



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Máster

Sistema de ventilación para el edificio Agustín de Betancourt de la Universidad de Zaragoza

Ventilation system for the Agustín de Betancourt building of the University of Zaragoza

Autor

Antonio Carnicer Salvo

Director

Carlos Monné Bailo

Escuela de Ingeniería y Arquitectura

2022

Resumen

El objetivo de este trabajo es analizar el sistema de ventilación mecánica actual del Edificio Agustín de Betancourt de la Universidad de Zaragoza y proponer un sistema que cumpla con la normativa de ventilación actual, planteando para ello varias alternativas que serán valoradas de manera técnica y económica para su implantación real.

El edificio fue finalizado en 1998 y cuenta con cuatro climatizadoras (UTAs) para ventilación: una para las aulas, otra para la sala de estudio y biblioteca, otra para la cafetería-comedor y una última para el salón de actos. El alcance de este trabajo incluye únicamente el estudio de la ventilación de las aulas docentes, despachos y laboratorios del edificio.

Analizando el sistema de ventilación mecánica actual se observa que solo algunas aulas se encuentran ventiladas y además, al ser la fecha de construcción del edificio previa al año 2007, fecha de publicación del RITE, los valores de caudal de ventilación requeridos por la normativa actual son superiores al caudal máximo de impulsión de la climatizadora.

De acuerdo a la placa de características de la climatizadora para las aulas, ésta tiene un caudal máximo de impulsión de $39.240 \text{ m}^3/\text{h}$. Con el objetivo de verificar este dato, se realizaron mediciones sobre los conductos de ventilación del edificio, obteniendo un caudal de impulsión de $28.686 \text{ m}^3/\text{h}$ tras su mantenimiento. Con las mediciones se descubrió que, previo al mantenimiento, la climatizadora estaba impulsando un 60% menos de caudal nominal, y que además no se estaban ventilando las aulas, pues el aire se perdía por el falso techo antes de llegar a los difusores.

Además, analizando los datos disponibles en la herramienta sensorizar, se concluyó que se estaba realizando un control efectivo del nivel de CO_2 en las aulas, pero este se realizaba a partir de la apertura de ventanas, lo que suponía una pérdida de confort en el edificio y un derroche energético del sistema de climatización que, funcionando mediante termostato, estaba continuamente encendido.

Ante esta problemática, se diseña un sistema de ventilación mecánica del edificio basado en climatizadoras y equipos de ventilación descentralizados.

Para las aulas actualmente ventiladas, se mantendrá la climatizadora actual y se añadirá una nueva para las aulas del lado este ($50.000 \text{ m}^3/\text{h}$). Para solucionar el problema de ventilación se plantea un bypass del conducto hacia las aulas, y como sistema de control para la climatizadora se utilizarán los sensores de CO_2 de sensorizar ya instalados. Para el resto de espacios, se propone la instalación de equipos de ventilación descentralizados. Estos equipos se colocarán en el falso techo y podrán ser individuales para cada sala o compartirán varios espacios. Para el Dep. Ingeniería Mecánica (DIM) se usarán estos equipos o una UTA ($20.000 \text{ m}^3/\text{h}$). Todas las soluciones se muestran en planos adjuntos.

Con las soluciones propuestas se elaboran tres presupuestos: económico (manteniendo la climatizadora actual y realizando el bypass en conductos), intermedio (lo anterior añadiendo la nueva UTA de las aulas del lado este) y el completo (incluyendo todos los sistemas de ventilación propuestos con las dos variantes del DIM).

Así, con este trabajo se pretende que la dirección del centro tenga una visión general de los equipos y trabajos que serían necesarios para ventilar mecánicamente el edificio, y pueda elegir entre las diferentes opciones que se ofrecen.

Índice

Resumen.....	2
Índice	3
Índice de Figuras	6
Índice de Tablas.....	8
1. Introducción	11
2. Estudio del arte	12
2.1 Conceptos generales de la ventilación en edificios	12
2.2 Climatizadoras (UTAs)	14
2.3 Importancia de la ventilación asociada a la COVID-19.....	15
3. Estudio del edificio	18
3.1 Características generales.....	18
3.2 Instalaciones existentes	19
4. Cálculo de las necesidades de ventilación	20
4.1 Metodología	20
4.2 Resultados	21
5. Mediciones	24
5.1 Mediciones en el sistema de ventilación	24
5.2 Mediciones de las condiciones en las aulas: Sensorizar	27
6. Soluciones de ventilación propuestas.....	29
6.1 Climatizadoras (UTAs) para las aulas ventiladas	31
6.2 Equipos de ventilación descentralizados	34
6.3 Soluciones para el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)	36
7. Valoración de alternativas.....	38
8. Conclusiones.....	40
Bibliografía	42
Índice de los anexos	46
Anexo 1: Climatizadoras (UTAs)	48
1. Estudio de las Climatizadoras (UTAs)	48
1.1 Aplicaciones.....	48
1.2 Clasificación.....	48
1.3 Características	48
1.4 Nomenclatura en ventilación	49
1.5 Módulos y componentes.....	49
Anexo 2: Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)	59

Anexo 3: Instalaciones existentes	61
1. Climatizadoras.....	61
1.1 Climatizadora 1 – Aulas	61
1.2 Climatizadoras CL-2, CL-3 y CL-4	63
2. Bombas de calor.....	64
3. Bombas Hidráulicas	66
4. Equipos terminales del secundario	67
5. Difusores rotacionales.....	68
6. Otros componentes.....	69
Anexo 4: Método RTS.....	71
1. Método RTS.....	71
2. Programa de cálculo.....	72
Anexo 5: Resultados de las necesidades de ventilación	81
1. Resultados de las necesidades de ventilación	81
2. Resultados de las cargas térmicas del edificio	82
2.1 Análisis horario de las cargas térmicas	88
Anexo 6: Mediciones.....	96
1. Mediciones en el sistema de ventilación	96
2. Mediciones de las condiciones en las aulas: Sensorizar	103
Anexo 7: Soluciones de ventilación.....	108
1. Fichas de los equipos de ventilación	108
Anexo 8: Cálculos soluciones de ventilación.....	121
1. Bypass de ventilación en las aulas	121
2. Soluciones de ventilación propuestas.....	122
2.1 Climatizadoras (UTAs) para las aulas ventiladas	122
2.2 Climatizadora para el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)	123
2.3 Equipos de ventilación descentralizados	124
3. Cálculo de secciones.....	130
3.1 Cálculo de secciones para las climatizadoras (UTAs)	130
3.2 Conductos flexibles conducto principal – difusor aulas	131
3.3 Conductos para equipos de ventilación descentralizados	131
3.4 Pérdidas de carga	131
4. Sistemas de control.....	133
4.1 Sistemas de control en climatizadoras.....	133
4.2 Sistemas de control en equipos de ventilación descentralizados.....	134
4.3 Reguladores de caudal	135

5. Análisis de simultaneidad de las aulas	135
Anexo 9: Presupuestos.....	140
1. Tipos de Presupuestos	140
1.1 Alternativa nº1: Económica.....	140
1.2 Alternativa nº2: Intermedia	140
1.3 Alternativa nº3 y nº4: Completa	141
2. Precios	142
2.1 Materiales	142
2.2 Mano de obra.....	142
3. Presupuestos desglosados	143
3.1 Alternativa nº1: Económica.....	143
3.2 Alternativa nº2: Intermedia	144
3.3 Alternativa nº3: Completa (DIM: descentralizados)	145
3.4 Alternativa nº4: Completa (DIM: climatizadora).....	147
Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras.....	150
▪ Ficha técnica 1: UTA actual de las aulas.....	150
▪ Ficha técnica 2: UTA aulas zona este	150
▪ Ficha técnica 3: UTA del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)	150
Anexo 11: Planos	164
▪ Plano 1: Plano de las fachadas	164
▪ Plano 2: Plano de la Planta Sótano.....	164
▪ Plano 3: Plano de la Planta Baja	164
▪ Plano 4: Plano de la Planta Primera	164
▪ Plano 5: Plano de la Planta Segunda	164
▪ Plano 6: Plano de la Planta Tercera.....	164
▪ Plano 7: Plano de los Materiales	164
▪ Plano 8: Plano de la Planta Sótano: Climatización	164
▪ Plano 9: Plano de la Planta Baja: Climatización	164
▪ Plano 10: Plano de la Planta Primera: Climatización.....	164
▪ Plano 11: Plano de la Planta Segunda: Climatización.....	164
▪ Plano 12: Plano de la Planta Tercera: Climatización	164
▪ Plano 13: Plano de la Planta Baja: Soluciones.....	164
▪ Plano 14: Plano de la Planta Primera: Soluciones	164
▪ Plano 15: Plano de la Planta Segunda: Soluciones.....	164
▪ Plano 16: Plano de la Planta Tercera: Soluciones	164
▪ Plano 17: Plano de DIM: Soluciones descentralizadas	164

Índice de Figuras

Figura 1. Ventilación natural cruzada (izquierda), inducida (centro) y efecto chimenea (derecha). Fuente: Elab. propia.....	12
Figura 2. Tipos de ventilación mecánica forzada. Fuente: Mundohvacr	13
Figura 3. Ejemplo de ventilación mecánica controlada de flujo simple (izquierda) y doble (derecha). Fuente: Siber.....	14
Figura 4. Componentes de una climatizadora. Fuente: Michael Schrader	14
Figura 5. Eficacia de los sistemas de ventilación mecánica en interiores contra la COVID-19: con ventilación (izquierda) y sin ventilación (derecha). Fuente: Atecyr.....	16
Figura 6. Edificio Agustín de Betancourt de la Universidad de Zaragoza. Fuente: Wikipedia. ...	18
Figura 7. Caudal de ventilación (m ³ /h) para los 22 espacios con mayor caudal. Fuente: Elab. propia	22
Figura 8. Caudal de ventilación (m ³ /h) antes y después del mantenimiento de la climatizadora. Fuente: Elab. propia	25
Figura 9. Esquema teórico del sistema de ventilación en las aulas. Fuente: Miguel García-Monge	26
Figura 10. Análisis de los datos del nivel de CO ₂ en las aulas. Fuente: Sensorizar	28
Figura 11. Análisis de los datos de temperaturas en las aulas. Fuente: Sensorizar.....	28
Figura 12. Solución planteada para la ventilación mecánica en las aulas. Fuente: Modificación a partir de Miguel García-Monge.....	29
Figura 13. Vista de la climatizadora CL-1 en la planta segunda. Fuente: Elab. propia.....	32
Figura 14. Localización de las UTAs del edificio. Fuente: Elab. propia a partir de Google Earth.33	
Figura 15. Vista de la climatizadora de las aulas este en la planta segunda. Fuente: Elab. propia.	34
Figura 16. Vista de equipos de ventilación descentralizados en las salas de la planta baja. Fuente: Elab. propia	35
Figura 17. Vista de equipos de ventilación descentralizados en la nave de la planta baja. Fuente: Elab. propia	36
Figura 18. Vista de la climatizadora del DIM en la planta baja. Fuente: Elab. propia.....	37
Figura 19. Vista de los equipos de ventilación descentralizados del DIM en la planta baja. Fuente: Elab. propia	37
Figura 20. Nomenclatura en ventilación. Fuente: EVAIR.	49
Figura 21. Componentes principales de una UTA. Fuente: Airtechnics.	49
Figura 22. Compuerta de regulación JZ-AL. Fuente: Trox	50
Figura 23. Filtros de bolsas, compactos con y sin pestañas, y planos. Fuente: Camfil	52
Figura 24. Ventiladores (de izquierda a derecha): centrífugo hacia adelante y hacia atrás, radial AC y radial EC. Fuente: Soler&Palau y Amazon.....	52
Figura 25. Silenciador acústico. Fuente: Inductair.	53
Figura 26. Principio de funcionamiento de los recuperadores rotativos (izquierda) y de placas a flujo cruzado (centro) y contracorriente (derecha). Fuente: Wolf	55
Figura 27. Humectador por lanza de vapor. Fuente: Munters.....	56
Figura 28. Batería de calor aleteado a dos tubos. Fuente: TROX.....	57
Figura 29. Fotografía de la climatizadora de las aulas (CL-1). Fuente: Autor.	62
Figura 30. Placa de características de la climatizadora CL-1.Fuente: Autor.	62

Figura 31. Bombas de calor (izquierda) e intercambiadores de placas (derecha) de la instalación. Fuente: Carlos Monné.	65
Figura 32. Bombas hidráulicas del secundario de la instalación. Fuente: Carlos Monné.	67
Figura 33. Fotografía de uno de los climatizadores localizados en el falso techo. Fuente: Autor.	68
Figura 34. Difusor rotacional de los despachos de los departamentos (DIM). Fuente: Carlos Monné.	68
Figura 35. Método RTS: Transformación de ganancias. Elab. propia a partir de [38]	71
Figura 36. Condiciones generales del edificio. Fuente: Programa RTS	73
Figura 37. Zonificación general. Fuente: Programa RTS	74
Figura 38. Cerramientos exteriores. Fuente: Programa RTS....	75
Figura 39. Cerramientos a local adyacente. Fuente: Elab. propia.	75
Figura 40. Pestaña de huecos. Fuente: Programa RTS.....	76
Figura 41. Elementos de sombreado. Fuente: Programa RTS.	76
Figura 42. Caracterización de las lamas de aluminio. Fuente: Programa RTS.	77
Figura 43. Ocupación del espacio. Fuente: Programa RTS.....	77
Figura 44. Pestaña de ventilación: Fuente: Programa RTS.	78
Figura 45. Pestaña de iluminación. Fuente: Programa RTS.	78
Figura 46. Pestaña de equipamiento. Fuente: programa RTS.	79
Figura 47. Pestaña de cálculo. Fuente: Programa RTS.	79
Figura 48. Caudal de ventilación (m ³ /h) de los pasillos. Fuente: Elab. propia.....	82
Figura 49. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Despacho del Subdirector. Fuente: Elab.propia.	82
Figura 50. Ficha de las cargas térmicas del espacio: sala pequeña Delegación de alumnos. Fuente: Elab. propia.	83
Figura 51. Ficha de las cargas térmicas del espacio: DIM P1 Despachos. Fuente: Elab. propia. 83	83
Figura 52. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 3.01. Fuente: Elab. propia.	83
Figura 53. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 2.12. Fuente: Elab. propia.	83
Figura 54. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Delegación de alumnos. Fuente: Elab. propia.	84
Figura 55. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Despacho Director. Fuente: Elab. propia.. 84	84
Figura 56. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Sala de juntas 1. Fuente: Elab. propia. 84	84
Figura 57. Ficha de las cargas térmicas del espacio: MotoStudent. Fuente: Elab. propia..... 84	84
Figura 58. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 1.10. Fuente: Elab. propia. 85	85
Figura 59. Ficha de las cargas térmicas del espacio: DIM P1 Laboratorios. Fuente: Elab. propia.	85
Figura 60. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Laboratorios Nave Individuales P1. Fuente: Elab. propia.	85
Figura 61. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 2.11. Fuente: Elab. propia.	85
Figura 62. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Aula 2.20. Fuente: Elab. propia.....	86
Figura 63. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Aula 1.05. Fuente: Elab.propia.....	86
Figura 64. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Sala de juntas 2. Fuente: Elab. propia....	86
Figura 65. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 3.07. Fuente: Elab. propia.	86
Figura 66. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 0.01. Fuente: Elab. propia.	87
Figura 67. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Despacho grande EDE. Fuente: Elab. propia.	87
Figura 68. Ficha de las cargas térmicas del espacio: 0.05. Fuente: Elab. propia.....	87

Figura 69. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Laboratorio Nave Doble. Fuente: Elab. propia	87
Figura 70. Evolución horaria de las cargas de refrigeración del espacio: Aula 1.05. Fuente: Elab. propia	88
Figura 71. Contribuciones de las cargas de calefacción y refrigeración para el Aula 1.05. Fuente: Elab. propia	89
Figura 72. Caudal de ventilación (m^3/h) de los espacios del Edificio Agustín de Betancourt. Fuente: Elab. propia	94
Figura 73. Mediciones realizadas sobre suelo (izquierda) y falso techo (derecha) junto a los compañeros Miguel García-Monge y Michael Marchica. Fuente: Elab. propia.....	96
Figura 74. Instrumento de medición TESTO 480 e incisión de 16 mm en conducto con aislamiento. Fuente: Elab. propia	97
Figura 75. Incidencias descubiertas durante las mediciones: huecos en equipos de climatización (arriba, izquierda), roturas en conductos (arriba, derecha) y compuertas cerradas (abajo). Fuente: Autor, Miguel García-Monge y Michael Marchica.....	97
Figura 76. Hueco de ventilación entre clases y pasillo del falso techo (izquierda) y rejilla de retorno en los conductos de ventilación de los pasillos (derecha). Fuente: Elab. propia.	99
Figura 77. Esquema teórico de funcionamiento del aire a través de las aulas. Fuente: Miguel García-Monge [42]	101
Figura 78. Esquema real de funcionamiento del aire a través de las aulas. Fuente: Modificación a partir de imagen de Miguel García-Monge [42].....	102
Figura 79. Captura de pantalla de la plataforma sensorizar. Fuente: sensorizar.	103
Figura 80. Esquema de los tipos de sistemas de ventilación disponibles en el mercado. Fuente: Elab. propia.	109
Figura 81. Esquema propuesto de funcionamiento del aire a través de las aulas. Fuente: Miguel García-Monge.....	121
Figura 82. Características de la climatizadora DIM. Fuente: Elab. propia.....	123
Figura 83. Conducto rectangular de chapa y circular flexible de aluminio para ventilación. Fuente: NOVATUB	131
Figura 84. Sensor Aranet4. Fuente: Aranet.....	133
Figura 85. Reguladores de caudal variable seleccionados. Fuente: Schako	135

Índice de Tablas

Tabla 1. Caudales de aire exterior (l/s) por persona. Fuente: RITE.....	16
Tabla 2. Superficies de las diferentes zonas del edificio Agustín de Betancourt. Fuente: Datos del proyecto.	18
Tabla 3. Caudal de ventilación por espacio. Fuente: RITE y Manual de Climatización.	20
Tabla 4. Clasificación de los espacios en el edificio. Fuente: Elab. propia.	21
Tabla 5. Caudal necesario (m^3/h) por espacio y planta. Fuente: Elab. propia.	22
Tabla 6. Resultados de las cargas térmicas del edificio. Fuente: Elab. propia	23
Tabla 7. Caudal de aire de ventilación necesario y medido para las plantas del edificio. Fuente: Elab. propia.	25
Tabla 8. Caudal de aire en retorno antes y después del mantenimiento. Fuente: Elab. propia. 25	25
Tabla 9. Soluciones de ventilación. Fuente: Elab. propia.....	30
Tabla 10. Análisis de simultaneidad de las aulas. Fuente: Elab. propia.	31
Tabla 11. Equipos de ventilación descentralizados utilizados. Fuente: Elab. propia.....	35

