



MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIALES

TRABAJO FIN DE MÁSTER DISEÑO DE INSTALACIONES DE UN QUIRÓFANO Y DE UNA SALA ANEXA PARA LA PRESERVACIÓN DE ÓRGANOS

Autor: Lourdes Keller Rodríguez
Director: Alberto David Jáñez Cordero

Madrid

Declaro, bajo mi responsabilidad, que el Proyecto presentado con el título
Diseño y Cálculo de las Instalaciones Principales de un Quirófano
en la ETS de Ingeniería - ICAI de la Universidad Pontificia Comillas en el
curso académico 2021/22 es de mi autoría, original e inédito y
no ha sido presentado con anterioridad a otros efectos.

El Proyecto no es plagio de otro, ni total ni parcialmente y la información que ha sido
tomada de otros documentos está debidamente referenciada.



Fdo.: Lourdes Keller Rodríguez

Fecha: 18 / 07 / 2022

Autorizada la entrega del proyecto

EL DIRECTOR DEL PROYECTO



Fdo.: Alberto David Jáñez Cordero

Fecha: 18 / 07 / 2022



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

TRABAJO FIN DE MÁSTER

DISEÑO DE LAS INSTALACIONES DE UN QUIRÓFANO Y DE UNA SALA ANEXA PARA LA PRESERVACIÓN DE ÓRGANOS

Autor: Lourdes Keller Rodríguez

Director: Alberto David Jáñez Cordero

Madrid

DISEÑO DE INSTALACIONES DE UN QUIRÓFANO Y DE UNA SALA ANEXA PARA LA PRESERVACIÓN DE ÓRGANOS

Autor: Keller Rodríguez, Lourdes.

Director: Jáñez Cordero, Alberto David.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

El proyecto consiste en el diseño de las instalaciones mecánicas y eléctricas de un quirófano y una sala de preservación de órganos anexa de un hospital en la provincia de Jaén. El objetivo es realizar el diseño de las instalaciones cumpliendo siempre la normativa que aplique, pero buscando mejorar la eficiencia energética a través de diferentes soluciones.

Palabras clave: Hospital, Quirófano, Trasplante, Climatización, Norma UNE 100713, RITE, Instalaciones eléctricas, Luminarias, Eficiencia,

1. Introducción

El diseño de las instalaciones mecánicas y eléctricas de las instalaciones de un hospital se realiza siempre en vistas a garantizar la seguridad de los pacientes. El objetivo de este proyecto consiste en, cumpliendo la normativa, encontrar soluciones para mejorar la eficiencia energética de salas en las que los requerimientos de seguridad son muy elevados, un quirófano y una sala de preservación de órganos.

2. Definición del proyecto

El proyecto consiste en el diseño de las instalaciones mecánicas y eléctricas de un quirófano y de una sala para la preservación de los órganos de un hospital en la provincia de Jaén.

El diseño de las instalaciones mecánicas comprende el diseño de la climatización de ambas salas, que es fundamental para garantizar la seguridad de los pacientes debido, principalmente, a que es la manera de asegurar la calidad del aire y, por tanto, la ausencia de gérmenes e impurezas en el ambiente que puedan poner en peligro a los pacientes.

En cuanto a las instalaciones eléctricas, se realiza el diseño de la instalación de baja tensión, que comprende el diseño de los cuadros eléctricos (general y secundarios) y el dimensionamiento de los conductores.

En un quirófano es fundamental asegurar la continuidad del suministro eléctrico por lo que es necesaria la instalación de un grupo electrógeno que alimente al quirófano en caso de corte de suministro. Adicionalmente, la norma requiere la instalación de un SAI que también garantice la recuperación de suministro en caso de fallo.

Por último, el diseño de las instalaciones eléctricas abarca el dimensionamiento de las luminarias, fundamentales para la correcta realización de las actividades en un quirófano.

3. Descripción del modelo y resultados

La climatización de ambas salas se ha realizado siguiendo la “Guía Técnica. Condiciones Climáticas del Proyecto” del IDAE para conocer las condiciones exteriores en Jaén y la norma UNE 100713 “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales” para determinar las condiciones interiores necesarias en las estancias del hospital. Conocidos estos datos, se realizan los cálculos necesarios para conocer las propiedades psicométricas y poder determinar la potencia necesaria en las instalaciones de climatización. Con el objetivo de mejorar la eficiencia energética, se estudian dos alternativas: la recirculación de aire de las salas y la aportación del 100% de caudal exterior.

En el caso de las instalaciones eléctricas, se ha empleado el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT); en concreto el ITC-BT-38 para instalaciones con fines especiales como son los quirófanos y el ITC-BT-19 para el dimensionamiento de los conductos.

Adicionalmente, se ha realizado el diseño de las luminarias aplicando el método de los lúmenes y empleando la norma UNE 12464, que requiere una intensidad lumínica en el perímetro de las salas de 1.000 lux y de 10.000 lux en el área quirúrgica.

4. Resultados

Tras analizar las diferentes alternativas de diseño de climatización, se ha decidido la instalación de un sistema con recuperación de aire tanto en el quirófano y de la sala para la preservación de órganos, por ser más eficiente energéticamente al entrar el aire en la UTA a una temperatura similar a la de impulsión y requerir menos potencia. El esquema empleado en la instalación es el que se muestra en la figura I.

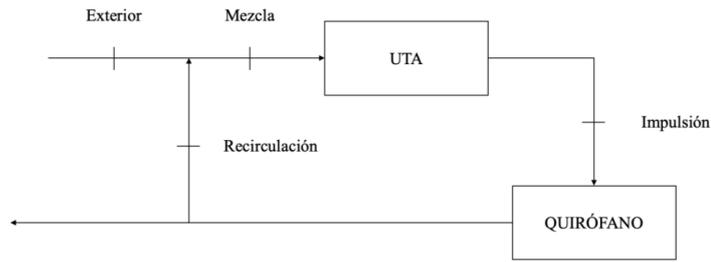


Figura I. Instalación de climatización con recirculación de aire.

En cuanto a las instalaciones eléctricas, se dimensiona el cuadro general para cubrir las necesidades del quirófano y de la sala de preservación de órganos incluyendo las unidades de climatización, teniendo este cuadro una potencia de 50 kW que se podrán cubrir en caso de fallo con un grupo electrógeno de gas natural.

Finalmente, se realiza un estudio económico de máximos que estima el gasto en un total de en un año teniendo en cuenta que se emplea la estrategia setback con el fin de aumentar la eficiencia energética.

		Inversión inicial	23.964,11 €
En utilización	Verano	Quirófano	6.795,63 €
		Sala blanca	6.795,63 €
	Invierno	Quirófano	1.884,10 €
		Sala blanca	1.884,10 €
En setback	Verano	Quirófano	4.077,38 €
		Sala blanca	4.077,38 €
	Invierno	Quirófano	1.130,46 €
		Sala blanca	1.130,46 €
		Total	51.739,25 €

5. Conclusiones

El diseño de las instalaciones mecánicas y eléctricas siempre ha ido orientado a garantizar la seguridad del paciente. En un momento en el que la eficiencia energética y la reducción de las emisiones tienen una gran importancia, es necesario aplicar los conocimientos y tecnologías para garantizar la seguridad del paciente al tiempo que se busca una mejora de la eficiencia energética a todos los niveles.

DISEÑO DE INSTALACIONES DE UN QUIRÓFANO Y DE UNA SALA ANEXA PARA LA PRESERVACIÓN DE ÓRGANOS

Autor: Keller Rodríguez, Lourdes.

Director: Jáñez Cordero, Alberto David.

Entidad Colaboradora: ICAI – Universidad Pontificia Comillas

RESUMEN DEL PROYECTO

The project consists of the design of the mechanical and electrical facilities of both an operating room and an organ preservation room of a hospital in the province of Jaén. The objective is to elaborate the design of the facilities complying at all times with the applicable regulations, seeking to improve the energy efficiency through different solutions.

Key words: Hospital, Operating Room, Transplant, Air Conditioning, UNE 100713 Act, RITE, Electrical Facilities, Luminaires, Efficiency.

1. Introducción

The design of the mechanical and electrical facilities of any hospital is always carried out in the interest of ensuring the patients' safety. The objective of this project is to find out solutions to improve the energy efficiency of operating rooms and organ preservation rooms where safety requirements are very high, in compliance with the current applicable regulations.

6. Definition of the project

The project consists of the design of the mechanical and electrical facilities of an operating room and a room for the preservation of organs in a hospital in the province of Jaen.

The design of the mechanical facilities includes the design of the air conditioning of both rooms, which is essential to ensure the patients' safety, mainly because it is the way to ensure air quality and, therefore, the absence of bacteria and pollution in the environment that could endanger patients.

In relation to the electrical facilities, the design of the low voltage facility is carried out, including the design of the electrical panels (general and secondary) and the sizing of the conductors.

In an operating room, it is essential to ensure the continuity of the electricity supply, so a generator to power the operating room has to be installed in case of power failure. In addition to this, the applicable regulations require the installation of a (SAI) that also guarantees the recovery of electricity supply in case of failure.

Finally, the design of the electrical facilities includes the sizing of the lighting fixtures, which are essential for the correct performance of the activities carried out in an operating room.

7. Description of the model

The air conditioning of both rooms has been carried out following the IDAE'S "*Guía Técnica. Condiciones Climáticas del Proyecto*" for the acknowledge of the outdoor conditions in Jaén, together with the UNE 100713 regulations "*Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales*" to determine the indoor conditions needed in the different rooms of hospitals. Once these data are known, the necessary calculations are made to know the psychometric properties and to be able to determine the power needed for the air conditioning facilities. In order to improve the energy efficiency, two alternatives are studied: recirculation of air from the rooms, and the contribution of 100% external air flow.

Regarding electrical facilities, the *Reglamento de Instalaciones de Baja Tensión (REBT)* have been used; specifically, ITC-BT-38 for special purpose facilities such as operating rooms and ITC-BT-19 for the sizing of channels.

Additionally, the luminaires were designed using the lumens method and the UNE 12464 regulations, which require a luminous intensity of 1,000 lux on the perimeter of the rooms and of 10,000 lux in the surgical area.

8. Results

After analyzing the different alternatives for the design of the air conditioning, it was decided to install a system with air recovery in both the operating room and the organ preservation room, as it is more energy efficient since the air enters the UTA at a temperature similar to that of the supply air, so it requires less power. The scheme used in the facility is as shown in figure I..

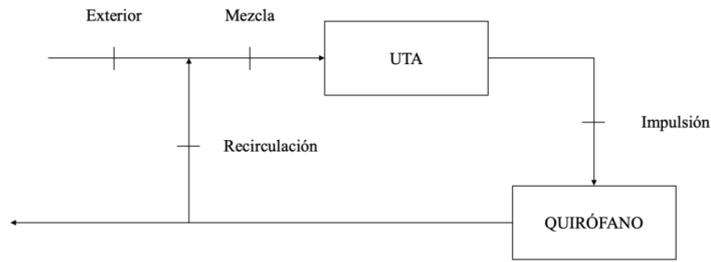


Figura I. Air conditioning System with air recirculation.

Regarding the electrical facilities, the general switchboard is dimensioned to cover the needs of the operating room and the organ preservation room, including the air conditioning units, with a power of 50 kW, which can be covered in case of failure with a natural gas generator set.

Finally, a maximum economic study is developed, with an estimation of the total expenditure for a whole year, considering that the setback strategy is used in order to increase energy efficiency.

		Initial investment	23.964,11 €
In use	Summer	Operating room	6.795,63 €
		White room	6.795,63 €
	Winter	Operating room	1.884,10 €
		White room	1.884,10 €
Setback	Summer	Operating room	4.077,38 €
		White room	4.077,38 €
	Winter	Operating room	1.130,46 €
		White room	1.130,46 €
Total			51.739,25 €

9. Conclusions

The design of the mechanical and electrical facilities has always been focused in ensuring the patients' safety. Being energy efficiency and emission reduction extremely important these days, it is necessary to apply knowledge and technologies to ensure the patient's safety while seeking to improve energy efficiency at all levels.

Índice de la memoria

Capítulo 1. Introducción	9
1.1 Introducción.....	9
1.2 Trasplante y preservación de órganos	10
1.3 Motivación del proyecto.....	12
Capítulo 2. Instalaciones Mecánicas	14
2.1 Climatización.....	14
2.1.1 Introducción	14
2.1.2 Condiciones Exteriores.	14
2.1.3 Climatización del quirófano	16
2.1.4 Climatización de la sala blanca	45
2.1.5 Climatización de las salas anexas	55
Capítulo 3. Instalaciones Eléctricas	62
3.1 Cuadro General.....	62
3.1.1 Cuadro eléctrico del quirófano	67
3.1.2 Cuadro eléctrico de la sala blanca.....	69
3.2 Grupo Electrónico	71
3.3 Sistema de alimentación Ininterrumpida	73
3.4 Medidas de protección y seguridad	75
3.4.1 Transformador de aislamiento	75
3.4.2 Puesta a tierra, Sistema IT y conexión de equipotencialidad.	75
3.4.3 Medidas contra el riesgo de explosión o de incendio.....	76
3.5 Iluminación.....	78
3.5.1 Iluminación del quirófano	78
3.5.2 Iluminación de la sala blanca	84
3.5.3 Potencia consumida por las luminarias y eficiencia energética.....	85
Capítulo 4. Estudio Económico.....	87
Capítulo 5. Conclusiones.....	90
Capítulo 6. Bibliografía.....	92

Índice de figuras

Figura 1. Vista en planta del quirófano.	9
Figura 2. Máquina de perfusión normotérmica para preservación de hígados.....	12
Figura 3. Condiciones exteriores. Fuente: IDAE.	15
Figura 4. Esquema de la climatización sin recirculación.	20
Figura 5. Diagrama psicrométrico de la climatización en verano del quirófano. Sin recirculación.	22
Figura 6. Diagrama psicrométrico de la climatización en invierno del quirófano. Sin recirculación.	26
Figura 7. Esquema de la climatización con recirculación.	28
Figura 8. Diagrama psicrométrico de la climatización en verano. Con aportaciones de caudal exterior de 1.500 m ³ /h.	31
Figura 9. UTA quirófano. Proveedor TROX.....	35
Figura 10. Ventilador de impulsión quirófano. Proveedor: TROX.....	36
Figura 11. Ventilador de retorno quirófano. Proveedor TROX.	36
Figura 12. Recuperador estático de placas del quirófano. Proveedor: TROX.	37
Figura 13. Batería de refrigeración. Proveedor: TROX.	37
Figura 14. Batería de calefacción. Proveedor: TROX.....	38
Figura 15. Enfriadora quirófano. Proveedor: Termoven.	38
Figura 16. Caldera de gas. Proveedor: Baxi.	39
Figura 17. Conductos de aire del quirófano	40
Figura 18. Flujo laminar en el quirófano. Fuente: Seisma.	41
Figura 19. Cajones portafolio de flujo laminar. Proveedor: Trox.	43
Figura 20. Diagrama de la instalación de climatización en la sala blanca.	47
Figura 21. Climatizadora de la sala blanca.....	51
Figura 22. Conductos de aire de la sala blanca.....	52
Figura 23. Difusores de aire en flujo turbulento para la sala blanca.	53
Figura 24. Vista en planta de la planta superior al quirófano.....	54
Figura 25. Esquema de climatización de las salas anexas.....	57

Figura 26. Cuadro general.....	63
Figura 27. Tomas de fuerza del quirófano.....	67
Figura 28. Esquema unifilar del quirófano.....	67
Figura 29. Esquema unifilar de la sala de preservación de órganos.....	69
Figura 30. Grupos electrógenos.....	72
Figura 31. Esquema IT de un quirófano. Fuente: Bender.....	76
Figura 32. Zonas con riesgo de incendio y explosión en el quirófano.....	76
Figura 33. Lámpara Polaris 600. Proveedor Dräger. Fuente: Catálogo Dräger.....	79
Figura 34. Especificaciones técnicas de Polaris 600. Fuente: Catálogo Dräger.....	80
Figura 35. Coeficientes de reflexión del quirófano.....	82
Figura 36. Vista en planta de las luminarias del quirófano.....	83
Figura 37. Coeficientes de reflexión de la sala blanca.....	84
Figura 38. Vista en planta de las luminarias de la sala blanca.....	85
Figura 39. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas.....	93

Índice de tablas

Tabla 1. Clases de Filtro. Fuente: Norma UNE 100713.....	17
Tabla 2. Cargas térmicas en verano.....	19
Tabla 3. Cargas térmicas en invierno.....	19
Tabla 4. Cargas térmicas con factor de seguridad.....	19
Tabla 5. Propiedades psicométricas del aire exterior en verano.....	20
Tabla 6. Propiedades psicométricas del aire en el quirófano.....	21
Tabla 7. Propiedades psicométricas de la impulsión en verano.....	22
Tabla 8. Propiedades psicométricas del aire exterior en invierno.....	24
Tabla 9. Propiedades psicométricas el aire en el quirófano.....	25
Tabla 10. Propiedades psicométricas de la impulsión en invierno.....	26
Tabla 11. Propiedades psicométricas del aire exterior, del quirófano y de la impulsión en verano.....	28
Tabla 12. Gasto másico de aire de impulsión.....	29
Tabla 13. Caudal de aire de impulsión.....	29
Tabla 14. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en verano.....	30
Tabla 15. Potencia de la UTA para diferentes aportaciones de caudal exterior.....	30
Tabla 16. Propiedades psicométricas del aire exterior, del quirófano y de la impulsión en invierno.....	31
Tabla 17. Gasto másico de aire de impulsión.....	32
Tabla 18. Caudal de aire de impulsión.....	32
Tabla 19. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en invierno.....	32
Tabla 20. Potencia de la UTA para diferentes aportaciones de caudal exterior en invierno.....	32
Tabla 21. Diagrama psicométrico de la climatización en invierno. Con recirculación.....	33
Tabla 22. Resultados de la climatización del quirófano.....	33
Tabla 23. Diseño de los conductos de aire de impulsión del quirófano.....	42

Tabla 24. Diseño de los conductos de recirculación de aire del quirófano.	43
Tabla 25. Conductos de agua de la enfriadora del quirófano.	44
Tabla 26. Conductos de agua de la caldera de gas del quirófano.	44
Tabla 27. Nivel de filtración en la UTA de la sala blanca.	45
Tabla 28. Cargas térmicas en verano.	46
Tabla 29. Cargas térmicas en invierno.	46
Tabla 30. Cargas térmicas con factor de seguridad.	47
Tabla 31. Propiedades psicométricas del aire de entrada, el aire de impulsión y el aire de la sala blanca en verano.	48
Tabla 32. Gasto másico de aire de impulsión.	48
Tabla 33. Caudal de aire de impulsión.	48
Tabla 34. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal en la sala blanca. En verano.	49
Tabla 35. Potencia de la UTA de diferentes aportaciones de caudal exterior en la sala blanca. En verano.	49
Tabla 36. Propiedades psicométricas del aire de entrada, del aire de impulsión y el aire de la sala blanca en invierno.	49
Tabla 37. Gasto másico de aire de impulsión.	50
Tabla 38. Caudal de aire de impulsión.	50
Tabla 39. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en la sala blanca. En invierno.	50
Tabla 40. Potencia de la UTA de diferentes aportaciones de caudal exterior en la sala blanca. En verano.	50
Tabla 41. Conductos de impulsión y recirculación de aire de la sala blanca.	52
Tabla 42. Conductos de agua de la enfriadora de la sala blanca.	53
Tabla 43. Conductos de agua de la caldera de gas de la sala blanca.	54
Tabla 44. Nivel de filtración en la UTA del resto de salas.	55
Tabla 45. Cargas térmicas en verano.	56
Tabla 46. Cargas térmicas en invierno.	57
Tabla 47. Cargas térmicas con factor de seguridad.	57

Tabla 48. Propiedades psicométricas del aire de entrada, del aire de impulsión y el aire de las salas anexas en verano.	58
Tabla 49. Gasto másico de aire de impulsión.	58
Tabla 50. Caudal de aire de impulsión.	58
Tabla 51. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en las salas anexas. En verano.	59
Tabla 52. Potencia de la UTA a diferentes aportaciones de caudal en las salas anexas. En verano.	59
Tabla 53. Propiedades psicométricas del aire de entrada, del aire de impulsión y el aire de las salas anexas en invierno.	60
Tabla 54. Gasto másico de aire de impulsión.	60
Tabla 55. Caudal de aire de impulsión.	60
Tabla 56. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en las salas anexas. En invierno.	60
Tabla 57. Potencia de la UTA a diferentes aportaciones de caudal en las salas anexas. En invierno.	61
Tabla 58. Potencias de los sistemas de climatización.	62
Tabla 59. Datos de entrada para el cálculo de la sección de los conductores.	65
Tabla 60. Dimensionado de los conductores.	66
Tabla 61. Dimensionado de los conductores.	66
Tabla 62. Datos de entrada para el cálculo de los conductores del quirófano.	68
Tabla 63. Dimensionamiento de los conductores del quirófano.	68
Tabla 64. Dimensionamiento de los conductores.	68
Tabla 65. Datos de entrada para el cálculo de los conductores del quirófano.	69
Tabla 66. Dimensionamiento de los conductores del quirófano.	70
Tabla 67. Dimensionamiento de los conductores.	70
Tabla 68. Sistema de alimentación Ininterrumpida Senitel Dual.	73
Tabla 69. Características del Sistema de Alimentación Ininterrumpida Senitel Dual.	74

Tabla 70. Relación entre la luz emitida y la potencia consumida para cada tipo de lámpara. (1) El valor del rendimiento de lámpara LED es un valor aproximado de todos los modelos Polaris del proveedor.	81
Tabla 71. Comparativa IRC.....	85
Tabla 72. Comparativa LED frente a fluorescencia.	86
Tabla 73. Ahorro económico.	86
Tabla 74. Gasto en el primer año del quirófano con setback.	88
Tabla 75. Gasto en el primer año del quirófano sin setback.	89
Tabla 76. Emisiones de CO ₂	89

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN

1.1 INTRODUCCIÓN

El trabajo consiste en el diseño de las instalaciones mecánicas y eléctricas de un quirófano situado en la Comunidad Autónoma de Andalucía, concretamente en la provincia de Jaén, abarcando también el diseño de las instalaciones de una sala blanca para la preservación de órganos y demás estancias anexas necesarias en un quirófano; como son las salas de limpio, la de sucio o los despachos del personal.

A continuación, se muestra la vista en planta del quirófano con todas sus estancias.

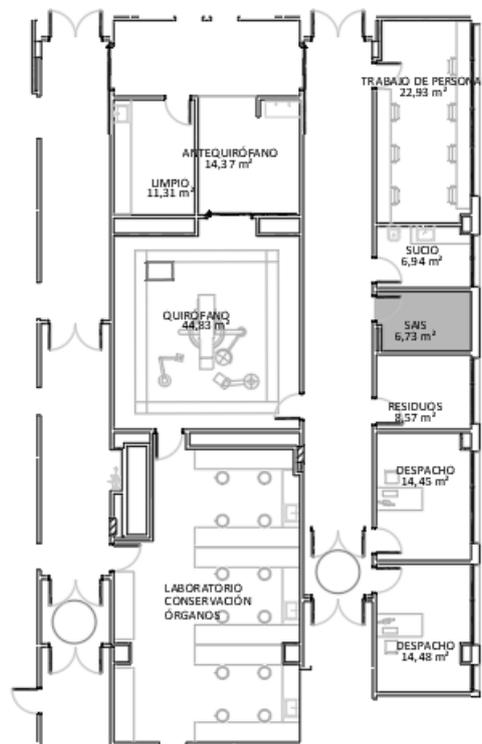


Figura 1. Vista en planta del quirófano.

El diseño de las instalaciones mecánicas comprende la climatización, junto con el diseño de los conductos de transporte de fluidos; todo desde un punto de vista de eficiencia energética.

En las estancias de un hospital es fundamental mantener una adecuada calidad del aire, por lo que el proyecto abarcará un estudio extenso del diseño de las instalaciones de climatización. Como se verá más adelante, se empleará la norma UNE 100713 “Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales”.

El proyecto abarca también el diseño de las instalaciones eléctricas del hospital, incluyendo las luminarias, la previsión de cargas que se va a emplear en las diferentes estancias y el sistema unifilar. Para el diseño de estas se empleará el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión (REBT), en especial, el ITC-BT-38.

Adicionalmente, en la sala blanca se incluirá un equipo para la preservación de órganos; por lo que en este documento se expondrán los sistemas de preservación de órganos.

