el grupo de bombeo del anillo de frío se dispondrá de 3 bypass. A través de ellos circulará el caudal mínimo de una de las bombas que forman el grupo de bombeo del anillo correspondiente al 20% de su caudal nominal. En el bypass se instalará una válvula motorizada de 2 vías. Cuando la bomba esté llegando al 20% de su caudal nominal el cuadro de control del grupo de bombeo dará una señal al sistema de gestión central de la instalación y este ordenará la apertura de las tres válvulas motorizadas ubicadas en el bypass.



Ilustración 21 - Válvula motorizada de 2 vías

Para que el grupo de bombeo del anillo de frío ajuste su punto de trabajo de forma rápida tan pronto varíen las condiciones de caudal y presión en la red según la demanda real de los consumidores, se prevé la instalación de 3 sondas de presión diferencial situadas lo más cerca posible de los bypass indicados en el párrafo anterior. De esta forma la instalación será lo más sensible posible detectando de forma rápida las variaciones de presión en los puntos más alejados del grupo de recirculación y ajustando prácticamente al momento el punto de trabajo de las bombas. La señal generada por las sondas de presión diferencial se transmitirá al sistema de gestión de la instalación quien será el encargado de devolver la señal al cuadro de control del grupo de bombeo del anillo de frío. Los variadores de frecuencia incluidos en el cuadro de control del grupo de bombeo ajustarán la velocidad de los motores de las bombas para que la presión de trabajo sea la prefijada en la consigna.

### 3.1.4.5 Circuito de condensación

Las 2 plantas enfriadoras condensadas por agua estarán conectadas a 4 torres de refrigeración, de circuito cerrado, a través de las cuales disiparán el calor de condensación producido en el enfriamiento del agua del circuito de climatización. Las torres están dimensionadas para que la temperatura de entrada sea de 35°C y la temperatura de salida sea de 30°C.



Ilustración 22 - Torre de refrigeración de circuito cerrado

Para la circulación del agua del circuito de condensación desde las plantas enfriadoras hasta las torres de refrigeración se instalará un grupo de bombeo para cada planta, formado por tres bombas centrífugas (dos principales más una de reserva), de una etapa en diseño monobloc, con variador de frecuencia incorporado para la regulación electrónica de la velocidad. Cada una de las bombas tendrá incorporados manguitos anti vibratorios de doble onda en la aspiración y la impulsión. Además, en la aspiración de cada bomba se dispondrá de un filtro en “Y”.

En la impulsión existirá una válvula de mariposa motorizada con tiempo de actuación ajustable para evitar los golpes de ariete. La apertura y cierre de esa válvula se realizará de forma automática y sincronizada con el arranque y paro, respectivamente, de la bomba asociada a ella. Además, se instalarán válvulas de mariposa de accionamiento manual con volante reductor. En cada bomba existirá un puente manómetro para comprobar la presión disponible y la caída de presión en el filtro en “Y”.



Ilustración 23 - Bomba monobloc

El cuadro de control central de la central de frío será el encargado de gestionar el funcionamiento de los ventiladores axiales y la bomba del circuito de pulverización de las torres, así como los grupos de circulación del circuito de condensación.

El circuito hidráulico estará fabricado mediante tuberías de acero negro sin soldadura, para presiones mayores o iguales a PN16, de DN350 y DN250. Las tuberías no llevarán aislamiento térmico facilitando así la disipación del calor de condensación de su interior.

Las tuberías tendrán un tratamiento antioxidante a base de pinturas de tipo epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas, para una durabilidad que garantice una estabilidad de más de 15 años.

El pintado se realizará siempre posterior a un tratamiento previo superficial adecuado para la aplicación de la pintura. Las pinturas serán siempre epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas.

Se dispondrán de sistemas de fijación tanto para tramos verticales como horizontales, incluidas estructuras auxiliares mediante perfiles estructurales y perfiles de montaje multifuncional. Llevarán abrazaderas isofónicas para absorber las dilataciones de las tuberías. Además, la conexión entre las plantas enfriadoras y las torres será del tipo ranurado.

Al resultar ser un circuito cerrado, el circuito de condensación llevará conectado un sistema de alimentación, expansión y seguridad. Este sistema incluye: válvulas de corte de esfera, filtros de agua en “Y”, manómetros para medir la presión, termómetro para medir las temperaturas de los líquidos, válvula de llenado rápido, vaso de expansión con compresor, entre otros.



Ilustración 24 - Vaso de expansión con compresor

### 3.1.5 Cuadro de control producción de frío

Dispondrán también, de un sistema de gestión global en la central de frío que optimizaría el funcionamiento conjunto de los equipos, llevando a cabo la parcialización de las plantas, el ajuste en el punto de trabajo de los grupos de circulación y de las torres de refrigeración, buscando en todo momento el punto óptimo de funcionamiento de la instalación en función de la demanda real de los edificios alimentados por la nueva central de frío. Además, permite el registro de todo tipo de consumos y de todo tipo de gráficas para llegar a mejorar y conocer en profundidad el funcionamiento del conjunto.

El sistema será capaz de realizar el control, la optimización, la medición y la verificación de la eficiencia del sistema de producción de refrigeración controlando los siguientes equipos:

- Las 5 plantas enfriadoras aire-agua.
- Las 2 plantas enfriadoras agua-agua.
- Los 2 grupos de bombas de caudal de agua variable en primario de 3 bombas cada uno.
- Los 2 grupos de bombas de caudal de agua variable en condensación de 3 bombas cada uno.
- Las 4 torres de refrigeración de agua asociadas a las 2 plantas enfriadoras de agua-agua.

Siguiendo una lógica de control el sistema gestionará:

- Para las plantas enfriadoras, asegurar la máxima eficiencia en la producción de energía frigorífica.
- Para el grupo de bombas, tanto en primario como en condensación, la activación de las plantas enfriadoras asociadas y el mantenimiento del salto térmico constante.
- Las 4 torres de refrigeración con activación de ventiladores y bomba de recirculación de agua de la torre en base a la potencia de condensación a disipar en las plantas enfriadoras agua-agua.

El sistema también aporta los siguientes datos:

- Potencia instantánea.
- Energía total.
- Caudal instantáneo.
- Volumen total.
- Temperaturas.
- Horas de funcionamiento.

#### Cuadro Central de Control Central de Frío

Como ya se ha comentado en el presente proyecto, en la nueva central de generación de frío existirá un cuadro de control central que actuará como “cerebro” de la instalación de producción de frío.

El control funcionará como un control activo optimizando el funcionamiento de las plantas enfriadoras y de su equipamiento auxiliar (bombas, torres de refrigeración, etc.). Para facilitar la lectura al cuadro de control de la central de frío le llamaremos CCAO (Cuadro de Control Activo y Optimizado).

El CCAO se montará en la sala de máquinas en el edificio de lavandería e irá conectado a las plantas enfriadoras y a todos los elementos auxiliares de la central de frío.



Ilustración 25 - Cuadro de Control Activo y Optimizado

El CCAO utilizará la información recopilada en los medidores de energía eléctrica de las plantas enfriadoras para calcular la eficiencia de cada unidad y la eficiencia general de la central de frío.

La central de producción de frío tendrá dos modos de funcionamiento, uno para verano y otro para invierno.

En el modo de funcionamiento para invierno la demanda de frío es pequeña ya que tan solo las zonas de quirófanos tendrán demanda de frío. La demanda de frío podría suponerse inferior al 50% de la potencia instalada en la central de frío.

Esto hace que para este modo de funcionamiento tan solo sea necesario que estén activas las plantas enfriadoras condensadas por aire. Estos equipos trabajarán con temperaturas de aire exterior (Temperatura de condensación) inferiores a 30°C con lo que el rendimiento de las máquinas será mayor al nominal y, por tanto, producirán una potencia térmica superior a su potencia nominal.

En el modo de funcionamiento para invierno las plantas enfriadoras condensadas por agua, las torres de refrigeración y los grupos de bombeo asociados a ellas estarán inactivos y fuera de servicio.

En el modo de funcionamiento para verano la demanda de la instalación será máxima por lo que deberá estar disponible la potencia total de generación de frío de la central. Por tanto, en este modo de funcionamiento estarán activos todos los equipos y elementos de la instalación.

Los modos de funcionamiento se podrán cambiar según las necesidades. La orden de cambio se transmitirá directamente al CCAO y este mismo, activará o desactivará los equipos correspondientes.

El CCAO estará diseñado para controlar los parámetros operativos de las unidades, informando sobre cualquier anomalía en las condiciones de trabajo, para evitar roturas, asegurar la continuidad y evitar daños para reducir los costos de reemplazo y reparación.

Por otra parte, el CCAO también proporcionará una opción que permite comparar las eficiencias teóricas del proyecto con las condiciones reales in situ. Este informe de energía se generará automáticamente mensualmente e incluirá todos los datos de rendimiento energético de la central de frío. Algunos pueden ser por ejemplo:

- Producción total de energía de enfriamiento.
- Producción total de energía.
- Consumo eléctrico total de la planta, de las bombas y otros dispositivos.
- Eficiencia media de la planta.

- Coste eléctrico.
- CO2 producido.
- Horas de trabajo.

### 3.1.6 Supervisión Energética

Para el seguimiento y supervisión energética, se dotarán equipos a las instalaciones para llevar a cabo esas funciones. Todo ello supervisado por la Agencia Andaluza de la Energía.

A continuación, se detalla un listado de variables y equipos que el sistema de monitorización medirá:

➤ Tipos de señales a medir y registrar:

- Temperatura del aire.
- Humedad relativa.
- Temperatura en circuitos hidráulicos.
- Radiación solar.
- Parámetros eléctricos (potencia, energía activa, etc.).
- Parámetros eléctricos de los edificios.
- Potencia térmica (frigorífica, calorífica, etc.).

➤ Equipos:

- Equipos de generación térmica (enfriadoras, etc.).
- Climatizadoras.
- Torres de refrigeración.
- Campos fotovoltaicos

### 3.1.7 Obra civil

La nueva central de frío se ubicará en la zona de la lavandería como se ha comentado anteriormente.

Para llevar a cabo dicho cometido, se realizarán cimentaciones a base de losas macizas de hormigón armado sobre el terreno, las cuales recogerán las distintas máquinas a implantar. Todo ello con las excavaciones, compactaciones y mejoras de terrenos pertinentes.

El paso de tuberías se realiza a base de racks de acero, para salvar los pasos de calle y que se garantice el tránsito de las personas y los vehículos. También, el paso a galerías se realizará a través de perforaciones ejecutadas en los muros de hormigón existentes.

Dentro de las salas de bombas ubicadas en el HM, las intervenciones serán mínimas a nivel de obra civil, concretamente las ayudas de albañilería necesarias para la ejecución de la instalación de HVAC. Por otra parte, la nueva sala de bombas, que se ubicará en la lavandería, la adecuarán para el nuevo uso.

Por último, la terminación será a base de pintado del suelo y reparaciones en los techos y lugares afectados por las reformas interiores.

## **3.2 Instalación de HVAC en el Hospital de la Mujer**

En esta sección se describen las diferentes actuaciones incluidas en el proyecto de ejecución de la reforma de la instalación de climatización y ventilación en el Hospital de la Mujer.

### **3.2.1 Consideraciones generales**

Dentro de las mejoras de Eficiencia Energética incluidas en el proyecto, contempla la reforma de la instalación de climatización y ventilación de aquellas zonas del edificio del HM que actualmente están climatizadas mediante una instalación de inductores.

La instalación existente es, en parte, la original del edificio, que data de los años 70. Se trata de una instalación antigua, a base de inductores situados en los diferentes espacios del hospital que acondicionan (habitaciones, consultas, salas de espera...) y unidades de tratamiento de aire (UTAs) ubicadas en el sótano.

La instalación existente ha sufrido varias modificaciones en los últimos años debido a su funcionamiento defectuoso, llegándose a cambiar las UTAs originales por otras de mayor capacidad y anulando el circuito hidráulico de alimentación a los inductores. Podríamos decir que, actualmente, los inductores están siendo usados como elemento de difusión, sin que sirvan para vencer tan siquiera parte de las cargas térmicas interiores de los espacios.

La situación actual es que la instalación produce mucho ruido en los espacios a los que abastece sin llegar a satisfacer las condiciones interiores de temperatura y humedad exigidas por la norma vigente (entre 24-26°C y 40-60% de humedad relativa), dando lugar todo ello a una situación de disconfort sufrida por partida doble por parte de los usuarios del edificio.

Debido a lo expuesto, en el HUVR urge la necesidad de modificar la instalación existente buscando un sistema eficiente, funcional y que garantice el servicio en todos los espacios del edificio que actualmente siguen climatizados mediante la instalación de inductores original.

### **3.2.2 Estado actual**

El edificio del Hospital de la Mujer presenta las siguientes plantas y sus usos principales:

- Planta sótano: Planta técnica con salas de máquinas/bombas, taller de mantenimiento y almacenes.
- Planta semisótano: Zona de consultas, radiología, comedor de empleados y cocina.
- Planta baja: Quirófanos, urgencias, zona administrativa, salón de actos y la cafetería pública.
- Planta primera: Neonatología.
- Plantas segunda a sexta: Habitaciones de hospitalización y laboratorios.



Ilustración 26 - Ubicación del HM dentro del complejo HUVR

La instalación que ocupa en el proyecto es la instalación original de inductores existente en las siguientes zonas del edificio:

- Planta semisótano: En la zona de consultas.
- Planta baja: En la zona de administración.
- Plantas segunda a sexta: En las alas izquierda, central y derecha de las 5 plantas de hospitalización. En alguna de estas plantas existen también instalaciones de VRV (Volumen de Refrigerante Variable) mezcladas, en algunos casos, con la instalación de inductores existentes.

La instalación está formada por inductores situados en el falso techo de los espacios a los que se climatizan. A ellos les llega, a través de varias redes de conductos, aire exterior tratado directamente de 6 UTAs situadas en la planta sótano. Actualmente, la alimentación hidráulica a los inductores está anulada, por lo que estos equipos no vencen las cargas térmicas de los espacios.



Ilustración 27 – Vista del inductor en una habitación del HM



Ilustración 28 - Vista más cercana del inductor existente en el HM



Ilustración 29 - UTAs asociadas a inductores, situadas en el sótano del HM

El funcionamiento de la instalación se podría decir que es defectuoso. Según el personal de mantenimiento y los usuarios del hospital, no se consiguen las temperaturas mínimas exigidas por la normativa vigente, ni en verano ni en invierno. Cabe destacar también que, la instalación produce mucho ruido, llegando a niveles acústicos en el interior de los espacios del edificio por encima de lo permitido.

Además de la instalación original de inductores (y sus UTAs asociadas), existen en el edificio instalaciones de climatización paralelas que dan servicio a otros espacios y zonas. Existen, por ejemplo, sistemas todo-aire, con UTAs que climatizan los quirófanos, el salón de actos, los laboratorios, etc. Estos equipos tienen más o menos antigüedad (desde el año 1985 hasta 2001) y son fruto de sucesivas reformas llevadas a cabo en el hospital.

En la sala de bombas del sótano se encuentran los grupos de bombeo de los circuitos hidráulicos de frío y calor que suministran el agua de refrigeración y calefacción, respectivamente, a las unidades terminales de tratamiento de aire del HM (tanto a los inductores como a las UTAs de los diferentes sistemas de tratamiento existentes en el edificio) y del HI. Ambos grupos funcionan a caudal constante. El grupo de frío está formado por 4 bombas (3 principales más de 1 de reserva) mientras que el grupo de calor lo forman 2 bombas (1 principal más otra de reserva), tal como puede verse en las siguientes imágenes:



Ilustración 30 - Grupo de bombeo de frío del HM y HI



Ilustración 31 - Grupo de bombeo de calor del HM y HI

La producción de frío de los sistemas mencionados se realiza mediante las plantas enfriadoras existentes en la central de frío del HM+HI, descrita en apartados anteriores.



Ilustración 32 - Plantas enfriadoras existentes en la central de frío del HM y HI

La producción de calor se realiza mediante dos intercambiadores (1 principal más otro de reserva) existentes en la sala de bombas del sótano, cuya energía proviene del agua sobrecalentada procedente de la central térmica de calor existente junto a la lavandería del HUVR. Estos equipos suministran calor tanto para las unidades terminales del HM como del HI.



Ilustración 33 - Intercambiadores de calor de placas existentes en el HM y HI

Por otro lado, existe también una instalación más nueva (2011), que da servicio a la zona de neonatología, es decir, a la planta primera del HM. Esa instalación es completamente paralela y totalmente independiente a la del resto del edificio. Por un lado, dispone de 2 plantas enfriadoras condensadas por aire y dos intercambiadores de calor de placas redundantes, que también toman la energía del agua sobrecalentada procedente de la central térmica de calor junto a la lavandería.



Ilustración 34 - Plantas enfriadoras planta 1ª HM

Esta instalación tiene, tanto para frío como para calor, circuitos primarios y 3 circuitos secundarios que suministran el agua fría y caliente, respectivamente a las UTAs existentes en las cubiertas de la planta 1ª.