Tabla 12. Alternativa nº1: Económica. Fuente: Elab. propia.	38
Tabla 13. Alternativa nº2: Intermedia. Fuente: Elab. propia.	38
Tabla 14. Alternativa nº3: Completa (con DIM equipos descentralizados). Fuente: Elab. propia.	39
Tabla 15. Alternativa nº4: Completa (con DIM climatizadora). Fuente: Elab. propia.	39
Tabla 16. Resumen de presupuestos de las alternativas de ventilación. Fuente: Elab. propia.	39
Tabla 17. Clases de filtración. Fuente: RITE	50
Tabla 18. Eficiencia de recuperación. Fuente: RITE	54
Tabla 19. Objetivos de desarrollo sostenibles cumplidos con el trabajo. Fuente: Elab. propia.	59
Tabla 20. Espacios de ventilación de la climatizadora CL-1. Fuente: Datos de proyecto.	61
Tabla 21. Características de la climatizadora CL-1. Fuente: Datos de proyecto y EVAIR.	61
Tabla 22. Características de la climatizadora CL-2. Fuente: Datos de proyecto.	63
Tabla 23. Características de la climatizadora CL-3. Fuente: Datos de proyecto.	63
Tabla 24. Características de la climatizadora CL-4. Fuente: Datos de proyecto.	64
Tabla 25. Características de las Bombas de calor de la instalación. Datos de proyecto.	65
Tabla 26. Ficha de las bombas hidráulicas de pozo. Fuente: Datos de proyecto.	66
Tabla 27. Fichas de las bombas hidráulicas de primario. Fuente: Datos de proyecto.	66
Tabla 28. Fichas de las bombas hidráulicas de secundario. Fuente: Datos de proyecto.	66
Tabla 29. Fichas de los fancoils de suelo y aerotermos del secundario. Fuente: Datos de proyecto.	67
Tabla 30. Fichas de los fancoils de techo y climatizadores del secundario. Fuente: Datos de proyecto.	67
Tabla 31. Ficha de los tipos de difusores rotacionales del edificio. Fuente: Datos de proyecto.	68
Tabla 32. Tipos de cargas térmicas. Fuente: Elab. propia.	72
Tabla 33. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Baja. Fuente: Elab. propia.	90
Tabla 34. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Primera. Fuente: Elab. propia.	91
Tabla 35. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Segunda. Fuente: Elab. propia.	92
Tabla 36. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Tercera. Fuente: Elab. propia.	93
Tabla 37. Resumen de las mediciones realizadas sobre los conductos de ventilación. Fuente: Elab. propia.	98
Tabla 38. Mediciones realizadas sobre el aula 1.05 con el fancoil encendido y apagado. Fuente: Elab. propia.	99
Tabla 39. Mediciones realizadas sobre las aulas de la planta primera. Fuente: Elab. propia....	100
Tabla 40. Análisis de datos por espacios del nivel de CO ₂ en las aulas. Fuente: sensorizar.	105
Tabla 41. Análisis de datos por espacios de la temperatura en las aulas. Fuente: sensorizar.	106
Tabla 42. Características de la climatizadora Aulas Este. Fuente: Elab. propia.	123
Tabla 43. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aula 0.05. Fuente: Elab. propia....	124
Tabla 44. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Salas PB. Fuente: Elab. propia....	125
Tabla 45. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: MotoStudent. Fuente: Elab. propia.	125
Tabla 46. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Conserjería. Fuente: Elab. propia.	125
Tabla 47. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Laboratorios Nave PB. Fuente: Elab. propia.	126

Tabla 48. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 1.10/1.11. Fuente: Elab. propia.....	126
Tabla 49. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Despachos dirección. Fuente: Elab. propia.....	126
Tabla 50. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aula Despachos Director. Fuente: Elab. propia.....	127
Tabla 51. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Laboratorios Nave P1. Fuente: Elab. propia.....	127
Tabla 52. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 2.12 a 2.17. Fuente: Elab. propia.....	127
Tabla 53. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 2.10/2.11. Fuente: Elab. propia.....	128
Tabla 54. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: EDE. Fuente: Elab. propia.....	128
Tabla 55. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: EDE función despachos. Fuente: Elab. propia.....	128
Tabla 56. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 3.01 a 3.05. Fuente: Elab. propia.....	129
Tabla 57. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Despachos DIM. Fuente: Elab. propia.....	129
Tabla 58. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Laboratorios DIM. Fuente: Elab. propia.....	129
Tabla 59. Cálculo de secciones de los tubos flexibles. Fuente: Elab. propia.....	131
Tabla 60. Cálculo de secciones de los equipos de ventilación descentralizados. Fuente: Elab. propia.....	131
Tabla 61. Pérdidas de carga para las aulas de la climatizadora aulas este. Fuente: Elab. propia	132
Tabla 62. Pérdidas de carga para las aulas de la climatizadora CL-1. Fuente: Elab. propia.....	132
Tabla 63. Pérdidas de carga para las aulas de la climatizadora DIM. Fuente: Elab. propia	132
Tabla 64. Cálculo de secciones de la climatizadora CL-1. Fuente: Elab. propia.....	137
Tabla 65. Cálculo de secciones de la climatizadora de las aulas este. Fuente: Elab. propia.....	137
Tabla 66. Cálculo de secciones de la climatizadora DIM. Fuente: Elab. propia.....	137
Tabla 67. Análisis de simultaneidad de las aulas ventiladas por la climatizadora CL-1 actual. Fuente: Elab. propia.....	138
Tabla 68. Análisis de simultaneidad de las aulas ventiladas por la climatizadora Aulas Este. Fuente: Elab. propia.....	138
Tabla 69. Horas de trabajo para las actividades de obra. Fuente: Elab. propia.....	142
Tabla 70. Presupuesto Alternativa nº1. Fuente: Elab. propia.....	143
Tabla 71. Presupuesto nº1 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.....	143
Tabla 72. Presupuesto Alternativa nº2. Fuente: Elab. propia.....	144
Tabla 73. Presupuesto nº2 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.....	144
Tabla 74. Presupuesto Alternativa nº3. Fuente: Elab. propia.....	146
Tabla 75. Presupuesto nº3 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.....	146
Tabla 76. Presupuesto Alternativa nº4. Fuente: Elab. propia.....	148
Tabla 77. Presupuesto nº4 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.....	148

1. Introducción

Recientemente, y a raíz de la aparición de la pandemia COVID 19, los sistemas de ventilación han cobrado una especial importancia como método para frenar la expansión del virus en los espacios interiores. Sin embargo, la ventilación en edificios no se trata de algo meramente actual, sino que ha estado presente a lo largo de la historia hasta nuestros días.

Con el avance de la medicina los seres humanos comprendieron los efectos que tenía para la salud el aire que respiraban, y se propusieron sistemas para mejorar sus condiciones. Así, ya en el antigua Grecia e Imperio Romano se utilizaban sistemas de ventilación para limpiar el aire que respiraban los trabajadores en las minas [1] o durante la Edad Media, Florence Nightingale en su libro “Notes on Hospitals”, realizó los primeros cálculos de las renovaciones de aire necesarias en los hospitales para mejorar las condiciones de los enfermos [2].

En el siglo XIX se acuñó por primera vez el término HVAC (por sus siglas en inglés: Heating, Ventilating and Air Conditioning) [1] y es a partir de estos años cuando se comienzan a desarrollar los sistemas de ventilación en los edificios.

En España, el concepto de ventilación aparece por primera vez en las Normas Básicas de la Edificación (NBE), establecidas en el año 1977. Sin embargo, no es hasta el año 1997 con la publicación del RD 486/1997 cuando se estableció una renovación de aire mínima $30 \text{ m}^3/\text{hora y trabajador}$. En el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [3] se aumentaron los caudales mínimos y se estableció la obligatoriedad de incluir sistemas de ventilación en locales y viviendas que asegurasen una adecuada calidad del aire interior.

De acuerdo al censo del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el año 2011 existían un total de 9,8 millones de edificios y 26,4 millones de inmuebles en España [4]. La mayoría de estos edificios fueron construidos previos al año 2007, fecha de publicación del RITE, por lo que no contarían con un sistema de ventilación que asegurase los estándares de calidad de aire actual.

El trabajo que aquí se expone surge como respuesta a los cambios acontecidos provocados por la pandemia COVID 19, y que han obligado a modificar la actividad y modo de vida de las personas en los espacios interiores, lugares que representan un foco de riesgo en caso de no disponer de una ventilación adecuada.

Ejemplificado para el caso de un edificio público de uso docente, este trabajo tiene como objetivo analizar el sistema de ventilación actual del Edificio Agustín de Betancourt de la Universidad de Zaragoza y determinar si se cumplen las condiciones adecuadas de calidad del aire interior.

A lo largo de este trabajo se analizará el sistema de climatización y ventilación del edificio y se determinará el caudal de ventilación necesario para cumplir los requisitos de calidad del aire de la normativa actual. Estos valores se compararán con los caudales actuales de ventilación del centro, obtenidos a partir de mediciones *in situ* en los propios conductos, y se propondrán soluciones, justificadas a nivel técnico y económico, para conseguir alcanzar los niveles de ventilación deseados.

Cabe recalcar en este trabajo la importancia de la ventilación no sólo para mitigar los posibles efectos de la COVID 19, sino para asegurar una adecuada calidad del aire y confort de las personas en los espacios interiores, así como mejora de la eficiencia energética del edificio.

2. Estudio del arte

2.1 Conceptos generales de la ventilación en edificios

De acuerdo a la ASHRAE [5], la calidad del aire interior (CAI) presenta “un impacto sobre la salud, confort, bienestar, productividad y capacidad de aprendizaje de las personas”. Asimismo, define que los principales factores que la afectan son la materia particulada (biológica y no biológica), gases orgánicos (compuestos orgánicos volátiles) e inorgánicos (monóxido de carbono y ozono), vapor de agua y olores.

La ventilación se define como la acción mediante la cual se sustituye el aire ambiente interior de un recinto por una misma cantidad de aire exterior, a temperatura interior, consiguiendo así unas condiciones de temperatura, humedad o pureza del aire adecuadas [6].

Entre las funciones de la ventilación se encuentra la posibilidad de regular la temperatura y humedad de la estancia, como por ejemplo para eliminar el calor generado en la misma, pero también para eliminar cualquier tipo de gases, partículas u otros contaminantes que puedan resultar nocivos para la salud humana [7].

De acuerdo al RITE [8], existen dos principales tipos de ventilación: natural y forzada.

2.1.1 Ventilación natural

En la ventilación natural el aire se renueva por medios naturales. En este tipo de ventilación no se utilizan medios mecánicos ni en la inyección ni en la extracción del aire, y es el tipo de ventilación que se ha utilizado tradicionalmente en los edificios [9]. Dentro de la ventilación natural encontramos aquella que se produce por la diferencia de presiones (ventilación natural cruzada) y por el tiro térmico [10].

En la ventilación natural cruzada la renovación del aire se produce a través de los huecos de la envolvente (puertas o ventanas) a partir de la diferencia de presiones y temperaturas entre el exterior y el interior. Así, el aire circula desde la estancia con mayor presión a la de menor, y desde la estancia de mayor temperatura hasta la de menor [9]. Este tipo de ventilación no permite realizar un control eficiente de las condiciones del aire en el espacio, ya que debe ser el propio usuario quien, de forma manual, se encargue de la tarea de abrir y cerrar los huecos.

Por otra parte, la ventilación natural por tiro térmico se produce a partir del movimiento de las corrientes de aire debido a las diferencias de densidades entre el aire caliente (ascendente) y el aire frío [9]. Entre ellas destaca la ventilación natural inducida, donde el aire frío que sale de las aberturas cercanas al suelo empuja el aire caliente que sale por la parte superior del techo; y el efecto chimenea, utilizado en edificios de gran altura, y en donde el aire caliente asciende por un conducto de ventilación interno creando una corriente que refresca el edificio [10].

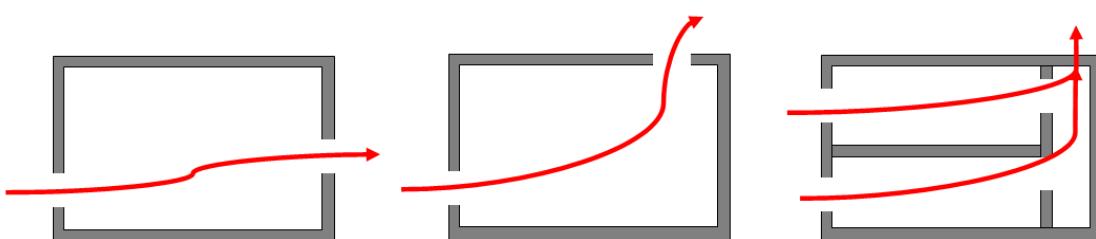


Figura 1. Ventilación natural cruzada (izquierda), inducida (centro) y efecto chimenea (derecha). Fuente: Elab. propia

La principal ventaja de estos sistemas radica en su coste. Aprovechar el recurso del viento, gratuito e ilimitado, como forma de ventilación permite reducir el consumo del edificio respecto a los medios mecánicos. Sin embargo, al depender de las condiciones climáticas exteriores pueden no alcanzarse las condiciones de aire interior requeridas. Es por ello que estos sistemas se suelen combinar con otros sistemas mecánicos, ya sea de forma separada o híbrida.

2.1.2 Ventilación mecánica o forzada

En la ventilación forzada el aire se renueva por medios mecánicos [8]. Dentro de la ventilación mecánica, dependiendo de cómo se distribuye en aire renovado a través de la estancia, se distinguen cinco tipos de ventilación [11]:

- Ventilación por sobrepresión:** consiste en insuflar aire a presión en el interior de la estancia dejando que fluya al exterior por sí mismo mediante aberturas en los cerramientos.
- Ventilación por depresión:** mismo funcionamiento que en el caso anterior, pero colocando un ventilador que extrae el aire del local, que entra de forma natural.
- Ventilación ambiental o general:** similar a la ventilación por depresión, pero en este caso el aire se difunde por toda la estancia, lo que provoca que los contaminantes puedan dispersarse antes de ser expulsados.
- Ventilación localizada:** el aire contaminado es extraído en la misma zona de difusión. Es el caso de las campanas extractoras.

Los cuatro tipos de ventilación descritos pueden observarse en el siguiente esquema:

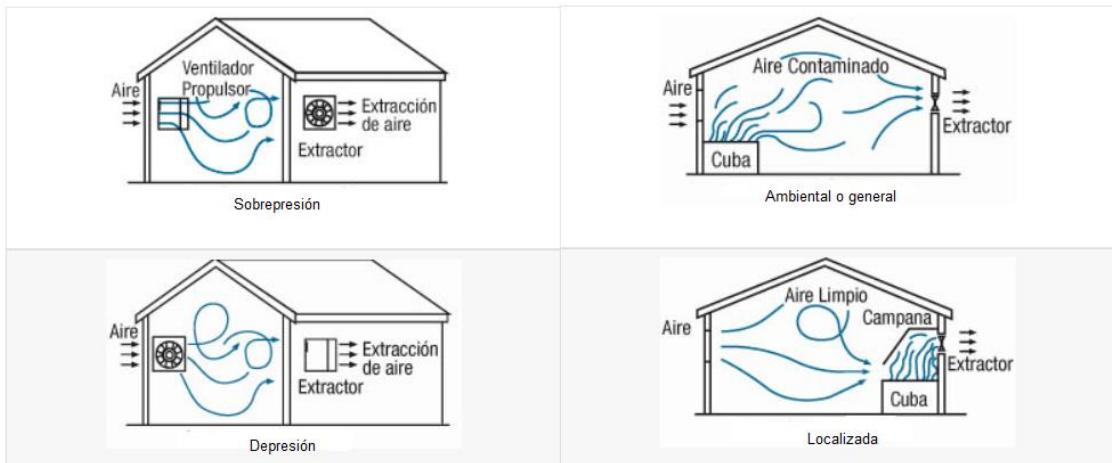


Figura 2. Tipos de ventilación mecánica forzada. Fuente: Mundohvac

- Ventilación mecánica controlada (VMC):** se trata de un dispositivo integrado en el edificio que permite controlar las condiciones del aire interior maximizando el ahorro de energético. Existen sistemas de ventilación controlada de simple y doble flujo [12].

En los sistemas de ventilación de simple flujo [13] el aire contaminado se extrae del edificio a través de conductos y el aire del exterior entra a través de aberturas en los cerramientos. En este sistema no existe recuperación de calor por lo que existirá un consumo energético por parte del climatizador. Estos sistemas pueden ser autorregulables, siendo el caudal constante, o hidrorregulables, variando el paso de aire dependiendo del nivel de humedad [14].

Por otra parte, en los sistemas de ventilación de doble flujo se produce un intercambio de calor entre la corriente de aire exhausta que sale del edificio, a temperatura de consigna, y el aire que entra del exterior, consiguiendo así un considerable ahorro de energía en la climatización tanto en invierno como en verano [12]. Este tipo de sistemas requiere de ventiladores de impulsión y extracción, conductos a lo largo de la estancia y algunos equipos cuentan con sistemas de bypass que permiten el free-cooling [15].

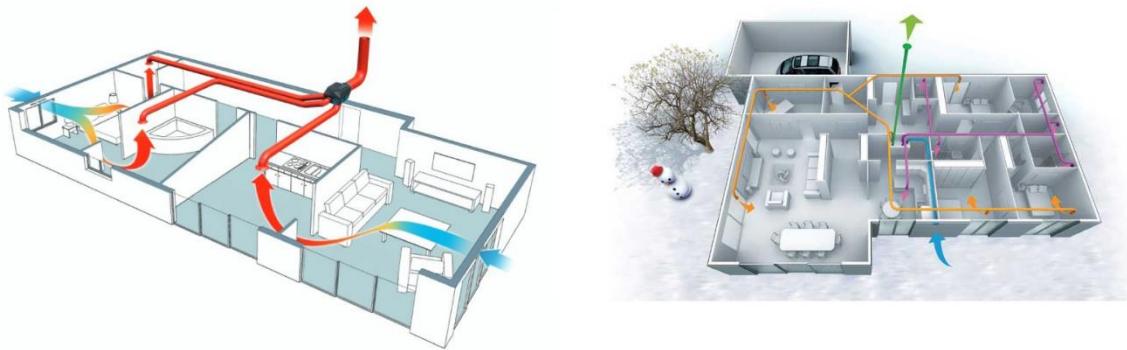


Figura 3. Ejemplo de ventilación mecánica controlada de flujo simple (izquierda) y doble (derecha). Fuente: Siber

Uno de los inconvenientes que plantea la ventilación es el cambio de las condiciones del aire en la estancia al intercambiar el aire interior por otra corriente de aire exterior. Aunque este nuevo aire está libre de contaminantes, generalmente se encuentra bajo unas condiciones de temperatura y humedad alejadas de las de consigna, por lo que debe acondicionarse. Para cumplir este propósito es habitual el uso de climatizadoras.

2.2 Climatizadoras (UTAs)

Las climatizadoras o Unidades de Tratamiento de Aire (UTA) son equipos que permiten climatizar y/o ventilar el aire del interior de una o varias estancias de un edificio.

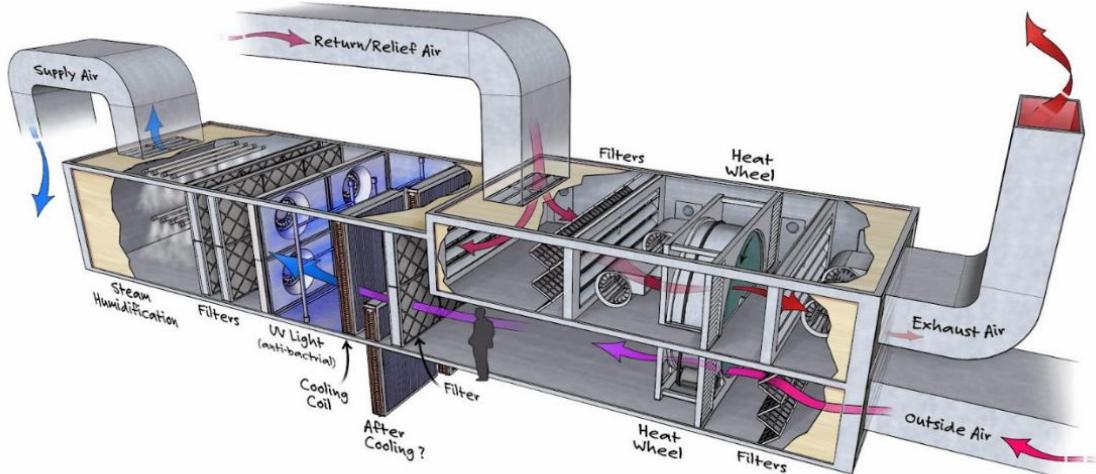


Figura 4. Componentes de una climatizadora. Fuente: Michael Schrader

Entre las funciones de las climatizadoras se encuentra la filtración y control de la calidad del aire que entra al interior del edificio, así como su tratamiento para conseguir las condiciones de temperatura y humedad deseadas [16]. Además, existen técnicas como la recuperación de calor o el free-cooling que permiten reducir el consumo energético del edificio.