1.2 TRASPLANTE Y PRESERVACIÓN DE ÓRGANOS

El objetivo del proyecto es diseñar el quirófano en el que se van a realizar la extracción de órganos para el trasplante y la sala blanca para la preservación de los mismo. Para poder realizar el diseño de una sala es necesario entender la funcionalidad y sus características; por este motivo, se realiza un breve estudio para conocer tanto los trasplantes como la preservación de órganos.

Un trasplante de órganos consiste en la sustitución de un tejido y órgano enfermo por otro sano. Los trasplantes llevan intrínsecos mejorar la salud de personas enfermas. Generalmente, cuando se realiza un trasplante es por urgencia y necesidad de los pacientes; por este motivo, es fundamental que el resultado de un trasplante sea exitoso. El éxito depende de muchos factores, en algunos de ellos no se puede intervenir, pero otros si son controlables. Entre estos últimos se encuentran las condiciones de la sala en las que se va a realizar el trasplante, es decir, el quirófano. Por este motivo, el correcto diseño de las instalaciones del quirófano es fundamental, destacando la climatización para asegurar una

excelente calidad de aire y la seguridad eléctrica a través del uso del SAIS y un grupo electrógeno para asegurar el suministro eléctrico en caso de corte.

De la misma manera que en el quirófano, en la sala de preservación de órganos las condiciones deben ser también excelentes para que los órganos se conserven adecuadamente y se deterioren.

Los trasplantes y, por tanto, la conservación de órganos, nacieron en la segunda mitad del siglo XX, suponiendo una auténtica revolución en la medicina hasta el punto de que en 2019 se realizaron cerca de 154.000 trasplantes en el mundo. Esto es posible gracias al desarrollo de las técnicas de trasplante y preservación de órganos. Sin embargo, en los últimos años el número de donantes ha disminuido y, en consecuencia, se ha disminuido también la exigencia sobre los órganos donados, siendo estos de personas más mayores, con enfermedades o procedentes de donantes a corazón parado. Por este motivo, se requieren técnicas más perfeccionadas para la conservación de estos órganos.

El trasplante incluye la extracción, la preservación y el trasplante en sí del órgano al paciente receptor. Durante todo este proceso el órgano sufre principalmente por la isquemia, que es la falta de oxígeno y nutrientes en las células del tejido al detener la circulación de la sangre en el órgano. Se distinguen dos tipos de isquemia: la isquemia en caliente, que se da desde que se extrae el órgano del donante hasta que es preservado en una solución hipotérmica y perfundido en ella, y la isquemia en frío, que se da desde que el órgano es perfundido hasta que es trasplantado al paciente.

Los sistemas de preservación de órganos buscan minimizar el daño de la isquemia, buscando el éxito del trasplante. En este contexto, surge una nueva tecnología que consiste en una máquina que recrea las condiciones que tendría el órgano dentro del cuerpo humano, una máquina de perfusión normotérmica, con una temperatura entre 36°C y 38°C.

Adicionalmente, existen máquinas de perfusión hipotérmicas muy desarrolladas que mejoran las condiciones en que el órgano es trasplantado, respecto al método convencional de trasplante, las máquinas de perfusión hipotérmica.

Ambas máquinas se instalarán en la sala blanca anexa al quirófano y sustituirán al método convencional de conservación, que consistía en la introducción de este en hielo dentro de bolsas con fluido de perfusión.

La figura 2 representa la máquina de perfusión normotérmica para el trasplante de órganos del proveedor Organox.

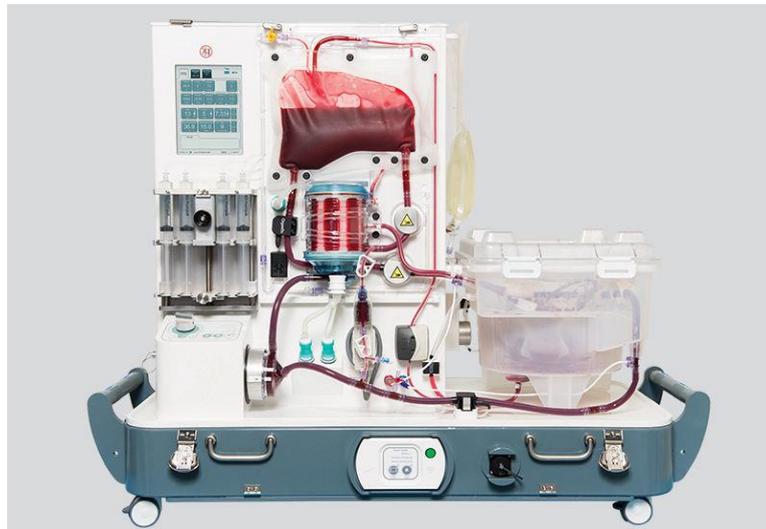


Figura 2. Máquina de perfusión normotérmica para preservación de hígados.

1.3 MOTIVACIÓN DEL PROYECTO

El objetivo principal de este trabajo es diseñar las instalaciones mecánicas y eléctricas de un quirófano y la sala de preservación de órganos de manera que cumplan con las especificaciones técnicas y requerimientos necesarios en cada una de las zonas. En este contexto, el trabajo se desarrollará buscando la eficiencia energética y siguiendo principios de sostenibilidad. Adicionalmente, se predimensionará el sistema de climatización de las salas anexas al quirófano.

Adicionalmente, al contar el quirófano con una sala anexa para la conservación de los órganos, el proyecto busca diseñar las mejores instalaciones posibles para que el hospital se convierta en referencia para los procedimientos, incorporando los últimos avances técnicos.

El objetivo implícito de este trabajo es poner en valor la importancia del correcto diseño de las instalaciones mecánicas y eléctricas en un quirófano para conseguir resultados exitosos en las operaciones y trasplantes y mejorar las condiciones de vida de las personas.

Por último, parte de la motivación de este proyecto es aplicar lo aprendido durante la carrera en un trabajo que sintetiza conocimientos de tanto de mecánica como eléctricos.

Capítulo 2. INSTALACIONES MECÁNICAS

2.1 CLIMATIZACIÓN

2.1.1 INTRODUCCIÓN

El trabajo consiste en la climatización de todas las zonas que configuran las estancias necesarias en un quirófano, desde el quirófano en sí y la sala blanca, como los despachos del personal sanitario. Al tener cada una de las áreas unos requerimientos diferentes y niveles de exigencia distintos, así como frecuencia de uso y actividades realizadas en él, se instalarán dos unidades de climatización diferentes:

- Quirófano
- Sala blanca o laboratorio de conservación de órganos.

Para el resto de las zonas, que incluye: antequirófano, sala de limpio, sala de sucio, sala de trabajo del personal, salas de sucio y de residuos y ambos despachos se realizará el predimensionamiento de la climatización.

Para realizar la climatización de las diferentes estancias de manera correcta se empleará la norma UNE 100713 Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.

Para el caso del resto de zonas no es necesario seguir la norma UNE 100713, pero si es necesario cumplir con las exigencias del RITE para hospitales, que se indicarán más adelante.

2.1.2 CONDICIONES EXTERIORES.

Independientemente de la estancia que se va a climatizar, las condiciones exteriores son las mismas y se obtienen de la Guía Técnica de Condiciones Climáticas Exteriores de Proyecto del IDAE.

Como se ha mencionado con anterioridad, el hospital se va a encontrar en la provincia de Jaén. Las condiciones exteriores se recogen en la figura 2.

Provincia	Estación		Indicativo				
Jaén	Jaén (Cerro de los Lirios)		5270B				
UBICACIÓN: ENTORNO CIUDAD			Nº DE OBSERVACIONES Y PERIODO				
a.s.n.m. (m)	Lat.	Long.	T seca	Hum. relativa	T terreno	Rad	
580	37°46'40"	03°48'27"W	16.724	14.322			
CONDICIONES PROYECTO CALEFACCIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÍNIMA)							
TSMIN (°C)	TS_99,6 (°C)	TS_99 (°C)	OMDC (°C)	HUMcoin (%)	OMA (°C)		
-7,8	0,8	2,6	7,5	74,7	35,2		
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA SECA EXTERIOR MÁXIMA)							
TSMAX (°C)	TS_0,4 (°C)	THC_0,4 (°C)	TS_1 (°C)	THC_1 (°C)	TS_2 (°C)	THC_2 (°C)	OMDR (°C)
41,2	36,0	23,4	35,0	22,9	33,9	22,5	13,0
CONDICIONES PROYECTO REFRIGERACIÓN (TEMPERATURA HÚMEDA EXTERIOR MÁXIMA)							
TH_0,4 (°C)	TSC_0,4 (°C)	TH_1 (°C)	TSC_1 (°C)	TH_2 (°C)	TSC_2 (°C)		
23,9	23,9	23,2	23,2	22,4	22,4		

Figura 3. Condiciones exteriores. Fuente: IDAE.

2.1.3 CLIMATIZACIÓN DEL QUIRÓFANO

2.1.3.1 Exigencias fisiológicas, higiénicas y técnicas en un quirófano

Para el correcto diseño de las instalaciones de climatización se empleará la norma UNE 100713.

En primer lugar, se consulta las exigencias fisiológicas e higiénicas del local por las cuales se establece que para lograr las condiciones adecuadas para poder desarrollar la actividad en el quirófano es necesario mantener una temperatura del aire ambiente de entre 22°C y 26°C y una humedad relativa de 50%.

En vistas a aumentar la eficiencia energética, se ha establecido que la temperatura ambiente del quirófano va a ser de 24°C.

Adicionalmente, la norma fija unos estándares de calidad del aire en función del tipo de local. De esta manera, en función de las exigencias respecto a la presencia de gérmenes, presentes tanto en el aire impulsado como el ambiente, se distinguen dos tipos de locales:

- Clase de local I. Se trata de locales con exigencias respecto a la presencia de gérmenes elevadas.
- Clase de local II. Son locales con menores exigencias que los anteriores.

Debido a las actividades que se van a realizar en el quirófano y al nivel de exigencia respecto a los gérmenes, se trata de un local de clase I.

Por otra parte, la norma establece unos niveles de limpieza del aire con el objetivo de retener las impurezas que pueda haber en el mismo, que pueden encontrarse en forma líquida, sólida o incluso contener microorganismo. En el caso de los locales de clase I, serán necesarios tres niveles de filtración; mientras que para los locales de clase II únicamente serán necesarios dos niveles de filtración.

Por tanto, el quirófano contará con tres niveles de filtración que, siguiendo la norma UNE 100713, se dispondrán de la manera siguiente:

- **Primer nivel de filtración.** Al ser el conducto inferior a 10 metros, se situará en la entrada de la UTA.

En el caso en que se recircule el aire, este primer nivel se colocará después de la zona de mezcla.

Este filtro será de clase F5 según norma UNE-EN 779.

- **Segundo nivel de filtración.** Se situará a la salida de la UTA.

Se empleará un filtro de clase F9 según norma UNE-EN 779.

- **Tercer nivel de filtración.** Al tratarse de un local de clase I, se dispondrá al final del conducto de impulsión.

El filtro empleado será de clase H13 según norma UNE-3N 1822-1.

A continuación, se adjunta una tabla obtenida de la norma que resume la clase de filtro en función del nivel de filtración.

Nivel de filtración	Clase de filtro	Norma
1 ^{er}	F5	UNE-EN 779
2 ^o	F9	UNE-EN 779
3 ^o	H13	UNE-EN 1822-1

Tabla 1. Clases de Filtro. Fuente: Norma UNE 100713.

Con relación al volumen de aire impulsado, según la norma UNE 100713, el caudal mínimo se calcula de la siguiente manera:

$$C_{I,\min} = C_I^* \cdot \frac{\mu_S}{\varepsilon_{SI}}$$

- C_I^* el caudal de mínimo de referencia, 2400 m³/h;
- μ_S el grado de contaminación, que se asumirá 1;
- ε_{SI} la concentración relativa de gérmenes, cuyo valor será 2/3 si se trata de un quirófano tipo A, quirófano de altas exigencias debido a que se realizan trasplantes, cirugías cardíacas u ortopédicas, y 1 si se trata de un quirófano tipo B, quirófano convencional, de cirugía mayor ambulatoria o de urgencia.
- Por tanto, el caudal mínimo de aire impulsado en el quirófano será de 3600 m³/h.

$$C_{l,\min} = 2400 \text{ m}^3/\text{h} \cdot \frac{1}{2/3} = 3600 \text{ m}^3/\text{h}$$

Según la norma UNE 100713, el caudal exterior debe ser como mínimo de 1200 m³/h. De esta manera, se puede decidir si impulsar la totalidad de aire del exterior o recircular parte del aire de la sala. Con el objetivo de encontrar la mejor y más eficiente solución, se han estudiado ambas alternativas, que se detallaran más adelante.

2.1.3.2 Cargas térmicas

Las necesidades de climatización de una sala variarán en función de la estación del año, distinguiéndose para el cálculo el verano y el invierno por ser aquellas en las que se dan las condiciones más extremas. El cálculo de las cargas térmicas es el siguiente:

- Las cargas térmicas debidas a la transmisión únicamente son debidas la transmisión por el techo, por ser la única superficie en contacto con el exterior. El cálculo se ha realizado de la siguiente manera,

$$q_{sensible} = U_{techo} \cdot S \cdot (T_{seca} - T_{quirófano})$$

- Se ha estimado que las luminarias aportan aproximadamente 20W/m².
- De la misma manera que en el caso anterior, se estima que la maquinaria aporta aproximadamente 1kW.
- Por último, una persona realizando un trabajo ligero de pie genera 72 W de carga sensible y 74 W de carga latente. Se ha tenido en cuenta que en un quirófano hay un máximo de 8 personas simultáneamente.

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Trasmisión Pared	0,00	0,00
Trasmisión Techo	279,74	0,00
Trasmisión Suelo	0,00	0,00
Trasmisión Ventanas	0,00	0,00
Luminarias	896,60	0,00
Maquinarias	1000,00	0,00
Personas	576,00	592,00
Infiltración	0,00	0,00

Total **2752,34** **592,00**

Tabla 2. Cargas térmicas en verano.

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Trasmisión Pared	0,00	0,00
Trasmisión Techo	540,83	0,00
Trasmisión Suelo	0,00	0,00
Trasmisión Ventanas	0,00	0,00
Luminarias	0,00	0,00
Maquinarias	0,00	0,00
Personas	0,00	592,00
Infiltración	0,00	0,00
Total	540,83	592,00

Tabla 3. Cargas térmicas en invierno.

Es importante tener en cuenta que en invierno las cargas que desprendan calor, como pueden ser las luminarias o las personas, no se tendrán en cuenta para la climatización, ya que son elementos favorables para el cálculo de las cargas en invierno.

Se ha aplicado un factor de seguridad del 10%, por lo que las cargas térmicas finales para el cálculo de la climatización son las siguientes,

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Verano	3027,57	651,20
Invierno	594,91	651,20

Tabla 4. Cargas térmicas con factor de seguridad.

2.1.3.3 Propiedades Psicométricas

Como se ha mencionado con anterioridad, se va a realizar un estudio para conocer que opción es más eficiente energéticamente. Las opciones que se valoran es la recirculación del aire del quirófano o la no recirculación.

2.1.3.3.1 Opción I. Impulsión de aire procedente en su totalidad del exterior.

En esta primera opción se plantea que la totalidad del aire impulsado sea procedente del exterior, de manera que el aire del local sea expulsado al exterior. El esquema que sigue esta opción es el siguiente

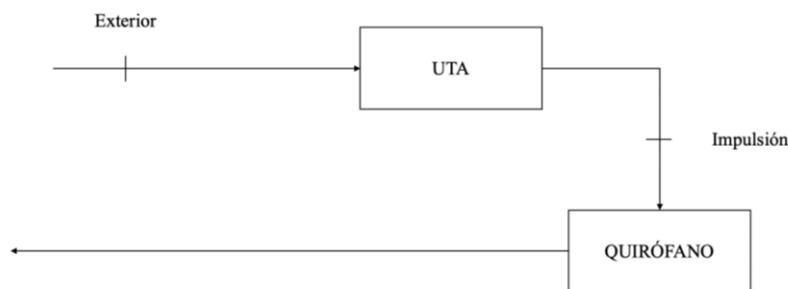


Figura 4. Esquema de la climatización sin recirculación.

Como se ha mencionado antes, es necesario realizar el estudio de la climatización tanto para los meses de verano como para los de invierno, en la situación más desfavorable.

Climatización en verano.

Partiendo de las condiciones exteriores y empleando el diagrama psicrométrico, se pueden conocer las propiedades con las que el aire entra en la UTA.

Temperatura seca	36 °C
Humedad relativa	35%
Humedad específica	12,9 g/kgas
Entalpía	69,3 kJ/kg
Temperatura húmeda	23,4 °C
Temperatura de rocío	17,9 °C
Presión parcial de vapor	2057 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8939 m ³ /kg
Densidad	1,1331 kg/m ³

Tabla 5. Propiedades psicrométricas del aire exterior en verano.

De la misma manera, al conocer las condiciones que debe tener el aire en el interior del local y empleando el diagrama psicrométrico, se pueden conocer las propiedades del aire en el interior del quirófano.

Temperatura seca	24 °C
Humedad relativa	50%
Humedad específica	9,3 g/kgas
Entalpía	47,8 kJ/kg
Temperatura húmeda	17,1 °C
Temperatura de rocío	12,9 °C
Presión parcial de vapor	1493 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8544 m ³ /kg
Densidad	1,1813 kg/m ³

Tabla 6. Propiedades psicométricas del aire en el quirófano.

A continuación, se puede calcular el gasto másico a impulsar para poder vencer las cargas térmicas, que se calculará de la siguiente manera.

$$Q_{sensible} = 1,204 \cdot \dot{m} \cdot (T_{quirófano} - T_{impulsión})$$

Tras realizar diferentes cálculos, se considera que una temperatura óptima de impulsión es de 17°C.

$$\dot{m}_i = \frac{3,027}{1,024 \cdot (24 - 17)} = 0,4223 \text{ kg/s}$$

Conocido el gasto másico, es posible calcular la humedad específica a partir de la carga latente.

$$Q_{latente} = 2501 \cdot \dot{m} \cdot (w_{quirófano} - w_{impulsión})$$

$$w_i = 9,3 \cdot \frac{0,651}{2501 \cdot 0,4223} = 8,68 \text{ g/kgas}$$

Una vez conocidas la humedad específica y la temperatura de impulsión, se pueden conocer las demás propiedades psicrométricas.

Temperatura seca	17 °C
Humedad relativa	72%
Humedad específica	8,7 g/kgas
Entalpía	39,1 kJ/kg
Temperatura húmeda	14 °C
Temperatura de rocío	11,9 °C
Presión parcial de vapor	1395 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8334 m ³ /kg
Densidad	1,2103 kg/m ³

Tabla 7. Propiedades psicrométricas de la impulsión en verano.

Es importante asegurar que el gasto másico compensa la carga latente; como la humedad relativa es inferior al 100%, si la compensa.

La figura 2 representa el proceso psicrométrico de la climatización del quirófano en verano.

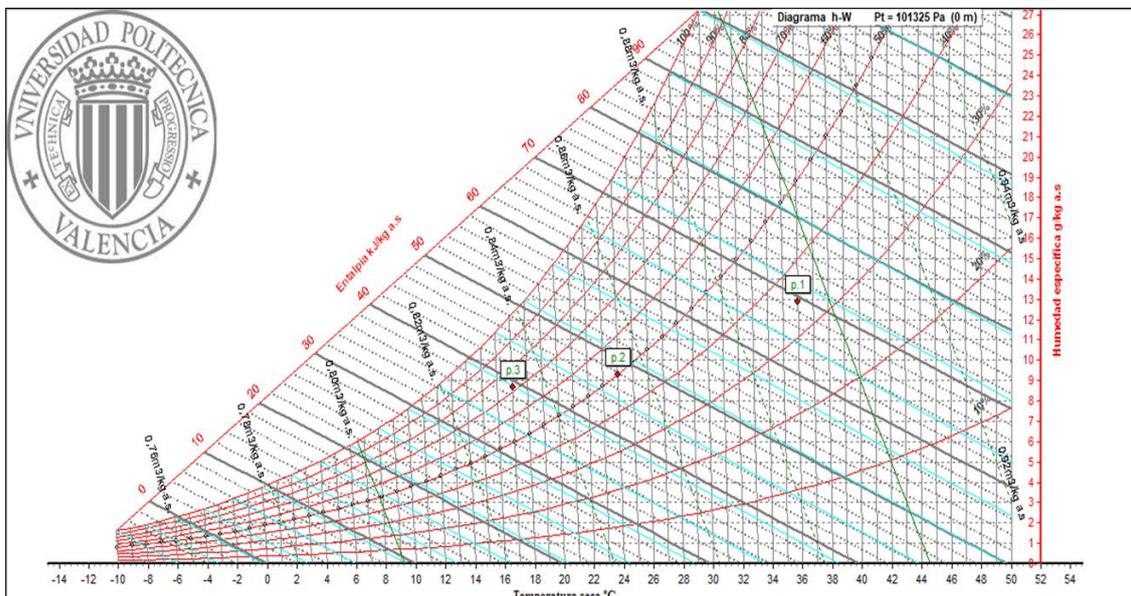


Figura 5. Diagrama psicrométrico de la climatización en verano del quirófano. Sin recirculación.

Por tanto, el caudal másico a impulsar para lograr compensar las cargas térmicas es de $1.267,2 \text{ m}^3/\text{h}$, cumpliendo con el requerimiento de la norma que establece que el caudal exterior debe ser superior a $1200 \text{ m}^3/\text{h}$.

$$Q = \dot{m} \cdot v_{as} = 0,4223 \cdot 0,8334 = 0,352 \text{ m}^3/\text{s} = 1267,2 \text{ m}^3/\text{h}$$

Adicionalmente, también se cumple el requerimiento del IDA, que establece que en hospitales el caudal mínimo por persona debe ser de $72 \text{ m}^3/\text{h}/\text{persona}$; teniendo en cuenta que el número máximo de personas que hay en un quirófano simultáneamente es 8, se cumple el requerimiento ($158 \text{ m}^3/\text{h}/\text{persona}$).

Para cumplir con las renovaciones de aire por hora es necesario que el caudal a impulsar sea de $3600 \text{ m}^3/\text{h}$, tal como se ha expresado con anterioridad. Por tanto, es necesario impulsar una cantidad adicional de aire de $2332,8 \text{ m}^3/\text{h}$, lo que supone un gasto másico adicional de $0,7775 \text{ kg/s}$.

Por tanto, al gasto másico de aire a impulsar total será la suma del gasto másico necesario para vencer las cargas térmicas y el gasto másico para vencer las cargas de climatización.

$$\dot{m}_{i,T} = 1,1999 \text{ kg/s}$$

Finalmente, la potencia necesaria en la UTA para la época de verano será de 26 kW .

$$Q_{UTA} = -\dot{m} \cdot (h_i - h_e)$$

$$Q_{UTA} = -1,1999 \cdot (39,1 - 69,3)$$

$$Q_{UTA} = 36,23 \text{ kW}$$

La potencia de la UTA también se puede calcular como suma de las potencias sensible y latente. A modo demostración se realiza el cálculo para demostrar que el resultado es el mismo.

Potencia sensible.

$$Q_{sensible} = -1,204 \cdot \dot{m} \cdot (T_{impulsión} - T_{exterior})$$

$$Q_{sensible} = -1,204 \cdot 1,1999 \cdot (17 - 36)$$

$$Q_{sensible} = 23,34 \text{ kW}$$

Potencia latente

$$Q_{latente} = -2501 \cdot \dot{m} \cdot (w_{impulsión} - w_{exterior})$$

$$Q_{latente} = -2501 \cdot 1,1999 \cdot (8,7 - 8,4)/1000$$

$$Q_{latente} = 12,60 \text{ kW}$$

Potencia total

$$Q_{UTA} = Q_{sensible} + Q_{latente} = 23,34 + 12,60 = 35,94 \text{ kW}$$

Climatización en invierno.

Para el caso del sistema de calefacción, partiendo de una temperatura seca de 0,8°C y una temperatura húmeda de -0,6°C, las condiciones exteriores son las siguientes.

Temperatura seca	0,8 °C
Humedad relativa	76%
Humedad específica	3 g/kgas
Entalpía	8,4 kJ/kg
Temperatura húmeda	-0,6 °C
Temperatura de rocío	-2,6°C
Presión parcial de vapor	491 Pa
Volumen específico de aire seco	0,7798 m ³ /kg
Densidad	1,2862 kg/ m ³

Tabla 8. Propiedades psicométricas del aire exterior en invierno.

Las condiciones requeridas dentro del quirófano son las mismas independiente de la estación del año.