Ilustración 35 - Intercambiadores de calor de placas y bombas circuito primario calor planta 1ª HM



Ilustración 36 – Bombas de circulación circuitos primario y secundario frío planta 1ª HM

### 3.2.3 Hipótesis de partida

Una de las medidas que indicaron en la Auditoría Energética, que es el origen del proyecto en el HUVR, es la sustitución de la instalación existente de climatización a base de inductores en las plantas semisótano y de la 2ª a la 6ª del edificio HM. También decidieron incluir la planta baja en el proyecto ya que existen inductores en funcionamiento en esa planta. De esta manera, una vez reformada toda la instalación, podrán desmontar todas las UTAs existentes en la planta sótano del edificio.

Además, como se comentó en apartados anteriores, desean la sustitución de los grupos de bombeo existentes en la sala de máquinas del sótano del edificio HM por otros nuevos de mayor eficiencia. Por un lado, se proyectan los grupos de bombeo para la nueva instalación de climatización y ventilación que sustituirá a los inductores obsoletos y, por otro lado, se especifican los grupos de bombeo que sustituirán a las bombas existentes y que darán servicio a las unidades terminales existentes en el edificio HM y HI que aún están en servicio.

#### 3.2.3.1 Configuración final

La nueva instalación se plantea mediante fancoils a 4 tubos, ubicados en los espacios destinados a climatizar más unidades de tratamiento de aire para el aire primario de ventilación, también a 4 tubos.

Debido a la limitación del espacio disponible para la ubicación de las UTAs de ventilación en las plantas de hospitalización (de 2ª a 6ª) plantean una zonificación de la instalación por cada una de las alas del edificio (ala derecha, ala izquierda y ala central). En cada una de estas zonas la UTA de ventilación se ubicará en la sala técnica habilitada al efecto frente a las escaleras de evacuación en el extremo de cada una de las alas. Desde ese punto saldrá el conducto de aportación de aire primario de ventilación hasta cada uno de los espacios tratados. Paralelamente habrá otro conducto de extracción que expulsará al exterior el aire viciado de las habitaciones y demás espacios climatizados.

Las UTAs irán ubicadas en esa zona debido a que facilita el traslado de las máquinas hacia esa habitación (mediante montacargas situados al exterior de las plantas) además de ser de las pocas habitaciones con el espacio adecuado para ese tipo de instalación.

Las UTAs de aire primario de las demás plantas (baja y semisótano) se ubicarán en las cubiertas de la primera planta.

Desde la sala de bombas del sótano del edificio partirán las tuberías que alimentarán a las unidades terminales (fancoils y UTAs), uno de frío y otro de calor. Las tuberías transcurrirán horizontalmente por el sótano hasta las verticales existentes en los núcleos de escaleras. Reutilizarán las tuberías verticales de DN125 en el sótano hasta DN80 en la planta 6ª para la nueva red de calor. Las tuberías de la red de frío serán nuevas por lo que se desmontará los tubos verticales existentes de DN80 en el sótano hasta DN50 en

la planta 6ª. En las plantas, las tuberías transcurrirán horizontalmente por el pasillo de cada ala hasta las unidades terminales (fancoils).

Los dos nuevos grupos de bombeo de frío y calor de la instalación de fancoils y UTAs de ventilación trabajarán a caudal variable lo que hará que el nuevo sistema de HVAC sea más eficiente que el sistema actual. Los grupos de bombeo dispondrán de variadores de velocidad que serán los encargados de ajustar el punto de trabajo de las bombas según la demanda existente.

En las siguientes imágenes se pueden apreciar las redes de conductos de aire en modelo 3D:

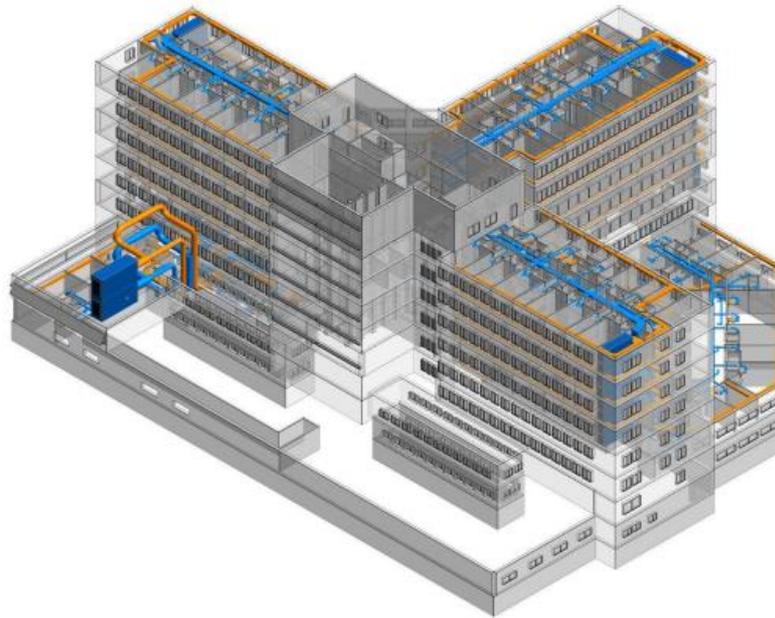


Ilustración 37 - Redes de distribución de aire del edificio HM I

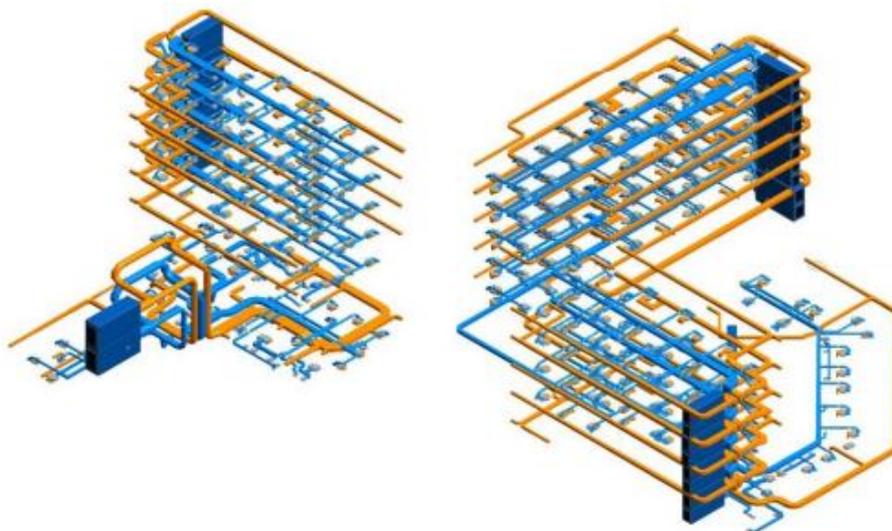


Ilustración 38 - Redes de distribución de aire del edificio HM II

Se debe tener en cuenta algunos factores en el dimensionado de la instalación. Uno de ellos es que se debe favorecer la difusión másica del aire en la impulsión para trasladar correctamente y lo antes posible la potencia térmica de la unidad al ambiente del espacio climatizado. El otro factor principal es que el ruido debe ser controlado. El primer factor se soluciona aumentando la velocidad, pero el segundo se soluciona disminuyendo

la velocidad. Por lo cual aquí entran en juego el tipo de rejillas o difusores a emplear.

### 3.2.4 Requerimientos

#### 3.2.4.1 Unidades de Tratamiento de Aire

Como ya se ha comentado anteriormente, el sistema empleado en la nueva instalación de climatización para para satisfacer las necesidades del hospital será mediante fancoils más UTAs de ventilación, todos ellos a 4 tubos. De esta manera se podrán satisfacer las cargas térmicas tanto en verano como en invierno e incluso también en épocas intermedias.

Los fancoils serán de tipo para conductos, de ejecución horizontal. Instalarán diversos modelos seleccionados para vencer la carga sensible en cada uno de los espacios tratados. Todas las unidades tendrán motores inverter sin escobillas de última generación, con regulación continua de 0 a 100%, lo que dará una gran eficiencia a la instalación ya que estos motores consumen hasta un 50% menos de electricidad que los motores de 3 velocidades estándar. Además, el ruido generado por estos motores también es inferior al de los equipos estándar.

Al ser de 4 tubos, contarán con dos baterías (una para frío y otra para calor). Tendrán filtro de aire en la aspiración.



Ilustración 39 - Fancoil horizontal para conectar a conductos

Las UTAs como se ha comentado serán modulares, a 4 tubos, del caudal adecuado al aire de ventilación necesario en cada zona del edificio. Están dimensionadas para vencer las cargas térmicas del aire exterior de ventilación en cada una de las zonas a las que dan servicio e impulsarán aire a 23°C.

Tendrán los siguientes módulos:

- Sección de filtrado en la aspiración.
- Recuperador rotativo entálpico de aluminio higroscópico.
- Ventilador de retorno.
- Ventilador de impulsión.
- Sección de extracción de aire con compuerta motorizada mediante actuador.
- Sección de entrada de aire exterior con compuerta motorizada mediante actuador.
- Sección de filtrado para el aire exterior.
- Batería extraíble para refrigeración de 4 filas.
- Batería extraíble para calefacción de 2 filas.
- Armario eléctrico y de regulación integrado para alimentación eléctrica de todos los elementos mecánicos del equipo.

Las UTAs de aire primario de las plantas de hospitalización se ubicarán en el interior del edificio, en las salas técnicas habilitadas a tal efecto. Debido al peso de los equipos, prevén un refuerzo en la estructura en esa zona del edificio, en cada una de las plantas (de 2ª a la 6ª), a base de perfiles metálicos anclados a la estructura del edificio. Por otra parte, para reducir el impacto acústico de los equipos en los espacios contiguos, instalarán un trasdosado acústico en el interior de las salas técnicas.

Las UTAs de aire exterior para las plantas semisótano y baja se ubicarán en la cubierta de la planta 1ª, en el exterior como se comentó anteriormente. Estos equipos incorporarán cubierta adicional de tejadillo de chapa especial para la intemperie. También se montarán sobre una subestructura a base de perfiles metálicos apoyados sobre los pilares del edificio.

Todas las UTAs dispondrán de silenciadores de celdillas tanto en impulsión como en retorno, para la amortiguación a altas frecuencias.

Por consiguiente, todos los equipos de tratamiento de aire, tanto los fancoils como las UTAs, dispondrán de fijaciones mediante suspensiones elásticas, adecuadas al peso que tienen que soportar en cada apoyo del equipo, a base de amortiguadores híbridos con topes de movimiento. De esta manera se evitaría la transmisión de vibraciones a la estructura del edificio.

Por último, las UTAs incorporarán cuadro eléctrico y de control. En el Anexo 2 se encuentra una tabla de las nuevas UTAs a instalar.

#### **3.2.4.2 Redes de tuberías**

A las UTAs se conectarán dos tuberías (impulsión y retorno) para cada circuito hidráulico de frío y calor. Las tuberías serán de acero negro sin soldadura para presiones mayores o iguales a PN16, de DN15 hasta DN150.

Todos los tramos de tuberías estarán aislados térmicamente. Las tuberías de agua fría se aislarán mediante elementos elastoméricos con barrera y resistencia a la difusión del vapor elevada, moldeados con forma cilíndrica y estructura concéntrica de tipo autoadhesivo, acabado con cobertura de chapa de aluminio en los tramos que discurren en intemperie o en salas técnicas.

Las tuberías de agua caliente estarán aisladas térmicamente mediante elementos moldeados de lana de vidrio con forma cilíndrica y estructuras concéntricas y provistas de un recubrimiento de aluminio reforzado, acabado con cobertura de chapa de aluminio en los tramos que discurren en intemperie o en salas técnicas.

Las tuberías tendrán un tratamiento antioxidante a base de pinturas de tipo epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas, para una durabilidad alta que garantice una estabilidad de más de 15 años.

El pintado será posterior a un tratamiento previo superficial adecuado para la aplicación de la pintura y, las pinturas, serán siempre epoxis, poliuretanos o epoxis fenólicas.

Dispondrán de sistemas de fijación tanto para tramos verticales como horizontales, incluidas estructuras auxiliares mediante perfiles de montaje multifuncional.

Las tuberías de frío llevarán abrazaderas con protección contra la formación de puentes térmicos en el punto de fijación y, por tanto, la condensación de vapor de agua en la superficie del tubo, con aislamiento de PUR revestido con lámina de PVC, con soporte deslizante y conjunto guía para absorber las dilataciones de las tuberías.

Las tuberías de calor llevarán abrazaderas con junta isofónica, con soporte deslizante y conjunto guía para absorber las dilataciones de las tuberías.

Para que las tuberías se dilaten hacia los extremos de los tramos rectos largos, tienen previsto la ejecución de puntos fijos en los puntos medios de los tramos que transcurren, principalmente, por los pasillos de las plantas de hospitalización del HM.

Al ser los nuevos circuitos hidráulicos sistemas de caudal variable de agua, las válvulas de regulación de potencia de las unidades terminales de tratamiento de aire (fancoils y UTAs) serán válvulas de dos vías. Serán válvulas combinadas que además de funcionar como válvula de regulación de potencia también funcionarán como válvulas de control de presión diferencial. Además, permiten la medición del caudal y la presión disponible en ese punto lo que permite la optimización y el diagnóstico del sistema.

Las baterías de las unidades terminales dispondrán también de filtro en “Y” previo a la válvula de regulación de potencia.



Ilustración 40 - Válvula motorizada de 2 vías roscada (izquierda) y embridada (derecha)

También habrá válvulas de corte, de tipo bola con vástago prolongado y de mariposa con volante reductor.



Ilustración 41 - Válvula de bola roscada (izquierda) y de mariposa embridada (derecha)

La conexión a las baterías de los fancoils se hará mediante mangueras metálicas flexibles, de acero inoxidable, con conexión roscada de asiento cónico para evitar el uso de juntas de plástico o cartón que a la larga acaban deteriorándose y provocando goteos y fugas.

Por otro lado, la conexión a las baterías de UTAs se realizará mediante manguitos anti vibratorios de doble onda, según el tipo de ejecución, si entre bridas o roscado.



Ilustración 42 - Manguito de doble onda roscado (izquierda) y embridado (derecha)

### 3.2.4.3 Grupos de bombeo

En la sala de máquinas de la planta sótano se instalarán los grupos de bombeo para los circuitos hidráulicos de frío y calor de la nueva instalación del edificio HM.

Para el circuito de frío de fancoils y UTAs de ventilación se montará un grupo de recirculación formado por 3 bombas individuales, de rotor seco, en construcción in line, con variador de frecuencia para la regulación de la velocidad. Cada bomba llevará manguitos anti vibratorios de doble onda en la aspiración y la impulsión. Además, en la aspiración dispondrán de un filtro en “Y” cada bomba.

Para evitar los golpes de ariete en la impulsión, existirá una válvula de mariposa motorizada. La apertura y cierre de esa válvula se realizará de forma automática y sincronizada con el arranque y paro. El encargado de realizar esto será el cuadro de control. En cada bomba existirá un puente de manómetro para comprobar la presión disponible y la caída de presión en el filtro.

Para el circuito de calor de fancoils, formado por 2 bombas individuales, se dispondrá del mismo equipamiento del circuito de frío comentado antes.



Ilustración 43 - Bomba in line con variador de frecuencia incorporado

Como ya se ha comentado, los dos grupos de bombeo de la nueva instalación de fancoils y UTAs funcionarán a caudal variable de agua. Para la regulación del punto de trabajo se instalarán 3 sondas de presión diferencial en los puntos más alejados de la red, justo en la parte alta de cada una de las verticales de cada ala del edificio.

Para garantizar el caudal mínimo de las bombas que forman los grupos de bombeo de frío y calor se dispondrá de varios bypass en varios puntos de las plantas (2ª, 4ª y 6ª). Concretamente serán 9 bypass para la red hidráulica de frío y 6 en la de calor. A través de los bypass circulará el caudal mínimo de una de las

bombas que forman cada grupo de bombeo correspondiente al 20% de su caudal nominal. Además, llevará incorporado cada bypass:

- Una válvula de descarga de presión diferencial.
- Una válvula de limitación de caudal.



Ilustración 44 - Válvulas de descarga de presión diferencial

Por otra parte, se encuentra necesario la sustitución de los grupos de bombeo de frío y calor existentes actualmente en la instalación. Debido a la antigüedad de estos equipos y que al cambiar la instalación existente se modifica el punto de trabajo de las redes hidráulicas, los grupos de bombeo se sustituirán por nuevos equipos mucho más eficientes. Esto hará que el consumo eléctrico sea algo inferior también.

Para el circuito de frío de las UTAs existentes en el HM se montará un grupo de recirculación formado por 3 bombas individuales, de rotor seco de una etapa en construcción monobloc. Cada bomba llevará manguitos anti vibratorios de doble onda en la aspiración y la impulsión. Además, en la aspiración dispondrán de un filtro en “Y” cada bomba.

Para evitar los golpes de ariete en la impulsión, existirá una válvula de mariposa motorizada. La apertura y cierre de esa válvula se realizará de forma automática y sincronizada con el arranque y paro. El encargado de realizar esto será el cuadro de control. En cada bomba existirá un puente de manómetro para comprobar la presión disponible y la caída de presión en el filtro.