Las climatizadoras están formadas por una serie de módulos configurables en cuyo interior se encuentran cada uno de los componentes necesarios para el tratamiento del aire. Dependiendo del volumen de caudal de aire a procesar existen unidades compactas, que pueden instalarse en falsos techos; o unidades modulares, de mayor tamaño y que suelen localizarse en el exterior de los edificios.

Como componentes principales de las climatizadoras se encuentran los filtros, ventiladores, sistemas de recuperación de calor, baterías de frío y calor y humectadores. La función de cada uno de estos componentes se describe detalladamente en el Anexo 1: Climatizadoras.

2.3 Importancia de la ventilación asociada a la COVID-19

La COVID-19, reconocida el día 11 de marzo de 2020 por la Organización Mundial de la Salud (OMS) como pandemia [17], ha supuesto un cambio en los hábitos de vida de las personas, pero también en la forma de ventilación de los edificios.

El SARS-COVID es un virus que se transmite predominantemente por vía aérea y por medio de aerosoles [18], que son partículas de tamaño menor a 100 μm que quedan suspendidas en el aire, pudiendo ser desde segundos hasta horas. Cuando una persona contagiada habla o tose, expulsa pequeñas gotas respiratorias que pueden contener el virus, y si estas llegan a ser inhaladas por otra persona sana, esta puede llegar a contagiarse.

El mayor peligro de contagio se produce en situaciones donde las personas se encuentran a una distancia próxima entre ellas (distancia menor a 1,5-2 m), pero sobre todo en espacios interiores mal ventilados. Es ahí donde los aerosoles pueden permanecer un mayor periodo de tiempo y llegar a contagiar a personas que se encuentran en una misma sala. En exteriores, el peligro de contagio disminuye ya que las propias corrientes de aire naturales alejan y dispersan los aerosoles que contienen el virus [18].

Esto justifica la importancia de la ventilación en espacios interiores de forma que, las partículas suspendidas en el aire contaminado, puedan ser reemplazadas por aire limpio del exterior. Existen dos principales formas de asegurar una adecuada ventilación en interiores:

- a) **Monitorizar la contaminación del aire mediante medidores CO₂.** El aire exterior contiene una media de 400 ppm de CO₂ y, de acuerdo a la OMS, el límite para ambientes saludables en interiores se encuentra a 1.000 ppm de CO₂ [19]. Para evitar la transmisión de la COVID-19 y asegurar una correcta renovación del aire, es aceptable mantener unos niveles en torno a 500-700 ppm [20].
- b) **Ventilación mecánica.** Consiste en introducir una cantidad constante de aire en la sala de forma que el aire está en continua renovación, reduciendo el peligro de acumulación de contaminantes. El RITE [8] establece una tasa de renovación constante que depende de la calidad del aire interior (IDA) del espacio.

CATEGORÍA	USO	CAUDAL (l/s*pax)
IDA 1	Hospitales, clínicas, laboratorios y guarderías	20
IDA 2	Oficinas, residencias, salas de lectura, museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza, piscinas	12,5
IDA 3	Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiesta, gimnasios, locales para el deporte y salas de ordenadores	8
IDA 4	Locales de aire de baja calidad	5

Tabla 1. Caudales de aire exterior (l/s) por persona. Fuente: RITE

Aplicado a centros universitarios, el Gobierno de España publicó un documento de medidas contra la COVID-19 para el curso 2021-2022 [21] donde llegaba a priorizar la ventilación natural frente a la mecánica debido a su alta efectividad en la prevención de la transmisión. En este documento también se recogía que se debía priorizar la ventilación frente al confort térmico o requerimientos de eficiencia energética en momentos de alta transmisión comunitaria.

Estudios como T.Lipinski y otros [22] han demostrado que los sistemas de ventilación mecánica son totalmente efectivos contra la transmisión de la COVID-19, ya que aseguran una correcta sustitución del aire contaminado del interior por un flujo de aire nuevo libre de contaminantes. Además, dado que no existe la necesidad de abrir ventanas, utilizar estos sistemas permite aumentar la eficiencia energética del edificio. En contraposición, los sistemas de ventilación natural dependen de las condiciones climáticas del exterior y de la distribución de los huecos en el edificio, por lo que el flujo de aire no siempre se distribuye homogéneamente por la sala y puede presentar un riesgo de contagio para los ocupantes [23].

Es importante certificar que, en caso de utilizar sistemas con ventilación mecánica como medida contra la COVID-19, estos están adecuadamente instalados, tienen un mantenimiento periódico y permiten prescindir de sistemas de recirculación de aire u otros incompatibles con la COVID-19. En caso de operar correctamente, se ha demostrado que los recuperadores de calor rotativos tienen una transferencia casi nula de contaminantes y resultan seguros, que no es necesario aumentar la categoría de los filtros a la entrada de impulsión del aire, siendo válidos los filtros convencionales (clase M o F), y que la limpieza de los conductos de retorno no tiene efecto práctico ya que los contaminantes son fácilmente transportados hacia la salida [18].

Para una mayor seguridad, se recomienda aumentar el caudal de aire exterior o utilizar los sistemas de ventilación mecánica con la apertura complementaria de ventanas (sistemas mixtos).

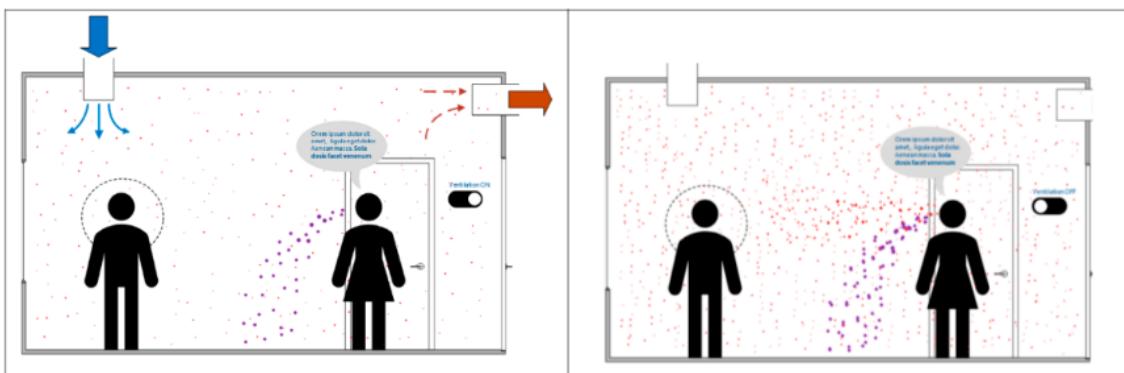


Figura 5. Eficacia de los sistemas de ventilación mecánica en interiores contra la COVID-19: con ventilación (izquierda) y sin ventilación (derecha). Fuente: Atecyr

No se recomienda el uso de filtros HEPA u ozono como sustitutos de los sistemas de ventilación, ya que plantean problemas en su distribución para asegurar que son capaces de eliminar todos los contaminantes presentes en el aire [6]. Desafortunadamente, el virus COVID-SARS ha presentado resistencia ante los cambios de temperatura y humedad en el ambiente, por lo que sistemas de humidificación o aire acondicionado tampoco tienen efecto práctico [18].

2.3.1 Medidas adoptadas en la Universidad de Zaragoza

Debido al alcance de la pandemia COVID-19 que impidió el desarrollo presencial de las actividades docentes durante el segundo semestre del curso 2019-2020, la Unidad de Prevención de Riesgos Laborales de la Universidad de Zaragoza estableció una serie de normas e instrucciones para garantizar una adecuada ventilación en las aulas que permitiese progresivamente la vuelta a la actividad normal en los centros.

En su Instrucción técnica para la ventilación de las instalaciones de la U.Z.[24], publicada en septiembre del año 2020, se establecía un aumento de la intensidad de la ventilación de todos los espacios. Para el caso de las aulas que no disponían de ventilación mecánica, se estableció la apertura de ventanas a primera hora y 10 minutos por cada hora de clase, y para el resto de espacios, un mínimo de dos ventilaciones por jornada de trabajo. Además, se recomendaba que las ventanas permanecieran abiertas el mayor tiempo posible siempre que no se creasen situaciones de desconfort térmico de importancia. En el caso de los espacios que disponían de ventilación mecánica, se establecía igualmente la apertura de ventanas al menos dos veces al día con duraciones de 15 minutos cada una.

Uno de los objetivos que recogía la Instrucción era revisar el sistema de ventilación mecánica de los centros. Entre las medidas propuestas se encontraba verificar que las climatizadoras estaban funcionando al menos a su caudal nominal, y que todos sus componentes, como filtros o ventiladores que pudiesen provocar una pérdida de carga significativa, se encontraban en condiciones óptimas de trabajo. Como medidas extraordinarias se eliminaban las recirculaciones de aire y se inutilizaban los recuperadores rotativos para evitar posibles mezclas.

Con el avance de la pandemia las medidas fueron evolucionando, y en la última Instrucción correspondiente a marzo de 2022 [24], se introdujeron cambios como el concepto de ventilación cruzada (apertura de puertas y/o ventanas opuestas en la sala para favorecer una circulación de aire eficaz) y la supresión de la recomendación abrir ventanas durante el desarrollo de la clase, realizándose únicamente al comienzo y final de esta. En abril de ese mismo año se eliminó la obligatoriedad de llevar mascarilla en interiores, pasando a ser recomendable para alumnos y personal docente [25].

3. Estudio del edificio

3.1 Características generales

El edificio objeto de este trabajo corresponde al edificio Agustín de Betancourt, perteneciente a la Universidad de Zaragoza. Este está localizado en Zaragoza (España), concretamente en el campus Río Ebro.

El edificio fue finalizado en el año 1998, y cuenta con casi 27.000 m² distribuidos en cuatro plantas (planta baja y plantas primera, segunda y tercera) más sótano, además de zonas verdes alrededor del campus. Las diferentes zonas que componen el edificio y sus superficies son:

ZONA	SUPERFICIE (m ²)	ZONA	SUPERFICIE (m ²)	ZONA	SUPERFICIE (m ²)
Sede y aulario	10.280	Sala de estudio Tomás Pollán	1.143	Dirección	479
Admin. y conserjería	499	Biblioteca Hypatia de Alejandría	2.114	Laboratorios Nave	4.827
Cafetería - Comedor	1.167	Departamento Ingeniería Mecánica (DIM)	3.887	Servicio de Mantenimiento, Informática y Comunicaciones	1.285
Salón de actos	516	Departamento de Economía y Admin. de Empresas (EDE)	519	TOTAL	26.719

Tabla 2. Superficies de las diferentes zonas del edificio Agustín de Betancourt. Fuente: Datos del proyecto.

En el Anexo 11: Planos, se muestran los planos de cada una de las plantas del edificio. La numeración de los espacios es la correspondiente actualmente, y para aquellos espacios que no disponen de numeración se ha asignado su nombre en función del uso de la sala.

El plano nº7 contiene los materiales de los diferentes cerramientos, obtenidos de la Memoria Técnica del proyecto. Las fachadas exteriores son de hormigón o alucobond (chapa de aluminio con aislamiento), y el edificio destaca por sus ventanales, protegidos por lamas de aluminio.



Figura 6. Edificio Agustín de Betancourt de la Universidad de Zaragoza. Fuente: Wikipedia.

3.2 Instalaciones existentes

Las instalaciones de climatización y ventilación del edificio pueden consultarse en el Anexo 11: Planos, así como un análisis más detallado de las características de cada uno de los equipos en el Anexo 3: Instalaciones existentes.

El edificio dispone de 4 climatizadoras (UTAs): una para las aulas, otra para la sala de estudio y biblioteca, otra para la cafetería-comedor y una última para el salón de actos. Las climatizadoras extraen el aire del interior y lo sustituyen por aire limpio del exterior, distribuido por los diferentes espacios a través de conductos de ventilación localizados en los falsos techos de las plantas.

La climatizadora de las aulas, objeto de este trabajo, está localizada en la segunda planta y de acuerdo a su placa de características, cuenta con un caudal de 39.240 m³/h en impulsión y en retorno. La climatizadora dispone de un recuperador de calor de placas y cuenta con una potencia frigorífica total de 282,4 kW y potencia calorífica de 301,58 kW.

Una peculiaridad del edificio es que no todas las salas disponen de ventilación mecánica. Esto es debido a que el proyecto del edificio es previo al año 2007, fecha de publicación del RITE [3], por lo que no existía obligatoriedad de incluir en el edificio un sistema de ventilación mecánica y sólo algunos espacios disponen del mismo. Los espacios que disponen de ventilación mecánica se encuentran disponibles en la Tabla 4.

En cuanto a la generación térmica del edificio, esta se realiza a través de tres bombas de calor localizadas en el sótano del edificio y que tienen una potencia calorífica de 2.118 kW y frigorífica total de 1.659 kW. Estas bombas de calor son del tipo agua-agua, y disponen de un intercambiador de placas que transfiere la energía del agua del pozo hasta el condensador/evaporador de la bomba de calor. El agua de salida, impulsada a 45°C en calefacción y 7°C en refrigeración, se distribuye por medio de 6 circuitos de tuberías a través del edificio hasta los elementos del secundario.

Como equipos terminales del secundario se dispone de pequeños climatizadores, fancoils y aerotermos. Se tratan de equipos agua-aire que utilizan el agua caliente o fría procedente de las bombas de calor para transferir la energía a una corriente de aire que es impulsada por un ventilador hacia el interior de la sala. Las potencias de climatización de estos equipos dependen del volumen y la capacidad de la sala a aclimatar. El aire, tras acondicionarse en estos equipos, es conducido hacia los difusores localizados en el falso techo, que se encargan de distribuir uniformemente el aire en el interior de la sala.

En el caso de los espacios que disponen de ventilación mecánica, la unión entre el conducto principal de ventilación de los pasillos y el equipo de climatización (fancoil) se realiza a través de un tubo flexible conectado a la impulsión del mismo, por el que pasa el aire de ventilación. Así, solo existe ventilación de los espacios cuando el climatizador o fancoil se encuentra activado.

Por último, la extracción de aire del interior de los espacios se realiza a través de rejillas de retorno localizadas en el falso techo. Una vez en el falso techo, el aire circula libremente hacia los conductos de ventilación de retorno de los pasillos o se recircula al equipo (ver Figura 77).

4. Cálculo de las necesidades de ventilación

4.1 Metodología

En este apartado se explica la metodología utilizada para realizar los cálculos de las necesidades actuales de ventilación para el edificio Agustín de Betancourt. El caudal se calcula siguiendo la normativa actual y para el cálculo de las cargas térmicas se utiliza el método RTS, descrito en el Anexo 4: Método RTS.

El RITE [8] establece unos requerimientos de calidad del aire interior (IDA) y exige que los edificios dispongan de un sistema de ventilación que renueve el suficiente caudal de aire como para eliminar las concentraciones de contaminantes producidos por la actividad humana. Entre los diferentes métodos para realizar una ventilación efectiva del aire, en este trabajo se empleará el método indirecto, que consiste en introducir una cantidad de aire constante del exterior. Este caudal de aire a aportar depende del uso de cada uno de los espacios del edificio y el número de personas de su interior. Para el resto de espacios que no están recogidos en el RITE, como son los aseos y los pasillos, estos se calculan a partir del Manual de Climatización: Cargas Térmicas [26].

ESPACIO	IDA	CAUDAL	FUENTE
Aulas de enseñanza	2	12,5 l/s·pax	RITE
Salas de ordenadores	3	8 l/s·pax	RITE
Despachos	2	12,5 l/s·pax	RITE
Laboratorios	2	12,5 l/s·pax	RITE
Salas de reuniones	2	12,5 l/s·pax	RITE
Aseos	2	3,5 l/s·m ²	MANUAL CLIMA.
Pasillos	2	12,5 l/s·m ²	MANUAL CLIMA.

Tabla 3. Caudal de ventilación por espacio. Fuente: RITE y Manual de Climatización.

El número de personas que puede alojar como máximo cada espacio se encuentra disponible en la página web de reserva de las aulas [27]. Para calcular la ocupación del resto de espacios, se utiliza el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB-SI) [28].

Con los datos de ocupación y caudal es posible calcular las necesidades de ventilación de cada espacio. Además, conocidas las características constructivas y de actividad de cada sala (ocupación, ventilación, iluminación...), es posible realizar un análisis de las cargas térmicas del edificio que permita comprobar si los sistemas de climatización instalados actualmente serían capaces de vencer la nueva carga de ventilación añadida. Analizando hasta 21 espacios de diferentes usos y características mediante el método RTS, se calcula la carga máxima horaria de calefacción y refrigeración para el día más crítico del año, lo que permite a posteriori dimensionar el sistema de ventilación.

Para facilitar el análisis de los resultados, los espacios se dividen por plantas y en espacios de iguales características:

ZONA/ESPACIOS	PB	P1	P2	P3
Aulas ventiladas	0.01/0.02/0.03/0.04	1.01/1.02/1.03/1.04/1.05 1.06/1.07/1.08/1.09 Sala de juntas 1 y 2 (Dirección)	2.01/2.02/2.03/2.04/2.05/ 2.06/2.07/2.08/2.09 2.18/2.19/2.20/2.21	3.06/3.10/3.07/3.08/3.09 EDE: Laboratorios (x2)
Aulas sin ventilar	0.05	1.10/1.11	2.10/2.11/2.12/2.13/ 2.14/2.15/2.16/2.17	3.01/3.02/3.03/3.04/3.05 EDE: Laboratorios (x1)
Departamento	DIM Laboratorios PB DIM Despachos PB	DIM Laboratorios P1 DIM Despachos P1	DIM Laboratorios P2 DIM Despachos P2	EDE: Despachos grandes EDE: Despachos pequeños
Laboratorios	Naves Individuales y Dobles	Naves Individuales y Dobles, Salas peq.	-	-
Admin. y conserjería	Conserjería, MotoStudent, Administración, Universa, Sala Microondas, Delegación de alumnos	-	-	-
Dirección	-	Despacho Director, Subdirector, Subdirector eco., Secretaría y otros despachos	-	-
Aseos	Hall PB, Conserjería, DIM PB, Laboratorios Nave PB	Hall P1, Dirección, DIM P1, Laboratorios Nave P1	Hall P2, DIM P2	Hall P3
Pasillos	Hall PB, Conserjería, DIM PB, Laboratorios Nave PB	Hall P1, Dirección, DIM P1, Laboratorios Nave P1	Hall P2, DIM P2	Hall P3, EDE P3

Tabla 4. Clasificación de los espacios en el edificio. Fuente: Elab. propia.

El alcance de este proyecto no comprende los espacios del salón de actos, cafetería, salas de estudio y bibliotecas, los cuales disponen de una UTA independiente. El cálculo de las necesidades de ventilación únicamente se realiza para los espacios citados anteriormente.

4.2 Resultados

4.2.1 Resultados de las necesidades de ventilación

El análisis individualizado de las necesidades de ventilación y cargas térmicas de cada uno de los espacios se encuentra disponible en el Anexo 5: Resultados de las necesidades de ventilación.

En total se analizan 44 tipos de espacios del edificio. En la Figura 7 se muestran los 22 espacios que requieren de un mayor caudal de ventilación, sin tener en cuenta los pasillos. Los caudales más elevados coinciden con aquellas salas que tienen una mayor ocupación, correspondientes a las aulas de docencia, seguidas de laboratorios y salas de ordenadores.

Observando el grupo de los espacios con caudal de ventilación superior a $3.000 \text{ m}^3/\text{h}$, todos ellos disponen de sistema de ventilación mecánica actual, y el resto de aulas que no disponen de sistema de ventilación tienen unas necesidades de ventilación inferiores a $1.000 \text{ m}^3/\text{h}$. En cuanto a los laboratorios, estos no disponen de ventilación mecánica y son las naves de mayor superficie las que requieren de un mayor caudal de ventilación.

Del total de espacios analizados, los despachos de los departamentos y dirección son los que requieren de un menor caudal de aire debido a su baja ocupación, de tan solo una persona.

De este análisis se concluye que aunque existan diferencias entre las necesidades de caudal del aire de ventilación entre espacios, existen espacios dentro del edificio con necesidades similares. Conocer estos espacios permitirá agruparlos por zonas y diseñar el sistema de ventilación más apropiado para cada caso.