Temperatura seca	24 °C
Humedad relativa	50%
Humedad específica	9,3 g/kgas
Entalpía	47,8 kJ/kg
Temperatura húmeda	17,1 °C
Temperatura de rocío	12,9 °C
Presión parcial de vapor	1493 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8544 m ³ /kg
Densidad	1,1813 kg/m ³

Tabla 9. Propiedades psicométricas el aire en el quirófano.

Como se ha realizado con anterioridad en la climatización en verano, se puede calcular el gasto másico a impulsar para poder vencer las cargas térmicas, que se calculará de la siguiente manera.

$$Q_{sensible} = 1,204 \cdot \dot{m} \cdot (T_{impulsión} - T_{quirófano})$$

Tras realizar diferentes cálculos, se considera que una temperatura óptima de impulsión es de 25°C.

$$\dot{m}_i = \frac{0,595}{1,024 \cdot (25 - 24)} = 0,5809 \text{ kg/s}$$

Conocido el gasto másico, es posible calcular la humedad específica a partir de la carga latente.

$$Q_{latente} = 2501 \cdot \dot{m} \cdot (w_{quirófano} - w_{impulsión})$$

$$w_i = 9,3 \cdot \frac{0,651}{2501 \cdot 0,5809} = 8,85 \text{ g/kgas}$$

Una vez conocidas la humedad específica y la temperatura de impulsión, se pueden conocer las demás propiedades psicométricas.

Temperatura seca	25 °C
Humedad relativa	45%
Humedad específica	8,9 g/kgas
Entalpía	47,7 kJ/kg
Temperatura húmeda	17 °C
Temperatura de rocío	12,2 °C
Presión parcial de vapor	1422 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8566 m ³ /kg
Densidad	1,1777 kg/m ³

Tabla 10. Propiedades psicométricas de la impulsión en invierno.

Como en la climatización en verano, es importante que el gasto másico sea capaz de compensar la carga latente; como la humedad relativa de la impulsión es inferior a 100%, se compensa la carga latente.

La figura 3 representa el proceso psicométrico de la climatización del quirófano en invierno.

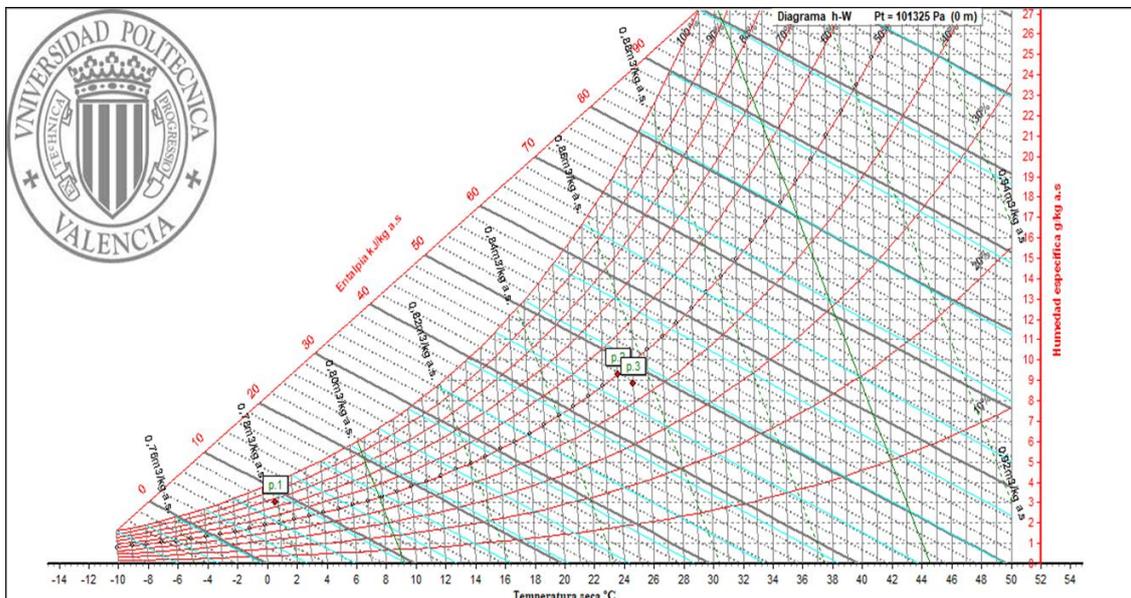


Figura 6. Diagrama psicométrico de la climatización en invierno del quirófano. Sin recirculación.

Así, se puede calcular el caudal másico a impulsar para lograr compensar las cargas térmicas

$$Q = \dot{m} \cdot v_{as} = 0,5809 \cdot 0,4976 = 0,4989 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1791,6 \text{ m}^3/\text{h}$$

Al ser el caudal importado del exterior mayor de 1.200 m³/h, se cumple con la norma UNE 100713 en cuanto a cantidad mínima de aire exterior; cumpliéndose también con el requerimiento del IDA, al haber un caudal por persona de 223,94 m³/h (superior a 72 m³/h).

De la misma manera que en la climatización en verano, es necesario que el caudal a impulsar sea 3.600 m³/h. Por tanto, es necesario impulsar un caudal adicional de aire de 1.808,4 m³/h, que se traduce en 0,5864 kg/s adicionales.

Por tanto, al gasto másico de aire a impulsar total se puede calcular como la suma del gasto másico necesario para vencer las cargas térmicas en invierno y el gasto másico para vencer las cargas de climatización.

$$\dot{m}_{i,T} = 1,1674 \text{ kg/s}$$

Finalmente, la potencia necesaria en la UTA para la época de invierno será de 34 kW.

$$Q_{UTA} = -\dot{m} \cdot (h_i - h_e)$$

$$Q_{UTA} = 1,1674 \cdot (47,7 - 8,4)$$

$$Q_{UTA} = 45,88 \text{ kW}$$

2.1.3.3.2 Opción II. Recirculación del aire.

En este apartado se propone realizar la climatización con la recirculación de parte del aire del quirófano. El esquema que sigue esta propuesta es el que se muestra en la figura 4.

La ventaja de implantar esta configuración es que la mezcla, al estar formada por parte del aire de la sala, tiene una temperatura inferior/superior (climatización en verano/invierno) que la del aire exterior; por lo tanto, la UTA será de menor potencia, consiguiendo aumentar de esta manera la eficiencia energética.

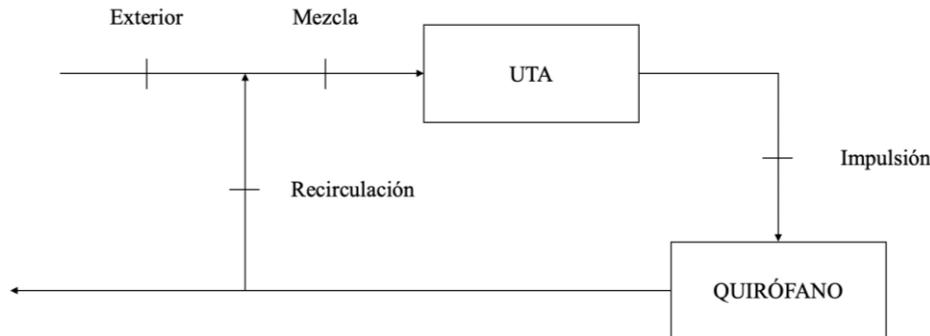


Figura 7. Esquema de la climatización con recirculación.

Como en el caso anterior, se estudiará la climatización para las estaciones con temperaturas y condiciones más extremas, verano e invierno y con las mismas condiciones que en el caso previo.

Climatización en verano.

Para el cálculo de la climatización con recirculación, se puede partir de los cálculos del apartado anterior, ya que tanto las propiedades del aire exterior, del aire de impulsión y del aire del quirófano tienen las mismas propiedades.

Para realizar el cálculo comparable, se emplea la misma temperatura de impulsión que en el caso sin recirculación de aire.

	Exterior	Quirófano	Impulsión
Temperatura seca	36 °C	24 °C	17 °C
Humedad relativa	35%	50%	72%
Humedad específica	12,9 g/kgas	9,3 g/kgas	8,7 g/kgas
Entalpía	69,3 kJ/kg	47,8 kJ/kg	39,1 kJ/kg
Temperatura húmeda	23,4 °C	17,1 °C	14 °C
Temperatura de rocío	17,9 °C	12,9 °C	11,9 °C
Presión parcial de vapor	2057 Pa	1493 Pa	1395 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8939 m ³ /kg	0,8544 m ³ /kg	0,8334 m ³ /kg
Densidad	1,1331 kg/m ³	1,1813 kg/m ³	1,2103 kg/m ³

Tabla 11. Propiedades psicrométricas del aire exterior, del quirófano y de la impulsión en verano.

Como en el caso sin recirculación de aire, el gasto másico y el caudal de impulsión es el siguiente:

Gasto másico para compensar las cargas térmicas	0,4224 kg/s
Gasto másico para lograr la ventilación correcta	0,7775 kg/s
Total	1,1999 kg/s

Tabla 12. Gasto másico de aire de impulsión.

Caudal para compensar las cargas térmicas	1267,2 m ³ /h
Caudal para lograr la ventilación correcta	2332,8 m ³ /h
Caudal total	3600 m³/h

Tabla 13. Caudal de aire de impulsión.

La norma indica que el caudal mínimo de aire exterior debe ser de 1.200 m³/h, por lo que se realiza el estudio de recircular diferentes cantidades de aire.

Las propiedades de la mezcla se calculan de la siguiente manera:

- **Masa de aire recirculado**

$$\dot{m}_i = \dot{m}_r + \dot{m}_e$$

- **Entalpía de la mezcla**

$$\dot{m}_e \cdot h_e + \dot{m}_r \cdot h_{quirófano} = \dot{m}_i \cdot h_m$$

- **Humedad específica de la mezcla**

$$\dot{m}_e \cdot w_e + \dot{m}_r \cdot w_{quirófano} = \dot{m}_i \cdot w_m$$

Se presentan las propiedades psicométricas de las diferentes aportaciones de caudal exterior. Según la norma UNE 100713, el caudal mínimo procedente del exterior debe ser de 1200 m³/h, por lo que se ha elegido este valor como mínimo para realizar el estudio de la eficiencia energética.

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Temperatura seca	27,8 °C	30,8 °C	33,6 °C
Humedad relativa	45%	42%	38%
Humedad específica	10,5 g/kgas	11,5 g/kgas	12,6 g/kgas
Entalpía	54,8 kJ/kg	60,4 kJ/kg	66,1 kJ/kg
Temperatura húmeda	19,3 °C	21 °C	22,5 °C
Temperatura de rocío	14,8 °C	16,2 °C	17,5 °C
Presión parcial de vapor	1682 Pa	1843 Pa	2006 Pa
Volumen específico de aire seco	0,867 m ³ /kg	0,8769 m ³ /kg	0,8867 m ³ /kg
Densidad	1,1655 kg/m ³	1,1535 kg/m ³	1,142 kg/m ³

Tabla 14. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en verano.

La potencia de la Unidad de Tratamiento de Aire se calcula de la siguiente manera.

$$Q_{UTA} = \dot{m} \cdot (h_i - h_e)$$

De esta manera, la potencia para los diferentes puntos estudiados se muestra en la tabla 17.

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Potencia de la UTA	18,48 kW	24,96 kW	31,44 kW

Tabla 15. Potencia de la UTA para diferentes aportaciones de caudal exterior.

Se observa que, cuanto mayor sea el caudal recirculado, menor será la potencia de la UTA. El motivo es que cuanto más cantidad de aire del quirófano haya en la mezcla, la temperatura de esta será más similar a la de la sala por lo que no se necesitará tanta potencia para cambiar las propiedades de la mezcla y transformarlas en las del aire de impulsión.

A continuación, se muestra el diagrama psicométrico del proceso de recirculación de aire en verano.

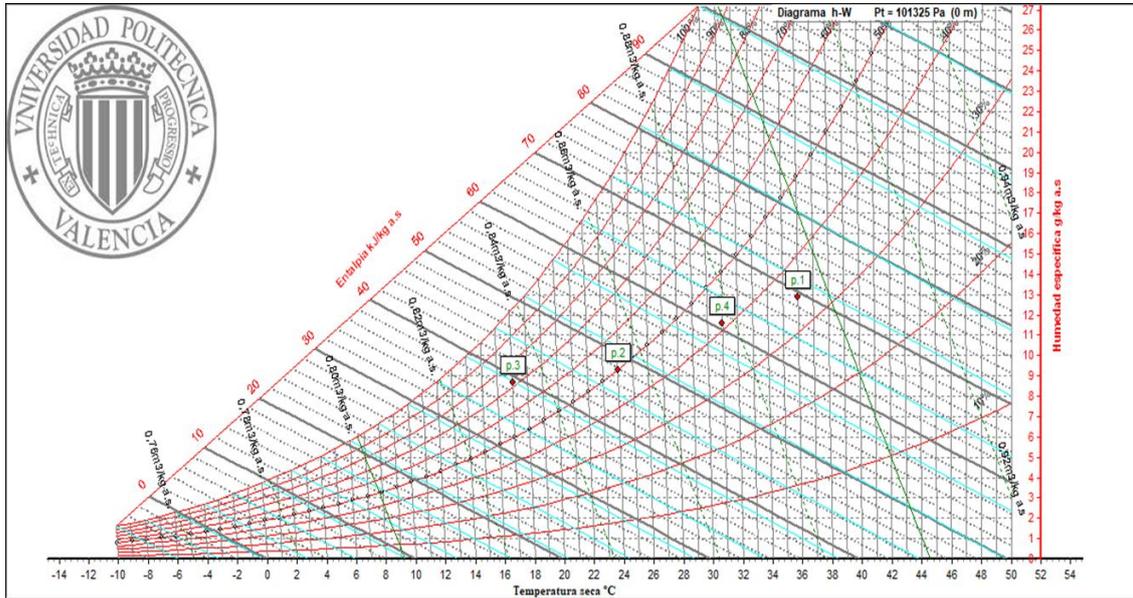


Figura 8. Diagrama psicrométrico de la climatización en verano. Con aportaciones de caudal exterior de $1.500 \text{ m}^3/\text{h}$.

Climatización en invierno.

Partiendo de los cálculos del caso sin recirculación, se tienen las propiedades psicrométricas del aire exterior, del aire del quirófano y de la impulsión.

	Exterior	Quirófano	Impulsión
Temperatura seca	0,8 °C	24 °C	25 °C
Humedad relativa	76%	50%	45%
Humedad específica	3 g/kgas	9,3 g/kgas	8,9 g/kgas
Entalpía	8,4 kJ/kg	47,8 kJ/kg	47,7 kJ/kg
Temperatura húmeda	-0,6 °C	17,1 °C	17 °C
Temperatura de rocío	-2,6 °C	12,9 °C	12,2 °C
Presión parcial de vapor	491 Pa	1493 Pa	1422 Pa
Volumen específico de aire seco	0,7798 m ³ /kg	0,8544 m ³ /kg	0,8566 m ³ /kg
Densidad	1,2862 kg/m ³	1,1813 kg/m ³	1,1777 kg/m ³

Tabla 16. Propiedades psicrométricas del aire exterior, del quirófano y de la impulsión en invierno.

El gasto másico y el caudal de impulsión es el siguiente:

Gasto másico para compensar las cargas térmicas	0,5810 kg/s
Gasto másico para lograr la ventilación correcta	0,5864 kg/s
Total	1,1674 kg/s

Tabla 17. Gasto másico de aire de impulsión.

Caudal para compensar las cargas térmicas	1791,6 m ³ /h
Caudal para lograr la ventilación correcta	1808,4 m ³ /h
Caudal total	3600 m³/h

Tabla 18. Caudal de aire de impulsión.

Como en el caso de la climatización con recirculación en verano, se estudian diferentes alternativas con diferentes aportaciones de caudales de impulsión; cumpliendo siempre con la norma, que establece que la cantidad mínima de aire exterior debe ser de 1200 m³/h.

Las propiedades de la mezcla se calculan como en el apartado anterior, obteniéndose la siguiente tabla para las diferentes aportaciones.

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Temperatura seca	15,6 °C	18,5 °C	15,8 °C
Humedad relativa	64%	47%	67%
Humedad específica	7 g/kgas	6,1 g/kgas	7,5 g/kgas
Entalpía	33,4 kJ/kg	34,1 kJ/kg	34,9 kJ/kg
Temperatura húmeda	11,7 °C	12,1 °C	12,4 °C
Temperatura de rocío	8,7 °C	6,8 °C	9,7 °C
Presión parcial de vapor	1128 Pa	991 Pa	1207 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8271 m ³ /kg	0,8343 m ³ /kg	0,8285 m ³ /kg
Densidad	1,2175 kg/m ³	1,206 kg/m ³	1,216 kg/m ³

Tabla 19. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en invierno.

La potencia de la Unidad de Tratamiento de Aire se calcula de la siguiente manera.

$$Q_{UTA} = -\dot{m} \cdot (h_i - h_e)$$

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Potencia de la UTA	16,69	15,88	14,94

Tabla 20. Potencia de la UTA para diferentes aportaciones de caudal exterior en invierno.

En el caso de la climatización en invierno, a penas hay diferencia entre las distintas aportaciones de caudal; adicionalmente, al contrario que en verano, a mayor aportación de caudal exterior, menor es la potencia necesaria en la UTA.

El diagrama psicrométrico del proceso de recirculación de aire en invierno es el que sigue.

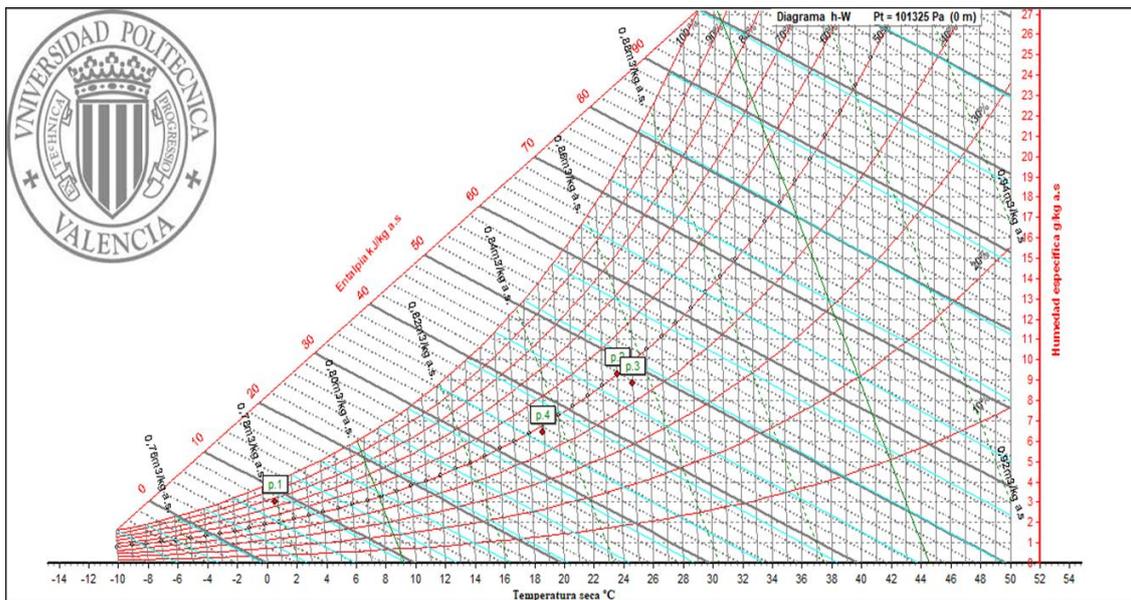


Tabla 21. Diagrama psicrométrico de la climatización en invierno. Con recirculación.

2.1.3.3.3 Conclusiones.

La tabla 21 muestra un resumen de los diferentes resultados obtenidos para poder realizar una comparativa y decidir la mejor opción.

	Caudal de aire exterior	Verano	Invierno
Opción I. Sin recirculación de aire.	3600 m ³ /h	-36,24 kW	33,75 kW
Opción II. Con recirculación de aire	1200 m ³ /h	-18,48 kW	16,69 kW
	1500 m ³ /h	-24,96 kW	15,88 kW
	1800 m ³ /h	-31,44 kW	14,94 kW

Tabla 22. Resultados de la climatización del quirófano.

Teniendo en cuenta que la recirculación de aire es una recomendación de la norma UNE 100713, se decide que la opción más eficiente energéticamente es recircular aire, aportando una cantidad de aire exterior de 1.500 m³/h. Por tanto, la UTA del quirófano debe ser de 25 kW, para cubrir las necesidades tanto de invierno como de verano.

Un punto por destacar es la diferencia entre la climatización en verano y en invierno; en verano, a mayor aportación de caudal exterior, mayor potencia necesitará la UTA, mientras que, en invierno, aun que las diferencias entre aportaciones son insignificantes; sucede al revés.

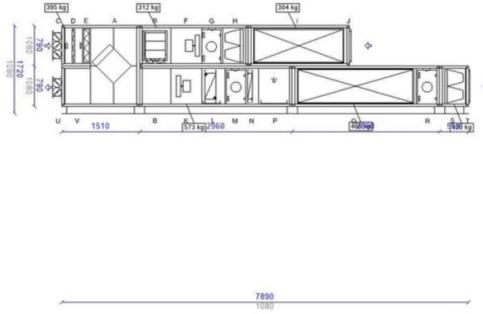
Es importante destacar que, según el RITE, cuando el caudal del aire sea superior a 0,5 m³/s será necesaria la instalación de un recuperador de calor.

2.1.3.3.4 Selección de equipos

Climatizadora.

Para la elección de la climatizadora se ha elegido el proveedor Trox para el diseño, eligiéndose un equipo con recuperador de aire mediante recuperador estático de placas. Se ha diseñado para la recuperación del 100% del caudal de impulsión, eligiéndose finalmente recuperar 2.100 m³/h de este.

Se adjunta a continuación las características de los principales elementos.



MODELO	TKM 50 HE 098x069	TKM 50 HE EU, construido con bastidor en perfil de aluminio extruido pintado, con rotura de puente térmico. Paneles de 50 mm de espesor tipo sándwich: con chapa exterior prelacada de 1 mm y chapa interior galvanizada de 1 mm. Con rotura de puente térmico y aislamiento de lana mineral. Enrasados con el bastidor formando superficies interiores lisas, adecuados para facilitar las tareas de limpieza interior del equipo. Puertas de acceso de construcción idéntica a los paneles, con bisagras y manecillas de apertura rápida. Bancada construida en perfiles en U de acero galvanizado y laminado en frío de 3mm de espesor. Los equipos para intemperie incorporarán cubierta adicional tejadillo de chapa.																																																																				
DIMENSIONES APROXIMADAS	1080x1720x7890 mm 2170 kg																																																																					
EJECUCIÓN	Intemperie: Tejadillo chapa.																																																																					
PANEL	50 mm / Lana mineral	<table border="1"> <thead> <tr> <th rowspan="2"></th> <th colspan="8">Potencia sonora (dB)</th> <th rowspan="2">dB(A)</th> </tr> <tr> <th>63Hz</th> <th>125Hz</th> <th>250Hz</th> <th>500Hz</th> <th>1kHz</th> <th>2kHz</th> <th>4kHz</th> <th>8kHz</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Descarga Impulsión</td> <td>73</td> <td>55</td> <td>51</td> <td>26</td> <td>24</td> <td>20</td> <td>18</td> <td>26</td> <td>49</td> </tr> <tr> <td>Toma Impulsión</td> <td>73</td> <td>75</td> <td>87</td> <td>81</td> <td>75</td> <td>78</td> <td>79</td> <td>74</td> <td>85</td> </tr> <tr> <td>Toma Retorno</td> <td>63</td> <td>57</td> <td>51</td> <td>20</td> <td>13</td> <td>11</td> <td>20</td> <td>22</td> <td>46</td> </tr> <tr> <td>Descarga Retorno</td> <td>76</td> <td>73</td> <td>79</td> <td>79</td> <td>82</td> <td>81</td> <td>83</td> <td>76</td> <td>88</td> </tr> <tr> <td>Ruido Radiado</td> <td>76</td> <td>65</td> <td>66</td> <td>55</td> <td>55</td> <td>55</td> <td>51</td> <td>35</td> <td>62</td> </tr> </tbody> </table>		Potencia sonora (dB)								dB(A)	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz	Descarga Impulsión	73	55	51	26	24	20	18	26	49	Toma Impulsión	73	75	87	81	75	78	79	74	85	Toma Retorno	63	57	51	20	13	11	20	22	46	Descarga Retorno	76	73	79	79	82	81	83	76	88	Ruido Radiado	76	65	66	55	55	55	51	35	62
	Potencia sonora (dB)								dB(A)																																																													
	63Hz	125Hz	250Hz	500Hz	1kHz	2kHz	4kHz	8kHz																																																														
Descarga Impulsión	73	55	51	26	24	20	18	26	49																																																													
Toma Impulsión	73	75	87	81	75	78	79	74	85																																																													
Toma Retorno	63	57	51	20	13	11	20	22	46																																																													
Descarga Retorno	76	73	79	79	82	81	83	76	88																																																													
Ruido Radiado	76	65	66	55	55	55	51	35	62																																																													
BANCADA	H=140 mm																																																																					
Nº MÓDULOS	6																																																																					
CAUDAL AIRE	Impulsión 3600 m³/h Retorno 3600 m³/h																																																																					
NOTAS	Cumple la norma ERP 2018 Cumple la norma ERP 2016 Cálculos realizados: 570 m Altitud																																																																					
SUPLEMENTOS	Compuerta bypass recuperador dimensionada para el 100% del caudal de impulsión..Paneles con sellado especial.																																																																					

Figura 9. UTA quirófano. Proveedor TROX.