Para el circuito de calor de fancoils, formado por 2 bombas individuales, se dispondrá del mismo equipamiento del circuito de frío comentado antes.



Ilustración 45 - Bomba monobloc

Todo ello monitorizado por el cuadro de control.

Finalmente, los 4 nuevos equipos se deberán montar antes de desinstalar los grupos existentes ya que se debe mantener el servicio en todo el momento en el edificio. Una vez montados los nuevos equipos se organizará la reconexión de las redes existentes para que esta operación dure el menor tiempo posible de cara a no dejar sin servicio la instalación del HM más tiempo del necesario.

#### **3.2.4.4 Redes de distribución de aire**

Para las redes de distribución de aire de los fancoils utilizarán conductos autoportantes a base de paneles rígidos de lana de vidrio de alta densidad. Estarán revestidos por la cara exterior con una lámina de aluminio reforzado con papel kraft y malla de vidrio, que actúa como barrera de vapor, y por su cara interior con un tejido neto de vidrio reforzado de color negro de gran resistencia. Este conducto es perfecto para evitar niveles acústicos no deseados además de tener un buen comportamiento térmico.

Para la distribución de aire de las UTAs de ventilación se utilizarán conductos de sección rectangular, en chapa de acero galvanizada. Además, dispondrán de aislamiento térmico exterior con manta de lana de vidrio. Por otra parte, tendrá un acabado chapa de aluminio.

Todas las redes de conductos dispondrán de sistemas de anclaje a la estructura, incluyendo elementos de fijación, tanto en tramos horizontales como verticales, a base de perfiles de montaje multifuncional.

Para la impulsión del aire al interior de los espacios climatizados que no tengan falso techo se utilizarán rejillas de lamas horizontales de aluminio, de doble deflexión. Para aquellos espacios con falso techo se emplearán difusores rotacionales, fabricados con chapa de acero galvanizado lacado.

En el retorno y la extracción de aire de los espacios se usarán rejillas de lamas horizontales, de doble deflexión. Para la toma de aire exterior y la descarga del aire de extracción se emplearán rejillas de lamas horizontales, en chapa de acero galvanizado y malla anti-pájaro en acero inoxidable.

Las rejillas de toma y descarga de aire exterior se montarán donde actualmente existen ventanas en las salas donde se ubicarán las UTAs (en los extremos de las alas de la planta 2ª a la 6ª). Al tratarse de una obra de reforma y estar comprometidos en espacio y en la morfología existente en el HM, las rejillas de toma y descarga de aire a la que deben conectarse las UTAs no pueden ubicarse en otra posición sin alterar de manera significativa la fachada del edificio.

#### **3.2.5 Obra civil**

Como bien se comentó, se recogen las actuaciones necesarias para la implantación de las nuevas máquinas a ubicar en las cubiertas del edificio, consistente en nuevas bancadas en cubiertas, así como las actuaciones interiores del edificio (instalación interior de clima por planta), así como la conversión de tres habitaciones por planta en sala de máquinas para instalar nuevas UTAs en cada ala del edificio.

A continuación, algunas imágenes del estado previo:



Ilustración 46 - Equipo de climatización actual en el interior del HM



Ilustración 47 - Falso techo pasillo del HM



Ilustración 48 - Vista simple interior del falso techo

En las cubiertas, para las nuevas máquinas, se realizarán bancadas de acero laminado. Las bancadas se apoyarán sobre pilares. Por tanto, se deberá descubrir la cubierta de manera puntual, hasta alcanzar los pilares.

Tras anclar la nueva estructura, se repondrá la cubierta, manteniendo y reparando la impermeabilización, asegurando las condiciones de salubridad.



Ilustración 49 - Cubierta 1ª planta HM

Con relación a las nuevas salas de máquinas, se realizará un refuerzo de la estructura existente para soportar las cargas.

Para la ejecución de la nueva instalación de clima, retirarán y/o demolerán los techos afectados, Tras la instalación del nuevo HVAC, se repondrán de nuevo.

En las habitaciones que se convierte en salas de clima, se modificará las puertas, sustituyéndolas por unas nuevas macizas con propiedades acústicas, además de instalar un revestimiento acústico en el interior.

### 3.3 Iluminación LED

Otro de los objetivos del proyecto es la sustitución de la luminaria existente en los hospitales del Hospital Universitario Virgen del Rocío (HG, HRT, HI y HM) para la mejora de la Eficiencia Energética.

Para ello, se han tenido en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Eficiencia energética: Para ello se proyecta una iluminación basada en tecnología LED.
2. Máximo confort lumínico: según los niveles lumínicos necesarios para cada estancia.
3. Integración estética de la iluminación en sintonía con el resto de las instalaciones que discurren por los techos, además del propio techo.

Actualmente este subproyecto de iluminación va a entrar dentro del plan de reformas de las diferentes plantas en el Hospital de la Mujer, además de las respectivas obras en los otros hospitales, pero no entra dentro del plan de proyecto de la DO X. Igualmente se comentará ya que entra dentro de la mejora de la Eficiencia Energética del HUVR.

#### 3.3.1 Alcance de la actuación

El alcance de la propuesta de mejora de iluminación tendrá como objeto la sustitución de todas las luminarias con lámparas de tecnología convencional de tipo fluorescente, halógena e incandescente, por luminarias de tecnología LED en los espacios considerados como pasillos, vestíbulo y salas de espera en los hospitales del HUVR, entre ellos el HM.

Así mismo la mejora propuesta dotará, a la nueva instalación de alumbrado, de un sistema de control y regulación punto a punto.

Este alcance no conlleva lugares como consultas, habitaciones o quirófanos ya que los técnicos del HUVR consideran que el ahorro en iluminación se producirá con la reforma de las zonas indicadas, donde la iluminación funciona 24 horas.

La potencia instalada total en el estado previo a la reforma con la iluminación convencional y la nueva potencia instalada con tecnología LED tras la reforma se resumen en la siguiente imagen:

Hospital	Potencia estado previo	Potencia con LED
HG	102,92	39,84
HRT	49,284	16,837
HI	25,992	13,687
HM	24,23	13,247

Tabla 10 - Resumen potencia instalada

La potencia se reduce en un 59%.

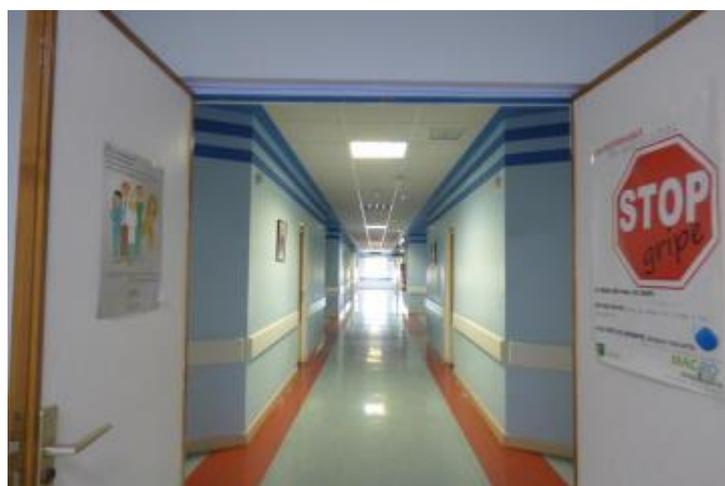


Ilustración 50 - Pasillo Planta 4ª HM

Hay que señalar que como proyecto de mejora energética, la solución no pretende mejorar las condiciones lumínicas del estado actual (aun así con iluminación LED mejorará algo los niveles), sino reducir el consumo energético en cuanto a potencia instalada, y además, dotar a la nueva instalación de capacidad de regulación y control remoto.

Como solución, la selección de la marca y modelo de las luminarias LED se ha tenido en cuenta bajo los siguientes requisitos mínimo para alcanzar los resultados óptimos de calidad:

- Eficiencia lumínica 116 lum/w
- Clasificación Energética A++
- Índice reproducción cromática 80
- Índice de deslumbramiento 19

- Vida útil = 100000 horas
- Variedad de modelos y tipologías.

Por otra parte, se instalará un control de iluminación para las diferentes zonas de los hospitales dentro del alcance.

El control de cada edificio se realizará mediante un PC dotado de un sistema de gestión, en el que se permite visualizar, entre otras funciones; el estado y operatividad de cada elemento, fallo de lámpara o balasto, horas de funcionamiento, potencia real consumida por zona o iluminaria, informes de actividad y gráficas de consumo.

### 3.4 Fotovoltaica

En el presente apartado se describen las actuaciones necesarias para dotar al Hospital Universitario Virgen del Rocío de una Instalación Solar Fotovoltaica instalada sobre las cubiertas de los distintos edificios, incluyendo el Hospital de la Mujer.

#### 3.4.1 Objetivo

Bajo el marco del Real Decreto 244/2019, y dentro del Proyecto de Eficiencia Energética, el Servicio Andaluz de Salud (SAS) de la Junta de Andalucía, pretende llevar a cabo la instalación de un sistema fotovoltaico bajo la modalidad de autoconsumo sin excedentes en 4 edificios del HUVR.

Las potencias pico previstas del sistema fotovoltaico en cada uno de los 4 edificios son las siguientes:

- Hospital General ..... 72 kWp.
- Hospital Rehabilitación y Traumatología ..... 48 kWp.
- Hospital de la Mujer ..... 48 kWp.
- Hospital Infantil ..... 72 kWp.

Estas potencias son estudiadas entre la Propiedad y los técnicos de la DO X, en función del espacio disponible, de las posibilidades técnicas y de las disponibilidades económicas.

La instalación fotovoltaica se conectará a la red interior de baja tensión del HUVR, en cuadro de potencia de cada uno de los edificios nombrados, que podrá ser el cuadro general, o bien un cuadro de servicio con consumo suficiente para absorber completamente la generación fotovoltaica.

#### 3.4.2 Estructura de la instalación

La instalación inicia en las cubiertas de cada uno de los edificios, donde se ubicará el generador fotovoltaico. Este se compone de paneles captadores fotovoltaicos dispuestos sobre estructura inclinada a 30° y orientadas convenientemente al sur. Esta energía captada se distribuirá en corriente continua hasta un convertidor de corriente alterna que la transformará adecuadamente en tensión (400V) y frecuencia (50 Hz) para el autoconsumo eléctrico.

La zona de corriente continua dispondrá de un cuadro de mando para conexiones y fusibles, así como la zona de corriente alterna dispondrá de un cuadro de protecciones diferencial y magnetotérmica.

La energía convertida en corriente alterna se verterá en el embarrado del cuadro de autoconsumo seleccionado para cada edificio.

Algunos de los requisitos necesarios respecto a los paneles fotovoltaicos para cubrir las necesidades del sistema y dentro de lo económicamente razonable, son los siguientes:

- Tipo de célula policristalina (penaliza un poco la eficiencia, pero se beneficia de mayor fiabilidad en el tiempo en zonas de clima con altas temperaturas como podría ser Sevilla).
- Eficiencia 18%
- Temperatura de servicio: -40°C +85°C
- Garantía mínima del material: unos 20 años.
- Garantía mínima de producción: 25 años.

El tamaño de panel adoptado ha sido de 400 Wp, dado que en principio no hay impedimentos estructurales que obligan a dimensiones menores.



Ilustración 51 - Cubierta disponible en el HM

En función de las cubiertas disponibles con mejor orientación el número de paneles de 400 Wp prediseñados en cada edificio fue el de: 180 unidades para tanto en el HG como en el HI, y 120 unidades tanto para el HRT como el HM.

A partir de estos datos, se agruparon los paneles prediseñados en estructuras más compactas y regulares, para aprovechar mejor el espacio disponible, evitar sombras, aumentar la eficiencia y mejorar los trabajos de instalación.

A raíz de ello, se dieron agrupaciones serie-paralelo de los paneles, ya que una serie mayor o menor condicionarán las diferentes estructuras posibles.

En cuanto al edificio HM, el generador fotovoltaico estará compuesto por 120 paneles de 400W, 5BB, tecnologías PERC y HALF CELL, distribuidos en 2 estructuras de 3x30 paneles cada una, conteniendo cada estructura cuatro series de 15 paneles para un total de 8 series.

### 3.4.3 Producción eléctrica estimada

La producción anual estimada por edificio es la siguiente:

- HG ..... 105000 kWh/año.
- HRT ..... 70000 kWh/año.
- HM ..... 70000 kWh/año.
- HI ..... 105000 kWh/año.
- Total estimado: 350000 kWh/año.
- Ahorro estimado: 28000 €/año.

### **3.5 Sustitución de ventanas**

El Hospital Virgen del Rocío en su afán de mejorar el compromiso con el medio ambiente y proporcionar un ahorro considerable a sus edificios e instalaciones, propone la sustitución de parte de la envolvente térmica del Hospital de la Mujer, entre otra de las medidas de mejora de Eficiencia Energética.

Por lo cual, para este subproyecto se recogen las actuaciones necesarias para la sustitución de la mayoría de las ventanas del HM por otras de mejores prestaciones de aislamiento térmico consiguiendo un mayor ahorro energético en el edificio.

Las ventanas que entran dentro del alcance son: ventanas en habitaciones de uso hospitalario, algunas de pasillos, consultas y salas de máquinas. Su reforma no altera su uso en absoluto ni otras condiciones como la estética o condiciones de iluminación.

Las nuevas ventanas mantienen las dimensiones de las anteriores. A excepción de algunas ventanas que son fijas, que se renuevan por ventanas de la misma tipología, el resto de las ventanas que se renuevan son del tipo oscilobatiente. Este tipo de ventana permite dos tipos de aperturas, apertura del tipo oscilo y apertura del tipo batiente.

Actualmente, este subproyecto de sustitución de ventanas se encuentra en estado de espera ya que su plazo de ejecución dificulta el resto de los proyectos a ejecutar como el de la central de frío o el de la instalación de HVAC. Por tanto, actualmente no entra dentro de la ejecución del proyecto de Eficiencia Energética pero es deber comentarlo ya que la Propiedad no descarta ponerlo en marcha en un futuro cuando ya estén finalizadas el resto de las instalaciones del proyecto.

# 4 PLANIFICACIÓN DE LA EJECUCIÓN EN EL HM

---

## 4.1 Introducción al plan

Una vez que se han descrito cuales son las actuaciones que se presentan en el proyecto, además de las intervenciones o plan de proyecto en el Hospital de la Mujer del HUVR se nos presenta la ejecución de estas actuaciones en dicho hospital la cual tiene una planificación detrás en la que entran los diferentes actores que intervienen en la ejecución del proyecto, choques de intereses entre los diferentes actores y la limitación en tiempo, coste y presupuesto de los fondos FEDER.

Este plan de proyecto, así como su planificación, ha supuesto una serie de problemas e inconvenientes a la hora de ejecutarlo que se han visto reflejados en diferentes reuniones entre los miembros de dirección de obras, servicio sanitario del hospital, la Propiedad, que este caso es el departamento de Subdirección de Mantenimiento con el Servicio de obras, y diferentes constructoras que participan en las obras del proyecto. Además, las actuaciones en el Hospital de la Mujer suponen el camino crítico en la planificación del proyecto general.

## 4.2 Problemática del plan

De partida los técnicos del hospital se rigen a las diferentes intervenciones dentro del Hospital Universitario Virgen del Rocío y de la planificación de la dirección de obras. No obstante, deben ser estrictos con la fecha del final de obras ya que atrasarla supondría una problemática dentro del plan de los fondos FEDER.