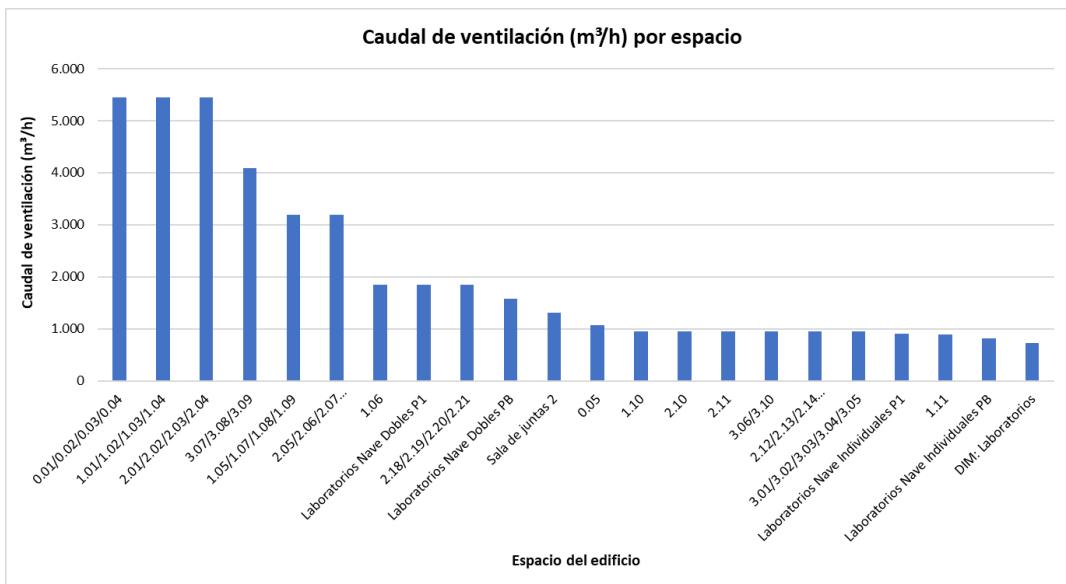


Figura 7. Caudal de ventilación (m^3/h) para los 22 espacios con mayor caudal. Fuente: Elab. propia

En la Tabla 5 se muestra el caudal total necesario para cada uno de los espacios del edificio, agrupados de acuerdo a la clasificación mostrada en la Tabla 4.

Caudales calculados por espacio					
ZONA	PB	P1	P2	P3	TOTAL
Caudal aulas ventiladas (m^3/h)	21.780	38.205	45.135	15.536	120.656
Caudal aulas sin ventilar (m^3/h)	1.066	1.843	7.571	4.725	15.205
Caudal zona departamento (m^3/h)	6.570	6.570	6.570	675	20.385
Caudal zona laboratorios nave(m^3/h)	15.885	9.090	-	-	24.975
Caudal zona admin. y conserjería (m^3/h)	2.565	-	-	-	2.565
Caudal zona Dirección (m^3/h)	-	270	-	-	270
Caudal aseos (m^3/h)	2.450	2.517	1.688	899	7.554
Caudal pasillos (m^3/h)	36.980	35.857	21.924	10.626	105.387
TOTAL (m^3/h)	87.295	94.352	82.888	32.461	296.996

Tabla 5. Caudal necesario (m^3/h) por espacio y planta. Fuente: Elab. propia.

De la tabla se observa como los pasillos, debido a su gran superficie, son los que requieren de un mayor caudal ventilación (35% del total). Este caudal tiene en cuenta el de los aseos, ya en el interior de ellos únicamente se produce la extracción.

Los pasillos no se tendrán en cuenta en la propuesta de soluciones de ventilación, ya que estos espacios se consideran como zonas de paso y por razones técnicas resulta complejo instalar una nueva climatizadora en el edificio para ventilar grandes superficies.

La siguiente zona que requiere de un mayor caudal de ventilación son las aulas que tienen sistema de ventilación mecánica actualmente, con un total de 120.656 m^3 (40%). Considerando que el caudal máximo en impulsión de la climatizadora de las aulas (CL-1) es de 39.240 m^3/h , se concluye que la climatizadora actual es insuficiente para cubrir las necesidades de ventilación de acuerdo a la normativa actual.

De forma complementaria, se realizan mediciones sobre los conductos de ventilación para verificar si la climatizadora está realmente trabajando a ese caudal máximo.

4.2.2 Resultados de las cargas térmicas del edificio

Utilizando el método RTS se calculan las cargas térmicas para hasta 21 diferentes espacios del edificio, diferenciándose entre sí por el uso, superficie del espacio o el tipo de climatizador utilizado.

Analizando esta muestra de espacios se pretende determinar si el equipo de climatización instalado actualmente sería capaz de vencer las cargas de calefacción y refrigeración totales, siendo estas, las cargas térmicas actuales más las nuevas cargas correspondientes a la ventilación. En el Anexo 5: Resultados de las necesidades de ventilación, se expone en profundidad el análisis realizado de las cargas térmicas del edificio.

A continuación, la Tabla 6 muestra los resultados obtenidos para cada uno de los espacios. En la tabla se muestra en verde si la demanda de calefacción o refrigeración es inferior a la potencia máxima del equipo, o en rojo en caso contrario. Las demandas analizadas son: la demanda actual del edificio (sin ventilación, columnas 5 y 6) y la demanda total (considerando la ventilación, columnas 6 y 7).

ESPACIO	EQUIPO	POTENCIA EQUIPO CAL. [kW]	POTENCIA EQUIPO REF. [kW]	DEMANDA CAL. (sin vent) [kW]	DEMANDA REF. (sin vent) [kW]	DEMANDA TOTAL CAL. [kW]	DEMANDA TOTAL REF. [kW]
Despacho Subdirector	FAN COIL TECHO Nº1	6,59	2,44	0,71	3,21	1,06	3,43
Sala peq. Delegación de alumnos	FANCOIL TECHO Nº2	10,60	3,78	1,06	2,52	1,76	2,96
DIM P1 Despachos	FANCOIL TECHO Nº2	10,60	3,78	0,79	2,05	1,14	2,27
3.01	FANCOIL TECHO Nº3	12,70	4,96	1,63	5,59	8,98	10,19
2.12	FANCOIL TECHO Nº3	12,70	4,96	1,17	7,67	8,52	12,27
EDE: Despacho grande	FANCOIL TECHO Nº3	12,70	4,96	1,69	6,19	2,74	6,84
Delegación de alumnos	FANCOIL TECHO Nº4	18,00	5,97	2,02	6,45	5,87	8,86
Despacho Director	FANCOIL TECHO Nº4	18,00	5,97	1,45	6,15	1,80	6,37
Sala de juntas 1	CLIMATIZADOR Nº5	6,70	4,17	2,21	10,76	6,06	13,17
MotoStudent	CLIMATIZADOR Nº6	21,50	13,00	4,80	13,89	10,40	17,40
1.10	CLIMATIZADOR Nº6	21,50	13,00	2,90	11,84	10,29	16,47
DIM P1 Laboratorios	CLIMATIZADOR Nº6	21,50	13,00	3,02	9,37	8,62	12,88
Laboratorios Nave Individuales P1	CLIMATIZADOR Nº6	21,50	13,00	2,99	8,47	9,99	12,85
2.11	CLIMATIZADOR Nº6	21,50	13,00	2,24	17,22	9,63	21,85
2.20	CLIMATIZADOR Nº6	21,50	13,00	2,29	15,26	16,64	24,25
0.05	CLIMATIZADOR Nº6	21,50	13,00	3,44	17,93	11,73	23,12
1.05	CLIMATIZADOR Nº7	28,30	17,10	1,60	12,42	26,45	27,98
Sala de juntas 2	CLIMATIZADOR Nº7	28,30	17,10	4,58	26,98	14,73	33,34
3.07	CLIMATIZADOR Nº7	28,30	17,10	5,77	29,18	37,62	49,13
Laboratorios Nave Dobles	CLIMATIZADOR Nº7	28,30	17,10	5,95	11,20	18,20	18,88
0.01	CLIMATIZADOR Nº8	43,00	28,35	6,13	21,02	48,48	47,55

Tabla 6. Resultados de las cargas térmicas del edificio. Fuente: Elab. propia

Del análisis de las cargas térmicas actuales, que son aquellas donde no se tienen en cuenta las cargas de ventilación, se observa que aunque todos los equipos de climatización instalados son capaces de cubrir íntegramente la demanda de calefacción, hasta 13 de ellos (sobre los 21 analizados) no llegan a cubrir siquiera la demanda de refrigeración del espacio.

Considerando la carga térmica total, con la carga de ventilación incluida, se observa que aunque la mayoría de equipos de climatización son capaces de cubrir las cargas térmicas totales en calefacción (19/21), tan sólo en cuatro espacios de los 21 totales, los equipos son capaces de cubrir íntegramente las demandas térmicas de calefacción y refrigeración total. Una forma de reducir la carga por ventilación es introducir sistemas con recuperación de calor.

5. Mediciones

En este apartado se analizan los valores obtenidos de las mediciones realizadas sobre la climatizadora de las aulas, además de analizar las mediciones de temperatura y CO₂ obtenidas por la herramienta sensorizar [29].

5.1 Mediciones en el sistema de ventilación

El edificio cuenta con hasta 4 climatizadoras (UTAs) para ventilar los diferentes espacios del centro. En este proyecto se analiza la climatizadora CL-1, que es aquella que se encarga de ventilar los espacios recogidos en la Tabla 4. Como puede observarse en la tabla, no todos los espacios están ventilados; los departamentos, laboratorios de las naves o incluso algunas aulas, especialmente en la planta segunda y tercera, no disponen de ventilación mecánica.

De la Tabla 5 se obtuvo que el caudal de ventilación requerido por las aulas que disponían de ventilación actual era de 120.656 m³/h. Sin embargo, de acuerdo a las especificaciones de la climatizadora, su caudal máximo en impulsión tan solo era de 39.240 m³/h.

Las mediciones se realizan con dos propósitos: a) demostrar que el sistema de ventilación, aunque insuficiente para necesidades de ventilación actuales, está funcionando a su caudal máximo y b) averiguar la distribución del aire de ventilación a través de las aulas y conductos. La metodología utilizada para las mediciones y los datos obtenidos pueden consultarse en el Anexo 6: Mediciones.

De los resultados obtenidos la primera conclusión que se extrajo fue la importancia del mantenimiento sobre la climatizadora y la revisión de los conductos de ventilación. Las mediciones se realizaron en dos períodos: previo y posterior al mantenimiento estacional de la climatizadora (cambio de invierno a verano). Los datos obtenidos mostraron como de un periodo a otro, tras haberse sustituido los filtros de la climatizadora y cambiado las correas de los ventiladores, se era capaz de impulsar un 60% más de caudal en cada planta (Figura 8). Si se comparan estos resultados con las necesidades de ventilación actual, se observa como el caudal impulsado actualmente resulta insuficiente.

Además, previo al mantenimiento de la climatizadora, se descubrió que existían compuertas dentro de los conductos que se encontraban parcial o completamente cerradas, impidiendo la impulsión de aire a algunas plantas. En esta parte de la memoria se analizan las mediciones realizadas con las compuertas una vez abiertas al 100% de su capacidad.

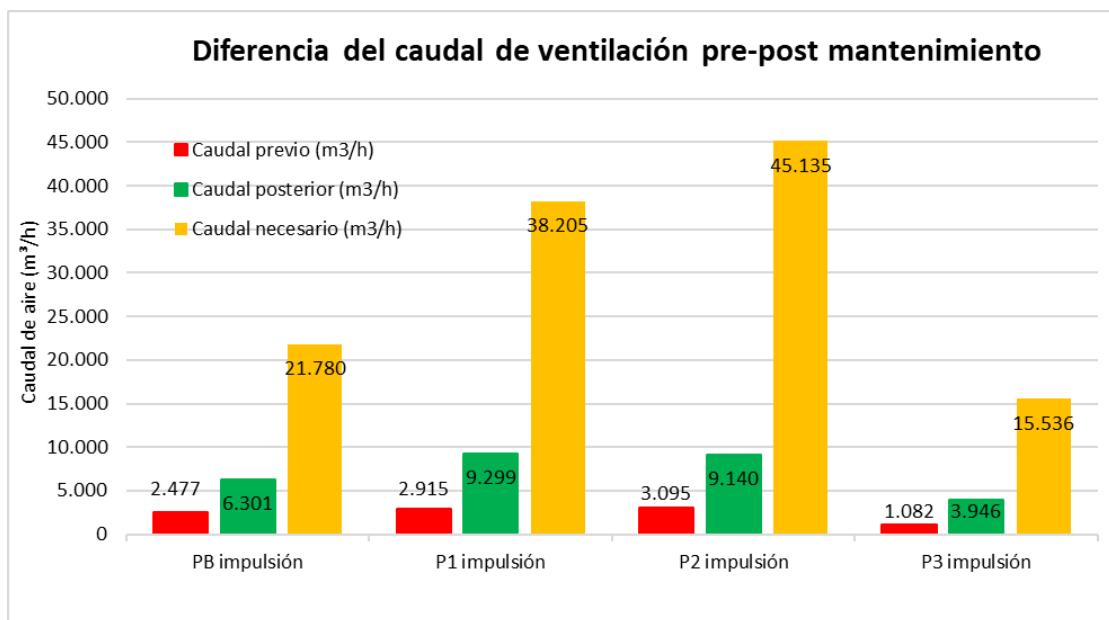


Figura 8. Caudal de ventilación (m^3/h) antes y después del mantenimiento de la climatizadora. Fuente: Elab. propia.

La Tabla 7 muestra el caudal de aire en el sistema de ventilación actual (tras el mantenimiento) comparado con las exigencias de la normativa actual. Los resultados mostraron como el caudal total medido en la impulsión de la climatizadora difería un 27% de su valor máximo ($39.240 m^3/h$), hecho que podía estar ocasionado por el desgaste de ventiladores o pérdidas en el sistema de distribución. Respecto al caudal de aire necesario, se observa como cada planta requeriría de un aporte de más del 70% del actual.

Se concluye por tanto que la climatizadora actual es insuficiente para satisfacer los requerimientos de ventilación calculados, y se necesitaría sustituir o reformar la climatizadora para aumentar el caudal de impulsión hasta cuatro veces superior al actual.

Espacio	Caudal necesario (m^3/h)	Caudal medido (m^3/h)	Diferencia (m^3/h)	Diferencia (%)
PB	21.780	6.301	15.479	71%
P1	38.205	9.299	28.906	76%
P2	45.135	9.140	35.995	80%
P3	15.536	3.946	11.590	75%
TOTAL	120.656	28.686	91.970	76%

Tabla 7. Caudal de aire de ventilación necesario y medido para las plantas del edificio. Fuente: Elab. propia.

Dos resultados significativos que se obtuvieron con las mediciones fueron la poca variación que experimentaba el aire de retorno tanto antes como después del mantenimiento (Tabla 8), y la gran diferencia entre el caudal de impulsión y retorno en el conducto principal de la climatizadora.

COMPARATIVA RETORNO ANTES/DESPUÉS MANTENIMIENTO				
Espacios	Caudal previo (m^3/h)	Caudal posterior (m^3/h)	Diferencia (m^3/h)	Diferencia (%)
RETORNO CL-1	7.178	7.613	435	6%

Tabla 8. Caudal de aire en retorno antes y después del mantenimiento. Fuente: Elab. propia.

La Figura 9 muestra un recorte del esquema del funcionamiento teórico del sistema de ventilación de las aulas. El esquema completo puede encontrarse en la Figura 77, disponible en el Anexo 6: Mediciones, muestra un esquema.

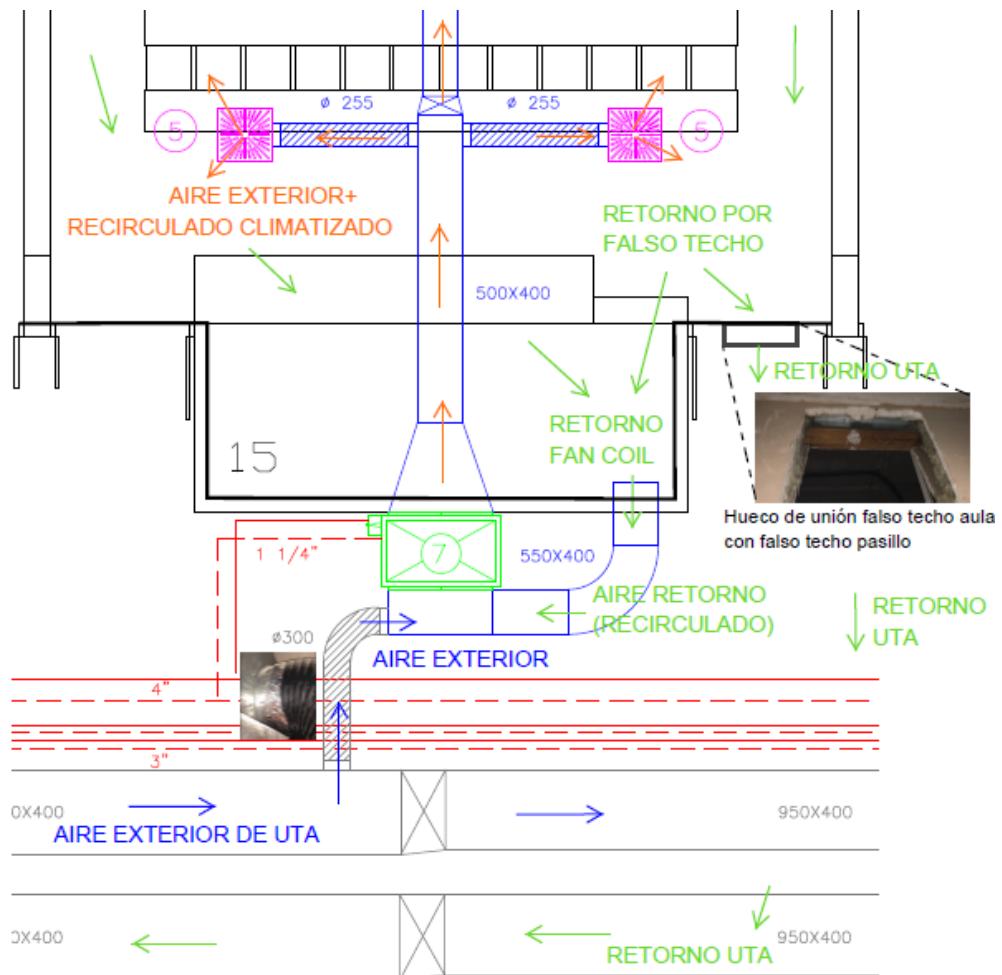


Figura 9. Esquema teórico del sistema de ventilación en las aulas. Fuente: Miguel García-Monge

El aire, que circula por el conducto principal de ventilación, se desvía a través de un conducto flexible hacia el climatizador o fancoil y, tras acondicionarse, se distribuye por el aula por medio de los difusores. En el fondo del aula se encuentran dos rejillas de retorno por las que pasa el aire hasta el falso techo donde, de forma libre, el aire debería circular de nuevo hacia el equipo terminal (recirculación) o hacia el falso techo del pasillo, donde sería recogido por el conducto principal de ventilación del retorno. Según este principio, la ventilación sólo debería funcionar cuando el climatizador o fancoil estuviese activado, y además el caudal del aire de retorno en la climatizadora debería ser igual al caudal impulsado menos el aire recirculado.

Con el objetivo de verificar este funcionamiento, se realizaron mediciones sobre el conducto de ventilación del aula 1.05.