Se dimensionan también tanto el ventilador de impulsión como el ventilador de retorno.

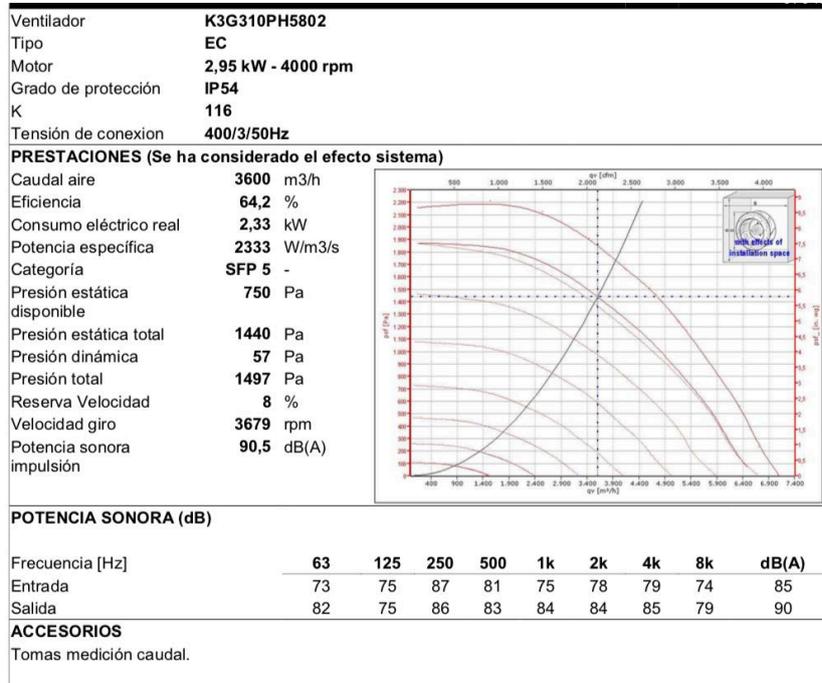


Figura 10. Ventilador de impulsión quirófano. Proveedor: TROX

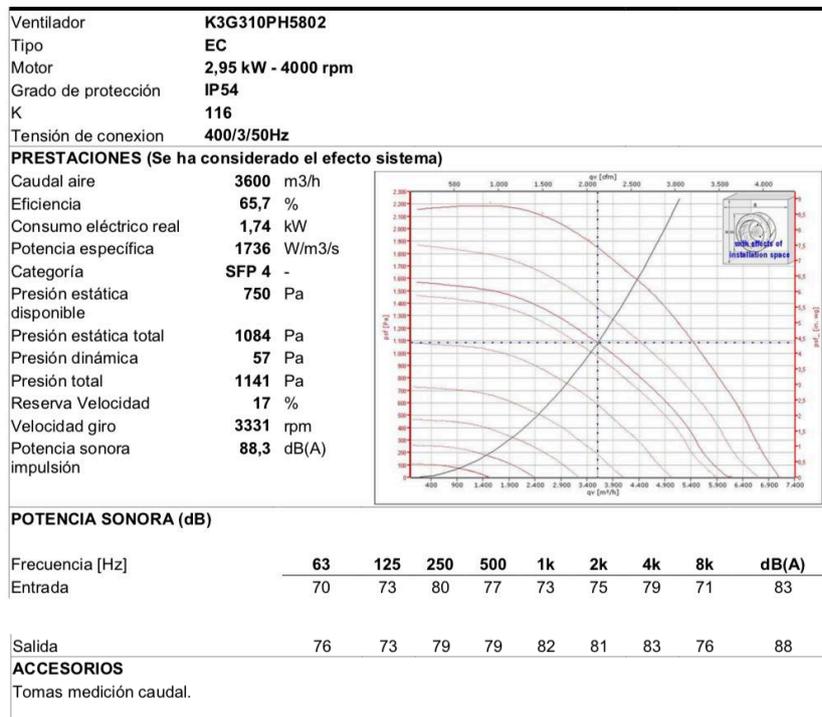


Figura 11. Ventilador de retorno quirófano. Proveedor TROX.

Y el recuperador estático de placas.

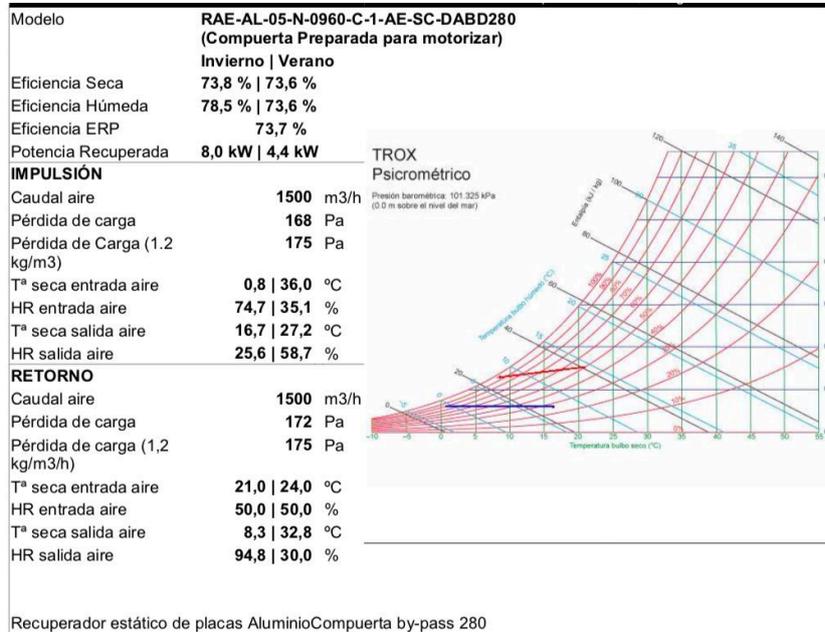


Figura 12. Recuperador estático de placas del quirófano. Proveedor: TROX.

La batería de refrigeración tiene las siguientes propiedades.

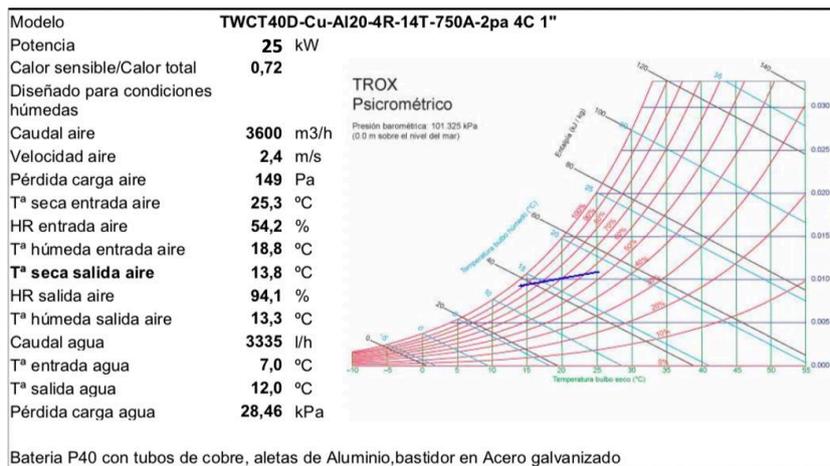


Figura 13. Batería de refrigeración. Proveedor: TROX.

A partir de esta información, se diseñará la enfriadora.

La batería de calefacción tiene las siguientes propiedades.

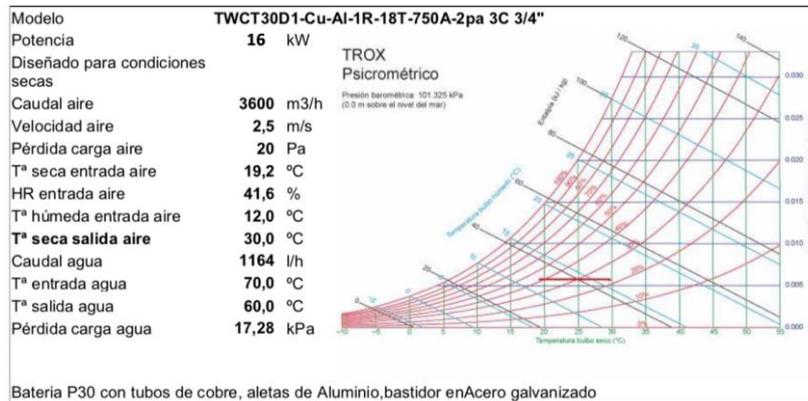


Figura 14. Batería de calefacción. Proveedor: TROX.

A partir de esta información se diseñará la caldera.

Enfriadora.

Como se ha mencionado antes, para poder diseñar la enfriadora es necesario conocer las propiedades de la batería de refrigeración. Por tanto, es necesario partir de que la potencia de la batería de refrigeración es de 25 kW.

De esta manera, se elige la enfriadora del proveedor Termoven de agua solo frío condensadas por aire. En concreto, se elige el modelo 30.1 capaz de suministrar 29,5 kW.

MODELO		30.1	COMPRESOR		INTERCAMBIADOR DE AGUA		
Capacidad frigorífica	KW	29,5	Tipo		Tipo		
Potencia absorbida en frío	KW	9,2	Modelo	CV	14	Cantidad	1
Intensidad nominal	Amp	19,3	Intensidad nominal	Amp	17	Caudal de agua	m ³ /h 5,1
Tensión de alimentación			Potencia absorbida frío por compresor	KW	8	Pérdida de carga	kPa 25
EFICIENCIA			Cantidad		1		
E.E.R		3,2	Etapas		1		

Figura 15. Enfriadora quirófano. Proveedor: Termoven.

Caldera.

Para el diseño de la caldera se parte de la potencia necesaria en la batería de calefacción, 13,25 kW.

Para la selección de la caldera se elige el proveedor Baxi. Entre las opciones que ofrecer el fabricante encontramos calderas de gas, de gasoil y eléctricas; en aras a disminuir las emisiones se elige la caldera de gas Platinum Max iPlus, caracterizada por trabajar con un 20% de hidrógeno, contribuyendo de esta manera a la reducción de emisiones.

			Platinum MAX iPlus			Platinum iPlus		
			24/24F	30/30F	35/35F	24 AF	28 AF	32 AF
Caldera de condensación			Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
Caldera de baja temperatura ⁽¹⁾			No	No	No	No	No	No
Caldera B1			No	No	No	No	No	No
Aparato de calefacción de cogeneración			No	No	No	No	No	No
Calefactor combinado			Sí	Sí	Sí	No	No	No
Potencia calorífica nominal	<i>P_{nom}</i>	kW	20	24	32	24	28	32
Potencia calorífica útil con potencia calorífica nominal y ajuste de alta temperatura ⁽²⁾	<i>P₄</i>	kW	20	24	32	24	28	32
Potencia calorífica útil con un 30 % de potencia calorífica nominal y ajuste de baja temperatura ⁽¹⁾	<i>P₁</i>	kW	6,8	8,1	10,8	8,1	9,4	10,8
Calefacción de la sala. Eficiencia energética estacional	<i>η_s</i>	%	94	94	94	94	94	94
Eficiencia útil con potencia calorífica nominal y ajuste de alta temperatura ⁽²⁾	<i>η₄</i>	%	88	88,1	87,9	87,9	88,1	87,9
Eficiencia útil a un 30% de la potencia calorífica nominal y ajuste de baja temperatura ⁽¹⁾	<i>η₁</i>	%	99,4	98,8	98,9	98,8	99,0	98,9
Consumo de electricidad auxiliar								
Carga completa	<i>el_{máx.}</i>	kW	0,025	0,033	0,052	0,033	0,038	0,052
Carga parcial	<i>el_{mín.}</i>	kW	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011
Modo de espera	<i>PME</i>	kW	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004
Otros elementos								
Pérdida de calor en espera	<i>P_{stby}</i>	kW	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Consumo durante el encendido del quemador	<i>P_{ign}</i>	kW	0	0	0	0	0	0

			Platinum MAX iPlus			Platinum iPlus		
			24/24F	30/30F	35/35F	24 AF	28 AF	32 AF
Presión mínima	bar		0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Presión máxima	bar		8	8	8	8	8	8
Presión dinámica mínima	bar		0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
Caudal de agua mínimo	l/min		2	2	2	2	2	2
Caudal específico (D)	l/min		11,5	14,3	16,7	-	-	-
Rango de temperaturas para el circuito de agua sanitaria	°C		35/60	35/60	35/60	35/60	35/60	35/60
Producción de agua sanitaria con ΔT = 25 °C	l/min		13,8	17,2	20,1	-	-	-
Producción de agua sanitaria con ΔT = 35 °C	l/min		9,8	12,3	14,3	-	-	-

Figura 16. Caldera de gas. Proveedor: Baxi.

2.1.3.3.5 Conductos de aire

Dentro de los conductos de aire se distinguen los destinados a transportar el aire de impulsión, los destinados a recoger el aire de recirculación.

La norma UNE 100713 hace referencia a los conductos de aire, destacando los siguientes puntos que se deben tener en cuenta a la hora de diseñar los mismo:

- “Los conductos deben ser lo más corto posible”.
- El empleo de conductos flexibles solo está permitido para la conexión a unidades terminales de aire, siempre y cuando la longitud sea inferior a 2 metros.
- Se deben diseñar de forma aerodinámica tanto los conductos como las transformaciones y conexiones para evitar la acumulación de impurezas en el interior.
- Todos los conductos deben estar canalizados, no pueden emplearse huecos de obra para la circulación del aire.
- La figura 17 representa la disposición de los conductos de aire.

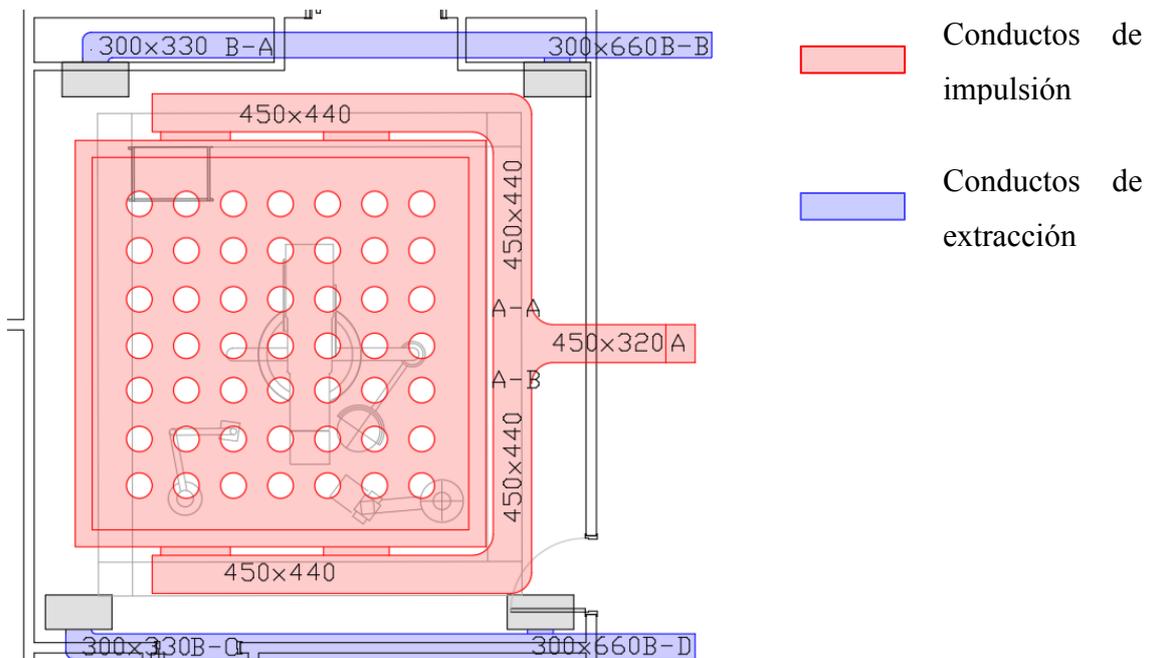


Figura 17. Conductos de aire del quirófano

Conductos de impulsión de aire.

Como indica la norma UNE 100713, al tratarse de una local clase I, la climatizadora se encontrará lo más cerca posible del quirófano; en concreto, se encontrará en el piso inmediatamente superior al quirófano, que es una azotea.

Como se puede observar en la figura 16, se distinguen 2 conductos diferentes que dan lugar al elemento de difusión. A través de este elemento el aire saldrá por difusión de flujo laminar, tal como exige la norma para quirófanos tipo A (elevadas exigencias). El objetivo del flujo laminar es que el aire, con filtración absoluta, salga directamente desde el elemento de difusión hacia el paciente, sin mezclarse con el aire del resto de la sala. En la figura puede observarse el comportamiento del aire con flujo laminar en un quirófano.

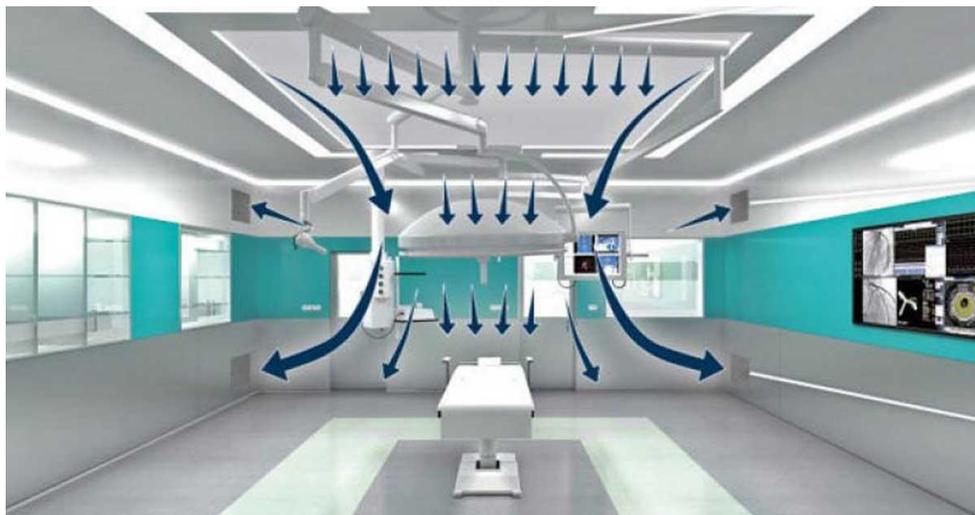


Figura 18. Flujo laminar en el quirófano. Fuente: Seisma.

Para el cálculo de las dimensiones de los conductos de aire se parte del caudal que va a circular por cada uno de ellos siguiendo la siguiente metodología.

1. Se fija una velocidad de impulsión para cada uno de los conductos de aire.
2. A partir del caudal y de la velocidad de impulsión se calcula el área de los conductos.

$$A = \frac{Q}{v}$$

3. Se fija una de las dimensiones del conducto y, a partir del área, se calcula la dimensión restante.

$$b = \frac{A}{a}$$

4. Se calcula la pérdida de carga primaria.

$$\Delta p = f \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{v^2}{\rho}$$

Para ello es necesario conocer con anterioridad el coeficiente de Darcy,

$$f = 0,11 \cdot \left(\frac{\varepsilon}{D} + \frac{68}{Re} \right)$$

Siendo el valor de rugosidad 90 y calculándose el número de Reynolds de la siguiente manera,

$$Re = 66.400 \cdot D_h \cdot v = 66.400 \cdot 4 \cdot \frac{A}{2 \cdot a + 2 \cdot b} \cdot v$$

5. La pérdida de carga secundaria se estima que es un 20% de la pérdida de carga primaria.

Los resultados que se obtienen se muestran en la tabla 23.

Tramo	Caudal [m ³ /h]	Velocidad [m/s]	a [m]	b [m]	D _h [m]	Área [m ²]	Reynolds [-]	ε [mm]	f [-]	Δp _i [Pa/m]	Δp _{ii} [Pa/m]	Δp [Pa/m]
A	3600	7	0,45	0,32	0,37	0,14	173038,26	90,00	0,02	1,38	0,28	1,65
A-A	1800	2,5	0,45	0,44	0,45	0,20	74236,02	90,00	0,02	0,17	0,03	0,20
A-B	1800	2,5	0,45	0,44	0,45	0,20	74236,02	90,00	0,02	0,17	0,03	0,20

Tabla 23. Diseño de los conductos de aire de impulsión del quirófano.

Es importante también dimensionar los difusores por los que va a salir el aire al quirófano. Como se ha mencionado antes, el aire debe salir de los difusores con flujo laminar; por este motivo se emplean los siguientes cajones portafolio.

Tamaño conjunto	Caudal nominal $v=0,25$ m/seg		Caudal nominal $v=0,35$ m/seg		Número de módulos / Dimensiones módulos	Dimensiones cajón paso de lámpara mm
	l/s	m ³ /h	l/s	m ³ /h		
2638 x 1352 x 300	700	2500	975	3500	4 / 981 x 676 + 2 / 676 x 371	610 x 676
2572 x 2028 x 300	1100	4000	1500	5500	4 / 1286 x 676 + 2 / 981 x 676	610 x 676
3248 x 1928 x 300	1300	4700	1800	6600	6 / 1286 x 676 + 2 / 676 x 676	676 x 676
3380 x 2572 x 300	1850	6700	2600	9500	8 / 1286 x 676 + 2 / 981 x 676	610 x 676
3380 x 2943 x 300	2200	7900	3100	11100	12 / 981 x 676 + 2 / 1286 x 676	371 x 676
3553 x 3456 x 300	2600	9400	3650	13200	12 / 1286 x 676 + 4 / 981 x 676 + 2 / 981 x 371	610 x 981

Figura 19. Cajones portafolio de flujo laminar. Proveedor: Trox.

Se selecciona el de dimensiones 2572x2028x300, ya que suministra una caudal nominal de 4.000 m³/h para una velocidad de salida del difusor de 0,25 m/s, cumpliendo con la norma.

Conductos de extracción del aire.

El aire se va a extraer de la sala con dos objetivos diferentes, recircular el aire y extraerlo para expulsarlo al exterior.

Se adjunta una tabla con los cálculos para los conductos de recirculación de aire.

Tramo	Caudal [m ³ /h]	Velocidad [m/s]	a [mm]	b [cm]	D _h [m]	Área [m ²]	Reynolds [-]	ϵ [mm]	f [-]	Δp_I [Pa/m]	Δp_{II} [Pa/m]	Δp [Pa/m]
B-A	900	2,5	0,30	0,33	0,32	0,10	52421,05	90,00	0,02	0,26	0,05	0,31
B-B	900	2,5	0,30	0,67	0,41	0,20	68689,66	90,00	0,02	0,19	0,04	0,22
B-C	900	2,5	0,30	0,33	0,32	0,10	52421,05	90,00	0,02	0,26	0,05	0,31
B-D	900	2,5	0,30	0,67	0,41	0,20	68689,66	90,00	0,02	0,19	0,04	0,22

Tabla 24. Diseño de los conductos de recirculación de aire del quirófano.

2.1.3.3.6 Conductos de agua

El dimensionamiento de los conductos de agua es el mismo que para los conductos de aire, partiendo del caudal de la enfriadora y del caudal de la caldera. De esta manera, las dimensiones serán las siguientes:

Tubería	Caudal	Velocidad	Diámetro comercial	Área	Reynolds	ε	f	Δp_I	Δp_{II}	Δp
	[m ³ /h]	[m/s]	[cm]	[cm ²]	[-]	[mm]	[-]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]
A	5,1	0,80	4,75	17,71	3798690,32	5,00	0,02	0,03	0,01	0,03
B	5,1	0,80	4,75	17,71	3798690,32	5,00	0,02	0,03	0,01	0,03

Tabla 25. Conductos de agua de la enfriadora del quirófano.