A continuación, se mostrará una tabla con las diferentes fases del proyecto, además de una fotografía del planning de todo el proyecto, proporcionada por la dirección de obras:

PROYECTO	Adjudicatario PBE-DO	Estado Obra	Adjudicatario Obra	Precio Adjudicación	F. inicio obra	F. de fin obra	Precio final obra
1 Obras de MAE y MEDE para mejora de calificación energética en HUVR (C. Frío) (FEDER)	DO X	Adjudicada	Constructora X	9.436.826,00 €	03/04/22		
2 (CF1) Reforma de viario para implantación de losas de cimentación	DO X	Finalizada	Constructora 1	227.226,43 €		27/10/2022	
3 (CF2) Soportación de tuberías de agua en viario junto a Lavandería	DO X	Finalizada	Constructora 1	39.418,62 €	10/03/22	18/03/22	
4 (CF3) Adecuación de sala para instalación de dos enfriadoras.	DO X						
5 (CF4) Acondicionamiento de Sala Técnica Actual en Sala de Calderas para Oficinas.	DO X						
6 (HM1) Ejecución de tuberías de sótano y verticales Hospital de la Mujer.	DO X	Obra en curso	Constructora Y	291.489,67 €	07/02/22		
7 (HM2) Ejecución de los grupos de bombeo frío y calor nueva instalación HVAC Hospital de la Mujer.	DO X	Obra en curso	Constructora Y	262.564,81 €	07/02/22		
8 (HM3) Sustitución de grupos de bombeo de frío y calor instalación existente HVA Hospital de la Mujer.	DO X						
9 (R6HM) Reformas de planta de hospitalización 6 en HM	DO 1						
10 (R5HM) Reformas de planta de hospitalización 5 en HM	DO 1						
11 (R4HM) Reformas de planta de hospitalización 4 en HM	DO 2						
12 (R3HM) Reformas de planta de hospitalización 3 en HM	DO 3						
13 (R2HM) Reformas de planta de hospitalización 2 en HM	DO 3						
14 (RBHM) Reformas de planta B (Administración) en HM	DO 2						
15 (RSHM) Reformas de planta SS (Consultas Externas) en HM	DO 2						
16 (ENH1) Ejecución de ramales del anillo de calor en Edificios No Hospitalarios.							
17 (ENH2) Sustitución de intercambiadores en Edificios No Hospitalarios.							
18 Obras de medidas para la mejora de la calificación energética en HUVR (C.Térmica) (FEDER)	DO X	Pend. firma de contrato	Constructora W	4.902.918,94 €	Finales mayo 2022		
19 (URBEI) Urbanización del entorno de la zona industrial del HUVR							
20 (COLHG) Sustitución de colectores de distribución de Hospital General							
21 (ESTHG) Ampliación del suministro eléctrico de Esterilización del Hospital General							

Tabla 11 - Resumen fases del proyecto

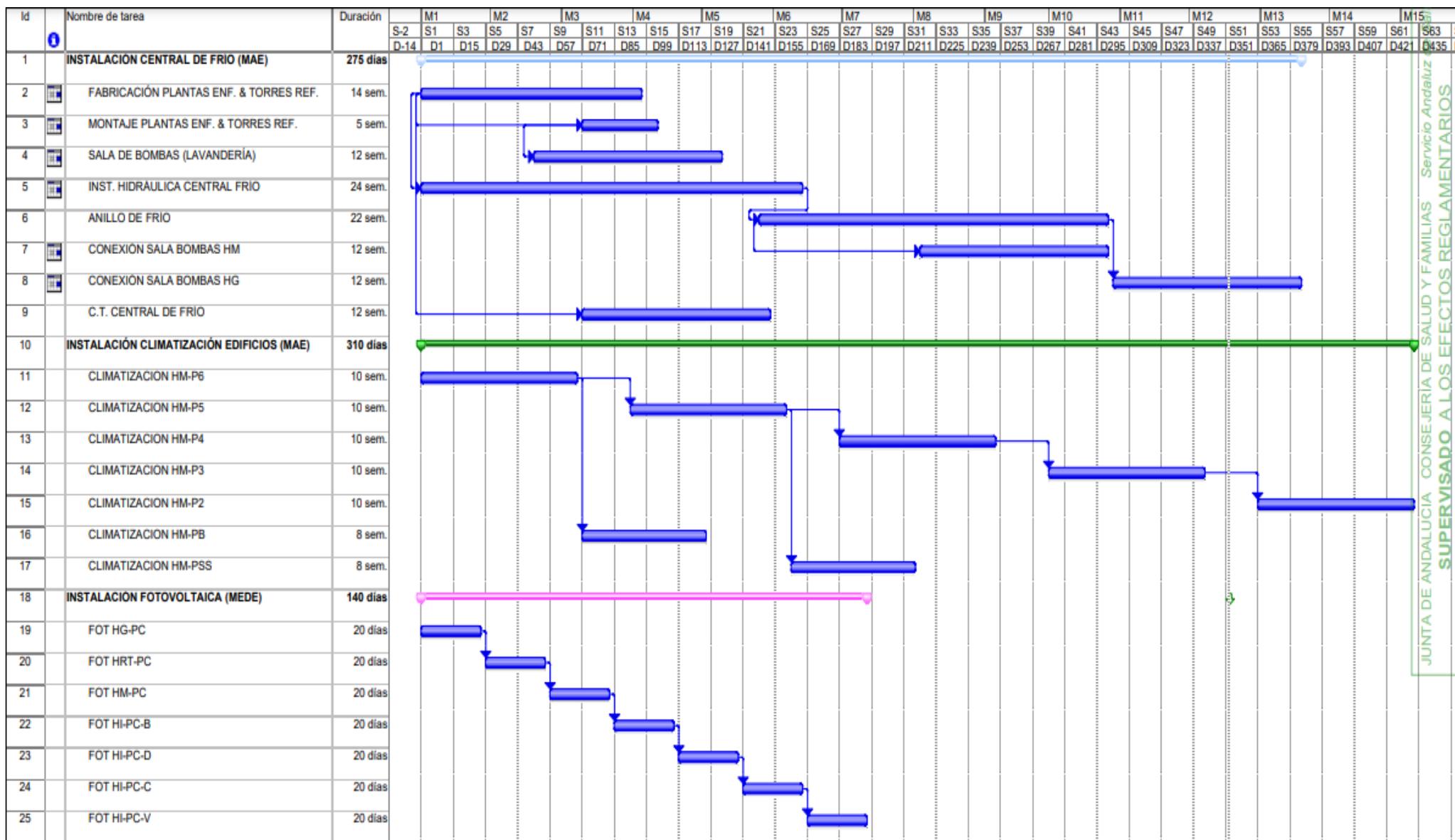


Ilustración 52 - Planning del proyecto de la DO X

El planning anterior es uno que se realizó en 2019 en el cual no se tuvo en cuenta la paralización de las obras, producciones, ... debido a la pandemia por COVID-19 de estos 2 últimos años, además de sumarle el actual conflicto bélico entre Ucrania y Rusia.

Teniendo el faseado del proyecto general, se nos presenta un total de 21 fases la cuales algunas corresponden a las obras que se ejecutan en el Hospital de la Mujer que son las que se describirán a continuación:

- Obras de MAE y MEDE para la mejora de calificación energética en HUVR (C. Frío): Esta es la obra general de todo el proyecto donde se ejecuta la instalación de toda la nueva central de frío además de su adecuación y, también, las obras pertinentes de climatización en los edificios del HUVR entre los que se incluye el Hospital de la Mujer.
- (HM1) Ejecución de tuberías de la planta sótano y verticales Hospital de la mujer: esta intervención está siendo llevada a cabo por una constructora actualmente (Constructora Y), llevando la instalación de las verticales en cada una de las tres escaleras principales que recorren las plantas del hospital (una en ala izquierda, en el ala central y otro en el ala derecha). Esta fase del proyecto estará finalizada el 29/05/2022.

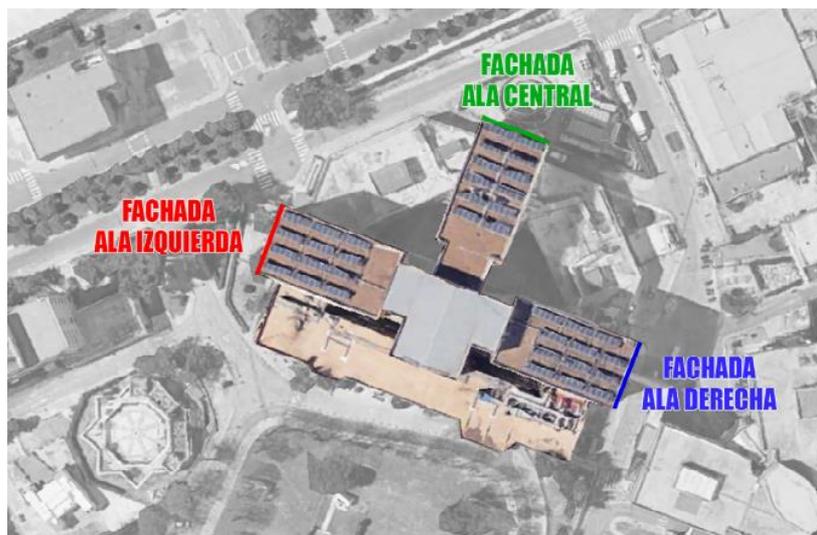


Ilustración 53 - Ubicación de las alas en el HM

- (HM2) Ejecución de los grupos de bombeo de frío y calor nueva instalación HVAC Hospital de la Mujer: esta intervención está siendo llevada por Constructora Y actualmente, preparando la zona para el nuevo grupo de bombas que llega.
- (HM3) Sustitución de grupos de bombeo de frío y calor instalación existente HVAC Hospital de la Mujer: esta intervención aún está en concurso entre diferentes clientes para su adjudicación por lo que su ejecución está en espera además de que tiene una prioridad inferior a las actividades anteriores.

A raíz de estas diferentes actuaciones dentro del Hospital de la Mujer, los técnicos del servicio de obras e ingeniería más la dirección del hospital, decidieron de hacer una serie de reformas aprovechando el desalojo de las plantas del hospital y las obras de climatización realizadas. Las reformas afectan a las plantas desde

la 2º hasta la 6º planta, además de las plantas baja y semisótano. Dichas reformas van desde cambiar los techos, baños, los suelos, etc. Además, se acordó con las direcciones de obra, que dirigen la ejecución de las reformas, que la sustitución de la luminaria existente por luminaria de tipología LED, se realice bajo el proyecto de reformas por temas de presupuesto limitado.

Todas estas reformas no entran dentro del proyecto de Eficiencia Energética (a excepción de la sustitución de la luminaria), pero si en el presupuesto que estamos presentando, por lo que, si las reformas de cualquier planta se retrasan por cualquier motivo sí afectaría al cronograma global del proyecto. Esto supondría tener que dejar por más tiempo la planta cerrada y afectaría al servicio sanitario de dichas plantas ya que no podrían tener dos plantas a la vez cerradas por falta de espacio a la hora de trasladar a los pacientes y los equipos médicos.

En el diagrama de Gantt del proyecto completo se puede observar que la intervención en lo que concierne al Hospital de la Mujer, es el camino crítico de todo el proyecto.

A continuación, se muestra un diagrama de Gantt de la planificación de las intervenciones en el hospital:

	Mes	Abr'22	May'22	Jun'22	Jul'22	Ago'22	Sep'22	Oct'22	Nov'22	Dic'22	Ene'23	Feb'23	Mar'23	Abr'23	May'23	Jun'23	Jul'23
	Sem	14 15 16 17	18 19 20 21	22 23 24 25 26	27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39	40 41 42 43	44 45 46 47 48	49 50 51 52	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12 13	14 15 16 17	18 19 20 21	22 23 24 25 26	27 28 29 30
		0 1 2 3 4	5 6 7 8 9	10 11 12 13	14 15 16 17	18 19 20 21 22	23 24 25 26	27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39	40 41 42 43	44 45 46 47	48 49 50 51 52	53 54 55 56	57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69
Planta 6HM Clima	10	█	█	█	█	█											
Planta 6HM Reforma	6			█	█	█	█	█									
Planta 5HM Clima	10			█	█	█	█	█	█	█							
Planta 5HM Reforma	6						█	█	█	█	█	█					
Planta 4HM Clima	10					█	█	█	█	█	█						
Planta 4HM Reforma	6							█	█	█	█	█	█				
Planta 3HM Clima	10									█	█	█	█	█	█		
Planta 3HM Reforma	6											█	█	█	█	█	
Planta 2HM Clima	10													█	█	█	█
Planta 2HM Reforma	6															█	█
Planta B HM Clima (Admin)	8							█	█	█	█	█					
Planta B HM Reforma (Admin)	4									█	█	█	█				
Planta SS HM Clima (C. Externas)	8				█	█	█	█	█	█							
Planta SS HM Reforma (C. Externas)	2						█	█	█								

Tabla 12 – Diagrama de Gantt inicial de las actuaciones en el HM

En la planificación se muestra las obras de climatización marcadas en color amarillo y con una duración de 10 semanas cada una salvo las intervenciones de la administración de la planta baja y la planta del semisótano. También se ven las reformas a realizar marcadas en naranja con una duración de 6 semanas cada una salvo la reforma de la administración de la planta baja y la planta del semisótano. Finalmente, las cuadrículas marcadas en rojo son semanas que se utilizan para adecuar las plantas para las intervenciones próximas en el tiempo (desalojo de pacientes, muebles, equipos médicos, ...).

El camino crítico de estas obras pertinentes en el Hospital de la Mujer es tanto las obras de climatización y las reformas de las plantas sexta, cuarta, tercera y segunda.

La planta quinta es una planta de consultas además de que se acordó con el servicio sanitario de dicha planta que los meses en los que se podía cerrar son los de verano y principios de octubre como se observa en el diagrama. Esto es debido a que prevén estadísticamente que serán los meses con menos consultas sanitarias.

Lo mismo aplicaría a la planta baja que se centra en administración del hospital y la planta semisótano que también es de consultas. En estas plantas las reformas son mínimas ya que durante años se realizaron pequeñas intervenciones, lo que ha supuesto menos intervención ahora en lo referente a reformas de la planta.

Por otra parte, toda algunas de estas actividades/ejecuciones son predecesoras de otras, es decir, no se puede empezar la ejecución de la 2ª planta sin haber terminado la 3ª planta, no se puede empezar la 3ª planta sin haber terminado la 4ª planta y no se puede empezar la 4ª sin haber terminado la 6ª planta. Salvo a excepción de las plantas 5ª, baja y semisótano (ya que se acordó con el servicio sanitario que su intervención tenía que ser en unos meses en específico) las otras ejecuciones presentan un orden de sucesión.

Como se puede apreciar esta planificación tiene una duración de 68 semanas, empezando dicha intervención en abril del 2022 y finalizando en julio de 2023. Esa finalización en julio de 2023 se atrasa por 8 semanas conllevando un problema el cual es que se acordó para los fondos FEDER tener la obra finalizada en primavera, concretamente en la semana 21 del año 2023 que coincide con la última semana del mes de mayo (marcado en rojo). Aunque ya el proyecto se vea retrasado por 8 semanas, el diagrama que se presenta anteriormente es uno inicial por lo cual se pueden y se producirán con mucha seguridad, retrasos en cuanto al planning de actuación.

Estos retrasos se deben a diversos motivos tanto por parte de las constructoras, temas sociales como la pandemia y el paro de producción durante estos últimos años y además la subida de precios en materiales por el actual problema geopolítico, el conflicto bélico entre Ucrania y Rusia.

### **4.3 Organización de las obras**

Como bien se ha comentado anteriormente, se han realizado (y, a día de hoy, se siguen realizando) semanalmente una serie de reuniones de seguimiento de la ejecución de todo el proyecto donde han intervenido la Propiedad, en este caso los técnicos del HUVR, la dirección de obras del proyecto (DO X), las diferentes constructoras que intervienen en cada actividad de ejecución, direcciones de obra de las reformas a implantar en el HM y, a veces cuando era necesario, el servicio sanitario del hospital.

En estas reuniones se han planteado los diferentes problemas, intereses y negociaciones entre las partes que intervienen en el proyecto. Los problemas que se han ido planteado se han visto reflejados en el planning del proyecto, por lo cual se ha tenido que modificar según las necesidades que se requerían en el momento.

### 4.3.1 Agentes interesados

En este apartado se verán los diferentes intereses o necesidades de los agentes interesados en el proyecto, comentando cada problema o necesidad que se les han ido presentando en las diferentes reuniones de seguimiento y que podrían afectar a la ejecución/planificación del proyecto.

A continuación, se presentan algunos de los problemas o intereses que surgieron en un primer lugar comentarlos desde la perspectiva de los agentes que intervienen en el proyecto:

#### Propiedad

La Propiedad constituye lo referente al Hospital Universitario Virgen del Rocío. Como representante de la Propiedad tenemos a la Subdirección de Mantenimiento e Ingeniería además del Servicio de Obras. Como Propiedad, su principal objetivo dentro del proyecto es que el proyecto se lleve a cabo dentro del margen del presupuesto proyectado además de que la ejecución de dicho proyecto entre dentro de las fechas previstas en un principio. Este proyecto como se ha comentado será financiado por parte de los FEDER destinados para este bien. Por ello, los técnicos de la Propiedad se ven limitados en tiempo y coste a la hora de realizar cambios ya que esto afectaría a la planificación acordada en un principio para la financiación de los fondos FEDER.

Por consiguiente, la Propiedad ha tenido que estar presente en todas las reuniones de seguimiento para acordar con los otros agentes las diferentes necesidades que vayan surgiendo.

A continuación, se presentan los siguientes puntos de interés de la Propiedad:

- La Propiedad indica que los puntos críticos del proyecto son las plantas del Hospital de la Mujer, además de la entrega de los principales equipos de climatización y del HVAC. El equipo que más dudas presenta a la hora de su entrega son las plantas enfriadoras debido a que en un principio no se prevenía la actual guerra de Ucrania, lo que ha supuesto una baja de la bolsa y un encarecimiento de los materiales por lo cual la llegada de las plantas sería aproximadamente en octubre y no en los meses de verano (junio o julio) como se tenía previsto en un principio. Aunque no esté reflejado en el diagrama de Gantt de las obras del HM, es importante comentarlo ya que podría suponer un retraso en las actuaciones del proyecto.
- La Propiedad necesita que la Constructora X firme el acta del Plan de Seguridad y Salud para la apertura del centro de trabajo, además en el Plan de Seguridad y Salud deberá constar las casetas de obra, la ubicación de las grúas y los camiones tráiler de descarga.
- Los técnicos del HUVR indican que se deberán colocar 3 andamios (uno por cada ala) con un montacargas en una de las alas. El montacargas finalmente se colocará en el ala izquierda del HM.
- Los técnicos del HUVR solicitan a la Constructora 1 que busquen un sitio para colocar un andamio y un montacargas para poder acceder a las plantas del hospital para la ejecución de las reformas del hospital. El andamio y el montacargas irán ubicados en el ala central del hospital debido a la falta de espacio en las otras alas, pero como en esa misma ala habrá un andamio de la Constructora X por lo cual deberán colocarlo a la derecha de esta misma ala. Además, debido al acuerdo marco la actuación de obra en cada planta la realizará una constructora diferente por lo cual deberán negociar cómo se distribuirá el uso del andamio y del montacargas ya que no sale rentable, en tiempo y coste, desmontarlo y montarlo de nuevo cada vez que se vaya a actuar en un ala concreta.
- La Propiedad no desea que haya interacción entre los operarios de las diferentes actuaciones (obra de climatización, obra de reformas, actuación del HVAC, ...).
- La Propiedad junto con la DO X y la Constructora X deberán estudiar la ejecución de la obra en la lavandería ya que también es uno de los hitos críticos del proyecto y que podría afectar al planning general, además de poder afectar de la forma menor posible la actividad en dicha lavandería.