Sorprendentemente, los resultados obtenidos mostraron como el caudal de impulsión a la entrada del fancoil era el mismo independientemente de que este estuviese encendido o apagado. Lo que esto demostraba era que el aire de ventilación, en lugar de atravesar el fancoil y ventilar la clase, circulaba directamente hacia el falso techo por huecos que pudiese haber en el equipo de climatización y que le ofreciesen una menor resistencia de paso. En cuanto al caudal total retornado a la climatizadora, puesto que el aire circula libre por el falso techo de los

pasillos, este se pierde por aberturas y huecos que va encontrando a su paso antes de llegar al conducto principal de ventilación del retorno. La Figura 78 disponible en el Anexo 6: Mediciones, muestra un esquema del funcionamiento real del sistema de ventilación de las aulas.

La conclusión de este análisis es que el aire de ventilación nunca llegaba a atravesar el fancoil y por tanto, **no se estaban ventilando las clases**. Todo el aire de ventilación se estaba perdiendo por el falso techo y además sólo una pequeña fracción del aire estaba retornando a la climatizadora, lo que reducía la posibilidad de recuperación de calor.

5.2 Mediciones de las condiciones en las aulas: Sensorizar

De forma complementaria a las mediciones realizadas sobre los conductos de ventilación, se analizan los datos de las condiciones climáticas de las aulas publicados en la plataforma sensorizar [29].

La Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) dispone de un sistema de monitorización de las condiciones ambientales (CO_2 , temperatura y humedad) de algunas de las aulas del campus Río Ebro. Particularizando para el caso del Edificio Agustín de Betancourt, existen un total de 15 espacios monitorizados.

Los datos de la plataforma sensorizar son públicos y pueden consultarse a tiempo real o descargar un histórico de las mediciones. Cinco de estos espacios disponen de datos desde el 25 de octubre de 2021, mientras que el resto únicamente desde el 1 de marzo de 2022. El análisis realizado comprende hasta la fecha 31 de julio de 2022.

En el Anexo 6: Mediciones puede consultarse el análisis individualizado para cada uno de los espacios y la metodología utilizada para el análisis de la base de datos de sensorizar. El objetivo del análisis es determinar si, durante el horario de apertura del centro, se cumplen las dos siguientes condiciones:

- 1) Los niveles de CO_2 (ppm) no superan las 700 ppm. Cumplir esto significa que se está realizando una correcta ventilación de los espacios en el edificio.
- 2) La temperatura en el aula se encuentra dentro de los límites establecidos por el RITE [8]. Sobrepasar los 25 grados en verano o bajar de los 21 grados en invierno significa una pérdida de confort térmico en el interior.

Las gráficas siguientes muestran, para cada espacio, el número total de datos contabilizados durante el horario de apertura del centro y el número de veces que se obtiene un nivel de CO_2 superior a 700 ppm (Figura 10), y que se obtiene una temperatura superior o inferior al rango de confort térmico establecido según el RITE (Figura 11). Debido a la gran variabilidad en el periodo de muestreo (puede llegar a ser de días entre una medición y su siguiente), no es posible analizar la evolución temporal de los valores y sólo se contabiliza el valor en el momento de la medición.

Los resultados analizados muestran como el nivel del CO_2 se mantiene prácticamente en la totalidad de las mediciones a un nivel inferior a 700 ppm (98%), existiendo aulas donde en ningún momento llega a superarse este valor.

Por otra parte, atendiendo a los datos de temperatura, se observa como hasta en el 71% de las veces, y de forma proporcional entre aulas, la temperatura excede del rango establecido. Del análisis individualizado del anexo se observa como la mayoría de estos sobrepasamientos se producen durante el periodo donde el sistema de refrigeración se encuentra activado (a partir

del 1 de junio). Durante el periodo en el que la calefacción está activada (15 noviembre a 15 de marzo) existen salas con un control efectivo de temperatura (menos del 10% de datos por debajo de 21°C) y otros donde la temperatura nunca llega a subir del nivel mínimo, como es el caso de la sala de ordenadores de la Planta Baja. El periodo intermedio, cuando los sistemas de climatización están apagados, resulta dependiente de las condiciones climáticas exteriores.

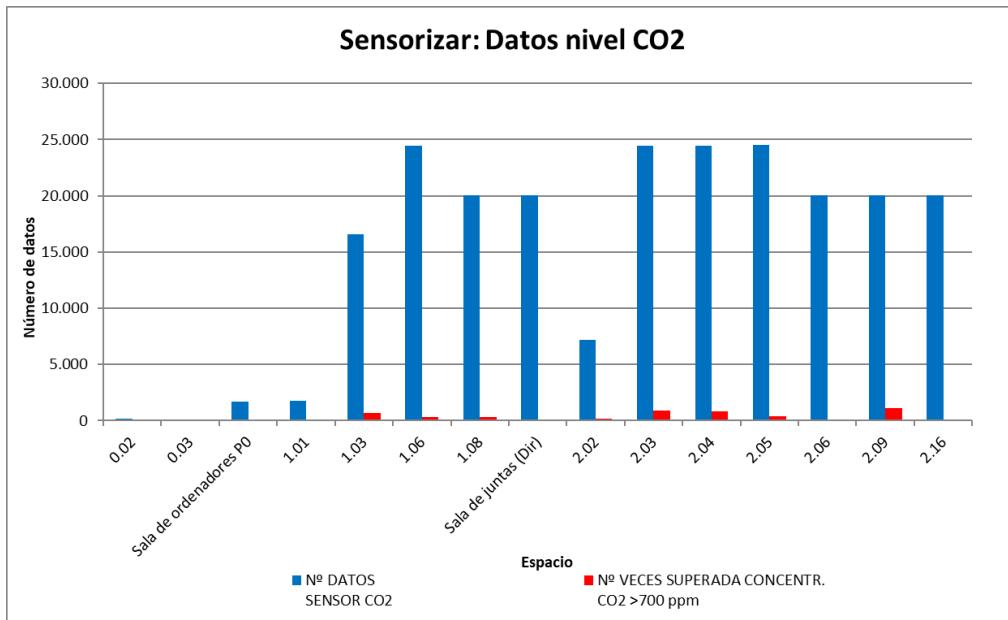


Figura 10. Análisis de los datos del nivel de CO₂ en las aulas. Fuente: Sensorizar

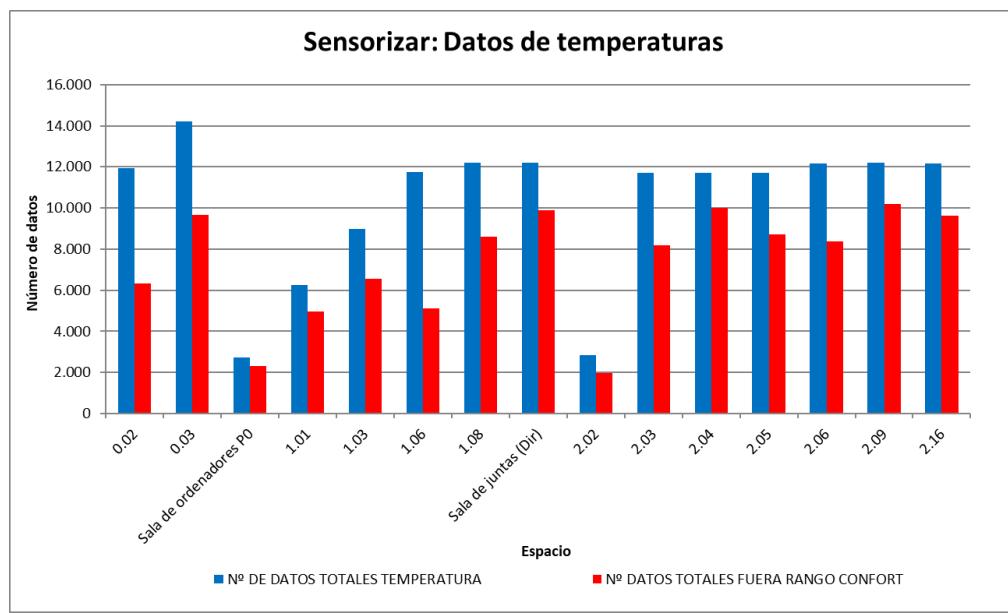


Figura 11. Análisis de los datos de temperaturas en las aulas. Fuente: Sensorizar.

De los datos analizados de la plataforma sensorizar se concluye que actualmente se está realizando una **ventilación efectiva en las aulas pero**, al realizarse de forma natural mediante la apertura de ventanas, esto supone una **pérdida del confort térmico en el interior del edificio**. Estas desviaciones en la temperatura provocan que los climatizadores, activados mediante termostato, estén continuamente funcionando y por tanto, provocando un importante gasto energético.

6. Soluciones de ventilación propuestas

Una vez conocidas las necesidades de ventilación del edificio, se proponen diferentes soluciones dependiendo del tipo de espacio y zona en la que se encuentren.

La primera medida es solucionar la NO VENTILACIÓN de las aulas que cuentan con la ventilación mecánica actual. El aire, que debe pasar a través del climatizador o fancoil, está escapando por el falso techo debido a la gran resistencia de paso que ofrecen los equipos, y además, en el caso del retorno, el aire nunca vuelve al conducto principal de la climatizadora.

La solución que se plantea se muestra en la Figura 12 y el esquema completo está disponible en el Anexo 8: Cálculos de las soluciones de ventilación propuestas.

Como en él puede observarse, se plantea un sistema de bypass para el aire de ventilación que permita al aire llegar hasta los difusores sin pasar por el fancoil o climatizador. Eliminando el actual conducto flexible y añadiendo uno nuevo con una válvula antirretorno a su salida, se asegura una ventilación de las aulas y se impide que el aire se pierda por el falso techo. Además, con este sistema climatización y ventilación se vuelven independientes, pues ya no haría falta encender la climatizadora o fancoil para poder ventilar.

En cuanto al problema del aire de retorno, se plantea añadir una nueva rejilla que conduzca el aire (corriente rosa) mediante tubo hasta el conducto principal de la climatizadora. De esta manera, se asegura que todo el aire vuelve y que por lo tanto se produce una recuperación de calor efectiva en la climatizadora. En caso de dificultades constructivas a la hora de tirar los tubos por el falso techo, podría plantearse instalar la rejilla en la puerta y aspirar por el conducto principal de retorno de la climatizadora. Las dos rejillas actuales disponibles se utilizarán para el aire de recirculación (corriente verde), que podría ir entubado o libre por falso techo.

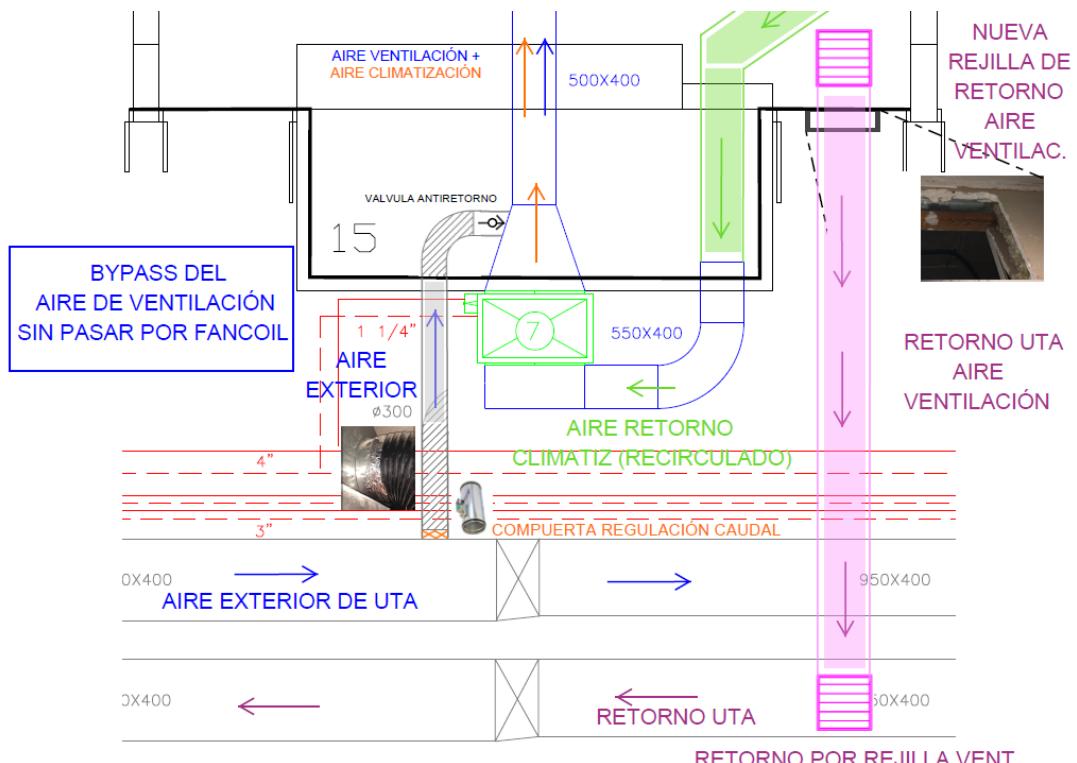


Figura 12. Solución planteada para la ventilación mecánica en las aulas. Fuente: Modificación a partir de Miguel García-Monge.

En el plano también aparece una compuerta de regulación de caudal, que será propuesta como solución de las aulas ventiladas por las climatizadoras.

Esta solución se aplicará para todas aquellas salas cuyo sistema de ventilación provenga de una UTA. Sin embargo, las climatizadoras no resultan el único sistema de ventilación existente.

En el Anexo 7: Soluciones de ventilación se muestra un estudio de los diferentes equipos de ventilación existentes en el mercado, distinguiéndose dos tipos: Climatizadoras/Unidades de Tratamiento de aire (UTAs) y equipos de ventilación descentralizados. Aunque una ventaja de las climatizadoras es que pueden trabajar con grandes caudales de aire, estas suelen requerir de una gran cantidad de espacio tanto para la unidad como para los conductos, por lo que no disponen de la flexibilidad de los equipos de ventilación descentralizados. Los equipos de ventilación descentralizados son pequeños recuperadores que pueden instalarse en falsos techos, paredes o suelos de las salas, y aunque sus caudales son más pequeños, son muy adaptables a las características de los diferentes espacios.

Aprovechando que el edificio ya dispone de una climatizadora para las aulas (CL-1), se planteaba la posibilidad de modificar la máquina para llegar a cubrir el caudal requerido de las aulas ventiladas ($120.656 \text{ m}^3/\text{h}$) y utilizar equipos de ventilación descentralizados para el resto de aulas. Sin embargo, la UTA actual, como ya se ha remarcado anteriormente, tiene un caudal de impulsión de tan solo $39.240 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que la única manera de llegar a alcanzar el caudal requerido sería cambiando totalmente la climatizadora. Partiendo del hecho de que la UTA actual se encuentra en el interior de una sala del edificio, y que este debería demolerse entero para poder cambiar cualquier parte de la misma, una UTA de $120.000 \text{ m}^3/\text{h}$, aunque es posible fabricarla, ocuparía unas dimensiones tales que no cabría en la localización actual y el propio forjado del edificio no aguantaría su peso.

De esta manera, se desecha la idea de modificar la climatizadora actual y se plantean las siguientes soluciones de ventilación. Estas soluciones se recogen en la siguiente tabla:

EQUIPO UTILIZADO		PB	P1	P2	P3	TOTAL	
CLIMATIZADORA CL-1 SIN MODIFICAR	ZONA Y ESPACIOS	-	Aulas ventiladas: 1.05/1.06/1.07/1.08/1.09 Sala de juntas 1 y 2 (Dirección)	Aulas ventiladas: 2.05/2.06/2.07 2.08/2.09 2.18/2.19/2.20/2.21	Aulas ventiladas: 3.06/3.07/3.08 3.09/3.10 EDE: Laboratorios (x2)		
	CAUDAL (m^3/h)	0	16.425	23.355	15.536	55.316	
NUEVA UTA AULAS ESTE	ZONA Y ESPACIOS	Aulas ventiladas: 0.01/0.02/0.03/0.04	Aulas ventiladas: 1.01/1.02/1.03/1.04	Aulas ventiladas: 2.01/2.02/2.03/2.04	-		
	CAUDAL (m^3/h)	21.780	21.780	21.780	0	65.340	
EQUIPOS DE VENTILACIÓN DESCENTRALIZADOS	ZONA Y ESPACIOS	Aulas sin ventilar: 0.05 Conserjería: Conserjería/MotoStudent/ Admin. Universa/Sala Microondas/Del. Alumnos Laboratorios: Naves individuales y Dobles	Aulas sin ventilar: 1.10/1.11 Dirección: Director/Secretaría Subdirector/Despachos Laboratorios: Naves individuales y Dobles	Aulas sin ventilar: 2.10/2.11 2.12/2.13/2.14 2.15/2.16/2.17	Aulas sin ventilar: 3.01/3.02/3.03 3.04/3.05 EDE: Despachos pequeños y grande/Lab. Función despacho	-	
	CAUDAL (m^3/h)	11.641	11.203	7.571	5.400	35.815	
DIM: ALTERNATIVA 1: DESCENTRALIZADO ALTERNATIVA 2: UTA	ZONA Y ESPACIOS	DIM: Despachos y Laboratorios	DIM: Despachos y Laboratorios	DIM: Despachos y Laboratorios	-	-	
	CAUDAL (m^3/h)	6.570	6.570	6.570	0	19.710	

Tabla 9. Soluciones de ventilación. Fuente: Elab. propia.

Los planos con todas las soluciones propuestas se pueden encontrar en el Anexo 11: Planos, y los cálculos de los equipos en el Anexo 8: Cálculos soluciones de ventilación.

6.1 Climatizadoras (UTAs) para las aulas ventiladas

Se respetarán las aulas que están actualmente ventiladas pero, como una única climatizadora no puede suministrar el total de caudal necesario, se añadirá una nueva UTA que complemente a la actual. Dada la distribución de las clases y considerando que el mayor caudal se requiere en las aulas del ala este del edificio (0.01 a 0.04, 1.01 a 1.04 y 2.01 a 2.04), se decide instalar una UTA para estas clases y utilizar la actual para el resto. Además, una de las ventajas de esta división es que es posible separar los conductos de ventilación de las aulas de ambos extremos utilizando para ello las compuertas cortafuegos existentes.

De acuerdo a la Tabla 9, el caudal requerido para las aulas de la actual climatizadora es de 55.316 m³/h, lo que resulta superior al caudal máximo de impulsión de la climatizadora, igual a 39.240 m³/h. Esto ocurre igualmente para la nueva UTA de las aulas del lado este, igual 65.340 m³/h y cuya climatizadora seleccionada tiene un caudal máximo de 50.000 m³/h.

La elección del caudal de esta nueva climatizadora obedece a criterios constructivos, debidos a la restricción de espacio disponible en la cubierta del edificio y la complejidad de la instalación y transporte de una UTA de mayor tamaño.

Para justificar estos caudales, se realiza un análisis de la simultaneidad de uso de las aulas a partir de los datos de la web de reserva de aulas en el centro [27]. Los datos recopilados son los correspondientes a las fechas de redacción de este trabajo, analizándose los días de lunes a viernes para las semanas A y B del segundo semestre del curso 2021/2022 y primer semestre del curso 2022/2023.

La Tabla 10 muestra un resumen de los resultados, encontrándose el análisis desglosado en las Tabla 67 y Tabla 68 del Anexo 8: Cálculos de las soluciones de ventilación. Es importante considerar que los cálculos se han realizado para el caudal máximo de estas aulas, cuando en realidad la ocupación real de las aulas no es completa casi nunca.

TOTAL DATOS/HORA = 20	UTA ACTUAL 39.240 m ³ /h		NUEVA UTA 50.000 m ³ /h AULAS LADO ESTE	
	HORA	MÁXIMO	PORCENTAJE DE VECES SUPERADO CAUDAL MAX UTA	MÁXIMO	PORCENTAJE DE VECES SUPERADO CAUDAL MAX UTA
8:00	13.729	0,00%	27.225	0,00%
9:00	23.929	0,00%	49.005	0,00%
10:00	29.193	0,00%	59.895	10,00%
11:00	31.972	0,00%	59.895	20,00%
12:00	30.891	0,00%	59.895	25,00%
13:00	25.769	0,00%	59.895	15,00%
14:00	25.044	0,00%	59.895	15,00%
15:00	24.895	0,00%	54.450	15,00%
16:00	27.101	0,00%	54.450	10,00%
17:00	28.467	0,00%	49.005	0,00%
18:00	26.569	0,00%	38.115	0,00%
19:00	20.333	0,00%	27.225	0,00%
20:00	13.097	0,00%	16.335	0,00%
21:00	3.423	0,00%	5.445	0,00%

Tabla 10. Análisis de simultaneidad de las aulas. Fuente: Elab. propia.