Tubería	Caudal	Velocidad	Diámetro comercial	Área	Reynolds	ε	f	Δp_I	Δp_{II}	Δp
	[m ³ /h]	[m/s]	[cm]	[cm ²]	[-]	[mm]	[-]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]
A	3,2	0,80	3,76	11,11	3009011,11	5,00	0,02	0,04	0,01	0,04
B	3,2	0,80	3,76	11,11	3009011,11	5,00	0,02	0,04	0,01	0,04

Tabla 26. Conductos de agua de la caldera de gas del quirófano.

2.1.4 CLIMATIZACIÓN DE LA SALA BLANCA

Para realizar la climatización de la sala blanca, al ser una sala destinada a mantener y preservar los órganos extraídos, se van a seguir las mismas exigencias que para la climatización del quirófano. Por tanto, del mismo modo que en el caso del quirófano, se empleará la norma UNE 100713.

2.1.4.1 Exigencias fisiológicas, higiénicas y técnicas en una sala blanca

Las exigencias de la sala blanca serán las mismas que las del quirófano, resumiéndose en los siguientes puntos:

- Temperatura del aire ambiente: 24°C.
- Humedad relativa del aire ambiente: 50%.
- Local de clase I, de altas exigencias respecto a la presencia de gérmenes.
- Al ser un local de clase I, se establecerán 3 niveles de filtración; resumidos en la siguiente tabla.

Nivel de filtración	Localización	Clase de filtro	Norma
1 ^{er}	Entrada de la UTA	F5	UNE-EN 779
2 ^o	Salida de la UTA	F9	UNE-EN 779
3 ^o	Final del conducto de impulsión	H13	UNE-EN 1822-1

Tabla 27. Nivel de filtración en la UTA de la sala blanca.

- El caudal de aire impulsado se calculará siguiendo la norma UNE 100713 y será de 3.600 m³/h.
- El caudal de aire procedente del exterior será de 1.200 m³/h.

2.1.4.2 Cargas térmicas

Como en cualquier climatización es necesario realizar el diseño de las instalaciones tanto para verano como para invierno, por ser las estaciones con condiciones más extremas.

El cálculo de las cargas térmicas se ha realizado de la misma manera que en el caso del quirófano, teniendo en cuenta los siguientes puntos:

- Se ha estimado que las luminarias aportan aproximadamente $20\text{W}/\text{m}^2$.
- De la misma manera que en el caso anterior, se estima que la maquinaria aporta aproximadamente 500W .
- Por último, una persona realizando un trabajo ligero de pie genera 72 W de carga sensible y 74 W de carga latente. Se ha tenido en cuenta que en la sala blanca hay un máximo de 4 personas simultáneamente.

Los resultados de cargas térmicas para verano y para invierno se encuentran en las tablas siguientes.

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Trasmisión Pared	0,00	0,00
Trasmisión Techo	247,35	0,00
Trasmisión Suelo	247,35	0,00
Trasmisión Ventanas	0,00	0,00
Luminarias	792,80	0,00
Maquinarias	500,00	0,00
Personas	288,00	296,00
Infiltración	0,00	0,00
Total	1828,15	296,00

Tabla 28. Cargas térmicas en verano.

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Trasmisión Pared	0,00	0,00
Trasmisión Techo	478,22	0,00
Trasmisión Suelo	0,00	0,00
Trasmisión Ventanas	0,00	0,00
Luminarias	0,00	0,00
Maquinarias	0,00	0,00
Personas	0,00	296,00
Infiltración	0,00	0,00
Total	478,22	296,00

Tabla 29. Cargas térmicas en invierno.

Se ha aplicado un factor de seguridad del 10%, por lo que las cargas térmicas finales para el cálculo de la climatización son las siguientes,

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Verano	2010,97	325,60
Invierno	526,04	325,60

Tabla 30. Cargas térmicas con factor de seguridad.

2.1.4.3 Propiedades Psicométricas

Tal y como se ha demostrado en la climatización del quirófano, la solución más eficiente, que respeta las condiciones de calidad del aire, es la recirculación. Por tanto, es la que se empleará para la climatización de la sala blanca.

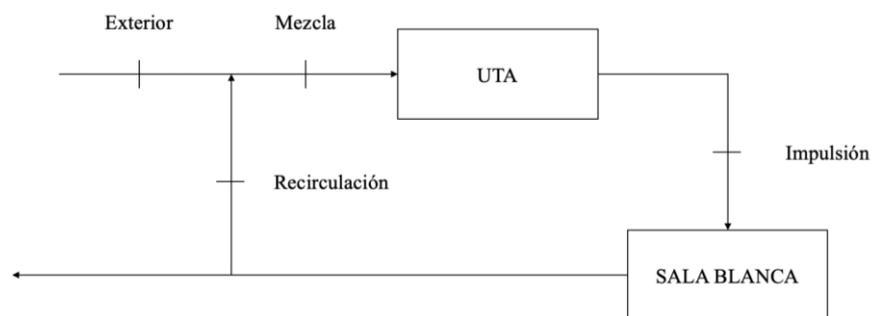


Figura 20. Diagrama de la instalación de climatización en la sala blanca.

A través de esta configuración, se disminuye la potencia requerida por estar el aire que entra en la UTA a una temperatura similar a la sala.

Climatización en verano

Utilizando la misma metodología del apartado anterior, se obtienen las siguientes propiedades psicométricas para el aire exterior, la impulsión y la zona, recogidas en la tabla 27.

	Exterior	Sala blanca	Impulsión
Temperatura seca	36 °C	24 °C	17 °C
Humedad relativa	35%	50%	73%
Humedad específica	12,9 g/kgas	9,3 g/kgas	8,8 g/kgas
Entalpía	69,3 kJ/kg	47,8 kJ/kg	39,5 kJ/kg
Temperatura húmeda	23,4 °C	17,1 °C	14,1 °C
Temperatura de rocío	17,9 °C	12,9 °C	12,2 °C
Presión parcial de vapor	2057 Pa	1493 Pa	1419 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8939 m ³ /kg	0,8544 m ³ /kg	0,83 m ³ /kg
Densidad	1,1331 kg/m ³	1,1813 kg/m ³	1,21 kg/m ³

Tabla 31. Propiedades psicométricas del aire de entrada, el aire de impulsión y el aire de la sala blanca en verano.

El gasto másico y el caudal de impulsión del aire es el siguiente:

<u>Gasto másico para compensar las cargas térmicas</u>	<u>0,2805 kg/s</u>
<u>Gasto másico para lograr la ventilación correcta</u>	<u>0,9191 kg/s</u>
Total	1,1996 kg/s

Tabla 32. Gasto másico de aire de impulsión.

<u>Caudal para compensar las cargas térmicas</u>	<u>841,9 m³/h</u>
<u>Caudal para lograr la ventilación correcta</u>	<u>2758,1 m³/h</u>
Caudal total	3600 m³/h

Tabla 33. Caudal de aire de impulsión.

A continuación, se calculan las propiedades psicométricas de la mezcla para diferentes aportaciones de caudal exterior.

Se realiza un estudio para conocer la eficiencia energética en función del caudal procedente del exterior, teniendo en cuenta que el caudal mínimo de aire exterior debe ser de 1.200 m³/h.

Las propiedades psicométricas para los diferentes caudales se recogen en la tabla 30.

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Temperatura seca	27,8 °C	30,5 °C	33,2 °C
Humedad relativa	4500%	4200%	3900%
Humedad específica	10,4 g/kgas	11,4 g/kgas	12,4 g/kgas
Entalpía	54,5 kJ/kg	59,9 kJ/kg	65,3 kJ/kg
Temperatura húmeda	19,2 °C	20,8 °C	22,3 °C
Temperatura de rocío	14,6 °C	16,1 °C	17,4 °C
Presión parcial de vapor	1666 Pa	1827 Pa	1984 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8667 m ³ /kg	0,8759 m ³ /kg	0,89 m ³ /kg
Densidad	1,1658 kg/m ³	1,1547 kg/m ³	1,14 kg/m ³

Tabla 34. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal en la sala blanca. En verano.

La potencia necesaria en UTA para cada aportación de caudal exterior se presenta en la tabla 31.

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Potencia de la UTA	17,99 kW	24,47 kW	30,95 kW

Tabla 35. Potencia de la UTA de diferentes aportaciones de caudal exterior en la sala blanca. En verano.

Climatización en invierno

La metodología de cálculo es la misma que en el apartado anterior, obteniéndose los resultados mostrados en las siguientes tablas.

	Exterior	Sala blanca	Impulsión
Temperatura seca	0,8 °C	24 °C	25 °C
Humedad relativa	76%	50%	46%
Humedad específica	3 g/kgas	9,3 g/kgas	9,1 g/kgas
Entalpía	8,4 kJ/kg	47,8 kJ/kg	48,3 kJ/kg
Temperatura húmeda	-0,6 °C	17,1 °C	17,2 °C
Temperatura de rocío	-2,6 °C	12,9 °C	12,6 °C
Presión parcial de vapor	491 Pa	1493 Pa	1461 Pa
Volumen específico de aire seco	0,7798 m ³ /kg	0,8544 m ³ /kg	0,86 m ³ /kg
Densidad	1,2862 kg/m ³	1,1813 kg/m ³	1,18 kg/m ³

Tabla 36. Propiedades psicométricas del aire de entrada, del aire de impulsión y el aire de la sala blanca en invierno.

El gasto másico y el caudal de impulsión del aire es el siguiente:

Gasto másico para compensar las cargas térmicas	0,5137 kg/s
Gasto másico para lograr la ventilación correcta	0,6532 kg/s
Total	1,1996 kg/s

Tabla 37. Gasto másico de aire de impulsión.

Caudal para compensar las cargas térmicas	1584,9 m ³ /h
Caudal para lograr la ventilación correcta	2015,1 m ³ /h
Caudal total	3600 m³/h

Tabla 38. Caudal de aire de impulsión.

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Temperatura seca	15,6 °C	18,5 °C	15,8 °C
Humedad relativa	6400%	4700%	6700%
Humedad específica	7 g/kgas	6,1 g/kgas	7,5 g/kgas
Entalpía	33,4 kJ/kg	34,1 kJ/kg	34,9 kJ/kg
Temperatura húmeda	11,7 °C	12,1 °C	12,4 °C
Temperatura de rocío	8,7 °C	6,8 °C	9,7 °C
Presión parcial de vapor	1128 Pa	991 Pa	1207 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8271 m ³ /kg	0,8343 m ³ /kg	0,83 m ³ /kg
Densidad	1,2175 kg/m ³	1,206 kg/m ³	1,22 kg/m ³

Tabla 39. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en la sala blanca. En invierno.

En la tabla 36 se presenta la potencia necesaria en la UTA en función del caudal exterior.

Aire exterior	1200 m³/h	1500 m³/h	1800 m³/h
Potencia de la UTA	17,38 kW	16,56 kW	15,64 kW

Tabla 40. Potencia de la UTA de diferentes aportaciones de caudal exterior en la sala blanca. En verano.

En la climatización en invierno, a penas se aprecia diferencia al aportar diferentes caudales desde el exterior.

2.1.4.3.1 Conclusiones.

En el caso de la sala blanca, se instalará una UTA de 25 kW de potencia, capaz de cubrir las necesidades tanto de invierno como de verano, para mantener aportaciones de caudal exterior de 1500 m³/h.

2.1.4.3.2 Selección de equipos

En este caso, al considerarse la sala blanca equivalente a un quirófano, el diseño de la UTA que alimenta a la sala blanca es el mismo, ya que el caudal de impulsión es el mismo (3.600 m³/h) y se recircula 2.100 m³/h de aire. Es importante destacar que tanto los quirófanos como las salas blancas deben disponer de una clasificación ISO 7, que certifica la calidad del aire.

Climatizadora.

De esta manera, la UTA seleccionada es la misma que la del quirófano. El detalle de esta se encuentra en el Anexo.

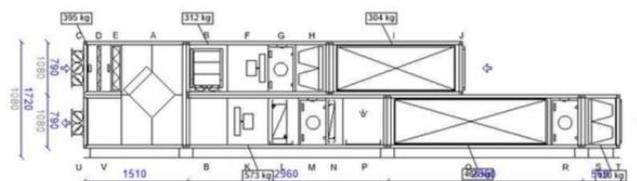


Figura 21. Climatizadora de la sala blanca.

Enfriadora.

Se elige, como en el caso del quirófano, se elige la enfriadora del proveedor Termoven de agua solo frío condensadas por aire. En concreto, se elige el modelo 30.1 capaz de suministrar 29,5 kW.

Caldera.

Se selecciona el modelo de caldera de gas Platinum Max iPlus del proveedor Baxi, como en el caso del quirófano.

2.1.4.3.3 Conductos de aire

El cálculo de los conductos de aire se realiza como en el caso anterior.

Tipo	Tramo	Q [m ³ /h]	v [m/s]	a [mm]	b [cm]	D _h [m]	Área [m ²]	Reynolds [-]	ε [mm]	f [-]	Δp _i [Pa/m]	Δp _{ii} [Pa/m]	Δp [Pa/m]
Impulsión	A	3600	7	0,40	0,36	0,38	0,14	175396,23	90,00	0,02	1,36	0,27	1,63
	A-A	720	2,5	0,30	0,27	0,28	0,08	46870,59	90,00	0,02	0,30	0,06	0,36
	A-B	720	2,5	0,30	0,27	0,28	0,08	46870,59	90,00	0,02	0,30	0,06	0,36
	A-C	720	2,5	0,30	0,27	0,28	0,08	46870,59	90,00	0,02	0,30	0,06	0,36
	A-D	720	2,5	0,30	0,27	0,28	0,08	46870,59	90,00	0,02	0,30	0,06	0,36
	A-E	720	2,5	0,30	0,27	0,28	0,08	46870,59	90,00	0,02	0,30	0,06	0,36
Recirculación	B-A	900	2,5	0,30	0,33	0,32	0,10	52421,05	90,00	0,02	0,26	0,05	0,31
	B-B	900	2,5	0,30	0,67	0,41	0,20	68689,66	90,00	0,02	0,19	0,04	0,22
	B-C	900	2,5	0,30	0,33	0,32	0,10	52421,05	90,00	0,02	0,26	0,05	0,31
	B-D	900	2,5	0,30	0,67	0,41	0,20	68689,66	90,00	0,02	0,19	0,04	0,22

Tabla 41. Conductos de impulsión y recirculación de aire de la sala blanca.

La figura 21 representa la disposición de los conductos de aire.

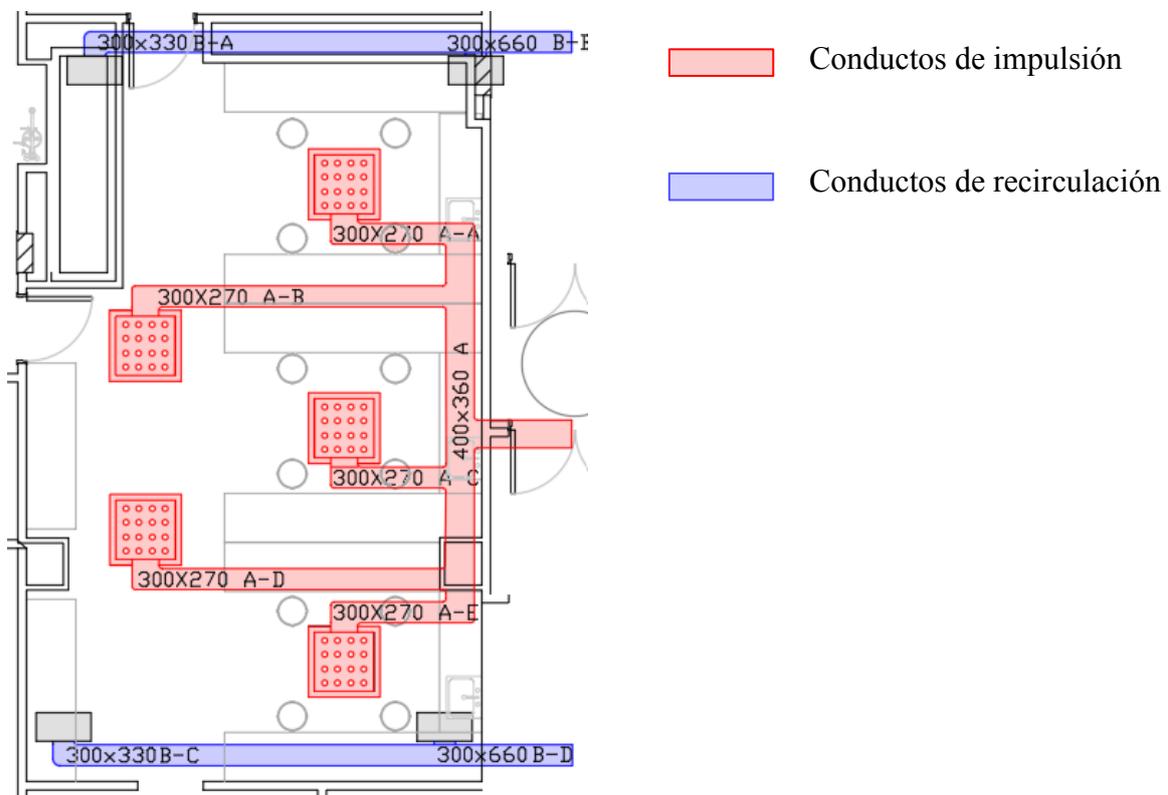
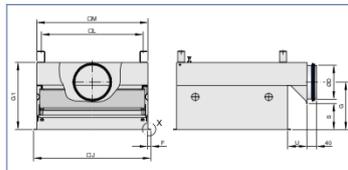


Figura 22. Conductos de aire de la sala blanca.

En este caso, la difusión del aire de impulsión se realizará por difusores de flujo turbulento. En concreto se instalarán 5 cajones portafolio absoluto con difusor de la marca TROX, capaces de suministrar hasta 850 m³/h y con células de filtro serie MFP de clase H13 para lograr una filtración absoluta.

TFC-SC



Tamaño nominal	Tamaño nominal	Filtro por tamaño	Ø D	G1	K	M	J	L	F	U	S	G	kg
	VDW	B x H x T											
400	400 x 16	345 x 345 x 78/91	158	299	398	371	388	330	10	135	69	189	17
400	400 x 16	345 x 345 x 78/91	198	299	398	371	388	330	10	135	69	189	17
400	400 x 16	345 x 345 x 150	158	371	398	371	388	330	10	135	141	261	17
400	400 x 16	345 x 345 x 150	198	371	398	371	388	330	10	135	141	261	17
500	500 x 24	435 x 435 x 78/91	158	294	498	461	488	420	15	135	64	184	21
500	500 x 24	435 x 435 x 78/91	198	294	498	461	488	420	15	135	64	184	21
500	500 x 24	435 x 435 x 150	158	366	498	461	488	420	15	135	136	256	21
500	500 x 24	435 x 435 x 150	198	366	498	461	488	420	15	135	136	256	21
600	600 x 24	535 x 535 x 78/91	248	344	598	561	588	520	15	135	64	209	22
600	600 x 24	535 x 535 x 78/91	313	409	598	561	588	520	15	135	64	242	22
600	600 x 24	535 x 535 x 150	248	416	598	561	588	520	15	135	136	281	22
600	600 x 24	535 x 535 x 150	313	481	598	561	588	520	15	135	136	314	22
625	625 x 24	575 x 575 x 78/91	248	349	623	601	618	560	10	135	69	214	23
625	625 x 24	575 x 575 x 78/91	313	414	623	601	618	560	10	135	69	247	23
625	625 x 48	575 x 575 x 78/91	248	349	623	601	618	560	10	135	69	214	23
625	625 x 48	575 x 575 x 78/91	313	414	623	601	618	560	10	135	69	247	23
625	625 x 24	575 x 575 x 150	248	421	623	601	618	560	10	135	141	286	23
625	625 x 24	575 x 575 x 150	313	486	623	601	618	560	10	135	141	319	23
625	625 x 48	575 x 575 x 150	248	421	623	601	618	560	10	135	141	286	23
625	625 x 48	575 x 575 x 150	313	486	623	601	618	560	10	135	141	319	23
680	680 x 24	610 x 610 x 78/91	248	344	676	636	663	595	15	135	64	209	24
680	680 x 24	610 x 610 x 78/91	313	409	676	636	663	595	15	135	64	242	24
680	680 x 54	610 x 610 x 78/91	248	344	676	636	663	595	15	135	64	209	24
680	680 x 54	610 x 610 x 78/91	313	409	676	636	663	595	15	135	64	242	24
680	680 x 24	610 x 610 x 150	248	416	676	636	663	595	15	135	136	281	24
680	680 x 24	610 x 610 x 150	313	481	676	636	663	595	15	135	136	314	24
680	680 x 54	610 x 610 x 150	248	416	676	636	663	595	15	135	136	281	24
680	680 x 54	610 x 610 x 150	313	481	676	636	663	595	15	135	136	314	24

Figura 23. Difusores de aire en flujo turbulento para la sala blanca.

2.1.4.3.4 Conductos de agua

Como se emplea la misma enfriadora y caldera que para el caso del quirófano, el dimensionamiento de los conductos de agua será el mismo.

Tubería	Caudal	Velocidad	Diámetro comercial	Área	Reynolds	ϵ	f	Δp_I	Δp_{II}	Δp
	[m ³ /h]	[m/s]	[cm]	[cm ²]	[-]	[μ m]	[-]	[Pa/m]	[Pa/m]	[Pa/m]
A	5,1	0,80	4,75	17,71	3798690,32	5,00	0,02	0,03	0,01	0,03
B	5,1	0,80	4,75	17,71	3798690,32	5,00	0,02	0,03	0,01	0,03

Tabla 42. Conductos de agua de la enfriadora de la sala blanca.

Tubería	Caudal [m ³ /h]	Velocidad [m/s]	Diámetro comercial [cm]	Área [cm ²]	Reynolds [-]	ϵ [mm]	f [-]	Δp_I [Pa/m]	Δp_{II} [Pa/m]	Δp [Pa/m]
A	11,5	0,80	7,13	39,93	5704239,12	5,00	0,02	0,02	0,00	0,02
B	11,5	0,80	7,13	39,93	5704239,12	5,00	0,02	0,02	0,00	0,02

Tabla 43. Conductos de agua de la caldera de gas de la sala blanca.

La figura representa los conductos de agua de las enfriadoras y las calderas del quirófano y de la sala blanca.

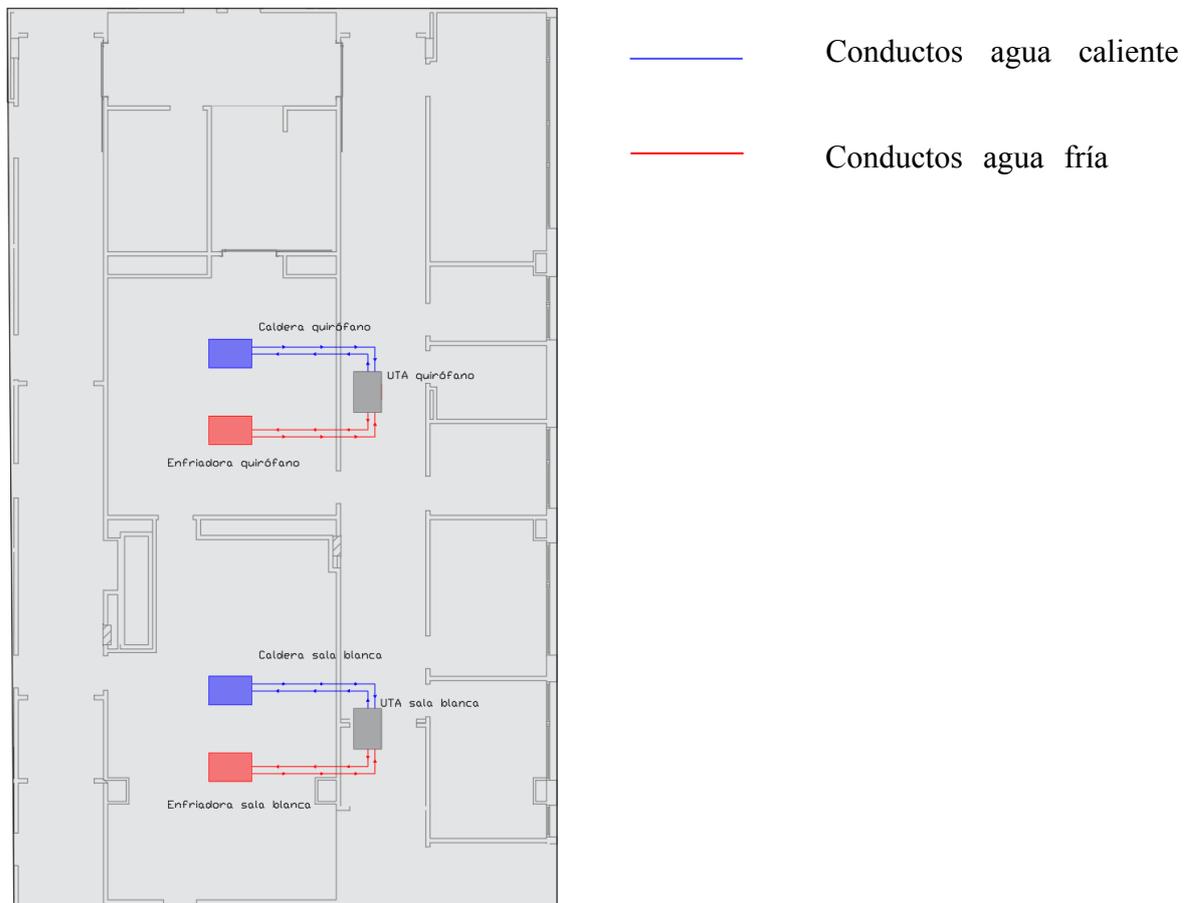


Figura 24. Vista en planta de la planta superior al quirófano.