- La Propiedad junto con la DO X solicitan a la Constructora X que la lista de materiales a utilizar, deben de ser mejores o iguales a los propuestos por el proyecto. Esto es válido salvo a los especificados por la Constructora X en la propuesta técnica en la fase de licitación del proyecto (como por ejemplo las plantas enfriadoras).
- La Propiedad necesita por parte del servicio sanitario que desalojen las plantas cuando sea necesario. Por ejemplo, la planta 6ª que es la más cercana en tiempo.
- La Propiedad propone a la Constructora X si la actuación del semisótano se podría hacer en dos fases, ya que es una zona donde se va coordinando con el servicio sanitario para ir alojando los equipos médicos (entre ellos camas, camillas, ...) de todas las plantas cuando se actúen en ellas. Por ello puede ser que se sature el espacio del semisótano e impidiendo también la correcta ejecución de esta planta cuando llegue el momento.

Hoy en día la realización en dos fases de la obra de la planta semisótano es complicada debido a los plazos por lo cual se tendrá que utilizar espacios de otros hospitales para el desalojo de los equipos médicos.

- La Propiedad advierte a la Constructora X que en todo momento se deberá cumplir lo indicado en la Guía Técnica para el Control de Bioseguridad Ambiental por Obras en el Hospital Universitario Virgen del Rocío.

#### Dirección de obras (DO X)

Como su nombre indica es la responsable de dirigir las obras de ejecución de todo el proyecto de climatización. Para ello ha tenido que estar presente en todas las reuniones de seguimiento planificadas para supervisar la correcta ejecución de las obras y replantear todos los cambios o necesidades propuestas por las constructoras que intervienen en las diferentes actuaciones del proyecto. Además de estar interesada en saber las diferentes necesidades planteadas por la Propiedad para encontrar las diferentes soluciones o cambios que se tendrían que dar.

A continuación, se presentan los siguientes puntos de interés de la dirección de obras:

- Propuesta de materiales y propuestas de cambio: La DO X solicita a la Constructora X presentar la marca/modelo de todos los modelos que se van a ejecutar para su aprobación. Existe un margen de tiempo en el que después de cumplirlo ya no se aceptarán cambios.
- Aparte del proyecto de frío se está llevando a cabo otro proyecto de calor (cambiar la actual central térmica, nuevas calderas, ...) en el HUVR por lo cual la DO X deberá coordinar estos 2 proyectos para que no haya interacciones problemáticas entre ellos.

#### Direcciones de obras (reformas)

En lo referente a las reformas, cada una de ellas tiene una dirección de obra diferente debido al acuerdo marco que presenta la Propiedad con una serie de empresas, en un total de 3 empresas diferentes que actúan en las obras de reforma. Cada una de ellas estará presente en las reuniones de seguimiento para la supervisar la ejecución de las reformas de las plantas planificadas. Actualmente, no se realizan reuniones de seguimiento con dichas direcciones de obras salvo con la dirección de obras de la reforma de la 6ª planta.

- Las diferentes direcciones de obras de las reformas de las plantas deberán coordinarse en el uso y colocación del andamio y el montacargas que se utilizará para acceder a las diferentes plantas del HM.

#### Constructoras

Por otra parte, se encuentran las diferentes constructoras que dan lugar a la edificación de las infraestructuras que son intervenidas en el proyecto de climatización del HUVR. Su principal objetivo es realizar las actividades de obras dentro de la planificación dada, además de proponer materiales y maquinarias para la adecuada actuación de dichas obras. Algunas de ellas tienen como objetivo que la Propiedad, el HUVR, siga siendo cliente de dicha constructora para futuros proyectos.

A continuación, se presentan los siguientes puntos de interés de las diferentes constructoras:

- La Constructora X solicita a la Propiedad el Plan de Seguridad y Salud para tenerlo lo antes posible.
- La Constructora X da la posibilidad de ubicar las placas fotovoltaicas en la cubierta de la pasarela que conecta el HRT y el HM. Para ello la DO X deberá confirmarlo, pero si lo confirma ayudaría a ahorrar espacio y darle otro uso a la pasarela.



Ilustración 54 - Pasarela actual (2022)

- Debido a los plazos de suministro de equipos industriales, la Constructora X pide sugerencias a la DO X para encontrar algún fabricante de fancoils y poder entregarlos lo antes posible.
- La constructora X presenta una propuesta de plantas enfriadoras diferente a la que presentaron en el concurso de licitación de la obra del proyecto. Esto es reprochado por la Propiedad ya que ellos ganaron con la propuesta anterior plantas enfriadoras (la cual era de la misma marca que las actuales en funcionamiento en el HUVR), a lo cual la constructora indica que esto da una posición de fuerza los fabricantes a la hora de negociar. Además de comentar que debido a la coyuntura mundial actual (guerra de Ucrania) existe un gran riesgo de realizar la obra en plazo por el escaso aprovisionamiento de suministros.

Como solución se rechaza esta propuesta de la constructora ya que no entraba dentro de los planos técnicos del proyecto, teniendo en todo caso que rehacerlos para ese tipo de plantas enfriadoras propuesta.

- La Constructora Y encargada de realizar las obras del HVAC desea anular 2 de las 3 escaleras centrales del HM para ir realizando la ejecución de las verticales de las alas ya que prevén que en el ala derecha la actuación de las verticales podría retrasarse. Por lo consiguiente, la Propiedad lo ha rechazado rotundamente ya que no se pueden tener anuladas 2 escaleras por temas de seguridad y salidas de emergencia. Para ello propone la Propiedad ejecutar el ala derecha, luego la central y por último el ala izquierda. Si por cualquier motivo el ala derecha no es terminada a tiempo, cuando

se termine la actuación de ala izquierda, volver por donde se había dejado el ala derecha hasta terminar su actuación.

### Servicio sanitario

Es el agente interesado en que el servicio sanitario siga ejerciendo su actividad sin problemas mientras se está ejecutando el proyecto. Para ello los técnicos de la Subdirección se coordinarán con los diferentes administrativos y directores del hospital para no perjudicar en plazo la actividad de este sector. Cada planta del Hospital de la Mujer dispone de una dirección sanitaria, por lo cual la coordinación con la obra y el servicio sanitario es compleja.

- Los responsables médicos y el equipo de enfermería indican a los técnicos de la Propiedad que las plantas 5ª y baja se deben ejecutar en los meses de verano (como ya se ha comentado anteriormente).
- Comentan que el horario de descarga queda restringido a primera hora de la mañana (antes de las 8:00 h) y a última hora de la mañana, en caso de ocupación vial. Esto es importante ya que los técnicos de la Constructora X tendrán que buscar alguna solución para la descarga de las plantas enfriadoras cuando lleguen (aproximadamente en octubre como se comentó). Esto es debido a que las plantas enfriadoras necesitan un medio de transporte de grandes dimensiones y además de una grúa que sea capaz de moverlas y dejarlas en posición.

Claro está que una operación de este tipo conlleva bastante tiempo, es decir, entre que la grúa se posiciona y descarga la planta pueden transcurrir aproximadamente 2 horas. Para lo cual la Constructora X propone 2 alternativas:

- Realizar toda la operación de descarga en un solo día, conllevando muy posiblemente la gran mayoría del día porque sería descargas las 5 plantas enfriadoras. Además, hay que comentar que las plantas enfriadoras (propuestas en el concurso de licitación) se fabrican en Italia por lo que su transporte hasta España durará bastante tiempo.

Como las plantas se fabrican bajo pedido, una vez que se ha terminado su proceso de fabricación son enviadas al cliente por lo cual la Constructora X propone dejarlas en una nave industrial proporcionada por una subcontrata de ellos mismos y cuando estén disponibles todas las enfriadoras, descargarlas en un solo día en el HUVR.

Esta idea no resulta muy reconfortante entre la Propiedad y la DO X ya que, por esta vía, hay más momentos de manipulación en el transporte de las máquinas por lo que existe un gran riesgo de que puedan resultar dañadas y en este supuesto caso ya no habría margen de reacción para buscar soluciones efectivas, encontrándose muy afectado el plazo de ejecución del proyecto.

- La otra alternativa es que, una vez fabricada una planta, transportarla y descargarla esa mismo día y, así sucesivamente hasta que estén todas las plantas descargadas. Esto supone una operación de varios días teniendo que pedir permiso a la administración de Sevilla para el transporte de gran maquinaria (como es el caso de las plantas enfriadoras) y el uso de una grúa de grandes dimensiones, suponiendo un problema para el flujo de tráfico de esos días.

#### **4.3.1.1 Primeros cambios**

A raíz de los intereses o problemas planteados anteriormente se van gestionando entre los principales agentes. Algunos de ellos ya presentan soluciones o propuestas como se ha comentado, pero algunos de ellos están aún por resolver hoy en día.

Una de las necesidades que han surgido y que han presentado cambios en la planificación de la ejecución del proyecto es la siguiente:

La dirección sanitaria debido a algunos asuntos médicos internos le presenta a la Propiedad, la necesidad de aplazar la actuación de la planta semisótano. En un principio la actividad en la planta semisótano comenzaba la segunda semana de julio como se ve en el diagrama de la figura.

La dirección sanitaria pide que la actuación se atrase un mes de lo planificado en un principio, por lo cual la actividad en dicha planta empezaría en la segunda semana de agosto. Esto no supone un problema en la planificación del proyecto ya que la actuación en la planta semisótano no es parte del camino crítico de las obras en el HM, pero sí es importante tenerlo en cuenta a la hora de coordinarse con el servicio sanitario.

A continuación, se presenta el diagrama actualizado con este primer cambio:



A partir de este cambio en la planificación, se siguen presentando problemas o necesidades por los agentes que intervienen en el proyecto, para lo cual se comentaran de la misma forma que los comentados previamente al primer cambio en la planificación.

#### Propiedad

- La Propiedad aclara a la Constructora Y que las obras de las verticales deben estar finalizadas el 29 de junio.

#### Dirección de obras (DO X)

- La DO X y la Constructora Y solicita a la Propiedad que se coordine con el servicio sanitarios ya que prevén que habrá problemas de conexión en las verticales del ala izquierda del hospital por lo cual muy posiblemente se tendrán que desalojar algunos despachos.

#### Constructoras

- La Constructora X solicita aún el PSS por parte de la Propiedad.

#### Servicio sanitario

- En una visita donde participaron los técnicos de la Propiedad y el proyectista de la dirección de obra (DO 2) de la reforma de la planta 4ª del HM, se dieron problemas de comunicación con la dirección sanitaria de esa misma planta. La Propiedad comunicó en su momento que toda la actividad en esa planta debía de cesar cuando llegara el momento de realizar las obras de reformas. La dirección sanitaria se opone al cese de toda la actividad ya que en esa misma planta se encuentran los equipos de laboratorios.

Aunque se le avisó a la dirección sanitaria en su momento de que toda la actividad, incluida la de laboratorios, la dirección sanitaria propone trasladar estos equipos a la 5ª planta, lo cual es una opción descartable de primeras por toda la complicación organizativa que lleva además de que las obras de la 5ª planta aún no terminan cuando empiezan las de la 4ª planta.

#### **4.3.1.2 Sigüientes cambios**

A partir de estos puntos que se van comentando, surge uno de los mayores inconvenientes a la hora de la planificación del proyecto. Debido a ciertos problemas administrativos que ha tenido la Constructora X con la Gestión de Urbanismo de Sevilla, aún tienen pendiente el pago de las tasas de licencia de obra y la fianza de gestión de residuos por parte de la Constructora X. Sin el pago de estas tasas la Constructora X no tiene la licencia de obra para empezar con las obras correspondientes en el HUVR. Debido a este gran inconveniente la obra que se debería haber empezado el 3 de abril de 2022, se retrasa su comienzo en la última semana de abril concretamente el 25 de abril (la semana penúltima de abril la utilizarían para el montaje de los andamios y el montacargas).

Esto supone un gran retraso en la planificación general del proyecto, sumándole, además, que el proyecto ya iba comprometido de tiempo como se comentó anteriormente. Esto hace que exista un gran riesgo en cuanto a los plazos presentados para la financiación de los fondos FEDER.

Otro cambio respecto a la planificación es que se acuerda con la Constructora X que la última semana de su actuación en cada planta se retrase después de la finalización de la reforma en cada planta, aclarando que las constructoras que actúan en las reformas de las plantas puedan intervenir en esa semana que no ocupan la Constructora X. Este cambio en la planificación es debido a que la Constructora X, para la colocación de las rejillas a los fancoils además de las realizar pruebas y la puesta en marcha, necesitan que los falsos techos de las plantas estén ya colocados, tarea que corresponde a las obras de reformas. Se prevé

sólo una semana para la colocación de las rejillas de ahí a que solo se modifique solo la última semana de la actuación de climatización.

A continuación, se presenta el diagrama actualizado con los cambios realizados:



Como se realizó anteriormente, a partir de este cambio en la planificación se comentarán los siguientes problemas o necesidades que van apareciendo en la ejecución del proyecto.

### Propiedad

- Actualmente (3 de mayo), La Propiedad tiene la necesidad de pedir a la Constructora X que actúen de la forma más rápida y segura en la ejecución de la 6ª planta, ya que tienen el sentimiento de que la obra no avanza todo lo que debería, como se ve en el diagrama anterior.
- La propiedad insiste, una vez más, en que la descarga de suministros de furgonetas o camiones sean por la tarde y no por la mañana, debido al paso de personas por el complejo, además de interferir en algunas actividades del servicio del HUVR.
- En una de las visitas realizadas a la 6ª planta se vieron algunos imprevistos. Entre ellos está que la instalación actual de gases medicinales (instalación que sirve de suministro de oxígeno para los pacientes) es bastante antigua. Además, está implantada de una forma que interfiere con la futura instalación de climatización.

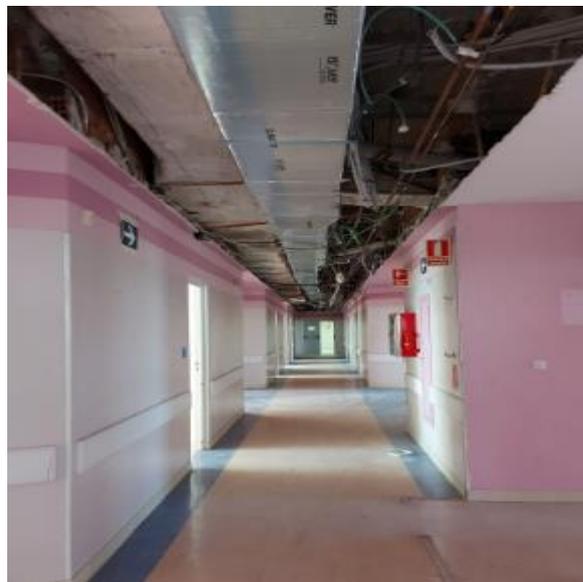


Ilustración 55 - Situación actual de la obra en la 6ª planta

Para ello prevén una posible modificación de esta instalación, por lo cual la Constructora X presentará un presupuesto para ello. De todas formas, este inconveniente supone un mayor coste en el presupuesto y un retraso en la actuación de la Constructora X para lo cual, es incierto si afectará a la planificación del proyecto, aunque posiblemente lo retrase.

Actualmente se están buscando soluciones para evitar la modificación completa de la instalación de gases medicinales, pero, a raíz de esta problemática, se crea una disputa entre la Propiedad y la Constructora X ya que se desconoce quién se hará cargo económicamente de la modificación.

- La Propiedad exige a la Constructora X que utilice moquetas de seguridad para no dañar los suelos en algunas plantas, como el de la 6ª planta que no entra dentro de las actuaciones de la reforma.
- La Propiedad solicita a la DO X un estudio económico de los desvíos en costes del presupuesto correspondiente a la 6ª planta (y así planta por cada planta). No se tiene un estudio económico actualizado de la ejecución de la obra.

### Dirección de obras (DO X)

- Finalmente, como se comentó previamente, será necesario el desalojo de los despachos del ala izquierda del hospital ya que la Constructora Y tiene que realizar las conexiones de los ramales de las verticales (de las tuberías de calor) en esa planta y, dichos ramales, pasan por los despachos de esa ala.