De la tabla se obtiene que para el caso de las aulas ventiladas con la UTA actual, nunca llega a superarse el caudal máximo de la climatizadora. Sin embargo, para el caso de la nueva UTA, en determinadas horas llega a superarse el caudal máximo ($50.000 \text{ m}^3/\text{h}$), pero tan sólo hasta en un 25% del total de datos analizados y su mayoría en el curso 2022/2023, donde debido a las políticas energéticas se finaliza la actividad docente a las 19 horas y las clases se han reagrupado aumentando la simultaneidad.

Como ya se ha explicado con anterioridad, no es posible instalar una UTA de mayor tamaño, por lo que en instantes de máxima demanda se realizará un reparto proporcional a cada una de las clases. Otra solución es que, conociendo esta limitación, la escuela podría en un futuro reorganizar las clases ocupadas evitando esta simultaneidad.

Las características de cada una de las climatizadoras se muestran a continuación:

6.1.1 Climatizadora CL-1 sin modificar

La climatizadora se encuentra en el interior de un cuarto técnico, por lo que resulta inviable económicamente tirarlo para sustituir completamente o parcialmente algunos módulos tales como el recuperador de calor o ventiladores. Por tanto, la solución propuesta contempla mantener la UTA actual para dar servicio a las aulas a del sector oeste, recogidas en la Tabla 9.

Aunque el caudal máximo de la climatizadora siga siendo el mismo ($39.240 \text{ m}^3/\text{h}$), el caudal que debe circular por cada una de las plantas ha aumentado, por lo que también deben redimensionarse los conductos de ventilación. En la Tabla 64 del Anexo 8: Cálculos de las soluciones de ventilación, se muestran los cálculos de las nuevas secciones, y en ellos se puede observar que aunque se pueden mantener los conductos de las aulas más alejadas a la impulsión, se debería aumentar la sección del conducto de entrada a cada una de las plantas, pues a cada aula se le impulsa un caudal superior al nominal. Los planos muestran como el espacio disponible en pasillo es suficiente para albergar esos conductos.

En la Figura 13 se muestra un recorte de la planta segunda, disponible en el plano nº15 del Anexo 11: Planos.

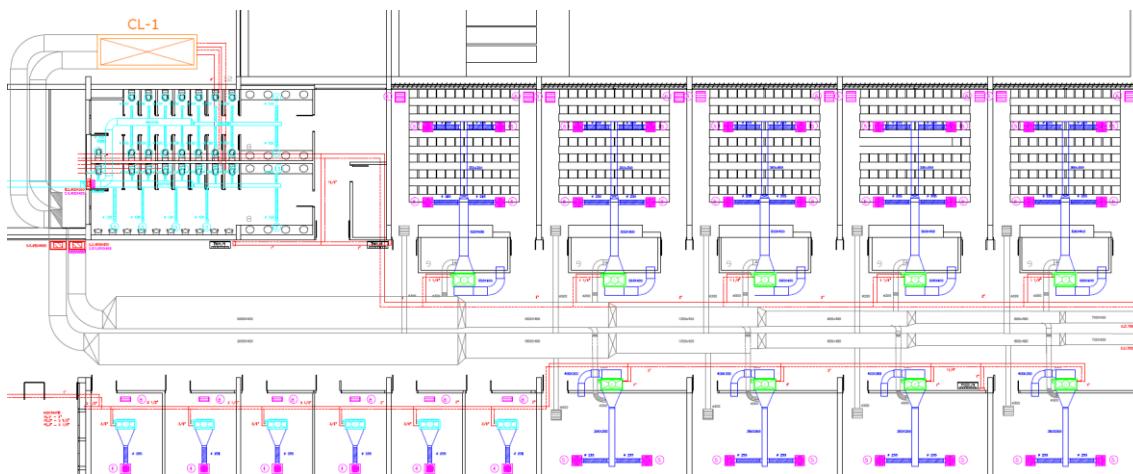


Figura 13. Vista de la climatizadora CL-1 en la planta segunda. Fuente: Elab. propia.

Una peculiaridad de esta UTA es que deja de dar servicio a la planta baja y se da enteramente a la planta tercera. Además, al no modificar la UTA, una de sus desventajas es que seguirá sin poder contar con free-cooling.

6.1.2 Nueva UTA aulas este

Como se deben ventilar las aulas del sector este en las plantas baja, primera y segunda, la nueva climatizadora debe instalarse en un espacio accesible y donde exista facilidad para dirigir los conductos de ventilación a sus respectivas plantas. La localización seleccionada se encuentra en la segunda planta del edificio sobre la cubierta del pasillo que une las aulas con el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM). La localización de las UTAs que se proponen en este trabajo puede visualizarse a modo ejemplificativo en la Figura 14.



Figura 14. Localización de las UTAs del edificio. Fuente: Elab. propia a partir de Google Earth.

La climatizadora CL-1 de las aulas fue descrita anteriormente en el estudio del edificio, su fabricante es TROX y cuenta con un caudal de $39.240 \text{ m}^3/\text{h}$ tanto para impulsión como para el retorno. Cuenta con un recuperador de placas y no dispone de free-cooling. Por otra parte, la nueva climatizadora para las aulas este será del fabricante EVAIR, y su caudal de impulsión será de $50.000 \text{ m}^3/\text{h}$. Con el objetivo de aumentar su eficiencia, esta dispondrá de un recuperador rotativo de condensación, ventiladores EC y freecooling. Por último, la climatizadora DIM, que se explicará en adelante, también será del fabricante EVAIR y será similar a la propuesta para las aulas este, pero contará con un menor caudal de impulsión: $20.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

Las fichas técnicas de las UTAs, realizadas por EVAIR, están disponibles en el Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras.

En cuanto a los conductos de la climatizadora de las aulas este analizada en este apartado, tanto los conductos de impulsión como de retorno en las plantas segunda y primera se pueden dirigir fácilmente. Sin embargo, para llegar a la planta baja se deberá utilizar parte del pasillo de la planta primera (ver Anexo 11: Planos).

Como puede comprobarse en la Tabla 65 del Anexo 8: Cálculos de las soluciones de ventilación, las secciones de los conductos actuales son insuficientes, por lo que deberán sustituirse enteramente por unas nuevas de mayor sección. La Figura 15 muestra un recorte de la distribución de los conductos y la climatizadora en la planta segunda (plano nº15 del Anexo 11).

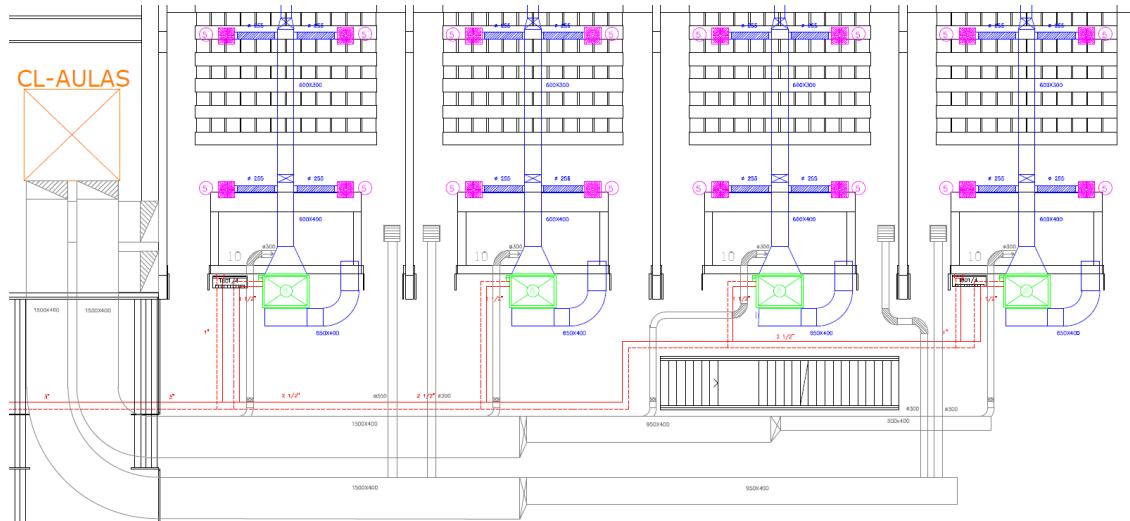


Figura 15. Vista de la climatizadora de las aulas este en la planta segunda. Fuente: Elab. propia.

6.1.3 Sistema de control de las climatizadoras

El control actual de las climatizadoras está conectado al sistema BMS del edificio, la ventilación se realiza de forma programada, y además debe realizarse conjuntamente con la climatización. Mediante el sistema de bypass se ha conseguido separar el sistema de ventilación y climatización del edificio, por lo que debe realizarse un control independiente del sistema de ventilación.

Aprovechando los sensores instalados en las aulas en el programa sensorizar [29], se realizará un control de las UTAs a partir de los datos aportados por estos sensores. Cuando el nivel alcance el máximo de 700 ppm, el sensor enviará una señal al sistema para que encienda la climatizadora y regule el caudal, dependiendo del número de clases que requieran de ventilación. Asimismo, para distribuir el caudal a lo largo de las aulas se utilizarán compuertas de regulación que serán accionadas mediante la señal del sensor de CO₂ para su apertura y cierre.

El control de las climatizadoras está detalladamente explicado en el Anexo 8.

6.2 Equipos de ventilación descentralizados

Los equipos de ventilación descentralizados se planean para ser utilizados en todos aquellos espacios donde no se pueda acceder mediante las climatizadoras o porque por facilidad de instalación, resulte más viable técnica y económicamente. Los espacios donde se utilizan este tipo de equipos se muestran en la Tabla 9.

Del total de equipos de ventilación descentralizados mostrados en el Anexo 7: Soluciones de ventilación, se seleccionarán aquellos equipos que, respetando una altura de máxima de 0,5 m, cumplan con las necesidades de caudal de los espacios. Los equipos se instalarán en el falso techo con un extremo pegado al lado de la fachada, por donde se realizará la incisión para la comunicación con el exterior, y tanto los conductos de impulsión como de retorno discurrirán por el falso techo hasta el espacio correspondiente.

En caso de que la diferencia entre el caudal máximo del difusor y el caudal máximo de climatización sea mayor al caudal de ventilación, se utilizarán los mismos difusores disponibles en las aulas. En caso contrario, se instalará uno nuevo ajustado al caudal correspondiente. El retorno siempre será independiente del sistema de climatización por lo que se instalará una nueva rejilla de retorno.

Los equipos utilizados serán los modelos: REVAC-500, REVAC-900 y REVEC-950 de EVAIR y sus principales características se resumen en la Tabla 11.

MODELO	REVAC-500	REVAC-900	REVEC-950
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	1.100 x 1.050 x 370	1.200 x 1.150 x 430	1.200 x 1.150 x 430
PESO (kg)	74	91	90
CAUDAL NOMINAL (m³/h)	500	900	950
EFICIENCIA RECUP. (%)	78	76	76
TIPO VENTILADOR	AC	AC	EC
Nº UNIDADES	4	24	16

Tabla 11. Equipos de ventilación descentralizados utilizados. Fuente: Elab. propia.

El sistema de control de los equipos de ventilación descentralizados será independiente del control central del edificio, por lo que junto al equipo deberá añadirse un sistema de control. De entre las posibilidades que ofrece EVAIR, se selecciona el control avanzado, ya que permite la regulación del caudal a partir de señales externas, que serían las producidas por el sensor de CO₂ instalado en las salas. Actualmente el programa sensorizar solo cuenta con dos aulas de este tipo con sensores instalados, por lo que deberá considerarse ampliar el número de sensores.

La elección de un equipo u otro se ha realizado de acuerdo a un ajuste óptimo de los caudales y a criterios económicos y, dependiendo de las necesidades de caudal, se utilizará un único equipo por espacio o un equipo para varios espacios.

La Figura 16 muestra un recorte del plano de la planta baja donde se aprecia el uso de un equipo de ventilación para la sala de MotoStudent, y un único equipo que es compartido por las salas de Universa y Administración (plano completo disponible en Anexo 11: Planos).

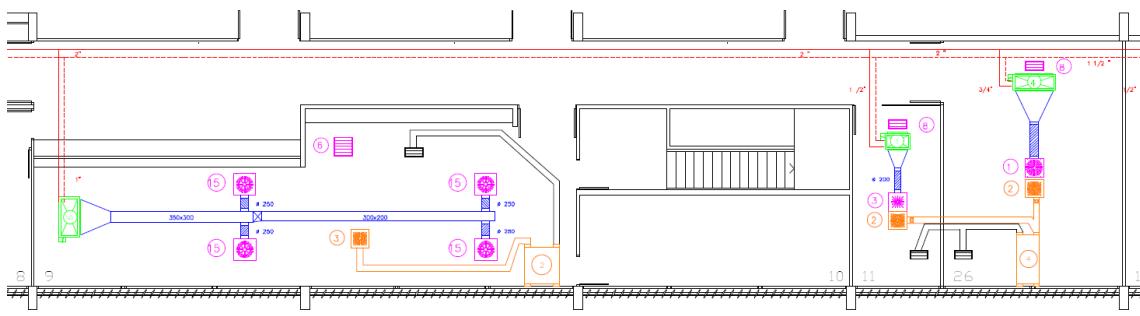


Figura 16. Vista de equipos de ventilación descentralizados en las salas de la planta baja. Fuente: Elab. propia.

En cuanto a la nave, únicamente se ventilarán los laboratorios y no los talleres, dado que las puertas que conectan al exterior se encuentran continuamente abiertas. En el conjunto de la nave, aunque podría plantearse la instalación de una nueva climatizadora, por sencillez constructiva se ha optado por proponer soluciones descentralizadas en cada uno de los laboratorios. La Figura 17 muestra un recorte del plano de las naves donde se llega a apreciar que en el laboratorio de la derecha deben instalarse hasta dos equipos de ventilación, ya que por la restricción de altura en el falso techo no es posible instalar un equipo de mayor caudal.

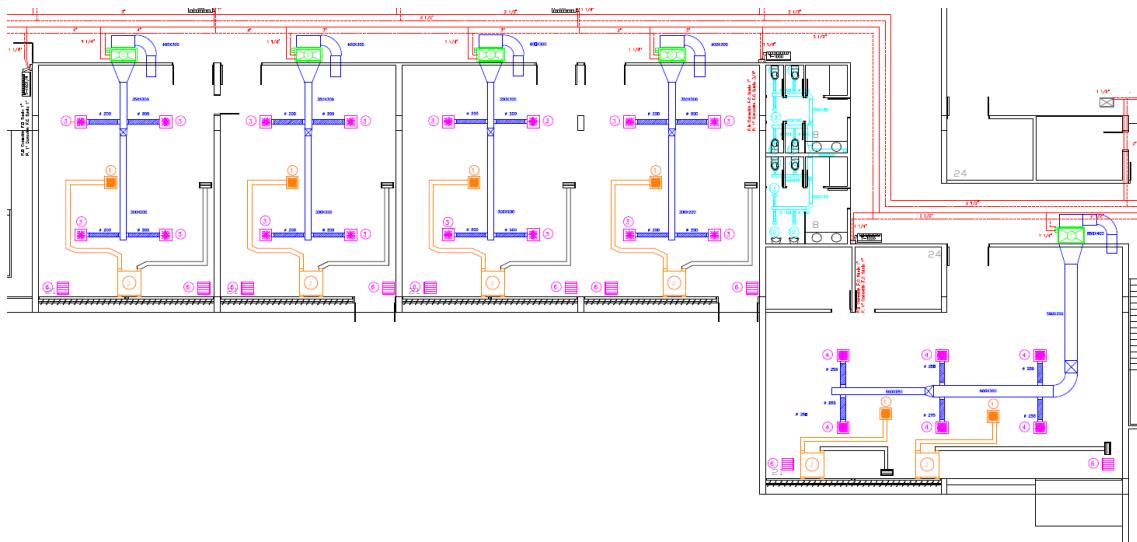


Figura 17. Vista de equipos de ventilación descentralizados en la nave de la planta baja. Fuente: Elab. propia.

Las fichas que muestran los cálculos con los que se han seleccionado cada uno de los equipos de ventilación se muestran en el Anexo 8: Cálculos de las soluciones de ventilación. Junto a ellos, se indica si es viable el uso del difusor existente en la sala o si es necesario el cambio de climatizador o fancoil.

6.3 Soluciones para el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)

En el caso del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM), dada la similitud de espacios entre sus tres plantas: baja, primera y segunda; se proponen dos tipos de soluciones: ventilación central por climatizadora y equipos de ventilación descentralizados para cada sala.

6.3.1 Climatizadora DIM

El caudal total de ventilación requerido por los espacios de las tres plantas del DIM es de $19.710 \text{ m}^3/\text{h}$, por lo que se estudia la posibilidad de añadir una nueva UTA con caudal máximo de impulsión $20.000 \text{ m}^3/\text{h}$.

La posible localización de la misma se muestra en la Figura 14, correspondiente a la cubierta de la segunda planta y en un lugar accesible para el personal. Desde ahí, los conductos circularían fácilmente hasta la planta segunda y primera, y para acceder a la planta baja se utilizaría parte de la fachada exterior del pasillo entre el departamento y el hall principal. En este caso, dado el bajo caudal de la climatizadora no se presenta ningún inconveniente de peso u espacio.

El dimensionamiento de los conductos sería igual que para el caso de las climatizadoras de las aulas, existiendo un conducto principal por el que se desviarían conductos flexibles hasta los difusores, y también se contaría con compuertas de regulación de caudal conectadas al sensor de CO_2 . De nuevo, el retorno va conducido utilizando para ello una rejilla de retorno independiente de la de climatización.

Esta alternativa se muestra en los planos nº13,14 y 15 del Anexo 11: Planos. La Figura 18 muestra un recorte del plano de la planta baja donde se puede apreciar la bajante por la fachada.

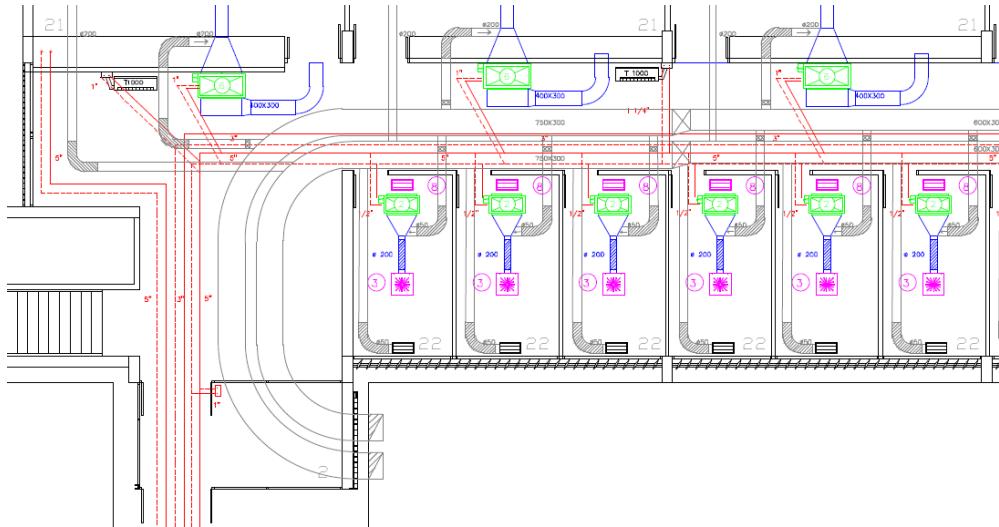


Figura 18. Vista de la climatizadora del DIM en la planta baja. Fuente: Elab. propia.