2.1.5 CLIMATIZACIÓN DE LAS SALAS ANEXAS

Para las salas anexas al quirófano se empleará una única Unidad de Tratamiento de Aire común. Estas salas anexas incluyen el antequirófano, la sala de limpio, la sala de trabajo de personal, la sala de sucio, la sala de Sistema de Alimentación Ininterrumpida, la sala de residuos y los despachos. Al situarse todos ellos en un hospital, se empleará la norma UNE 100713, como punto de partida, pero únicamente se requerirá que se cumpla con las exigencias del RITE para hospitales; según el RITE, los hospitales entran dentro de la clasificación IDA 1, que supone los siguientes puntos:

- La calidad del aire interior debe ser alta.
- El caudal de aire exterior por persona debe ser superior a 72 m³/h.
- Debe filtrarse tanto el aire exterior como el aire interior con un filtro F9

2.1.5.1 Exigencias fisiológicas, higiénicas y técnicas en salas generales de un hospital.

Las exigencias de estas salas serán las siguientes:

- Temperatura del aire ambiente: 24°C.
- Humedad relativa del aire ambiente: 50%.
- Local de clase II, de exigencias habituales
- Al ser un local de clase II, se establecerán 2 niveles de filtración; resumidos en la siguiente tabla.

Nivel de filtración	Localización	Clase de filtro	Norma
1 ^{er}	Entrada de la UTA	F9	UNE-EN 779
2 ^o	Salida de la UTA	F9	UNE-EN 779

Tabla 44. Nivel de filtración en la UTA del resto de salas.

- El caudal de aire procedente del exterior será de 10 m³/h por m²; por tanto, teniendo en cuenta que la superficie a climatizar es de 99,78 m² el aire procedente del exterior debe ser como mínimo de 997,8 m³/h.
- El caudal de aire impulsado debe ser mayor o igual que 997,8 m³/h.

2.1.5.2 Cargas térmicas

Se va a realizar el diseño de las instalaciones de climatización tanto de invierno como de verano; para ello, se han realizado los mismos cálculos que en apartados anteriores.

- Se ha estimado que las luminarias aportan aproximadamente $20\text{W}/\text{m}^2$.
- Se estima que, en la totalidad de la superficie, la maquinaria consumo aproximadamente 1 kW.
- Por último, una persona realizando un trabajo ligero de pie genera 72 W de carga sensible y 74 W de carga latente. En este caso, se ha de tener en cuenta que son diferentes salas y que el número de personas máximo que habrá será de aproximadamente 12 personas, un número un poco superior al número máximo de personas dentro del quirófano por ser esta una zona más transitada.

Los resultados de cargas térmicas para verano y para invierno se encuentran en las tablas siguientes.

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Trasmisión Pared	0,00	0,00
Trasmisión Techo	622,63	0,00
Trasmisión Suelo	0,00	0,00
Trasmisión Ventanas	0,00	0,00
Luminarias	1.995,60	0,00
Maquinarias	1.000,00	0,00
Personas	864,00	888,00
Infiltración	0,00	0,00
Total	4.482,23	888,00

Tabla 45. Cargas térmicas en verano.

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Trasmisión Pared	0,00	0,00
Trasmisión Techo	1.203,75	0,00
Trasmisión Suelo	0,00	0,00
Trasmisión Ventanas	0,00	0,00
Luminarias	0,00	0,00

Maquinarias	0,00	0,00
Personas	0,00	888,00
Infiltración	0,00	0,00
Total	1203,75	888,00

Tabla 46. Cargas térmicas en invierno.

Aplicándose un factor de seguridad del 10%, se obtienen las cargas térmicas finales para el cálculo de la climatización en estas salas.

	Carga Sensible (W)	Carga Latente (W)
Verano	4.930,45	976,80
Invierno	1.324,12	976,80

Tabla 47. Cargas térmicas con factor de seguridad.

2.1.5.3 Propiedades psicométricas

Para el cálculo de las instalaciones de climatización en el resto de las salas se empleará la recirculación, como se muestra en la figura

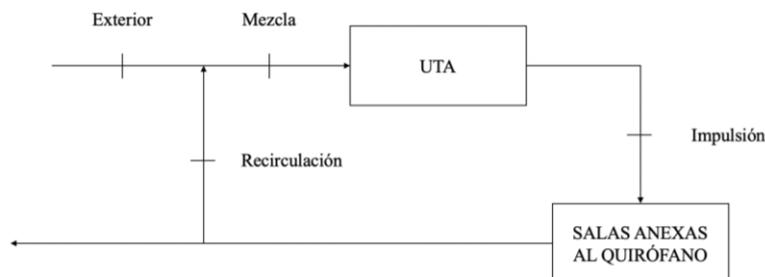


Figura 25. Esquema de climatización de las salas anexas.

Climatización en verano.

Como en las situaciones anteriores, se parte de las condiciones exteriores en la provincia de Jaén del IDAE y de las condiciones interiores requeridas en las estancias que se han expuesto en el punto 1 de este apartado. A partir de estos datos, y teniendo en cuenta el calor sensible

y latente en las salas, se ha podido calcular las propiedades psicrométricas que debe tener el aire de impulsión.

	Exterior	Salas anexas	Impulsión
Temperatura seca	36 °C	24 °C	17 °C
Humedad relativa	35%	50%	73%
Humedad específica	12,9 g/kgas	9,3 g/kgas	8,8 g/kgas
Entalpía	69,3 kJ/kg	47,8 kJ/kg	39,5 kJ/kg
Temperatura húmeda	23,4 °C	17,1 °C	14,1 °C
Temperatura de rocío	17,9 °C	12,9 °C	12,2 °C
Presión parcial de vapor	2057 Pa	1493 Pa	1419 Pa
Volumen específico de aire seco	0,8939 m ³ /kg	0,8544 m ³ /kg	0,83 m ³ /kg
Densidad	1,1331 kg/m ³	1,1813 kg/m ³	1,21 kg/m ³

Tabla 48. Propiedades psicrométricas del aire de entrada, del aire de impulsión y el aire de las salas anexas en verano.

El gasto másico y el caudal de impulsión del aire es el siguiente:

<u>Gasto másico para compensar las cargas térmicas</u>	<u>0,6878 kg/s</u>
Total	0,6878 kg/s

Tabla 49. Gasto másico de aire de impulsión.

<u>Caudal para compensar las cargas térmicas</u>	<u>2063,9 m³/h</u>
Caudal total	2063,9 m³/h

Tabla 50. Caudal de aire de impulsión.

En este caso, al compensar las cargas térmicas, se cumple también con el requisito de que el caudal de impulsión sea superior a 997,8 m³/h; por lo tanto, no es necesaria una inyección adicional de caudal para cumplir con las renovaciones por hora. Además, el caudal por persona es de 172 m³/h, superior a lo indicado en el RITE (72 m³/h).

Como en casos anteriores, se estudiará qué caudal exterior es óptimo introducir en la mezcla entre este y el aire recirculado. Se partirá de un caudal exterior de 1.000 m³/h y se incrementará hasta 1.500 m³/h.

Aire exterior	1.000 m³/h	1.200 m³/h	1.500 m³/h
Temperatura seca	29,5 °C	32,6 °C	37,4 °C
Humedad relativa	4200%	3900%	3400%
Humedad específica	10,9 g/kgas	12,1 g/kgas	13,8 g/kgas
Entalpía	57,5 kJ/kg	63,8 kJ/kg	73,2 kJ/kg
Temperatura húmeda	20,1 °C	21,9 °C	24,4 °C
Temperatura de rocío	15,4 °C	17 °C	19,1 °C
Presión parcial de vapor	1745 Pa	1932 Pa	2206 Pa
Volumen específico de aire seco	0,87 m ³ /kg	0,88 m ³ /kg	0,9 m ³ /kg
Densidad	1,16 kg/m ³	1,15 kg/m ³	1,13 kg/m ³

Tabla 51. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en las salas anexas. En verano.

La potencia necesaria en la UTA para estas diferentes aportaciones de caudales se encuentra en la tabla 45.

Aire exterior	1.000 m³/h	1.200 m³/h	1.500 m³/h
Potencia de la UTA	12,58 kW	16,92 kW	23,38 kW

Tabla 52. Potencia de la UTA a diferentes aportaciones de caudal en las salas anexas. En verano.

Como se ha observado en casos anteriores, cuanto menor caudal procedente del exterior, menor será la potencia necesaria en la UTA.

Climatización en invierno.

La climatización para la época de invierno se realiza de la misma manera que para verano.

	Exterior	Salas anexas	Impulsión
Temperatura seca	0,8 °C	24 °C	25 °C
Humedad relativa	76%	50%	46%
Humedad específica	3 g/kgas	9,3 g/kgas	9,1 g/kgas
Entalpía	8,4 kJ/kg	47,8 kJ/kg	48,3 kJ/kg
Temperatura húmeda	-0,6 °C	17,1 °C	17,2 °C
Temperatura de rocío	-2,6 °C	12,9 °C	12,6 °C
Presión parcial de vapor	491 Pa	1493 Pa	1461 Pa
Volumen específico de aire seco	0,7798 m ³ /kg	0,8544 m ³ /kg	0,86 m ³ /kg

Densidad	1,2862 kg/m ³	1,1813 kg/m ³	1,18 kg/m ³
----------	--------------------------	--------------------------	------------------------

Tabla 53. Propiedades psicométricas del aire de entrada, del aire de impulsión y el aire de las salas anexas en invierno.

El gasto másico y el caudal de impulsión del aire se muestran a continuación:

Gasto másico para compensar las cargas térmicas	1,2930 kg/s
Total	1,2930 kg/s

Tabla 54. Gasto másico de aire de impulsión.

Caudal para compensar las cargas térmicas	3.988,50 m ³ /h
Caudal total	3.988,50 m³/h

Tabla 55. Caudal de aire de impulsión.

Como en el caso anterior, al compensar las cargas térmicas, se cumplen también las renovaciones por hora; por lo tanto, no es necesario impulsar un caudal adicional. Además, el caudal por persona es de 333 m³/h, por lo que se cumple también con el requerimiento del RITE.

Realizando el mismo estudio que en caso anterior, se obtienen los siguientes resultados:

Aire exterior	1.000 m³/h	1.200 m³/h	1.500 m³/h
Temperatura seca	16,4 °C	19,1 °C	16,6 °C
Humedad relativa	6200%	4700%	6600%
Humedad específica	7,2 g/kgas	6,4 g/kgas	7,7 g/kgas
Entalpía	34,8 kJ/kg	35,5 kJ/kg	36,2 kJ/kg
Temperatura húmeda	12,3 °C	12,6 °C	12,8 °C
Temperatura de rocío	9,1 °C	7,5 °C	10,1 °C
Presión parcial de vapor	1160 Pa	1038 Pa	1239 Pa
Volumen específico de aire seco	0,83 m ³ /kg	0,84 m ³ /kg	0,83 m ³ /kg
Densidad	1,21 kg/m ³	1,2 kg/m ³	1,21 kg/m ³

Tabla 56. Propiedades psicométricas de diferentes aportaciones de caudal exterior en las salas anexas. En invierno.

La potencia necesaria en la UTA para las diferentes aportaciones de caudal se resume en la siguiente tabla:

Aire exterior	1.000 m³/h	1.200 m³/h	1.500 m³/h
Potencia de la UTA	17,19 kW	16,29 kW	15,38 kW

Tabla 57. Potencia de la UTA a diferentes aportaciones de caudal en las salas anexas. En invierno.

2.1.5.4 Conclusiones

El objetivo de este apartado era realizar el estudio de la climatización en salas con menores exigencias que el quirófano y la sala de preservación de órganos, por lo que la selección de equipos no será necesaria en este apartado. A pesar de eso, se realiza una breve conclusión para resaltar la diferencia de potencias necesarias en la climatización entre locales de elevadas exigencias y locales con exigencias menores dentro de un mismo hospital.

En este sentido, de manera general se puede comprobar que las exigencias normativas para distintas zonas hospitalarias plantean la necesidad de clasificar adecuadamente cada uno de los usos. Es por ello, que la ventilación de un hospital no sólo hay que utilizar el RITE, sino que es necesario mejorar la calidad del aire establecida en el RITE.

Con lo que se concluye que es muy importante garantizar una clasificación adecuada de las áreas. Este aumento de los volúmenes de aire necesarios redundará en un aumento de los costes globales de la instalación y posterior explotación.

Por último, es importante destacar las exigencias que tienen las salas blancas y los quirófanos frente a otro tipo de áreas. Es por ello por lo que durante la explotación del sistema es necesario ajustar adecuadamente las temperaturas de impulsión del sistema, elegir sistemas de recuperación de energía adecuados, de manera que se pueda alcanzar un equilibrio entre el coste económico durante la explotación y la inversión inicial, siempre garantizando la seguridad de los pacientes y el cumplimiento normativo.

Capítulo 3. INSTALACIONES ELÉCTRICAS

3.1 CUADRO GENERAL

Para poder dimensionar correctamente el cuadro general es necesario conocer de antemano los elementos que irán conectados a este:

- Conexión al grupo electrógeno. En un quirófano es fundamental que el cuadro eléctrico, además de estar conectado a la red este conectado a un grupo electrógeno. El motivo es que, si en algún momento hay un corte de suministro de la red eléctrica, tanto el quirófano como el laboratorio de preservación de órganos pueda seguir funcionando.
- Conexión al sistema de climatización. A través del cuadro general se alimenta al sistema de climatización, que incluye la UTA, la enfriadora y la caldera del quirófano y la UTA, la enfriadora y la caldera de la sala blanca.

La UTA consume la potencia del ventilador de retorno y del ventilador de impulsión, 1,74 y 2,33 kW respectivamente.

La potencia consumida por la enfriadora se calcula a partir de la intensidad y teniendo en cuenta que se alimenta en trifásica.

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi = \sqrt{3} \cdot 400 \cdot 19,2 \cdot 0,8 = 10697 \text{ W} = 10,7 \text{ kW}$$

El consumo de la caldera es residual al tratarse de una caldera de gas.

En la tabla 58 se incluye el detalle de las potencias de cada uno de los elementos

	Quirófano	Sala blanca
UTA	4,07 kW	4,07 kW
Enfriadora	10,7 kW	10,7 kW
Caldera	0,025 kW	0,025 kW

Tabla 58. Potencias de los sistemas de climatización.

La enfriadora y la caldera no se van a emplear simultáneamente por lo que se dimensionará teniendo en cuenta la más restrictiva; por tanto, el sistema de

climatización tanto del quirófano como de la sala blanca requerirán, cada uno, 14,77 kW de potencia; en total, 29,54 kW.

- Conexión al cuadro eléctrico del quirófano. El cuadro eléctrico del quirófano contará con un transformador de aislamiento de 7,5 kW.

Es importante aclarar que el empleo de transformadores de aislamiento viene impuesto en el ITC-BT-38 sobre quirófanos y salas de intervención, que declara obligatorio el empleo de estos con el objetivo de aumentar la fiabilidad, limitando las corrientes de fuga y el peligro de corte de suministro al quirófano.

También se conecta el cuadro a SAI para evitar un paso por cero que ponga en riesgo la seguridad del quirófano.

- Conexión al cuadro eléctrico de la sala blanca. De la misma manera que el quirófano, el cuadro eléctrico de la sala blanca contará con un transformador de 7,5 kW y estará conectado a SAI.

Por tanto, el cuadro eléctrico debe tener una potencia de 44,54 kW.

La figura representa el esquema del cuadro eléctrico.

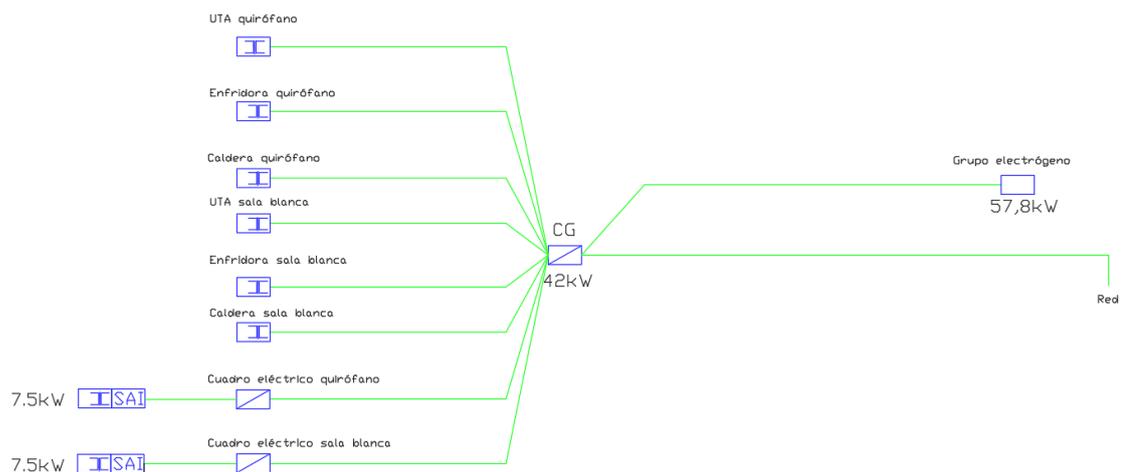


Figura 26. Cuadro general.

El correcto dimensionamiento del cuadro eléctrico requiere el cálculo de las secciones de los conductores.

En primer lugar, según el ITC-BT-38, los quirófanos y salas de intervención deben estar alimentados en trifásica con neutro y conductor de protección, siendo ambos de cobre aislado en toda la instalación.

Para el cálculo de la sección de los conductores es necesario conocer el trazado de los mismos:

- El cuadro general es alimentado por un conductor enterrado bajo tubo a una profundidad de 1,25 metros.
- Todas las unidades de climatización, junto con las enfriadoras y calderas son alimentadas a través de cables multipolares en tubo en un hueco de construcción.
- El cuadro eléctrico del quirófano se alimentará a través de conductores multipolares en tubo sobre pared, separado de la pared un 30% del diámetro del tubo.
- El cuadro eléctrico de la sala blanca se alimentará de la misma manera que el anterior.

Los pasos para poder calcular la sección de los conductores son los siguientes:

- Cálculo de la sección teórica del cable:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot \rho \cdot L \cdot I \cdot \cos(\varphi)}{\Delta V \cdot U}$$

- A partir de la sección teórica y teniendo en cuenta el trazado de cada uno de los cables, se consulta en el ITC-BT-19 la intensidad admisible.
- Consultar los coeficientes de reducción y aplicarlos si procede.
- Una vez aplicados los coeficientes de reducción, comprobar si la intensidad admisible, con factores de reducción aplicados, es superior a la empleada para el cálculo. Si $I_{adm} < I_{cálculo}$, será necesario repetir el procedimiento.

- Siguiendo las indicaciones del ITC-BT-19 del REBT, la caída de tensión en la instalación debe ser inferior a 6,5% hasta el centro de transformación de abonado.
- Adicionalmente, es necesario comprobar que en los conductores no se supera la temperatura máxima admisible para el tipo de aislamiento que se emplea. Se emplean conductor con aislamiento XLPE, que tiene una temperatura máxima admisible de 90°C.

$$T = T_0 + (T_{m\acute{a}x} - T_0) \cdot \left(\frac{I}{I_{m\acute{a}x}}\right)^2$$

Siendo T_0 la temperatura ambiente a la que se encontrará el conductor, $T_{m\acute{a}x}$ la temperatura máxima admisible del conductor con aislamiento XLPE (90°C), I la intensidad teórica que circulará por el conductor e $I_{m\acute{a}x}$ la intensidad máxima admisible por el conductor.

Partiendo de la siguiente información

Línea	Longitud	Potencia	Intensidad	cos(φ)	ΔU	U	Tipo de instalación
CG	50 m	45 kW	81,19 A	0,8	4%	400 V	D1
UTA quirófano	15,04 m	4,07 kW	22,12 A	0,8	4%	230 V	A1
UTA sala blanca	23,15 m	4,07 kW	22,12 A	0,8	4%	230 V	A1
Enfriadora quirófano	19,54 m	10,7 kW	19,31 A	0,8	4%	400 V	A1
Enfriadora sala blanca	27,65 m	10,7 kW	19,31 A	0,8	4%	400 V	A1
Caldera quirófano	18,54 m	0,025 kW	0,14 A	0,8	4%	230 V	A1
Caldera sala blanca	26,65 m	0,025 kW	0,14 A	0,8	4%	230 V	A1
C.S. quirófano	10,84 m	7,5 kW	40,76 A	0,8	4%	400 V	A1
C.S. sala blanca	18,95 m	7,5 kW	40,76 A	0,8	4%	400 V	A1

Tabla 59. Datos de entrada para el cálculo de la sección de los conductores.

Los resultados obtenidos para los conductores se recogen en la tabla 60.

Línea	I _{adm}	Factor de prof.	Factor de agru.	Factor de temp.	I _{adm} corregida	Sección	ΔU	Temp
CG	91 A	0,96	1	1	87,36 A	16 mm ²	2%	81,1 °C
UTA quirófano	30 A	1	1	1	30 A	2,5 mm ²	2%	67,5 °C
UTA sala blanca	30 A	1	1	1	30 A	2,5 mm ²	4%	67,5 °C
Enfriadora quirófano	22 A	1	1	1	22 A	1,5 mm ²	2%	85,9 °C
Enfriadora sala blanca	22 A	1	1	1	22 A	1,5 mm ²	3%	85,9 °C
Caldera quirófano	16,5 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	4%	25,0 °C
Caldera sala blanca	16,5 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	5%	25,0 °C
C.S. quirófano	16,5 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	2%	76,9 °C
C.S. sala blanca	16,5 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	3%	76,9 °C

Tabla 60. Dimensionado de los conductores.

Línea	
CG	1x(3x16+1x16) + TT 16
UTA quirófano	1x(1x2,5+1x2,5) + TT 16
UTA sala blanca	1x(1x2,5+1x2,5) + TT 16
Enfriadora quirófano	1x(3x1,5+1x1,5) + TT 16
Enfriadora sala blanca	1x(3x1,5+1x1,5) + TT 16
Caldera quirófano	1x(1x1,5+1x1,5) + TT 16
Caldera sala blanca	1x(1x1,5+1x1,5) + TT 16
C.S. quirófano	1x(3x1,5+1x1,5) + TT 16
C.S. sala blanca	1x(3x1,5+1x1,5) + TT 16

Tabla 61. Dimensionado de los conductores.

A continuación, se va a realizar el diseño de los cuadros eléctricos del quirófano y de la sala blanca por lo que será necesario conocer las tomas de fuerza.

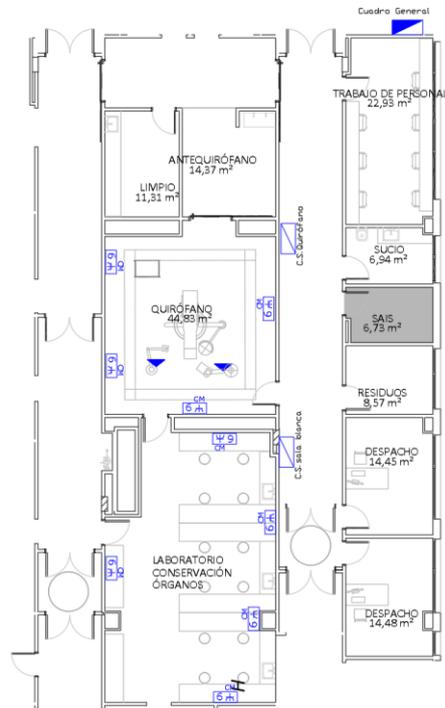


Figura 27. Tomas de fuerza del quirófano.