Para ello los Técnicos de la Propiedad han solicitado el desalojo de los despachos de la 5ª, 4ª, 3ª y 2ª planta. Esta decisión es innegociable por parte del servicio sanitario del hospital.

### Constructoras

- La Constructora X tiene el pensamiento de que la colocación de las rejillas se realice en 2 semanas en vez de en una.

Es posible que la colocación de las rejillas tarde más en la 6ª planta, pero no en el resto ya que se tendría un conocimiento de la instalación, actuando más eficientemente en el resto de las plantas.

- Se tienen algunos problemas en las fechas de suministros de algunos equipos del proyecto, como son las UTAs.
- La Constructora X presenta una planificación de la ejecución del proyecto de frío, según la situación actual. Este planning está disponible en el Anexo 2.

### Servicio sanitario

- La dirección sanitaria de la planta semisótano propone que se le anulen todas las consultas en agosto pero que, en septiembre, lo antes posible, le habiliten al menos la mitad de las consultas.

## **4.4 Resultados**

Como resultado de los diferentes problemas o intereses que han ido apareciendo a lo largo de la ejecución del proyecto de frío en lo que concierne al Hospital de la Mujer, se han visto los cambios producidos en la planificación del proyecto, comentados anteriormente.

Como último cambio en lo referente a la planificación tenemos, que la obra de climatización de la 6ª planta del hospital se retrasa una semana más, pero en la fase previa a las reformas de esa misma planta. Este cambio no supone retrasar una semana más el proyecto, sino que coincide, a disgusto de la Propiedad, con el comienzo de las reformas en dicha planta. Esto supone que los operarios de dichas constructoras participantes en las obras coincidan en tiempo y lugar, algo que la Propiedad ha intentado evitar en todo momento. Sin embargo, de esta forma, se evita tener que retrasar el proyecto una semana más, ya que cualquier retraso supone un riesgo en cuanto a los plazos presentados para el proyecto y un inconveniente a la hora de la financiación por parte de los fondos FEDER, como se ha ido comentando a lo largo de todo el proyecto.

Como solución, la Propiedad propone que la Constructora X finalice sus tareas sin coincidir demasiado con los operarios de la Constructora 2. Para ello en esa semana, los operarios de la Constructora X deberán actuar en las alas contrarias donde estén actuando los operarios de la Constructora 2. De esta forma se minimizaría las interferencias entre las 2 obras.

Este retraso de una semana se debe a la interferencia de la instalación de gases medicinales con la futura instalación de climatización, como se comentó anteriormente. No se contaba con este imprevisto por lo que la obra se ha visto algo comprometida por este inconveniente. No obstante, se prevé esa semana de más en

cuanto a la ejecución de la obra en la 6ª debido a la muy posible modificación de la instalación de gases medicinales.

En cuanto a resultado en tiempo de actuación, la ejecución del proyecto se sigue retrasando dentro de los plazos propuestos (fecha límite la última semana de mayo del 2023) ya sea por problemas que, de la administración pública con las constructoras, problemas en las fechas de entrega de material y equipos, imprevistos en las obras, etc. Sin embargo, se siguen y se seguirán buscando soluciones entre los diferentes agentes que intervienen en el proyecto para evitar más retrasos e incluso acortar el retraso actual.

Por otro lado, estos atrasos en los plazos de actuación no suponen un sobrecoste a la Propiedad pero sí que es un gran inconveniente para las constructoras de las obras, como por ejemplo, la Constructora X la cual no le interesa alargar su actuación en tiempo ya que si supondría pérdidas económicas en sus los resultados de sus ejercicios.

Finalmente, en lo referente al servicio sanitario, se ha intentado coordinar con ellos para evitar afectar demasiado a su actividad. Para ello, se han propuesto diferentes soluciones como habilitar otras zonas del hospital para su actividad, llevar su actividad a zonas de otros hospitales, cerrar parcialmente las plantas, etc.

A continuación, se presenta la planificación final más un diagrama donde se puede observar, el tiempo donde las plantas del hospital van a estar inutilizadas por las obras del proyecto:



	Mes	Abr'22	May'22	Jun'22	Jul'22	Ago'22	Sep'22	Oct'22	Nov'22	Dic'22	Ene'23	Feb'23	Mar'23	Abr'23	May'23	Jun'23	Jul'23	Ago'23	
	Sem	14 15 16 17	18 19 20 21 22	23 24 25 26	27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39	40 41 42 43	44 45 46 47 48	49 50 51 52	1 2 3 4	5 6 7 8	9 10 11 12 13	14 15 16 17	18 19 20 21	22 23 24 25 26	27 28 29 30	31 32 33 34	
Planta 6 HM	19	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Planta 5 HM	18+3			■	■	■	■	■	■	■	■	■	■						
Planta 4 HM	18+3			■	■					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Planta 3 HM	18+3			■	■						■	■	■	■	■	■	■	■	■
Planta 2 HM	18+3			■	■									■	■	■	■	■	■
Planta B HM	14							■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Planta SS HM	12						■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

Periodo de inactividad de la planta	■
Periodo de desalojo de la planta	■
Periodo de inactividad por obras del HVAC	■

Tabla 16 - Cronograma de la coordinación con el servicio sanitario

## 5 CONCLUSIÓN

---

Como conclusión podemos decir que se presenta el proyecto más ambicioso que el Hospital Universitario Virgen del Rocío ha podido ejecutar en sus instalaciones gracias a la gran financiación de los fondos FEDER. Gracias a esta financiación el centro hospitalario podrá disponer de los mejores equipos de climatización, disponibles en el mercado, así como una nueva instalación fotovoltaica y las diferentes reformas a aplicar en el centro para brindar del máximo confort a los pacientes, equipo sanitario o cualquier ciudadano del país que haga uso del servicio del Hospital.

A parte de asegurar el bienestar de los ciudadanos, gracias a estos nuevos equipos, se otorgará el mínimo impacto medioambiental posible satisfaciendo la demanda energética del centro además de ahorrar económicamente en gastos energéticos.

Finalmente como todo proyecto en ejecución, se ha visto como la planificación de un proyecto con esta gran envergadura, se ve afectada debido a diferentes factores que pueden entrar en juego y suponer grandes imprevistos en lo que era un proyecto bien estudiado, como son la pandemia por COVID-19 y la actual guerra entre Ucrania y Rusia. Aunque el proyecto presente retrasos, el equipo técnico del Hospital Universitario Virgen del Rocío seguirá colaborando con las diferentes constructoras y direcciones de obras para que este proyecto que se presenta en el centro pueda llevarse a cabo en los plazos dados para el proyecto además de ejecutarlo con el menor impacto sanitario posible.

# BIBLIOGRAFÍA

---

- Fondos FEDER:  
<https://www.europarl.europa.eu/factsheets/es/sheet/95/el-fondo-europeo-de-desarrollo-regional-feder->
- Precio Medio electricidad España 2021:  
<https://datosmacro.expansion.com/energia-y-medio-ambiente/electricidad-precio-hogares/espana>
- Ventilación General Hospitales:  
<https://www.insst.es/documents/94886/328681/859w.pdf/274f1a5d-9bbe-429d-a6c4-097dc30e2c2d>

# GLOSARIO

---

HUVR: Hospital Universitario Virgen del Rocío  
HM: Hospital de la Mujer  
HG: Hospital General  
HRT: Hospital de Rehabilitación y Traumatología  
HI: Hospital Infantil  
UTA: Unidad de Tratamiento de Aire  
HVAC: Heating Ventilation Air Conditioning  
CCAO: Cuadro de Control Activo y Optimizado  
FEDER: Fondo Europeo de Desarrollo Regional  
MAE: Medidas de Ahorro Energético  
MEDE: Medidas de Diversificación Energética

# ANEXO 1

---

En el Anexo 1 se presentan un plano general de todo el centro HUVR, además de los planos de las plantas del HM, todo ello proporcionado por los técnicos de la Subdirección de Mantenimiento e Ingeniería:

PLANO 1 - Plano General.

PLANO 2 - Plano Planta baja HM.

PLANO 3 - Plano Planta 1ª HM.