6.3.2 Equipos de ventilación descentralizados DIM

Como se analiza en el siguiente apartado, aunque representa una alternativa algo más cara que usar una UTA para la ventilación de los despachos y laboratorios del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM), constructivamente, representa una alternativa mucho más sencilla para su instalación, evitando discurrir los conductos de ventilación principales por los falsos techos.

Puesto que los caudales de ventilación requeridos no son muy grandes, se utilizará un único equipo para ventilar los laboratorios y en el caso de los despachos, un único equipo valdrá para ventilar hasta 9 despachos. En este caso, cada espacio contará con un sensor de CO₂ para activar/desactivar tanto la compuerta de regulación correspondiente como regular la velocidad del ventilador en el recuperador. A pesar de que varias salas comparten un mismo equipo de ventilación descentralizado y esto exige instalar compuertas de regulación e instalar conductos a través de las paredes, el precio final es mucho menor que colocar un único equipo por sala.

El plano que muestra la alternativa de los equipos de ventilación descentralizados es el plano nº17, disponible en el Anexo 11: Planos. A continuación, la Figura 19 muestra un recorte del plano del DIM para esta alternativa en la planta baja.

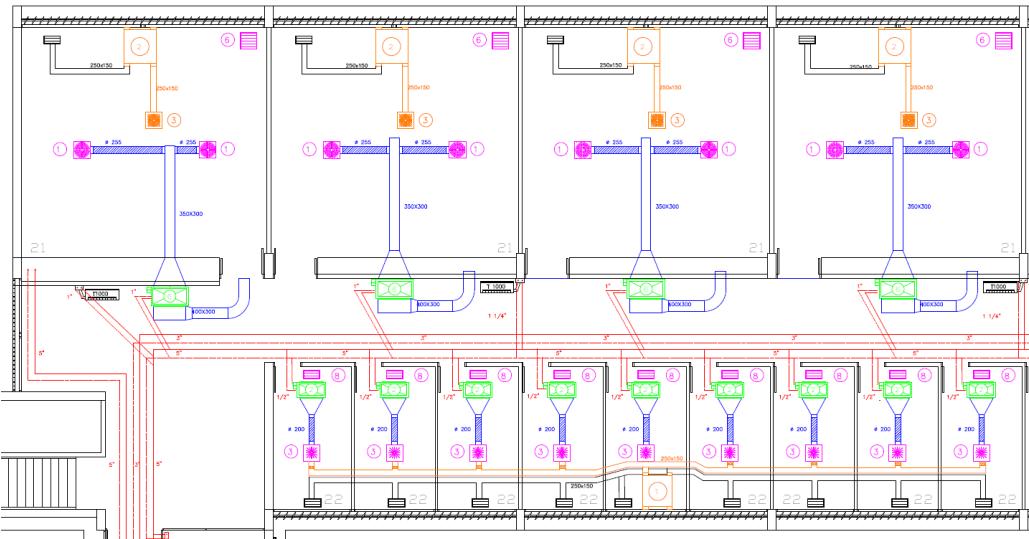


Figura 19. Vista de los equipos de ventilación descentralizados del DIM en la planta baja. Fuente: Elab. propia.

7. Valoración de alternativas

El objetivo de este trabajo es que resulte de utilidad para que, en un futuro, el personal responsable de la climatización del centro tenga conocimiento de los medios necesarios para la renovación del sistema de ventilación actual del edificio.

Dado el gran número de soluciones que se han propuesto para los diferentes espacios, estas se presentarán en diferentes alternativas que se clasifican de acuerdo a criterios técnicos y económicos: económica, intermedia y completa. En esta última, se plantean dos opciones según si se ventila el Dpto. de Ingeniería Mecánica (DIM) con equipos de ventilación descentralizados o con una climatizadora.

Los presupuestos desglosados para cada alternativa se muestran en el Anexo 9: Presupuestos, donde también se explican las actividades a acometer en cada una y el precio asociado de materiales y mano de obra. En los presupuestos se separarán estas dos partidas, pues la Universidad dispone de un servicio de mantenimiento que podría llegar a realizar algunas de estas actividades sin tener que contratar a una empresa especializada.

Las siguientes tablas muestran las soluciones de cada alternativa:

Alternativa	Nº1 - ECONÓMICA	
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo: Conseguir ventilación en las aulas con el menor coste posible. <p>Para minimizar el coste se mantendrá la UTA (39.240 m³/h) actual y se resolverá el problema de la no ventilación de las clases añadiendo un bypass en el conducto de impulsión y conduciendo el retorno hasta el conducto principal del pasillo.</p>	
A favor	Las clases ya se ventilan, bajo precio.	
En contra	Solo se ventilan las aulas del sistema actual y con caudal menor al exigido por normativa actual.	
Actividades	<ul style="list-style-type: none"> Desmontaje de antiguos y montaje de los nuevos conductos flexibles. Montaje de rejillas de retorno. Montaje válvulas antirretorno. 	
Presupuesto	Presupuesto Materiales (€)	5.073,47
	Presupuesto Mano de obra (€)	4.826,50
	Presupuesto Total (€)	9.899,97

Tabla 12. Alternativa nº1: Económica. Fuente: Elab. propia.

Alternativa	Nº2 - INTERMEDIA	
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo: Aumentar el caudal de ventilación de la alternativa nº1. <p>Se busca que las aulas ventiladas cumplan con el caudal de aire de ventilación de la normativa actual, por lo que se añade una nueva UTA (50.000 m³/h) para las aulas este, manteniendo todos los cambios de la alternativa nº1.</p>	
A favor	Se aumenta caudal de ventilación, precio medio.	
En contra	El resto de espacios del edificio siguen sin ventilación.	
Actividades	<p>Las mismas que para la alternativa nº1 añadiendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Montaje e instalación UTA aulas este. Desmontaje y montaje de conductos que sea necesario sustituir. Montaje de válvulas de regulación de caudal. Programación del sistema de control: sensores CO₂. 	
Presupuesto	Presupuesto Materiales (€)	150.253,55
	Presupuesto Mano de obra (€)	42.444,58
	Presupuesto Total (€)	192.698,13

Tabla 13. Alternativa nº2: Intermedia. Fuente: Elab. propia.

Alternativa	Nº3 - COMPLETA (DIM - Descentralizados)						
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo: Conseguir ventilar todos los espacios del edificio, y en DIM estudiar colocación equipos de ventilación descentralizados. <p>Consiste en complementar la alternativa nº2 añadiendo equipos de ventilación descentralizados (incl. DIM) para todos aquellos espacios que no disponen de ventilación actual.</p>						
A favor	Todo el edificio se encuentra ventilado de acuerdo a normativa actual, montaje menos complejo que alternativa nº4 (UTA en DIM). Edificio completamente monitorizado.						
En contra	Precio elevado comparado alternativas nº1 y nº2.						
Actividades	<p>Las mismas que para la alternativa nº2 añadiendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Montaje e instalación equipos de ventilación descentralizados. Montaje de conductos equipos descentralizados. Montaje de difusores. Sustitución de fancoils. 						
Presupuesto	<table> <tr> <td>Presupuesto Materiales (€)</td> <td>609.677,79</td> </tr> <tr> <td>Presupuesto Mano de obra (€)</td> <td>81.567,60</td> </tr> <tr> <td>Presupuesto Total (€)</td> <td>691.245,39</td> </tr> </table>	Presupuesto Materiales (€)	609.677,79	Presupuesto Mano de obra (€)	81.567,60	Presupuesto Total (€)	691.245,39
Presupuesto Materiales (€)	609.677,79						
Presupuesto Mano de obra (€)	81.567,60						
Presupuesto Total (€)	691.245,39						

Tabla 14. Alternativa nº3: Completa (con DIM equipos descentralizados). Fuente: Elab. propia.

Alternativa	Nº4 - COMPLETA (DIM - Climatizadora)						
Descripción	<ul style="list-style-type: none"> Objetivo: Conseguir ventilar todos los espacios del edificio, y en DIM estudiar colocación de una UTA. <p>Consiste en complementar la alternativa nº2 añadiendo equipos de ventilación descentralizados (no incl. DIM) para todos aquellos espacios que no disponen de ventilación actual, y una UTA en el DIM.</p>						
A favor	Todo el edificio se encuentra ventilado de acuerdo a normativa actual. Más barata que alternativa nº3. Edificio completamente monitorizado.						
En contra	Precio elevado comparado alternativas nº1 y nº2. Mayor precio que alternativa nº3.						
Actividades	<p>Las mismas que para la alternativa nº3 sustituyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> Montaje e instalación equipos de ventilación descentralizados en DIM por instalación de una UTA (20.000 m3/h) y sus accesorios (montaje de sus conductos principales de ventilación, flexibles, válvulas antirretorno y compuertas de regulación). 						
Presupuesto	<table> <tr> <td>Presupuesto Materiales (€)</td> <td>545.977,93</td> </tr> <tr> <td>Presupuesto Mano de obra (€)</td> <td>86.357,94</td> </tr> <tr> <td>Presupuesto Total (€)</td> <td>632.335,87</td> </tr> </table>	Presupuesto Materiales (€)	545.977,93	Presupuesto Mano de obra (€)	86.357,94	Presupuesto Total (€)	632.335,87
Presupuesto Materiales (€)	545.977,93						
Presupuesto Mano de obra (€)	86.357,94						
Presupuesto Total (€)	632.335,87						

Tabla 15. Alternativa nº4: Completa (con DIM climatizadora). Fuente: Elab. propia.

A modo de resumen, se presenta el presupuesto total de cada alternativa:

Alternativa	Presupuesto Total (€)
Nº1 - ECONÓMICA	9.899,97
Nº2 - INTERMEDIA	192.698,13
Nº3 - COMPLETA (DIM - Descentralizados)	691.245,39
Nº4 - COMPLETA (DIM - Climatizadora)	632.335,87

Tabla 16. Resumen de presupuestos de las alternativas de ventilación. Fuente: Elab. propia.

De las alternativas propuestas se espera que al menos la primera se llegase a acometer. Esta alternativa no supone cambiar ni añadir ninguna UTA ni sus conductos, y además los trabajos a realizar son simples y no requieren de mucho tiempo de actuación, por lo que podrían realizarse por el propio mantenimiento del centro, reduciendo aún más la inversión.

El punto negativo de esta alternativa es que no se llega a alcanzar el nivel de ventilación actual estipulado por normativa, por lo que no resultaría una medida efectiva para la protección ante la COVID-19, pero sí mejoraría parcialmente la calidad del aire en las aulas. Si se llegase a utilizar esta alternativa, dado que el caudal es menor que el recomendable, se podría reducir el aforo en tiempos de elevada transmisión, medida que ya se aplicó durante el curso 2020/2021.

La segunda alternativa, aunque tiene un mayor coste que la primera debido a la instalación de una nueva UTA, permite alcanzar los niveles mínimos de ventilación, por lo que resultaría efectiva para controlar la calidad del aire y minimizar el riesgo de transmisión ante la COVID-19. Su mayor inconveniente radica en la instalación de la nueva UTA, que aparte de las dificultades en su montaje, también requeriría de sustituir los conductos de ventilación actuales.

Las últimas alternativas tienen en cuenta la ventilación de todos los posibles espacios docentes del edificio. Por espacio disponible y la arquitectura del edificio, no es posible acceder al resto de salas mediante climatizadoras, por lo que se utilizan equipos de ventilación descentralizados. En aulas grandes, se utiliza un único equipo y su instalación es sencilla, pero en aquellas salas pequeñas que comparten equipos, la instalación se complica al añadir las compuertas de regulación de caudal y realizar huecos en el falso techo para los conductos.

Una gran ventaja de las últimas alternativas es que el edificio queda plenamente monitorizado. Utilizando como base los sensores de sensorizar y añadiendo aquellos que fuesen necesarios, se podría monitorizar no solo el nivel de CO₂ para controlar la ventilación, sino también la humedad y temperatura interior para asegurar una correcta gestión energética del edificio.

8. Conclusiones

En este trabajo se ha analizado el sistema de ventilación del Edificio Agustín de Betancourt de la Universidad de Zaragoza, y se han propuesto varias soluciones de ventilación que permitan cumplir con la normativa actual.

Del análisis de la ventilación actual del edificio se ha descubierto que no todas las aulas se encuentran mecánicamente ventiladas, y que además las necesidades de ventilación de estas aulas y del resto de espacios son muy superiores al caudal máximo de la UTA actual.

Realizando mediciones sobre esta climatizadora, se ha descubierto la importancia del mantenimiento sobre el caudal de impulsión, que llegaba a ser un 60% inferior antes del cambio de filtros y correas de los ventiladores. Asimismo, de las mediciones sobre las aulas se comprobó que el aire se perdía por el falso techo y no se estaban ventilando las clases. Para solucionar este problema, se realizará un bypass en los conductos hacia las aulas independizando el sistema de ventilación del de climatización.

Se remarca la importancia del mantenimiento para asegurar el correcto funcionamiento del sistema de ventilación. Se recomienda un control continuo del caudal de las climatizadoras, y revisiones periódicas de los filtros, correas del ventilador y comprobación de la apertura de las compuertas.

Del registro de datos del programa sensorizar se concluía que se estaba realizando un control efectivo del CO₂ en las aulas, pero que al realizarse la ventilación mediante la apertura de ventanas, se estaba perdiendo confort en el interior y se estaba malgastando energía, pues el sistema de climatización estaba continuamente funcionando.

De las posibles soluciones de ventilación en el mercado se han elegido de dos tipos: climatizadoras (UTAs) y equipos de ventilación descentralizados.

Se ha buscado minimizar el coste manteniendo en todo lo posible la instalación actual, por lo que se ha conservado la climatizadora actual de las aulas, y se ha añadido otra para el resto de las clases del lado este. El aumento de caudal supone un cambio de conductos en ciertos tramos y, para regular este caudal, se aprovechan los sensores de CO₂ ya instalados en las aulas, que se conectarán al sistema central del edificio.

Dada la similitud de espacios en el DIM, se propone instalar una UTA o sistemas de ventilación descentralizados.

Los equipos de ventilación descentralizados son la mejor solución a aquellas salas donde no llega la climatizadora. Se instalarán en los falsos techos y dispondrán de control independiente del central del edificio, también regulado por sensores CO₂.

De las tres alternativas planteadas (económica, intermedia y completa) se concluye que:

- La alternativa económica es la más probable de acometer. La inversión es baja (cuesta menos de 10.000 €), y es la solución más efectiva para solucionar el problema de ventilación de las aulas. En contra, al conservar la UTA actual el caudal seguiría siendo menor al requerido por la normativa actual.
- La alternativa intermedia, aunque pueda plantear dificultades constructivas al añadir una nueva climatizadora, es una buena solución para ventilar las aulas actuales al nivel exigido por normativa. Por el contrario, el resto de aulas que no tienen ventilación mecánica actual seguirían sin tenerla. Su precio sería algo menor a 200.000 €
- La alternativa completa, aunque es la más cara (casi 700.000 €), permite ventilar todos los espacios del edificio de acuerdo a los requerimientos actuales. Esta solución requiere combinar climatizadoras (2 o 3 dependiendo del DIM) y equipos de ventilación descentralizados, y su mayor complejidad recae en la instalación de los conductos y sus sistemas de control asociados.

Así, independientemente de la alternativa seleccionada, todas las opciones permiten realizar una efectiva ventilación mecánica de las salas, asegurando una adecuada calidad del aire interior. Esto supondría que no fuese necesaria la apertura de ventanas para ventilar, reduciendo el consumo del sistema de climatización, y por tanto mejorando la eficiencia energética del edificio Agustín de Betancourt.

Bibliografía

- [1] Siberzone, “Historia de la ventilación, en busca de un mejor aire a respirar.” <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/historia-de-la-ventilacion/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [2] CIBSE Journal, “Florence Nightingale: nurse and building engineer.” <https://www.cibsejournal.com/general/florence-nightingale-nurse-and-building-engineer/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [3] “BOE-A-2007-15820 Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.” <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-15820> (accessed Sep. 26, 2022).
- [4] Instituto Nacional de Estadística (INE), “Censos de Población y Viviendas 2011. Edificios. Resultados Municipales.” <https://www.ine.es/jaxi/Tabla.htm?path=/t20/e244/edificios/p04/l0/&file=1mun00.px&L=0> (accessed Sep. 26, 2022).
- [5] D. Weekes *et al.*, “Documento de Posicionamiento de ASHRAE sobre Calidad del Aire Interior (CAI),” 2020. [Online]. Available: www.ashrae.org.
- [6] Ventdepot, “Definición de Ventilación VentDepot.” <http://www.ventdepot.com/mexico/temasdeinteres/ventilacion/definicion/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [7] Mundohvacr, “Funciones de la Ventilación.” <https://www.mundohvacr.com.mx/2010/05/funciones-de-la-ventilacion/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [8] “BOE-A-2021-4572 Real Decreto 178/2021, de 23 de marzo, por el que se modifica el Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios.” <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2021-4572> (accessed Sep. 26, 2022).
- [9] Siberzone, “Ventilación natural: una estrategia de ventilación insuficiente.” <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/ventilacion-natural-estrategia-ventilacion-insuficiente/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [10] V. Ezquerra, “La Ventilación, la mejor solución.” <https://www.vanesaezquerra.com/la-ventilacion-natural/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [11] Sdtair, “Ventilación forzada, ¿qué es y para qué sirve? | Turbinas, bocas y marcos industriales para la ventilación.” <https://www.sdtair.com/ventilacion-forzada-que-es-y-para-que-sirve> (accessed Sep. 26, 2022).
- [12] Caloryfrío, “¿Qué es y cómo funciona la Ventilación mecánica controlada?” <https://www.caloryfrio.com/aire-acondicionado/ventilacion/ventilacion-mecanica-controlada-infografia.html> (accessed Sep. 26, 2022).
- [13] Siber, “Ventilación de Simple Flujo.” <https://www.siberzone.es/sistemas-de-ventilacion/ventilacion-de-simple-flujo/> (accessed Sep. 26, 2022).

- [14] Soler&Palau, "Aireadores o entradas de aire higrorregulables: qué son y para qué sirven." <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/entradas-aire-higrorregulables/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [15] Siber, "Ventilación de Doble Flujo." <https://www.siberzone.es/sistemas-de-ventilacion/ventilacion-de-doble-flujo/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [16] Airtechnics, "¿Qué es una unidad de tratamiento de aire (UTA)?" <https://www.airtechnics.com/es/noticias/que-es-una-unidad-de-tratamiento-de-aire-uta> (accessed Sep. 26, 2022).
- [17] OMS, "Alocución de apertura del Director General de la OMS en la rueda de prensa sobre la COVID-19 celebrada el 11 de marzo de 2020." <https://www.who.int/es/director-general/speeches/detail/who-director-general-s-opening-remarks-at-the-media-briefing-on-covid-19---11-march-2020> (accessed Sep. 26, 2022).
- [18] Atecyr, "Documento guía REHVA COVID-19." [Online]. Available: www.atecyr.org
- [19] COIIAR, "Guía de referencia COVID."
- [20] Mutua Balear, "Cómo minimizar el contagio del COVID-19 en espacios interiores a través de medidores de CO2." <https://www.mutuabalear.es/es/recomendaciones-medidores-co2> (accessed Sep. 26, 2022).
- [21] Gobierno de España, "Medidas de prevención, higiene y promoción de la salud frente a la COVID-19 para centros universitarios en el curso 2021-2022".
- [22] T. Lipinski, D. Ahmad, N. Serey, and H. Jouhara, "Review of ventilation strategies to reduce the risk of disease transmission in high occupancy buildings," *International Journal of ThermoFluids*, vol. 7–8, p. 100045, Nov. 2020, doi: 10.1016/J.IJFT.2020.100045.
- [23] I3A, "Simulación numérica de la probabilidad de contagio de COVID-19 usando CFD." <https://i3a.unizar.es/es/noticias/simulacion-numerica-de-la-probabilidad-de-contagio-de-covid-19-usando-cfd> (accessed Sep. 26, 2022).
- [24] ESCUELA DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA (EINA), "Plan de contingencia 2020/2021 ante la crisis sanitaria ocasionada por la COVID-19," 2021.
- [25] Ministerio de Sanidad, "Disposición 6449 del BOE núm. 94 de 2022," 2022. [Online]. Available: <https://www.boe.es>
- [26] JOSE MANUEL PINAZO OJER, *Manual de Climatización: Cargas Térmicas*, vol. II. Valencia: UNIVERSITAT POLITECNICA DE VALENCIA, 2002.
- [27] Universidad de Zaragoza, "Reserva de aulas - SICUZ." <http://reservadeaulas.unizar.es> (accessed Sep. 26, 2022).
- [28] Ministerio de Fomento, "Documento Básico Seguridad en caso de incendio (SI) - CTE."
- [29] Escuela de Ingeniería y Arquitectura, "sensorizar." <https://eina.unizar.es/sensorizar> (accessed Sep. 26, 2022).