3.1.1 CUADRO ELÉCTRICO DEL QUIRÓFANO

La figura 28 representa el esquema unifilar del quirófano.

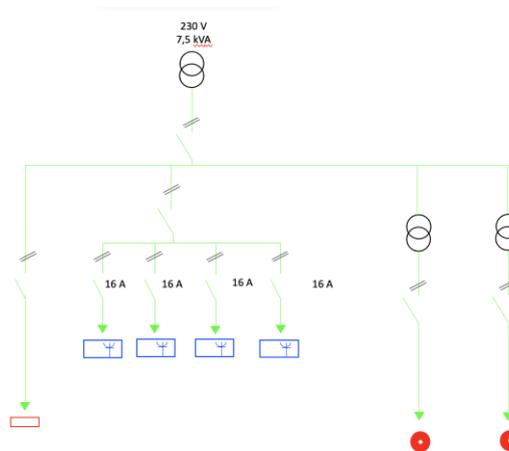


Figura 28. Esquema unifilar del quirófano.

Se ha conectado el quirófano al Sistema de Alimentación Ininterrumpida. El motivo de esta conexión es asegurar que, si se pierda el suministro de energía eléctrica tanto desde la red como desde el grupo electrógeno, el quirófano puede seguir funcionando. Esta medida se toma por tratarse de una zona en la que no se puede perder el suministro de energía en ningún caso.

Adicionalmente, y como se indica en el REBT, en el ITC-BT-38, el cuadro eléctrico del quirófano deberá incluir una protección contra sobreintensidades, un transformador de aislamiento y un dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento.

Como se indica en el ITC-BT-25, el transformador de aislamiento será de 7,5kW.

El dimensionado de los conductores eléctricos es el siguiente.

Línea	Longitud	Potencia	Intensidad	cos(φ)	ΔU	U	Tipo de instalación
Luminarias	6 m	1,04 kW	5,7 A	0,8	3,5%	230	C
Lámpara	6 m	5,33 kW	29,0 A	0,8	3,5%	230	C
Tomas de fuerza	6 m	2,30 kW	12,5 A	0,8	3,5%	230	C

Tabla 62. Datos de entrada para el cálculo de los conductores del quirófano.

Línea	I _{adm}	Factor de prof.	Factor de agru.	Factor de temp.	I _{adm} corregida	Sección	ΔU	Temp
Luminarias	16,5 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	1%	32,6 °C
Lámpara	30 A	1	1	1	30 A	4 mm ²	1%	85,7 °C
Tomas de fuerza	16,5 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	1%	62,3 °C

Tabla 63. Dimensionamiento de los conductores del quirófano.

Línea	
Luminarias	1x(1x1,5+1x1,5) + TT 16
Lámpara	1x(1x4+1x4) + TT 16
Tomas de fuerza	1x(1x1,5+1x1,5) + TT 16

Tabla 64. Dimensionamiento de los conductores.

3.1.2 CUADRO ELÉCTRICO DE LA SALA BLANCA

La figura 29 representa el esquema unifilar del laboratorio de preservación de órganos.

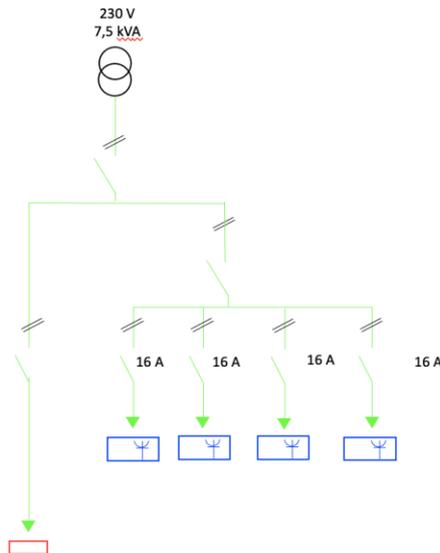


Figura 29. Esquema unifilar de la sala de preservación de órganos.

Esta sala está destinada a la preservación de órganos por lo que, una pérdida del suministro de energía eléctrica podría suponer el deterioro de los órganos pudiendo llegar a perderlos. Por este motivo, se conecta a SAI.

Como el objetivo de la sala es preservar órganos, se considera que tiene el mismo nivel de exigencias como el quirófano. Por lo tanto, el cuadro eléctrico contará con los mismos elementos (transformador de aislamiento (7,5kW), protección contra sobrecargas y dispositivo de vigilancia del nivel de aislamiento).

El dimensionamiento de los conductos eléctricos es el siguiente.

Línea	Longitud	Potencia	Intensidad	cos(φ)	ΔU	U	Tipo de instalación
Luminarias	6 m	1,04 kW	2,8 A	0,8	3,5%	230	A1
Tomas de fuerza	6 m	2,30 kW	12,5 A	0,8	3,5%	230	A1

Tabla 65. Datos de entrada para el cálculo de los conductores del quirófano.

Línea	I _{adm}	Factor de prof.	Factor de agru.	Factor de temp.	I _{adm} corregida	Sección	ΔU	Temp
Luminarias	16,5 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	1%	26,9 °C
Tomas de fuerza	16 A	1	1	1	16,5 A	1,5 mm ²	1%	62,3 °C

Tabla 66. Dimensionamiento de los conductores del quirófano.

Línea

Luminarias	1x(1x1,5+1x1,5) + TT 16
Tomas de fuerza	1x(1x1,5+1x1,5) + TT 16

Tabla 67. Dimensionamiento de los conductores.

3.2 GRUPO ELECTRÓGENO

El grupo electrógeno se empleará en caso de que se corte el suministro de energía eléctrica de la red. Al tratarse de las instalaciones de un hospital, si hay un corte en el suministro el grupo electrógeno se empleará para cubrir las necesidades de todas las instalaciones de quirófano y de la sala de preservación de órganos, así como la climatización de ambos. Es decir, deberá ser capaz de suministrar energía a todos los elementos conectados al cuadro general. Por tanto, la potencia nominal del grupo electrógeno deberá ser superior a 44,54 kW.

Asimismo, para elegir el grupo electrógeno es necesario determinar que tipo de arranque se debe dar si se da un corte del suministro. Al tratarse de un hospital, lo deseable es que todas las instalaciones recuperen su funcionamiento de manera inmediata; por lo tanto, se diseñará el grupo electrógeno para un arranque simultaneo de los equipos, por tanto la potencia aparente del grupo electrógeno debe ser la siguiente:

$$S = \frac{P}{\varphi} = \frac{44,54}{0,8} = 55,68 \text{ kVA}$$

A la hora de seleccionar el grupo electrógeno se realiza emplean los 55,68 kVA como potencia ESP, que es la potencia máxima que el grupo puede dar una carga variable durante un corte de suministro por un número limitado de horas al año.

Para el diseño del grupo electrógeno se estudian dos alternativas del proveedor Himoina, que se diferencia principalmente por el combustible que emplean: gas natural o diésel

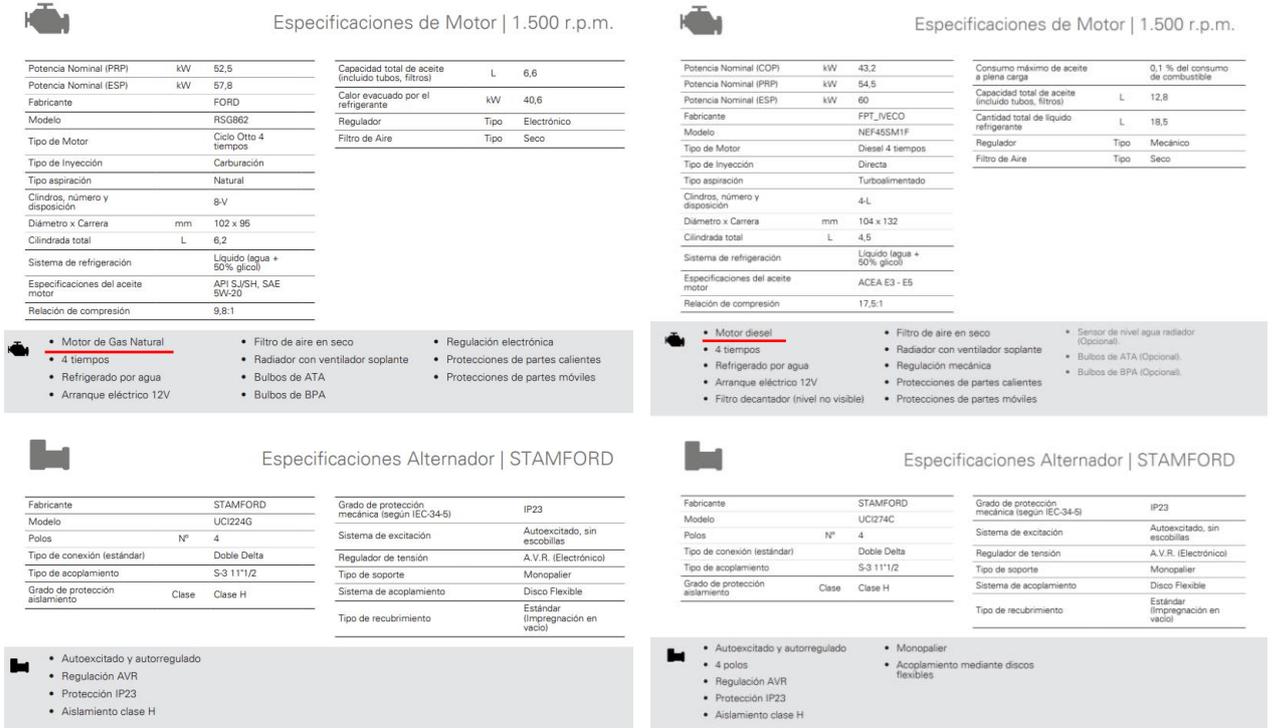


Figura 30. Grupos electrogenos.

Uno de los objetivos de este proyecto es buscar la eficiencia energética; por este motivo, se selecciona para la instalación del grupo electrogeno de gas natural.

3.3 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ININTERRUMPIDA

El Sistema de Alimentación Ininterrumpida (SAI), es un sistema que se emplea cuando se corta el suministro de la red eléctrica y, en este caso, del grupo electrógeno también.

Para el diseño del SAI se ha tenido en cuenta que, en caso de corte, SAI debe poder suministrar energía tanto al quirófano como a la sala blanca de preservación de órganos. Como se trata de dos salas independientes con funciones muy importantes ambas, se ha decidido la instalación de un SAI para cada una de las salas.

Como el cuadro eléctrico de quirófano y de la sala de preservación de órganos cuenta con un transformador de aislamiento de 7,5 kW, el SAI de cada una de estas estancias debe tener esa misma capacidad.

De esta manera, se elige el modelo Senitel Dual del fabricante Riello, destinado en especial a aplicaciones en hospitales por su fiabilidad en la alimentación. En concreto, se elige el sistema que proporciona 8 kW de potencia, asegurando que tenga capacidad para alimentar cada una de las salas.

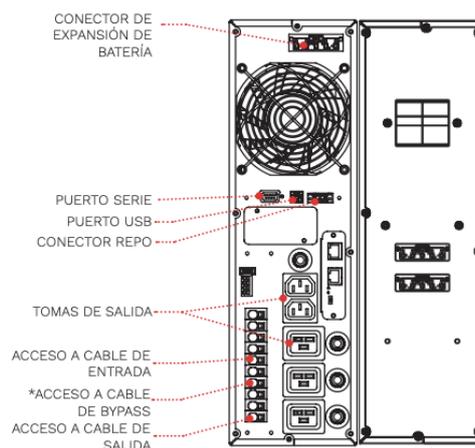


Tabla 68. Sistema de alimentación Ininterrumpida Senitel Dual.

MODELOS	SDU 4000	SDU 5000 SDU 5000 PDIST	SDU 6000 SDU 6000 PDIST	SDU 6000 ER	SDU 8000	SDU 10000	SDU 10000 DI	SDU 10000 DI ER	SDU 8000 TM	SDU 10000 TM	
ENTRADA											
Doble entrada	No				Sí			No			
Tensión nominal [V]	220 / 230 / 240							380 / 400 / 415 (3W+N+PE) 220 / 230 / 240 (1W+N+PE)			
Tolerancia de tensión [V]	230 ±20%							400 ±20% 230 ±20%			
Tensión mínima [V]	184							318 / 184			
Frecuencia nominal [Hz]	50 / 60 ±5										
Factor de potencia	>0.98										
Distorsión de corriente	≤5%										
BYPASS											
Tolerancia de tensión [V]	180 / 264 (ajustable en modo ECO o SMART ACTIVE)										
Tolerancia de frecuencia	Frecuencia seleccionada ± 5% (selección del usuario)										
Tiempos de sobrecarga	<110% continua, 130% durante 1 h, 150% durante 10 min, más del 150% durante 3 segundos										
SALIDA											
Potencia nominal [VA]	4000	5000	6000	6000	8000	10000	10000	10000	8000	10000	
Potencia activa [W]	3600	5000	6000	6000	8000	10000	10000	10000	8000	10000	
Tensión nominal [V]	220 / 230 / 240 ajustable										
Distorsión de tensión	<1% con carga lineal / <3% con carga no lineal										
Frecuencia [Hz]	50 / 60 ajustable										
Variación estática	15%										
Variación dinámica	≤5% en 20 ms										
Forma de onda	Sinusoidal										
Factor de pico (I _{peak} /I _{rms})	3:1										
BATERÍAS											
Tipo	VRLA AGM de plomo sin mantenimiento										
Tiempo de carga	4-6 h										
ESPECIFICACIONES GENERALES											
Peso neto [kg]	38	45	46	20	19+53	20+62	21	19+53	20+62		
Peso bruto [kg]	43	53	54	28	83	93	25	83	93		
Dimensiones (anchoxlargoxalto) [mm]	131x640x448 tower 19"x640x3U rack				2x (131x640x448) tower - 2x (19"x640x3U) rack versión ER (131x640x448) tower - (19"x640x3U) rack						
Dimensiones del embalaje (alto x ancho x alto) [mm]	780x555x(270+15)				2x (780x555x270) + H 15 versión ER (780x555x(270+15))						
Eficiencia	hasta 95% modo ON LINE, 98% modo ECO										
Dispositivos de protección	Sobrecorriente - cortocircuito - sobretensión - subtensión - temperatura - batería excesivamente baja										
Funcionamiento en paralelo	No	Tarjeta paralelo opcional									
Comunicaciones	USB / RS232 / slot para interfaz de comunicaciones / REPO + Contacto de entrada										
Conexión de entrada	Bloque de terminales										
Tomas de salida	Bloque de terminales + 2 IEC 320 C13 + 1 IEC 320 C19	Bloque de terminales + 2 IEC 320 C19 PDIST: Bloque de terminales + 8 IEC 320 C13 + 2 IEC 320 C19				Bloque de terminales + 2 IEC 320 C13 + 3 IEC 320 C19					
Normas	Directivas europeas: Directiva de baja tensión 2014/35/UE, Directiva de compatibilidad electromagnética EMC 2014/30/UE; Seguridad IEC EN 62040-1, EMC IEC EN 62040-2; cumple con RoHS Clasificación de acuerdo con IEC 62040-3 (Voltage Frequency Independent) VFI - SS - 111										
Temperatura ambiente para el SAI	0 °C - +40 °C										
Temperatura recomendada para la vida de la batería	+20 °C - +25 °C										
Rango de humedad relativa	5-95% sin condensación										
Color	Negro RAL 9005										
Nivel de ruido a 1 m (Modo ECO) [dBA]	<48										
Equipo estándar suministrado	Cable USB; juego de asas										

Tabla 69. Características del Sistema de Alimentación Ininterrumpida Senitel Dual.

Por tanto, se instalarán dos SAI Senitel Dual; uno para alimentar al quirófano y otro para alimentar a la sala de preservación de órganos.

3.4 MEDIDAS DE PROTECCIÓN Y SEGURIDAD

3.4.1 TRANSFORMADOR DE AISLAMIENTO

Como se ha mencionado con anterioridad, según el ITC-BT-38 “*Es obligatorio el empleo de transformadores de aislamiento o de separación de circuitos, como mínimo uno por cada quirófano o sala de intervención*”. El objetivo de emplear transformadores de aislamientos en este tipo de estancias es evitar las corrientes de fuga que puedan darse y aumentar la fiabilidad del suministro de energía eléctrica en aquellas estancias en las que una corte puede poner en riesgo al paciente.

Tanto el transformador del quirófano como el de la sala de preservación de órganos serán de 7,5kVA y contarán con una adecuada protección contra las sobreintensidades de los circuitos que alimente y contra las sobreintensidades propias.

3.4.2 PUESTA A TIERRA, SISTEMA IT Y CONEXIÓN DE EQUIPOTENCIALIDAD.

Según el ITC-BT-38, “*La impedancia entre el embarrado común de puesta a tierra de cada quirófano o sala de intervención y las conexiones a masa, o los contactos de tierra de las bases de toma de corriente, no deberá exceder de $0,2\Omega$* ”. Como se ha realizado a lo largo de todo el proyecto, la sala blanca se tratará como quirófano debido a que las funciones que se van a realizar en ella son de elevadas exigencias.

Tanto en el quirófano como en la sala blanca debe haber un embarrado de equipotencialidad conectado a la puesta a tierra de protección, mencionada con anterioridad, a través de un conductor verde-amarillo aislado con una sección superior a 16mm^2 . Al embarrado de equipotencialidad deben ir conectadas todas las partes metálicas accesibles a través de conductores aislados e independientes de cobre; la impedancia no debe superar $0,1\Omega$ y en condiciones normales la diferencia de potencial debe ser inferior a 10 mV.

Se va a emplear un sistema IT. Este tipo de sistemas se caracteriza por no tener ningún punto de la distribución conectado a tierra, siendo las masas de la instalación receptora las conectadas a tierra. De esta manera se consigue que la intensidad fase-mas o fase-tierra tenga

un valor muy pequeño y no sea peligroso. Es importante destacar que en este tipo de esquemas se recomienda no distribuir el neutro. El objetivo de este tipo de esquema es no poner en riesgo el suministro eléctrico. En la figura puede observar el circuito de un esquema IT.

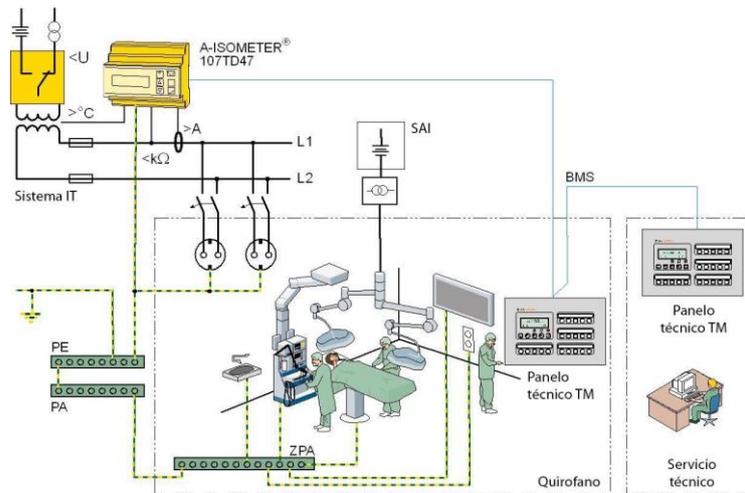


Figura 31. Esquema IT de un quirófano. Fuente: Bender.

3.4.3 MEDIDAS CONTRA EL RIESGO DE EXPLOSIÓN O DE INCENDIO

Los quirófanos tienen riesgo de incendio debido al empleo de sustancias desinfectantes inflamables y gases anestésicos. Por este motivo el ITC-BT-38 cuenta con un apartado en el que se exponen las zonas con mayor riesgo de incendio. Se muestra en la figura

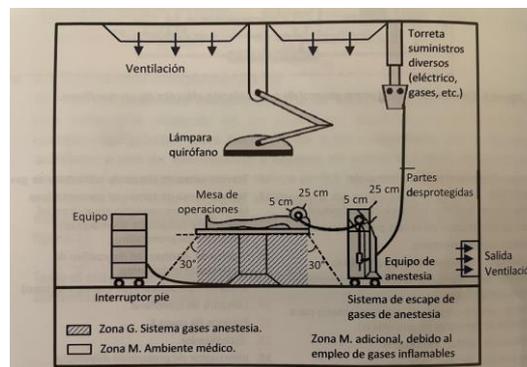


Figura 32. Zonas con riesgo de incendio y explosión en el quirófano.

Como en el quirófano se asegurando las 15 renovaciones de aire por hora, la zona M de debajo de la mesa de operaciones no se considerará como zona de riesgo, mientras que la zona G se considerará como zona de clase I según el ITC-BT-29.

Con el objetivo de no acumular cargas electrostáticas peligrosas que puedan dar lugar a explosiones o incendios, el ITC-BT-38 establece que los suelos serán antielectrostático y tendrán una resistencia de aislamiento inferior a $1M\Omega$; a excepción que se asegure que no hay riesgo que puede ser inferior a $100M\Omega$.

3.5 ILUMINACIÓN

Para realizar el diseño de las luminarias es necesario consultar la Norma europea sobre la iluminación para interiores (UNE 12464.1), que recomienda el cumplimiento tanto cualitativo como cuantitativo del confort visual y el rendimiento de colores.

La norma incluye un apartado para la iluminación de los establecimientos sanitarios, en la que expone que *“La adecuada iluminación puede influenciar en el estado de ánimo y, por tanto, combinada con otros elementos, contribuye significativamente al proceso de recuperación del enfermo”*. Por este motivo, este capítulo tiene una gran importancia en el desarrollo del proyecto.

Adicionalmente, según la norma UNE 12464.1, el correcto dimensionamiento de la iluminación puede significar una reducción de emisiones de alrededor de 180.000 toneladas de CO₂/año.

En el anexo, se incluye la norma UNE 12464.1 para establecimientos sanitarios.

Para el diseño de las luminarias se empleará el método de los lúmenes, que se explicará más adelante.

3.5.1 ILUMINACIÓN DEL QUIRÓFANO

Según la norma, en un quirófano la iluminancia mantenida (E_m) debe ser entre 10.000 y 100.000 lux. Lo característico de un quirófano es que la iluminancia no debe ser aportada por luminarias de techo, si no que hay unas lámparas especiales que proporcionan la iluminación en el área de trabajo.

En concreto, se ha elegido una lámpara Polaris 600 del proveedor de referencia Dräger que se puede observar en la figura 6.

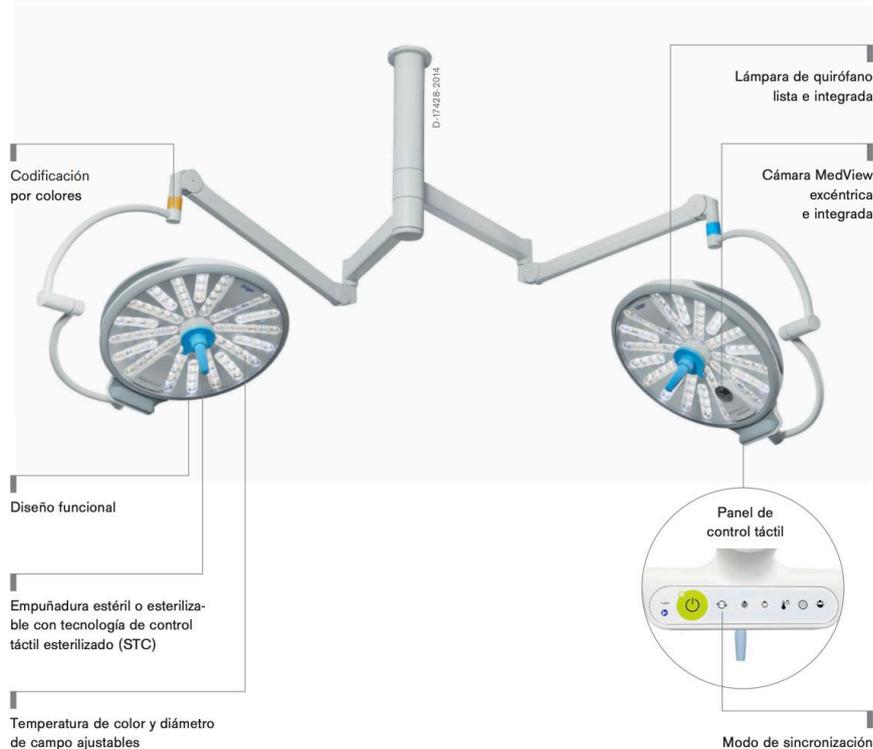


Figura 33. Lámpara Polaris 600. Proveedor Dräger. Fuente: Catálogo Dräger.