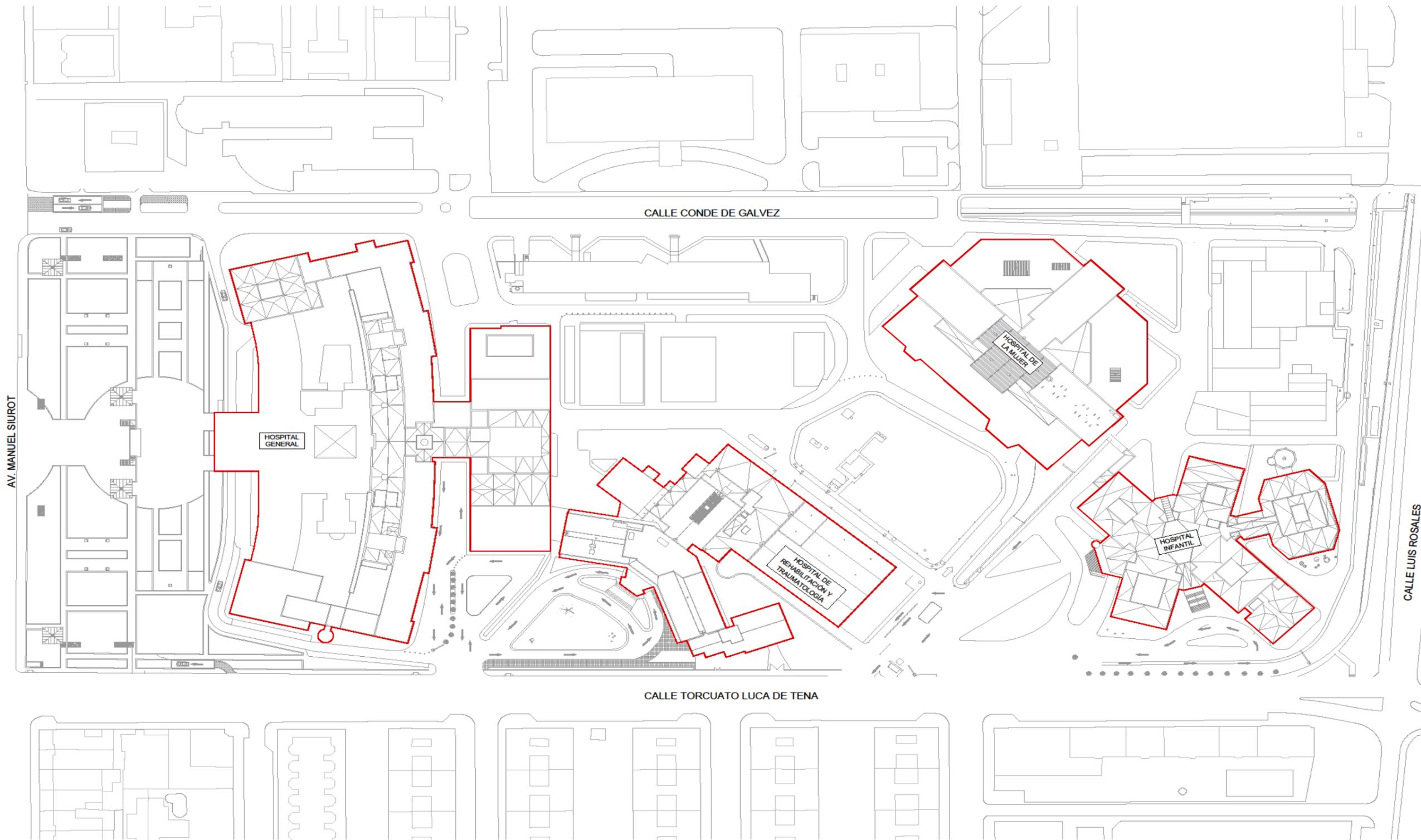
PLANO 4 - Plano Planta 2ª HM

PLANO 5 - Plano Planta 3ª HM

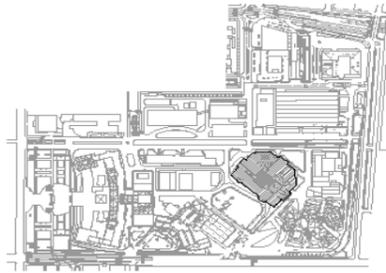
PLANO 6 - Plano Planta 4ª HM

PLANO 7 - Plano Planta 5ª HM

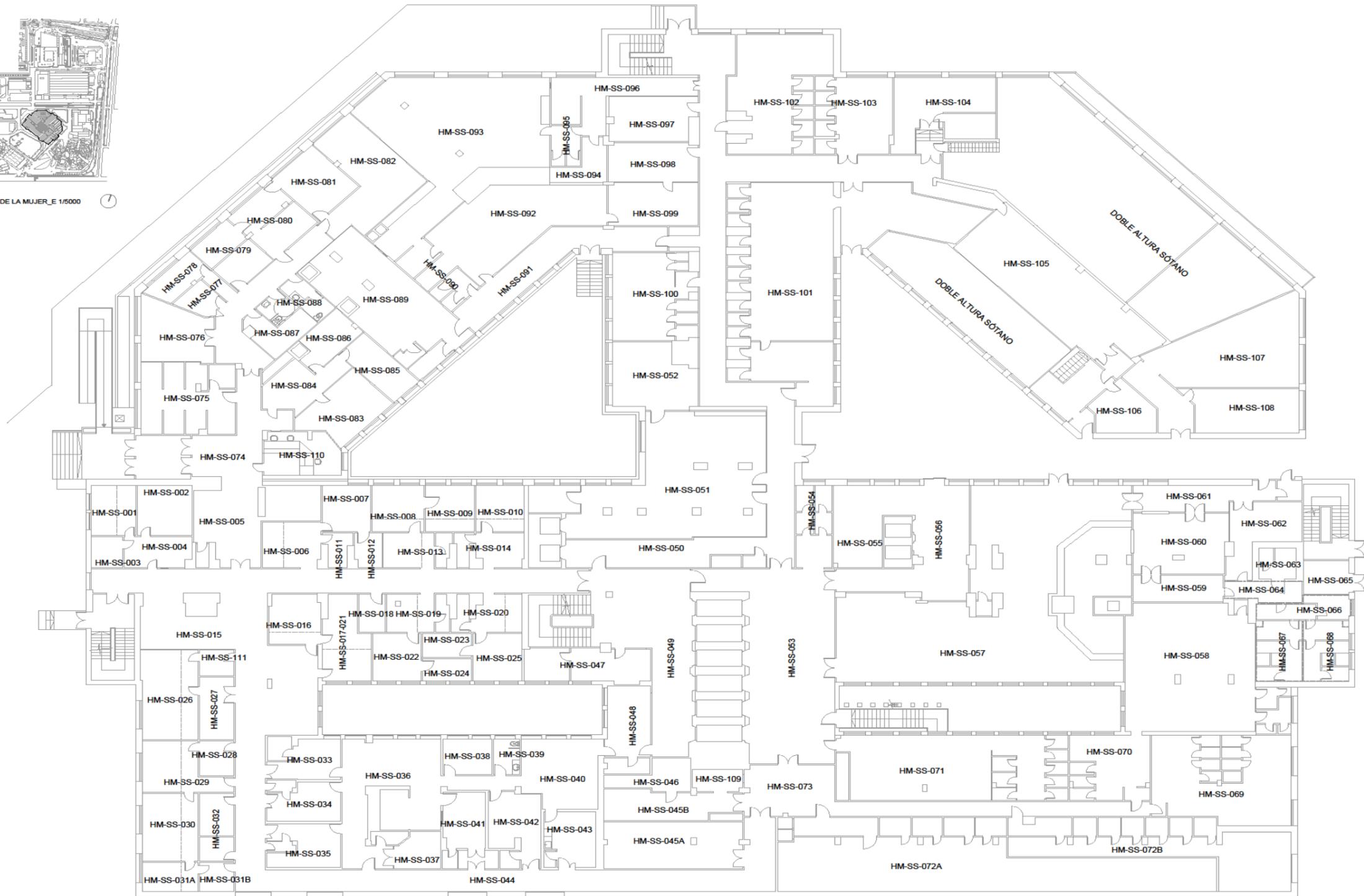
PLANO 8 - Plano Planta 6ª HM



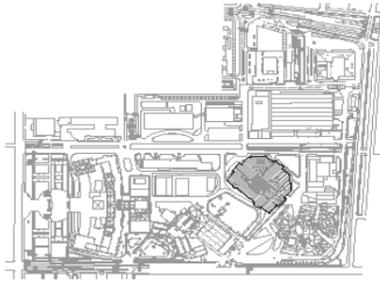
EMPLAZAMIENTO HOSPITAL\_E 1/750



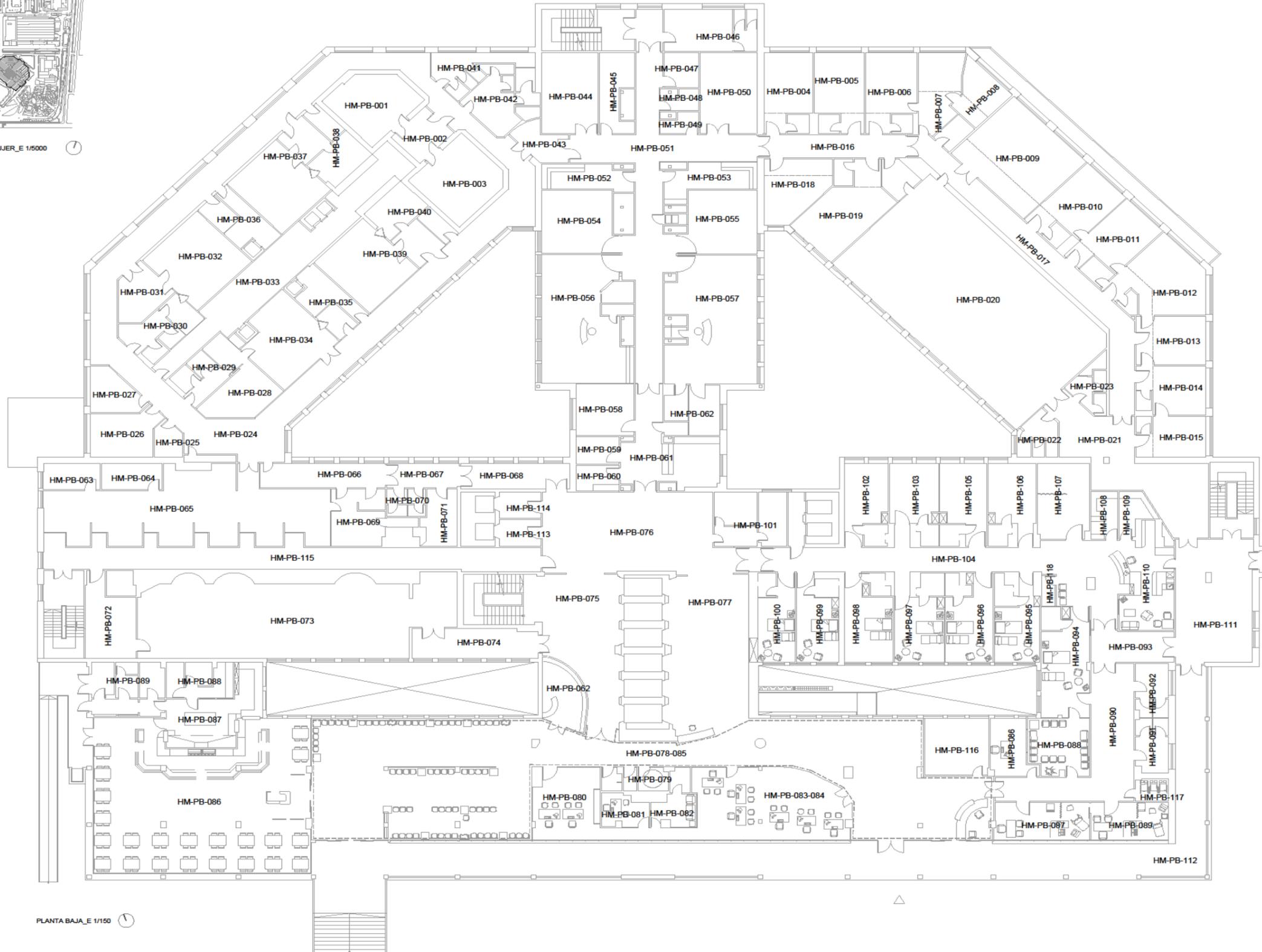
PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000



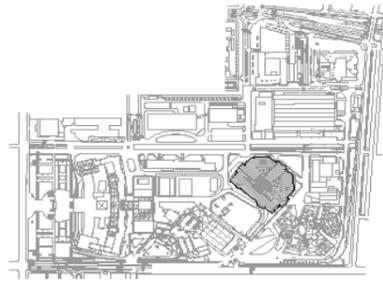
PLANTA SEMISÓTANO\_E 1/150



PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000



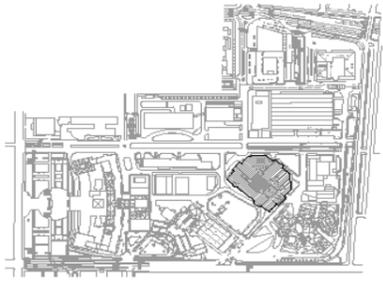
PLANTA BAJA\_E 1/150



PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000



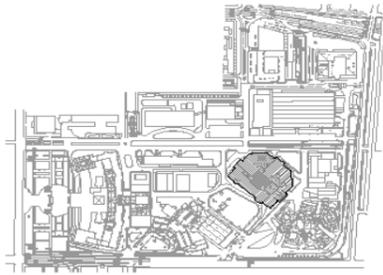
PLANTA PRIMERA\_E 1/150



PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000



PLANTA SEGUNDA\_E 1/150

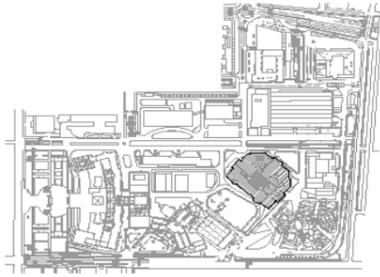


PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000

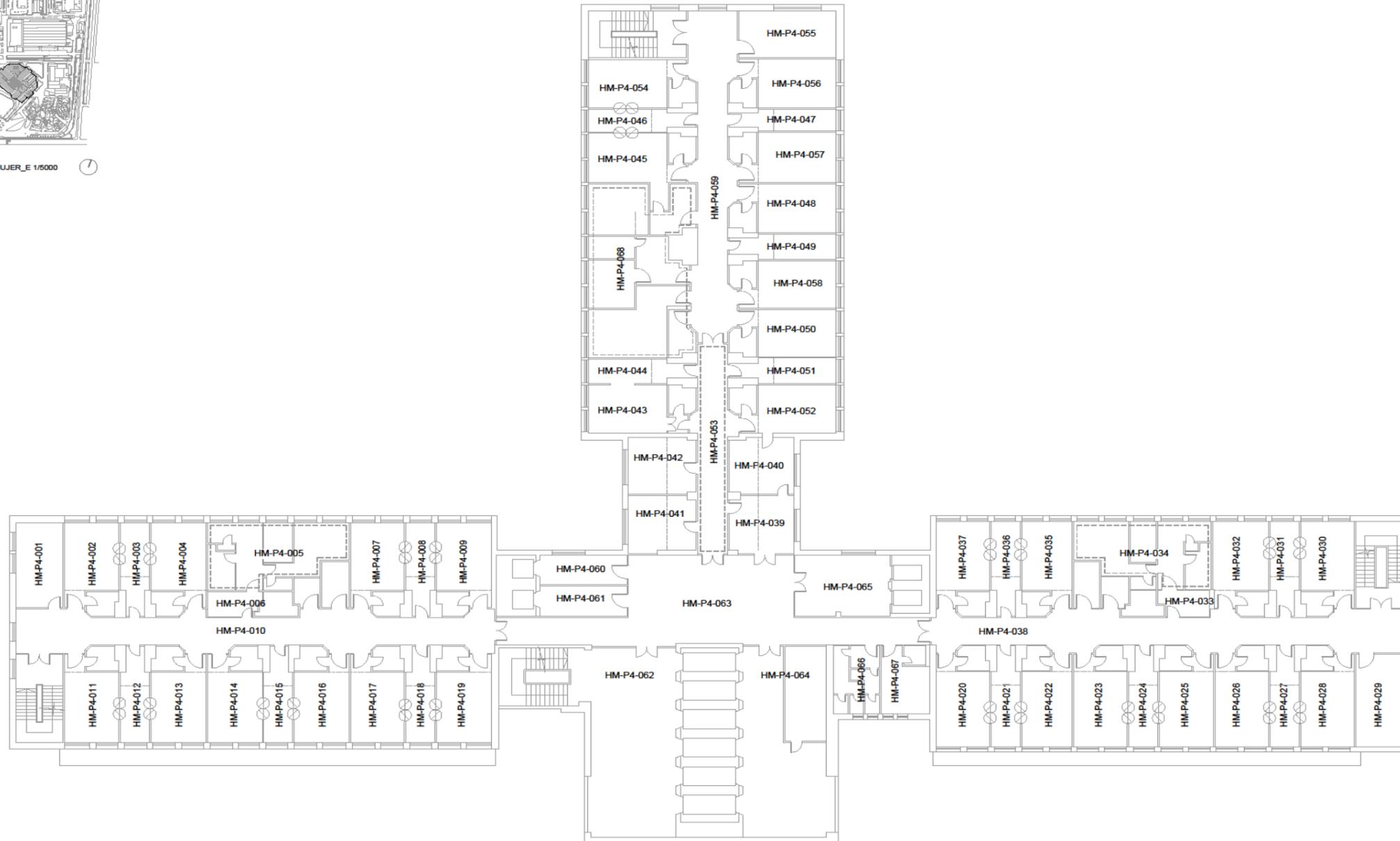


PLANTA TERCERA\_E 1/150

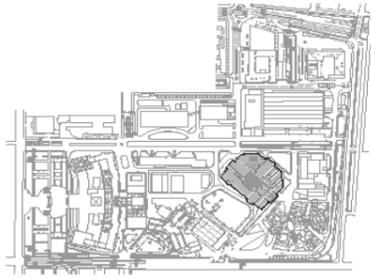




PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000



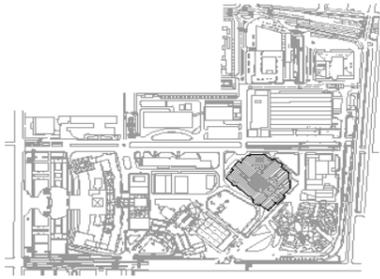
PLANTA CUARTA\_E 1/150



PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000



PLANTA QUINTA\_E 1/150



PLANTA REFERENCIA HOSPITAL DE LA MUJER\_E 1/5000



PLANTA SEXTA\_E 1/150

# ANEXO 2

---

En el Anexo 2 se presenta la siguiente documentación técnica, proporcionada por los técnicos de la Subdirección de Mantenimiento e Ingeniería:

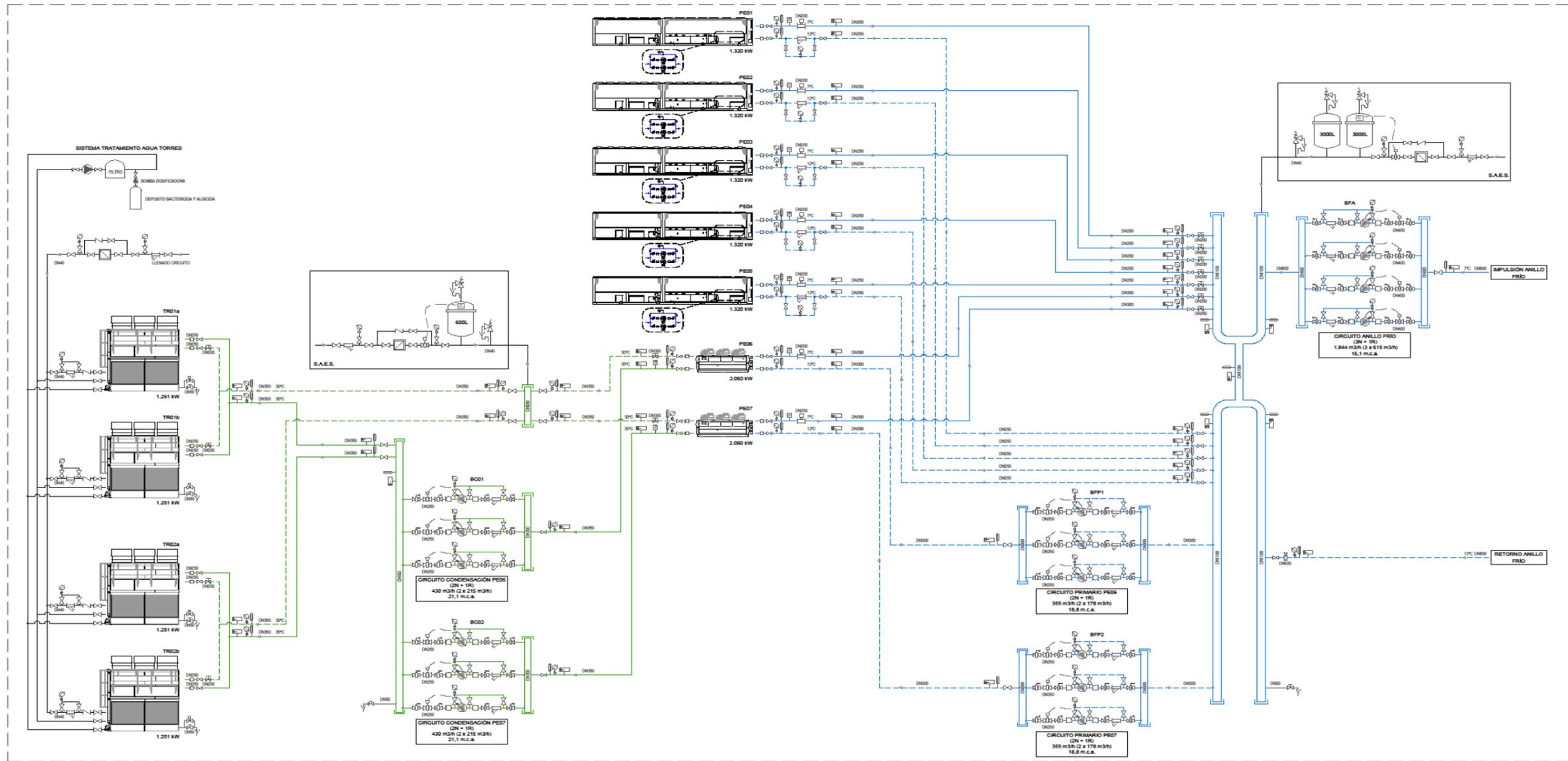
- 1º Tabla de plantas enfriadoras HM+HI.
- 2º Tabla de bombas de HVAC existentes.
- 3º Esquema de Principio de la nueva Central de Frío.
- 4º Plano de la red de tuberías enterradas.
- 5º Tabla de UTAs nueva instalación.
- 6º Último planning presentado por la Constructora X sobre su actuación.

**PLANTAS ENFRIADORAS CENTRAL FRÍO HM+HI (Condiciones Nominales 35°C)**

Ref.	Marca	Modelo	Condensación	Año	Refrigerante	Pot. Absorv. (kW)	Peso Neto (kg)	Peso Op. (kg)	Pot. Frío (1) (kW)	Pot. Máx. Teórica Real (kW)	Comentarios
<b>PLANTAS ENFRIADORAS CONDENSADAS POR AIRE</b>											
PE-01	CARRIER	30GX-358-A0190-EE	Aire	2.002	R134A	306	7.742	8.124	1.207	1.207	
PE-02	CARRIER	30GX-358-A0190-EE	Aire	2.002	R134A	306	7.742	8.124	1.207	603,5	Funciona al 50%
<b>PLANTA ENFRIADORA CONDENSADA POR AGUA</b>											
PE-03	CARRIER	30HXC370-0042-EE	Agua	1.998	R134A	184	5.529	6.165	1.290	1.161	Funciona al 90%
									3.704	2.972	
Alquiler	CARRIER	30XA0452-A0234-PE	Aire	2.017	R134A	185	4.304	4.900		426	
Notas: (1) Cond. Aire: T <sup>a</sup> ent./sal. agua evap.: 12/7°C; T <sup>a</sup> ent. aire cond.: 35°C									3.704	3.398	

**BOMBAS CIRCULACIÓN HVAC EXISTENTES**

Ref. Equipo	Circuito	Ubicación Equipo	Marca	Modelo	Año	Configuración	Caudal Agua (m <sup>3</sup> /h)	Presión Disp. (mca)	Pot. Elec. (kW)	Caudal G. Bombeo (m <sup>3</sup> /h)	Presión Grupo (mca)
<b>CENTRAL FRÍO HG+HRT</b>											
B4-A	Primario Central Frío HG+HRT	Sala Frío HG+HRT	ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22	480	20
B4-B			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22		
B4-C			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22		
B4-D			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22		
B5-A			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22	960	20
B5-B			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22		
B6-A			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22		
B6-B			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22		
B6-C			ITUR	IN-125/250	-	Bancada caudal constante	240	20	22		
B8-A			Impulsión Secundario Frío HG	Sala Frío HG+HRT	ITUR	IN-125/400	-	Bancada caudal constante	310		
B8-B	ITUR	IN-100/200			-	Bancada caudal constante	260	40	55		
B8-C	ITUR	IN-100/200			-	Bancada caudal constante	260	40	55		
B8-D	ITUR	IN-100/200			-	Bancada caudal constante	260	40	55		
B7-A	Impulsión Secundario Frío HRT	Sala Frío HG+HRT	ITUR	IN-125/400	-	Bancada caudal constante	310	40	55	620	40
B7-B			ITUR	IN-125/400	-	Bancada caudal constante	310	40	55		
B7-C			ITUR	IN-125/400	-	Bancada caudal constante	310	40	55		
<b>CENTRAL FRÍO HM+HI</b>											
F1	Impulsión Frío HM+HI	Sala Bombas HM	EBARA	EN 125-400	1.999	Bancada caudal constante	220	61	55	660 - 690	61
F2			EBARA	EN 125-400	1.999	Bancada caudal constante	220	61	55		
F3			EBARA	EN 125-400	1.999	Bancada caudal constante	220	61	55		
F4			EBARA	EN 125-400	1.998	Bancada caudal constante	250	38	55		



**BC**

Grupo de bombas para circuito de condensación plantas agua-agua formado por 3 bombas centrífugas (2 principales +1 reserva), de rotor seco de una etapa en diseño monobloc para la instalación de cimientos, con convertidor de frecuencia integrado para la regulación electrónica.