La lámpara Polaris 600 se caracteriza por tener una intensidad de luz ajustable, de entre 20.000 y 160.000 lux, lo que se ajusta a las necesidades del quirófano.

Adicionalmente, presenta diversas ventajas que la convierten en una lámpara excepcional en el mercado:

- Modo de empleo fácil a través de tecnología táctil en el cabezal de la lámpara, como se puede observar en la figura 6.
- Calidad de iluminación excelente.
- Posibilidad de instalación de cámara HD en el cabezal de la lámpara.
- Control centralizado a través de una interfaz de integración.
- Empuñaduras estériles, que aumentan la flexibilidad y la independencia.
- Independencia del suministro eléctrico al contar con una batería integrada.

- Superficie lisa y a prueba de desinfectantes y la carcasa se limpian fácilmente.

Las especificaciones técnicas de la lámpara se muestran en la figura 7.

Dräger Polaris® 600	
Intensidad de luz ajustable	De 20.000 a 160.000 lux, 12,5 a 10% (2% de luz ambiental)
Relación Ee/Ec	3,6 mW/m ² lx
Intensidad de luz ambiente	3000 lux
Diámetro de campo de luz ajustable	19 – 28 cm
Profundidad de iluminación L1 + L2 (20%)	1300 mm
Profundidad de iluminación L1 + L2 (60%)	700 mm
Temperatura de color ajustable desde la cúpula	3800, 4400, 5000, 5600 Kelvin
Índice de reproducción cromática Ra	95
Índice de reproducción cromática R9	94
Número de LED	92 en 18 módulos LED
Vida útil de los LED	50.000 horas
Control táctil esterilizado (STC) para controlar	incluido
- Intensidad de la luz	
- Amplitud del campo de luz	
Empuñadura ergonómica esterilizable o estéril	incluida
Diámetro de a cúpula	620 mm
Cámara MedView integrada	
La cúpula puede ampliarse acoplando una cámara	incluido
Resolución	Full HD (1920 x 1080 píxeles)
Salida de vídeo mediante receptor inalámbrico	2 HD-SDI o 1 HDMI/DVI-D
Transmisión de vídeo	Sin cables
Opciones	
Soporte para pantallas entre 19 a 32 pulgadas	disponible
Conexión y operatividad a través de sistemas de integración de quirófano	disponible
Cristal antirreflejante	disponible
Datos mecánicos	
Anchura del carro de transporte	aprox. 760 mm
Tubo telescópico con ajuste de altura	400 mm
Altura del carro en posición de transporte	1850 mm
Altura de trabajo bajo la cúpula en posición para intervención quirúrgica	2175 mm
Peso del carro de transporte portátil (incluye brazo con resorte y cúpula)	130 kg
2) Soporte móvil, tubo, brazo basculante y cabezal de lámpara	
Datos eléctricos	
Tiempo de carga de la batería	aprox. 24 horas
Autonomía en caso de corte del suministro eléctrico (con la batería completamente cargada)	aprox. 180 minutos

Figura 34. Especificaciones técnicas de Polaris 600. Fuente: Catálogo Dräger.

La gran mayoría de las instalaciones cuentan con lámparas de quirófano con fuente luz LED, pero anteriormente se empleaban otras fuentes de luz como son las lámparas de halógenos. En la actualidad se han dejado de utilizar por ser mucho más eficientes energéticamente las

lámparas de LED, pero resulta interesante comprobar como en el avance de la tecnología se incluye la eficiencia energética como principal objetivo.

Fuente de luz	Eficiencia
LED	30 lm/W ₍₁₎
Halógenos	60 lm/W

Tabla 70. Relación entre la luz emitida y la potencia consumida para cada tipo de lámpara. (1) El valor del rendimiento de lámpara LED es un valor aproximado de todos los modelos Polaris del proveedor.

La tabla recoge la relación entre la cantidad de luz emitida y la potencia consumida para cada tipo de lámpara, siendo necesaria la mitad de potencia para la misma intensidad lumínica en el caso de la lámpara LED. Se comprueba la mejora de la eficiencia energética gracias a los avances en la tecnología.

Como se ha explicado con anterioridad, la lámpara de quirófano se emplea para la zona de trabajo donde se va a ubicar el paciente. Por tanto, para el resto de la iluminación de la sala se va a realizar el diseño convencional de iluminación.

A continuación, se diseña la iluminación del quirófano con el método de los lúmenes, que se describa a continuación.

En primer lugar, para poder emplear este método es importante seleccionar el tipo de lámpara que se va a emplear. En este caso, se utilizarán las luminarias hospitalarias de Lledo, Medical 800 (en el anexo se adjunta la ficha técnica).

1. Datos de entrada.

- Dimensiones del quirófano. Las dimensiones del quirófano son 6,47x6,93 metros.
- Altura de suspensión de las luminarias. Las luminarias se encontrarán empotradas en el techo con el objetivo de disminuir los objetos colgantes y, de esta manera, disminuir la acumulación de polvo. Por tanto, se encontrarán a 3 metros del suelo.

- Coeficiente de reflexión. Dependen del color, del tipo de material, de las superficies y de los acabados. De esta manera, los coeficientes de reflexión son los siguientes:

Techo	0,7
Pared	0,5
Suelo	0,3

Figura 35. Coeficientes de reflexión del quirófano.

- Factor de utilización η . Dependen del coeficiente y del índice del local y es diferente para cada tipo de luminaria, encontrándose los valores tabulados en el catálogo del proveedor. En este caso, el fabricante en lugar de suministrar la tabla ha indicado que el factor de utilización es de 0,8.
- Factor de mantenimiento f_m . Depende del ensuciamiento de las lámparas y la pérdida del flujo lumínico por envejecimiento de estas. En este caso, al encontrarse en un ambiente limpio tendrá un valor de 0,8.
- Iluminancia media deseada, E. Para conocer la iluminancia media deseada en un quirófano es necesario consultar la norma UNE 12464, que indica que para salas de operación E debe ser 1.000 lux.

2. Cálculos

- Flujo luminoso total necesario Φ_T .

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} = \frac{1.000 \cdot 44,83}{0,8 \cdot 0,8} = 70.046,88$$

S, superficie del plano de trabajo

- Número de luminarias N.

$$N = \frac{\Phi_T}{n \cdot \Phi_L} = \frac{70.046,88}{1 \cdot 4.700} = 14,90$$

n, número de lámparas por luminaria.

Φ_L , flujo luminoso de una lámpara.

A partir del cálculo, se obtiene que el número óptimo de luminarias es de 15; se decide instalar 16 luminarias.

- Emplazamiento de las luminarias.

En la ficha técnica de Medical 800, se indica que la apertura del haz de luz es de 65° respecto a la horizontal, siendo de esta manera una luminaria hiperextensiva. Uniendo este último hecho a la altura del local, se puede calcular la distancia máxima entre luminarias y la distancia entre la pared y las luminarias.

$$d_{luminarias} = 1,6 \cdot h = 1,6 \cdot 3 = 4,8 \text{ m}$$

$$d_{pared-luminarias} = h/2 = 3/2 = 1,5 \text{ m}$$

La figura 23 representa la disposición de las luminarias, se puede observar que se cumplen ambos requisitos.

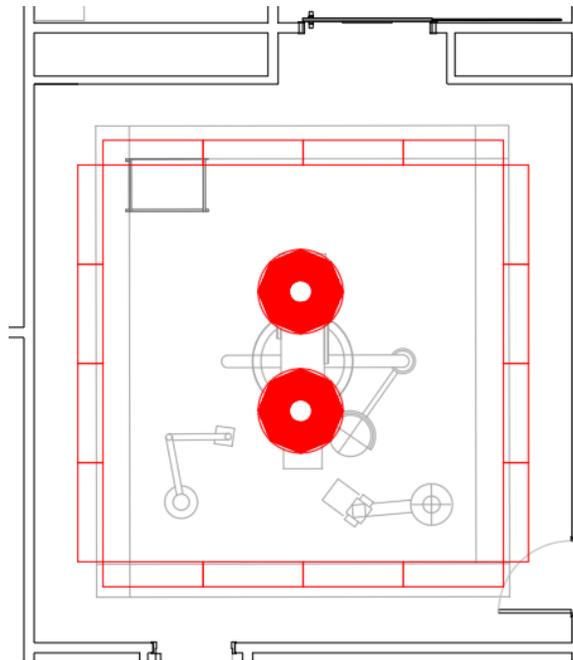


Figura 36. Vista en planta de las luminarias del quirófano.

3.5.2 ILUMINACIÓN DE LA SALA BLANCA

Para el caso de las luminarias de la sala blanca se empleará el método de los lúmenes igual que en el caso de quirófano y se emplearán también las luminarias Medical 800 de Lledó.

Partiendo de siguientes datos de entrada

- Dimensiones del quirófano. Las dimensiones del quirófano son 5,72x6,93 metros.
- Altura de suspensión de las luminarias. Las luminarias se encontrarán empotradas en el techo, por tanto, a 3 metros del suelo.
- Coeficiente de reflexión.

Techo	0,7
Pared	0,5
Suelo	0,3

Figura 37. Coeficientes de reflexión de la sala blanca.

- Factor de utilización η . Al tratar de la misma luminaria que en el quirófano, el factor de utilización será el mismo, es decir, 0,8
- Factor de mantenimiento f_m . Como en el quirófano será de 0,8.
- Iluminancia media deseada, E. Para conocer la iluminancia media deseada en un quirófano es necesario consultar la norma UNE 12464, que indica que para salas de operación E debe ser 500 lux.

A partir de estos datos de entrada y realizando los mismos cálculos que para el quirófano se obtiene que el número de luminarias es de 8 luminarias, dispuestas como se indica en la figura XX

Se respeta siempre la distancia máxima entre luminarias calculada como en el apartado anterior.

$$d_{luminarias} = 1,6 \cdot h = 1,6 \cdot 3 = 4,8 \text{ m}$$

$$d_{pared-luminarias} = h/2 = 3/2 = 1,5 \text{ m}$$

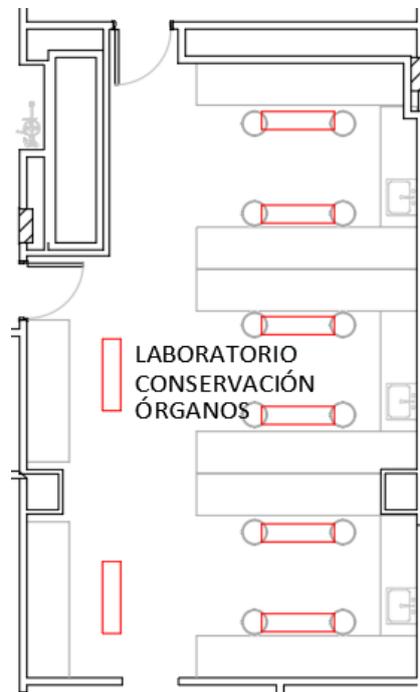


Figura 38. Vista en planta de las luminarias de la sala blanca.

3.5.3 POTENCIA CONSUMIDA POR LAS LUMINARIAS Y EFICIENCIA ENERGÉTICA

El fabricante Lledó dispone de dos tipos de luminarias Medical 800, que se distinguen en su Índice de Reproducción Cromática. La tabla 44 recoge los valores para los dos tipos de luminarias.

Fuente de luz	Potencia	IRC	Flujo
LED 840	65 W	>80	5900 lux
LED 940	74 W	>90	5900 lux

Tabla 71. Comparativa IRC.

Como se observa en la tabla para un mismo flujo luminoso, cuanto mayor sea el Índice de Reproducción Cromática, mayor será la potencia consumida.

Para esta aplicación, la norma exige que el IRC sea superior a 90, por lo que habrá que seleccionar la segunda luminaria, disminuyendo la eficiencia energética en aras a cumplir la normativa.

Por otra parte, la fuente de luz de Medical 800 es un LED 940. Se ha elegido esta luminaria frente a otras de halógenos, para de este modo conseguir una reducción del consumo. En la tabla 45 se observa que el empleo de luces LED supone un ahorro de más del 50%.

Fuente de luz	Potencia	Flujo
LED 940	65 W	5900 lux
Fluorescencia	116 W	5900 lux

Tabla 72. Comparativa LED frente a fluorescencia.

Se realiza también el estudio económico, teniendo en cuenta que para 3.000 horas de uso en un quirófano se necesitan 16 luminarias de flujo 5.900 lux. Teniendo en cuenta que el precio actual de la electricidad es de 0,21009 €/kWh, se realiza el siguiente estudio económico, en el que se observa el ahorro al emplear LED.

Fuente de luz	Potencia	Coste
LED 940	65 W	655,50 €
Fluorescencia	116 W	1169,70 €

Tabla 73. Ahorro económico.

Capítulo 4. ESTUDIO ECONÓMICO

Como en cualquier proyecto es necesario realizar un estudio económico. Se tendrá en cuenta tanto la inversión inicial como los costes asociados a la electricidad durante el primer año de vida del quirófano.

Se realiza una comparativa a nivel económico entre la instalación de climatización con recirculación, que es la propuesta finalmente elegida, y la climatización sin recirculación, que se ha descartado por ser menos eficiente energéticamente.

Con el objetivo de realizar correctamente el estudio económico es necesario realizar las siguientes hipótesis:

- La inversión inicial será la inversión sobre el equipo de climatización.
- Los quirófanos no están en uso constantemente, pero si necesitan que durante el periodo de tiempo en el que no están siendo empleados la calidad del aire se mantenga. Por tanto, los equipos de climatización estarán en funcionamiento constantemente; la única diferencia es que no consumirán el 100% de la potencia, como si harán durante el tiempo que están siendo utilizados. Esta estrategia es conocida como “setback” y supone la disminución del caudal en los quirófanos durante el periodo que no se están empleando.

Para poder conocer el consumo de un quirófano en modo setback es necesario realizar un extenso análisis que no se corresponde con este trabajo; por tanto, se estimará que el consumo en este periodo será del 60% de la potencia de las climatizadoras.

En la tabla siguiente se adjunta el número de horas en las que el quirófano estará siendo utilizado o en estado “standby”.

Quirófano en utilización	Quirófano en setback
Desde las 07:00 hasta las 19:00	Desde las 19:00 hasta las 07:00
12 horas	12 horas

De esta manera, el consumo anual de energía sería el siguiente:

			Consumo con "setback"	Consumo sin "setback"
En utilización	Verano	Quirófano	32,3 kW	64,7 kW
		Sala blanca	32,3 kW	64,7 kW
	Invierno	Quirófano	9,0 kW	17,9 kW
		Sala blanca	9,0 kW	17,9 kW
En setback	Verano	Quirófano	19,4 kW	-
		Sala blanca	19,4 kW	-
	Invierno	Quirófano	5,4 kW	-
		Sala blanca	5,4 kW	-
		Total	132,2 kW	165,3 kW

Se observa que el empleo de la estrategia “setback” supone un ahorro energético del 25%.

- El precio kW/hora de la electricidad se estimará empleando la media del último año para 0,21009 €/kWh.

La tabla 66 recoge la comparativa del coste entre la recirculación de aire y la no recirculación de aire con estrategia “setback”

			Recirculación de aire	Sin recirculación de aire
		Inversión inicial	23.964,11 €	29.079,02 €
En utilización	Verano	Quirófano	6.795,63 €	7.053,29 €
		Sala blanca	6.795,63 €	7.053,29 €
	Invierno	Quirófano	1.884,10 €	1.773,67 €
		Sala blanca	1.884,10 €	1.773,67 €
En setback	Verano	Quirófano	4.077,38 €	4.231,97 €
		Sala blanca	4.077,38 €	4.231,97 €
	Invierno	Quirófano	1.130,46 €	1.064,20 €
		Sala blanca	1.130,46 €	1.064,20 €
		Total	51.739,25 €	57.325,30 €

Tabla 74. Gasto en el primer año del quirófano con setback.

Si no se emplease la estrategia “setback”, el resultado sería el siguiente:

			Recirculación de aire	Sin recirculación de aire
		Inversión inicial	23.964,11 €	29.079,02 €
En utilización (24h)	Verano	Quirófano	13.591,27 €	14.106,58 €
		Sala blanca	13.591,27 €	14.106,58 €
	Invierno	Quirófano	3.768,20 €	3.547,35 €
		Sala blanca	3.768,20 €	3.547,35 €
		Total	58.683,04 €	64.386,87 €

Tabla 75. Gasto en el primer año del quirófano sin setback.

Se puede concluir que la mejor estrategia es la climatización con recirculación de aire con implantación de estrategia “setback”, que supone no solo un menor gasto, también un ahorro energético y, por tanto, un aumento de la eficiencia.

Se considera importante para el proyecto el estudio de las emisiones de CO₂, que se incluyen a continuación.

Para este cálculo se emplea el valor publicado por CNMV para el mix de la red eléctrica a 20 de abril de 2022: 259 g CO₂/kWh.

De la misma manera que en el caso anterior, se realiza una comparativa entre aplicar o no la estrategia “setback”:

Emisiones con "setback"	Emisiones sin "setback"
34241,33 kg CO ₂	42801,67 kg CO ₂

Tabla 76. Emisiones de CO₂.

De esta manera, se vuelve a justificar el empleo de la estrategia “setback”.

Capítulo 5. CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo era diseñar las instalaciones mecánicas y eléctricas de un quirófano y de una sala de preservación de órganos desde el punto de vista de eficiencia energética respetando siempre la normativa que aplicase en cada caso. A lo largo de desarrollo del proyecto se han ido estudiando diferentes alternativas hasta llegar a la más eficiente en cada uno de los casos. De esta manera, se han llegado a las siguientes conclusiones:

- La climatización es uno de los diseños fundamentales en un quirófano y en una sala blanca desde el punto de vista de la calidad del aire y del confort en el mismo. Adicionalmente, tiene un papel muy importante en el consumo eléctrico. Por este motivo, constituye uno de los puntos más importante del trabajo. Se han estudiado diferentes alternativas hasta llegar a la conclusión de que la mejor alternativa es la recirculación del aire de la sala. El motivo es que, al recircular aire el aire entra a la UTA a una temperatura más cercana a la de sala por lo que se requiere menos potencia para llegar a la temperatura de impulsión, lo que supone un ahorro energético. Es importante destacar que en ningún caso se recircula el 100%, siguiendo las indicaciones de la norma UNE 100713.
- Se ha realizado el predimensionamiento de la climatización de las salas anexas al quirófano. A través de este estudio se puede observar la importancia en la distinción de salas en función de las actividades que se van a desarrollar, así como la importancia de la climatización en zonas con elevadas exigencias como puede ser un quirófano o una sala destinada a la preservación de órganos.
- En cuanto a las instalaciones eléctricas, se puede observar la que la máxima de cualquier proyecto de diseño de instalaciones eléctricas es asegurar que no haya cortes en el suministro eléctrico. Por este motivo, se instala un grupo electrógeno y un sistema SAI en cada una de las zonas objeto del proyecto.

- Al realizar el estudio económico se pueden observar las diferencias a nivel económico de instalar la recirculación frente a impulsar únicamente caudal del exterior, siendo mucho más económica la primera opción. en este caso coincide que la mejor opción económicamente hablando coincide con la mejor opción en lo que a eficiencia energética se refiere.
- Por último, es necesario destacar la eficiencia de implantar una estrategia “setback” tanto a nivel económico como a nivel emisiones de CO₂, reduciéndose estas un 25%.

Capítulo 6. BIBLIOGRAFÍA

- AENOR, Septiembre 2005, *Norma UNE 100713, Instalaciones de acondicionamiento de aire en hospitales.*
- AENOR, Noviembre 2002, *Norma UNE 12464, Norma europea sobre la iluminación para interiores.*
- Benilde Bueno, 2 de agosto de 2002, *Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión*, Editorial Marcombo.
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, noviembre de 2007, *Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios*, Madrid
- Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, junio de 2010, *Guía Técnica. Condiciones Climáticas exteriores de Proyecto*, Madrid
- Statista, junio de 2022, *Evolución anual del número de trasplantes de órganos realizados a nivel mundial.*
- Organox, <https://www.organox.com/>
- Trox, <https://www.trox.es/>
- Himoina, <https://www.himoina.com/>
- Riello, <https://www.riello-ups.es/>
- Bender, <https://www.bender-latinamerica.com/>
- Dräger, https://www.draeger.com/es_es/Home
- Lledo, <https://lledogrupo.com/>

ANEXO I

La Agenda 2030 fue aprobada en 2015 por más de 150 jefes de Estado con el fin de establecer y aprobar los Objetivos de Desarrollo Sostenible, que tienen como fin asegurar la prosperidad de la humanidad, poner fin a la pobreza y proteger el planeta; estos tres puntos se amplían en 17 objetivos globales interrelaciones que sirven como guía y referente para lograr un futuro más sostenible y mejor a nivel mundial.



Figura 39. Objetivos de Desarrollo Sostenible. Fuente: Naciones Unidas.

<https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/news/communications-material/>

En este contexto, a pesar de no ser de obligado cumplimiento, la alineación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible es clave en el desarrollo de cualquier proyecto, principalmente para contribuir a crear un mundo más sostenible y mejor.

En concreto, este proyecto está relacionado con los siguientes Objetivos de Desarrollo Sostenible:

SALUD Y BIENESTAR.

Al tratarse del diseño de las instalaciones mecánicas y eléctricas de un quirófano, el proyecto lleva intrínseca la relación con este Objetivo de Desarrollo Sostenible, que busca garantizar y promover el bienestar y la salud de las personas.

ENERGÍA ASEQUIBLE Y NO CONTAMINANTE.

El mundo avanza hacia el desarrollo e implantación de energía asequibles y no contaminantes. Por este motivo, en el proyecto se plantea la posibilidad de dotar al quirófano de energía 100% verde a partir de la instalación de paneles fotovoltaicos capaces de abastecer las necesidades del mismo.

TRABAJO DECENTE Y CRECIMIENTO ECONÓMICO.

Este ODS busca impulsar el progreso a través de la creación de empleo decente e inclusivo para lograr un crecimiento económico.

Desde el inicio del proyecto se decidió como ubicación Jaén, Andalucía, por ser esta última una de las Comunidades Autónomas con mayor tasa de desempleo (19,43%). De esta manera, el proyecto se encuentra alineado con este objetivo. En primer lugar, por proporcionar empleo a la mano de obra que participará en la ejecución de la obra y, en segundo lugar, por ser un lugar destinado al trabajo de los sanitarios durante un largo periodo de tiempo.

INDUSTRIA, INNOVACIÓN E INFRAESTRUCTURA

El desarrollo de la sostenible de la infraestructura y la industria y el fomento de la innovación es clave para conseguir una economía dinámica que genere empleo y aumente los ingresos.

Como se ha mencionado con anterioridad, el proyecto se realiza en Jaén, Andalucía, que no solo se caracteriza por ser una de las comunidades con menor tasa de paro, si no también por ser la Comunidad Autónoma con menor número de camas por habitante. De esta manera, se desarrolla infraestructura necesaria para la población desde un punto de vista sostenible como se plasma en el documento, en una ciudad en la que es necesario este desarrollo.

Adicionalmente, el proyecto cuenta con un laboratorio para la preservación de órganos, en el que se va a incluir una de las últimas tecnologías disponibles para este tipo de operaciones, lo que fomenta la innovación y potencia el crecimiento económico.

CUIDADES Y COMUNIDADES SOSTENIBLES.

El Desarrollo Sostenible no se puede entender sin buscarlo en las ciudades y comunidades, que es donde se concentra la acción humana. Por este motivo, el proyecto busca que las instalaciones tanto mecánicas como eléctricas, sean sostenibles.

De esta manera, en el proyecto se realiza un estudio de como mejorar la eficiencia energética a través de pequeñas modificaciones en las instalaciones, como puede ser la instalación de luminaria LED o la disminución de la potencia de algunos equipos.

ACCIÓN POR EL CLIMA.

La realidad del Cambio Climático es evidente, por lo que cualquier proyecto que se realice debe tener vistas a disminuir la acción sobre el medioambiente.

Como se ha expuesto en el punto anterior, el proyecto busca la eficiencia energética a partir de diferentes alternativas, que se encuentran escritas en esta memoria.