- Caudal: 430,0 m<sup>3</sup>/h
- Altura de impulsión: 21,10 m

**BFP**

Grupo de bombas para circuito primario plantas agua-agua formado por 3 bombas centrífugas (2 principales +1 reserva), de rotor seco en diseño in-line para montaje en tubería o instalación de cimientos, diseño monobloc silencioso y sin vibraciones con sistema y motor empujado estándar unido de forma rígida.

- Caudal: 355,0 m<sup>3</sup>/h
- Altura de impulsión: 18,80 m

**BFA**

Grupo de bombas para circuito anillo de frío formado por 4 bombas centrífugas (3 principales +1 reserva), de una etapa como bomba de placa base conforme a EN 733, con boca de aspiración axial y boca de impulsión radial, para instalación de cimientos. Bomba con pie de apoyo y soporte del gabinete empujado, acoplamiento con espacador elástico, protección del acoplamiento y motor montado sobre una placa base común. Motor IEC con 3 terminales. Detalle del eje mediante cierre mecánico no refrigerado de hasta 130 °C como máximo. El diámetro del eje cumple la norma ISO 5199. Carcasa de fundición nodular, eje de acero inoxidable, rodetes de fundición.

- Caudal: 1843,8 m<sup>3</sup>/h
- Altura de impulsión: 17,0 m

**S.A.E.S. Condensación**

Sistema de alimentación, expansión y seguridad formado por estación de realimentación, con bomba integrada y un depósito separador de red, unidad Control controlado por compresor, en vaso de 600 litros, contador de agua y válvula motorizada gobernada por el compresor.

**TR01a-01b-02a-02b**

Torre de refrigeración de circuito cerrado, con ventiladores axiales Whisper de muy bajo nivel sonoro y atenuadores de sonido en la aspiración y descarga de aire, de tiro inducido con entrada de aire única lateral y descarga de aire vertical, construida en chapa de acero galvanizado. Caudal de fluido a enfriar por torre de 207,36 m<sup>3</sup>/h, potencia térmica total de 1.261 kW, máxima potencia térmica es 1.261 kW a 20°C de temperatura de entrada de fluido homogeneo, 30°C de temperatura de entrada de fluido seco, a 30°C/20°C de temperatura de entrada/salida de agua. Dimension: 5.96x3,09x4,822 (longitud-ancho-altura). Peso de expedición/funcionamiento de 10.060/15.010 kg.

**PE06-07**

Planta enfriadora de agua, condensada por agua, con compresores de levitación magnética, Inverter de modulación continua, centrífugas y sin aceite, con gas refrigerante R134a, condensador multibobinado, evaporador multibobinado y válvula de expansión electrónica. Con encapsulamiento acústico integral del equipo completo. Según norma europea EN 14511-3:2011, en las condiciones temperatura de entrada de agua al condensador de 30°C y 30°C a la salida, temperatura de entrada de agua al evaporador 12°C y 7°C a la salida, con las siguientes prestaciones: potencia frigorífica 2.060 kW, una potencia absorbida de 360,8 kW, EER de 5,71, ESEER de 8,09 y clasificación energética Eurovent Clase A.

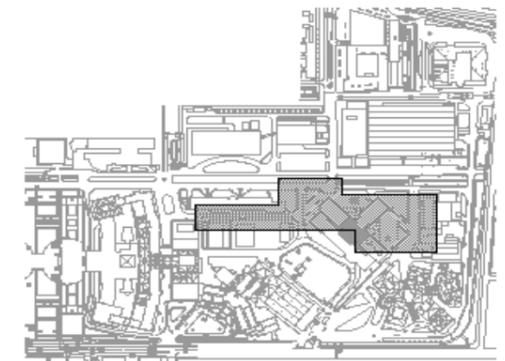
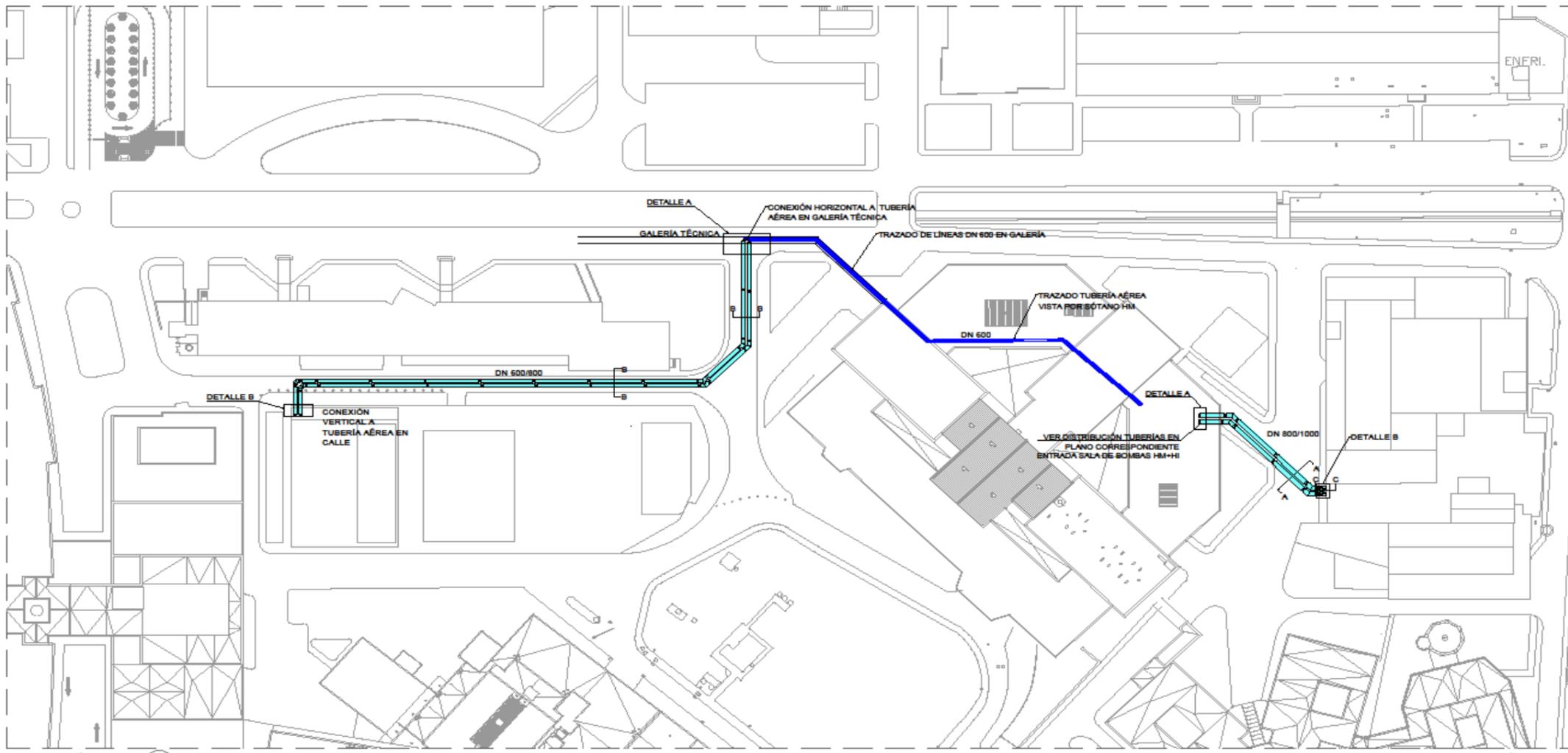
**S.A.E.S. Frío**

Sistema de alimentación, expansión y seguridad formado por estación de realimentación, con bomba integrada y un depósito separador de red, unidad controlada por compresor, dos vasos de 3.000 litros cada uno, contador de agua y válvula motorizada gobernada por el compresor.

**PE01-02-03-04-05**

Planta enfriadora de agua, condensada por aire, con compresores de levitación magnética, Inverter de modulación continua, centrífugas y sin aceite, con gas refrigerante R134a, ventiladores axiales con motor IEC Inverter sin escobillas, balente de condensación con tubos de cobre y alambres de aluminio, evaporador inundado multibobinado y válvulas de expansión electrónicas. Compresores y bombas encapsuladas acústicamente. De los siguientes datos certificados EUROVENT: potencia frigorífica 1.320 kW, potencia absorbida 387,2 kW, EER de 3,41, ESEER de 5,70, clasificación energética Clase A.

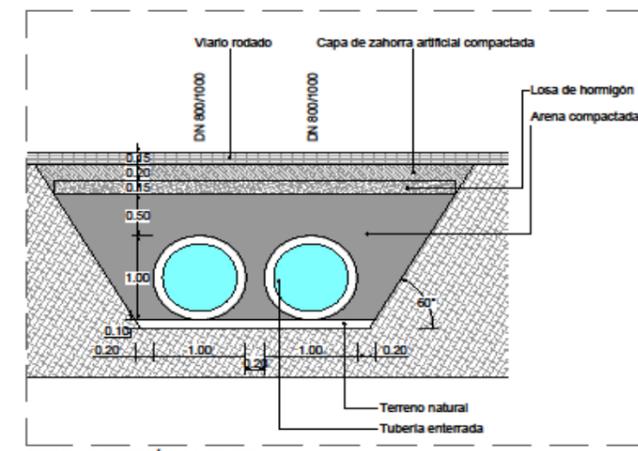
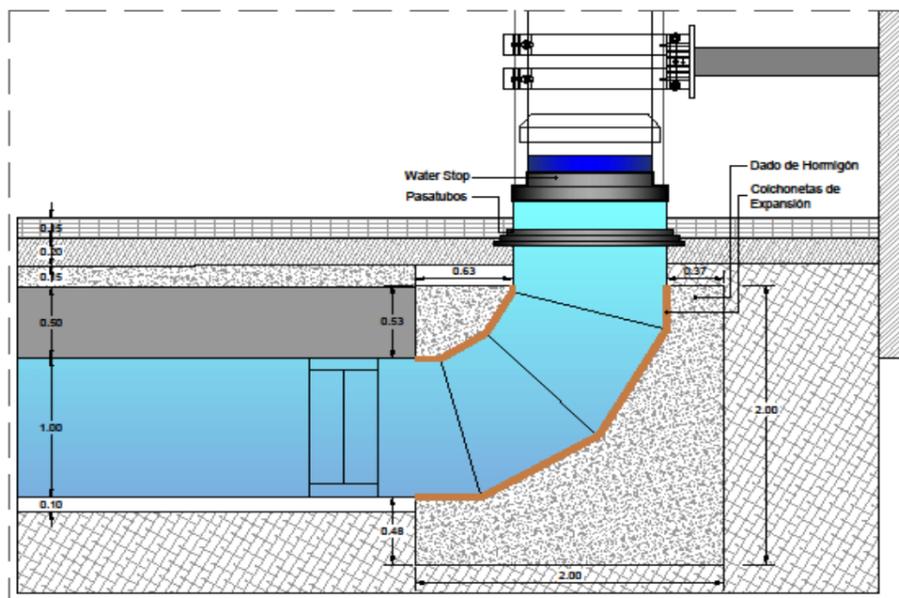
<ul style="list-style-type: none"> <li>VÁLVULA 2 VÍAS MOTORIZADA</li> <li>VÁLVULA DE RETENCIÓN</li> <li>VÁLVULAS DE CORTE DE MARRIPAS/BOLA</li> <li>VÁLVULA DE EQUILIBRIO/REGULACIÓN</li> <li>FILTRO EN "Y"</li> <li>MANGUITO ANTIVIBRATORIO</li> <li>TERMOMETRO DE BULBO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>VÁLVULA SEGURIDAD ESCUADRA</li> <li>UNIDAD DE DESAGUE</li> <li>GRUPO DE MEDICIÓN DE CAUDAL CON TOMAS DE MEDIDA ALTO-RETNANCAS</li> <li>MANOMETRO DE ESFERA EN BAÑO OLIGERINA</li> <li>VARIA PARA TOMA DE MEDIDA</li> <li>SONDA DE TEMPERATURA</li> <li>SONDA DE PRESIÓN DIFERENCIAL</li> <li>INTERRUPTOR DE FLUJO</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CONTADOR DE ENERGÍA (INCLUYE CAUDALMETRO, INTEGRADOR Y DOS SONDAS DE TEMPERATURA)</li> <li>DEPOSITO DE EXPANSIÓN CERRADO CON MEMBRANA</li> <li>CAUDALMETRO</li> <li>BOMBA A CAUDAL VARIABLE</li> <li>BOMBA A CAUDAL CONSTANTE</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>UNIDAD DE CONTROL</li> <li>PUESTO DE CONTROL</li> <li>LÍNEA DE CONTROL</li> <li>PUNTO DESAGUE</li> <li>VÁLVULA DE REGULACIÓN DE CAUDAL CON EQUILIBRADO DINÁMICO INDEPENDIENTE DE LA PRESIÓN</li> <li>VÁLVULA PARA CONTROL Y AJUSTE DE LA PRESIÓN DIFERENCIAL</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>CIRCUITO IMPULSION DE AGUA FRÍA</li> <li>CIRCUITO RETORNO DE AGUA FRÍA</li> <li>CIRCUITO IMPULSION CONDENSACION</li> <li>CIRCUITO RETORNO CONDENSACION</li> </ul>
--	---	---	--	--



PLANTA REFERENCIA\_E 1/5000

IMPLANTACIÓN E 1/750

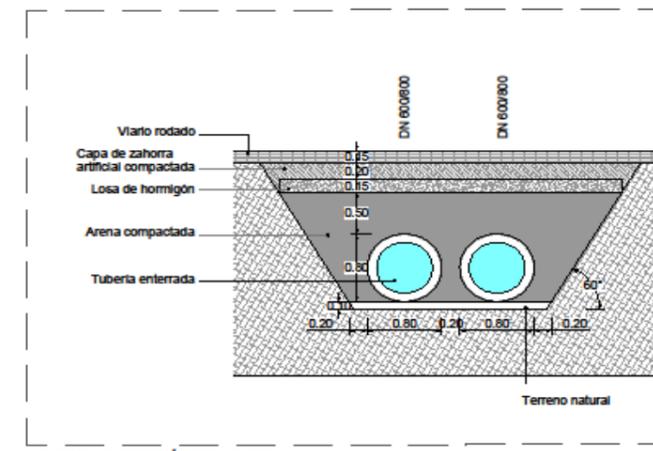
DISTRIBUCIÓN RED FRÍO



DETALLE SECCIÓN AA E 1/50

\*Ver detalles en Plano CLI-CF-414

DETALLE SECCIÓN CC E 1/30



DETALLE SECCIÓN BB E 1/50

UTA's Aire Primario HM							
Ref. Equipo	Tipo Equipo	Caudal Aire (m <sup>3</sup> /h)	Refrigeración			Calefacción	
			Pot. Sensible (W)	Pot. Total (W)	Caudal Agua (m <sup>3</sup> /h)	Pot. Total (W)	Caudal Agua (m <sup>3</sup> /h)
UTAE-PSS-CONSULTAS	UTAE-8	15.660	78.240	87.910	15,118	118.930	10,226
UTAE-PB-OFICINAS	UTAE-9	3.375	16.790	19.080	3,281	25.630	2,204
UTAE-P2-IZQ	UTAE-1	5.040	25.318	28.770	4,948	38.280	3,291
UTAE-P2-CENT	UTAE-7	8.064	40.357	45.860	7,887	61.240	5,266
UTAE-P3-IZQ	UTAE-1	5.040	25.318	28.770	4,948	38.280	3,291
UTAE-P3-CENT	UTAE-3	6.336	31.680	36.000	6,191	48.120	4,138
UTAE-P3-DER	UTAE-1	5.040	25.318	28.770	4,948	38.280	3,291
UTAE-P4-IZQ	UTAE-1	5.040	25.318	28.770	4,948	38.280	3,291
UTAE-P4-CENT	UTAE-2	5.472	27.248	31.320	5,386	41.560	3,574
UTAE-P4-DER	UTAE-1	5.040	25.318	28.770	4,948	38.280	3,291
UTAE-P5-IZQ	UTAE-5	6.768	33.898	38.520	6,624	51.400	4,420
UTAE-P5-CENT	UTAE-6	7.344	36.891	41.450	7,128	55.770	4,795
UTAE-P5-DER	UTAE-4	6.408	32.004	35.960	6,184	48.660	4,184
UTAE-P6-IZQ	UTAE-1	5.040	25.318	28.770	4,948	38.280	3,291
UTAE-P6-CENT	UTAE-3	6.336	31.680	36.000	6,191	48.120	4,138
UTAE-P6-DER	UTAE-1	5.040	25.318	28.770	4,948	38.280	3,291