- [30] Soler&Palau, “Unidad de tratamiento del aire (UTA): tipos y calidad del aire interior.” <https://www.solerpalau.com/es-es/blog/unidad-tratamiento-aire-uta/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [31] Siberzone, “Unidades de tratamiento del aire: ¿qué son y cómo instalarlas?” <https://www.siberzone.es/blog-sistemas-ventilacion/unidades-de-tratamiento-del-aire/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [32] EVAIR, “Guia práctica sobre Diseño, recomendaciones y prestaciones en Unidades de Tratamiento de Aire.”
- [33] UNE Normalización Española, “UNE-EN 1886:2008.”
- [34] Venfilter, “Guia Comparativa de Normas para la Clasificación de los Filtros de Aire.” <https://www.venfilter.es/es/normativa/guia-comparativa-de-normas-para-la-clasificacion-de-los-filtros-de-aire/> (accessed Sep. 26, 2022).
- [35] TROX, “Tipos de filtros y clasificación según normas ISO 16890 y EN 1822”.
- [36] Camfil, “Filtros para Ventilación General.” <https://www.camfil.com/es-es/products/general-ventilation-filters> (accessed Sep. 26, 2022).
- [37] Eurovent Certita Certification, “¿Qué es una unidad de tratamiento de aire (UTA)?” <https://www.eurovent-certification.com/es/category/technical-insights/What%20is%20an%20air%20handling%20unit%20%28AHU%29%3F?universe=4-non-residential-ventilation-iaq> (accessed Sep. 26, 2022).
- [38] C. Monné, *Proyectos de Climatización y Eficiencia Energética*. Zaragoza, 2021.
- [39] J. D. Spitler, P. E. Member ASHRAE Daniel Fisher, and M. O. ASHRAE Curtis Pedersen, “The Radiant Time Series Cooling Load Calculation Procedure,” 1997. [Online]. Available: www.ashrae.org
- [40] CTE, “Código Técnico de la Edificación.” <https://www.codigotecnico.org/> (accessed Sep. 27, 2022).
- [41] Gobierno de España, “Guía técnica Condiciones climáticas exteriores de proyecto.”
- [42] A. Miguel, G.-M. Rábanos, D. Belén, and Z. Nonay, “Ventilación y eficiencia energética en edificios EINA-UNIZAR. Análisis de datos de la aplicación sensorizar y de consumos eléctricos de 2020 a 2022,” 2022.
- [43] SODECA, “Cálculo y Diseño de Sistemas de Ventilación.”
- [44] “Precio en España de m² de Conducto de ventilación de sección rectangular. Generador de precios de la construcción. CYPE Ingenieros, S.A.” http://www.generadordeprecios.info/obra_nueva/Instalaciones/Salubridad/Ventilacion_mecanica_para_garajes/ISG020_Conducto_de_ventilacion_de_seccion_.html (accessed Nov. 13, 2022).

ANEXOS

A LA MEMORIA

Índice de los anexos

- Anexo 1: Climatizadoras (UTAs)
- Anexo 2: Objetivos de desarrollo sostenibles
- Anexo 3: Instalaciones existentes
- Anexo 4: Método RTS
- Anexo 5: Resultados de las necesidades de ventilación
- Anexo 6: Mediciones
- Anexo 7: Soluciones de ventilación
- Anexo 8: Cálculos soluciones de ventilación
- Anexo 9: Presupuestos
- Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras
- Anexo 11: Planos

ANEXO 1

CLIMATIZADORAS (UTAs)

Anexo 1: Climatizadoras (UTAs)

1. Estudio de las Climatizadoras (UTAs)

Las Climatizadoras o Unidades de Tratamiento de Aire (UTA) son equipos utilizados para climatizar y/o ventilar un edificio, permitiendo acondicionar el aire a los valores de confort y calidad deseados.

Las climatizadoras pueden funcionar como elemento principal de la instalación, siendo las encargadas de climatizar y/o ventilar la totalidad del edificio o una parte de él, o pueden servir como equipo de apoyo a otros sistemas sin aire primario, tales como radiadores, suelo radiante o fancoils [30].

1.1 Aplicaciones

Debido a su flexibilidad de diseño, las aplicaciones de las climatizadoras son muy variadas:

- **Grandes superficies:** centros comerciales, teatros y salas de cine, pabellones, museos, supermercados, almacenes, aparcamientos.
- **Espacios de trabajo:** aulas de enseñanza, bibliotecas, oficinas, talleres, gimnasios.
- **Espacios con requerimientos elevados de calidad de aire interior:** quirófanos, hospitales, residencias de mayores, laboratorios.
- **Residencial:** edificios unifamiliares, bloques de pisos, residencias.
- **Terciario:** tiendas, hostelería y restauración.

1.2 Clasificación

Dependiendo del tipo de montaje de sus componentes, las climatizadoras pueden ser [31]:

- **Compactas o descentralizadas:** se trata de climatizadoras de menor tamaño y altura, formadas por un único módulo que combina todas las etapas de acondicionamiento. Suelen montarse en exterior en sitios de espacio reducido o incluso en falsos techos. Son más económicas.
- **Modulares:** están formadas por la combinación de diferentes módulos, por lo que pueden variar en tamaño. Se utilizan en aplicaciones de mayor potencia y destacan por su flexibilidad, ya que dependiendo de su función pueden incluirse unos módulos u otros. Dependiendo de la ubicación de los módulos de aportación y extracción del aire, las climatizadoras pueden ser en paralelo, en línea o doble altura.

1.3 Características

Algunas de las características que deben cumplir las climatizadoras para garantizar un correcto funcionamiento son:

- Resistencia mecánica y térmica de la carcasa.
- Alto nivel de aislamiento térmico y acústico.
- Bajo consumo energético.
- Estanqueidad entre componentes para evitar fugas de aire.
- Control avanzado para gestión de caudales.
- Facilidad de montaje y mantenimiento.

1.4 Nomenclatura en ventilación

La norma UNE-EN 13779 establece la nomenclatura utilizada en ventilación para los edificios no residenciales, asignando una letra y color específico para cada una de las corrientes. Esta nomenclatura es la utilizada en las climatizadoras.

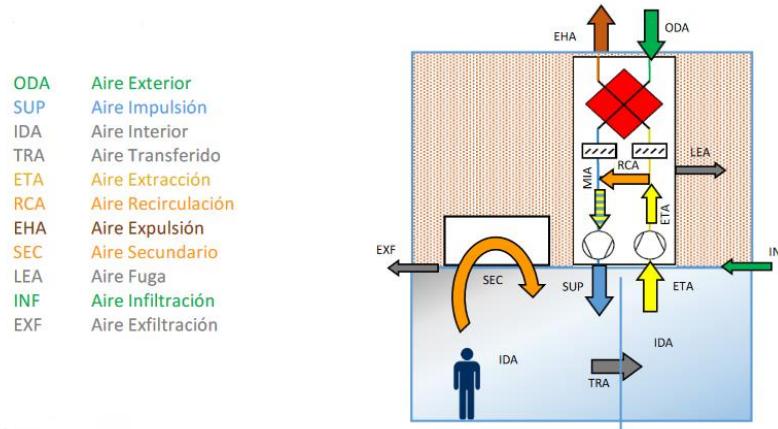


Figura 20. Nomenclatura en ventilación. Fuente: EVAIR.

1.5 Módulos y componentes

Los componentes de una climatizadora dependen de las necesidades de la instalación y pueden variar dependiendo del tipo de proyecto. En este apartado se muestran los principales componentes que se pueden encontrar en una UTA:

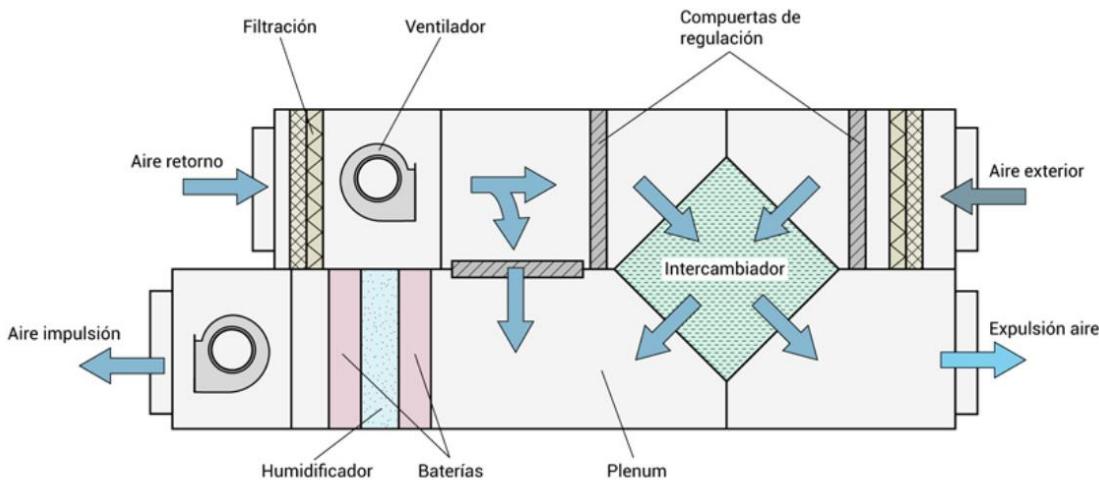


Figura 21. Componentes principales de una UTA. Fuente: Airtechnics.

1.5.1 Carcasa

La carcasa debe de tener la suficiente resistencia mecánica como para soportar los esfuerzos sin causar deformaciones en la estructura.

El material más común para las carcchas es aluminio extruido, utilizado debido a su ligereza, flexibilidad en el montaje, bajo coste y resistencia [32]. La norma EN-1886 [9] permite cuantificar el nivel de resistencia de la carcasa en una escala desde el nivel D1 (más alto) hasta el D3 (más bajo).

1.5.2 Compuertas de entrada y salida de aire

Permiten la entrada y salida de aire ya sea desde el interior o exterior de la climatizadora.

Las compuertas suelen estar formadas por lamas de aluminio que se abren y cierran, mecánica o manualmente, regulando el flujo de caudal que pasa a través de las mismas. En caso de realizarse mecánicamente, pueden utilizarse actuadores proporcionales o todo/nada.

La unión a los conductos puede realizarse por embocaduras de acoplamiento y en todo momento debe asegurarse la estanqueidad con el exterior.



Figura 22. Compuerta de regulación JZ-AL. Fuente: Trox

1.5.3 Material aislante

La climatizadora debe asegurar un bajo coeficiente de transmitancia térmica ($\text{W}/\text{m}^2\text{K}$) para reducir las pérdidas de energía al ambiente. La norma EN-1886 [33] clasifica los materiales aislantes en grupos desde el mejor aislamiento ($T_1=0,5 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$) hasta el peor ($T_5>2 \text{ W}/\text{m}^2\text{K}$).

Existen diferentes tipos de materiales aislantes, destacando la espuma de poliuretano de alta densidad por su buen coeficiente de transmisión ($0,028 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$) y la lana mineral ($0,036 \text{ W}/\text{m}\cdot\text{K}$) [32]. Una de las ventajas de la lana de roca es que su buena resistencia ante el fuego.

1.5.4 Filtros

La función principal de los filtros es retener partículas sólidas contenidas en las corrientes de aire que pueden dañar a la climatizadora o contaminar la corriente de aire limpio que es aportado al edificio.

Estos filtros suelen instalarse en el comienzo del aire de impulsión, impidiendo que entre a la climatizadora contaminación del aire exterior a su entrada y en el final, impidiendo que en el aire una vez tratado cualquier partícula que haya podido capturar en su acondicionamiento sea transferida al interior del edificio. Por este motivo o para proteger otros componentes de la climatizadora, es también común emplear filtros en la entrada del retorno.

El nivel de filtración viene recogido en el RITE [8], donde se define el tipo de filtro a utilizar dependiendo de la calidad del aire interior requerida (IDA) y calidad presente del aire exterior (ODA). El nivel de filtración mínima para estos casos viene recogido en la siguiente tabla:

Calidad del aire exterior	Calidad del aire interior			
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA 1	F9	F8	F7	F5
ODA 2	F7 + F9	F6 + F8	F5 + F7	F5 + F6
ODA 3	F7+GF*+F9	F7+GF+F9	F5 + F7	F5 + F6

Tabla 17. Clases de filtración. Fuente: RITE

La nomenclatura tradicional con la que se asignaba a cada tipo de filtro venía dada en la norma EN 779:2012, pudiéndose clasificar según el tamaño de partículas de 0,4 micras que eran capaces de retener [34]. La norma EN 779:2012 está actualmente en desuso y ha sido actualizada por la norma ISO 16890, aunque comercialmente es común encontrar filtros aun nombrados con la nomenclatura tradicional. La nueva norma ISO 16890 establece cuatro niveles y mide la capacidad de retener partículas de 0,3 a 1 micra (ePM1), 0,3 a 2,5 micras (ePM2,5), 0,3 a 10 micras (ePM10) y mayores de 10 micras (polvos gruesos).

- **Clase G: G1 a G4 (EN 779:2012)/Polvos gruesos (ISO 16890).** Son utilizados generalmente como prefiltros, capturando tamaños de partículas generalmente grandes, como polvo, polen o arena entre otros, permitiendo alargar la vida útil de filtros más finos.
- **Clase M: M5, M6 (EN 779:2012)/ePM10 (ISO 16890).** Pueden ser utilizados como prefiltros o finales.
- **Clase F: F7 a F9 (EN 779:2012)/ePM2,5 y EPM1 (ISO 16890).** Filtros finos. Son utilizados como filtros finales.

Para aplicaciones más concretas y que requieren de niveles de filtración mucho más elevados, la norma EN 1822:2004 recoge los llamados filtros de alta eficacia o absolutos [35], los cuales llegan a filtrar partículas de tamaño menor a 1 μm con la siguiente eficiencia:

- **Clase E (E10 a E12):** filtros EPA. Son utilizados en laboratorios, industria alimentaria, farmacéutica u hospitales, llegando a conseguir eficiencias desde 85% hasta 99,5%.
- **Clase H (H13 a H14):** filtros HEPA. Es utilizado en salas blancas y su eficiencia alcanza el 99,995%.
- **Clase U (U15 a U17):** filtros ULPA. Son filtros casi absolutos, reteniendo partículas con una eficiencia de 99,99995%, lo que significa que por cada 2 millones de partículas sólo llegaría a pasar una.

Un parámetro de importancia la hora de escoger el tipo de filtro es su pérdida de carga asociada. Filtros de mayor precisión, al retener partículas de menor tamaño, presentan una mayor pérdida de carga, lo que lleva asociada la instalación de un ventilador de mayor potencia y por tanto, coste y consumo. Además, también se debe considerarse el mantenimiento de los filtros, generalmente dependiente del tamaño de los mismos. Añadiendo nuevos materiales como la fibra de vidrio se consigue mejorar la resistencia frente a la humedad de los filtros.

Asimismo, dependiendo del mecanismo de retención de las partículas, existen diferentes diseños de filtros. Algunos de los más comunes en aplicación para climatizadoras son [36]:

- **Filtros de bolsa:** pueden emplearse como filtros terminales o como prefiltros en filtros HEPA. Destacan por su alta eficiencia de filtración (hasta ePM1).
- **Filtros compactos:** pueden ser con pestaña en forma de V o sin pestaña. Los filtros con pestaña suelen utilizarse como etapa final de filtración en impulsión o al igual que para el diseño sin pestaña, como prefiltro en salas blancas. Son capaces de retener hasta partículas ePM1 y son más compactos que los filtros de bolsas.
- **Filtros planos:** pueden utilizarse como etapa final en aplicaciones normales o como prefiltro en requerimientos de calidad de aire elevados (hasta ePM1). Destacan por su flexibilidad de montaje.



Figura 23. Filtros de bolsas, compactos con y sin pestañas, y planos. Fuente: Camfil

Todo filtro necesita de un mantenimiento periódico, siendo el tiempo de recambio o limpieza dependiente del uso del filtro y de la contaminación del aire de filtrado. Si no se realiza un mantenimiento adecuado, el filtro se satura, aumenta su pérdida de carga y puede llegar a bloquear el paso del aire.

1.5.5 Ventiladores

Se utilizan para impulsar y expulsar el aire a través de la climatizadora y sus conductos, de forma que puedan vencerse las pérdidas de carga de los diferentes elementos del circuito.

Los ventiladores se controlan con motores eléctricos, de forma que es posible variar el caudal de aire impulsado. La fuente de control cambia dependiendo del tipo de ventilador, utilizándose convertidores de frecuencia para los motores AC y controles electrónicos en ventiladores EC [37].

Los tipos de ventiladores más comunes en su aplicación para UTAs son:

- **Centrífugo de Palas hacia adelante.** Se utilizan en caudales de aire constante y son inestables a los cambios de presiones, por lo que se suelen utilizar en fancoils o recuperadores de gama baja. El motor puede estar integrado o se puede transmitir el movimiento mediante poleas y correas.
- **Centrífugo de Palas hacia atrás.** Se utilizan en caudales de aire variable y son más estables ante los cambios de presión que los de palas hacia adelante. La transmisión es por poleas y correas y necesitan de variador de frecuencia (AC).
- **Radial Plug-fan AC.** Se utiliza para caudales de aire variable y lleva motor incorporado, aunque necesita de variador de frecuencia (AC).
- **Radial Plug-fan EC.** Misma aplicación que los anteriores pero más modernos, incorporando el control EC mediante señal 0-10V, además de incorporar un BUS de comunicación para el motor. Este tipo de motores también son menos pesados, por lo que el ventilador no necesita de bancada.



Figura 24. Ventiladores (de izquierda a derecha): centrífugo hacia adelante y hacia atrás, radial AC y radial EC. Fuente: Soler&Palau y Amazon.

En la actualidad, los ventiladores centrífugos han sido sustituidos por los radiales para su uso en climatizadoras. En los ventiladores radiales (tipo Plug-fan) el rodamiento va acoplado directamente al motor, por lo que no desprenden partículas durante su uso y es posible colocar la última etapa de filtración antes o después del ventilador [32].

Asimismo, el ventilador también puede colocarse antes o después de las baterías. Anteriormente el ventilador se ponía después de las baterías, sin embargo, esto planteaba problemas de recalentamiento del aire en verano y en invierno el ventilador podría llegar a sobrecalentarse. Con los ventiladores EC es posible colocar los ventiladores antes que las baterías, y de este modo en verano puede aumentarse el salto térmico entre aire y batería. Asimismo, el ventilador puede trabajar a temperaturas y humedades menos extremas [32].

1.5.6 Silenciadores

Debido al paso del aire a través de la climatizadora o el propio funcionamiento de alguno de sus componentes como ventiladores o recuperadores móviles, la climatizadora puede producir ruidos que pueden llegar a perturbar la actividad de las personas que se encuentran tanto en el exterior como en el interior del edificio.

Para evitar esto, es normal la instalación de secciones de silenciador. Instalando estos módulos, fabricados de chapa galvanizada y material acústico de fibra mineral, se llega a reducir en gran medida el nivel sonoro de la climatizadora [30]. Estos suelen colocarse en las secciones de antes o después del ventilador.



Figura 25. Silenciador acústico. Fuente: Inductair.

1.5.7 Plenums

En muchas ocasiones el flujo de aire al pasar por ciertos componentes se descompensa, y existen capas con diferentes velocidades que pueden entorpecer el recorrido del aire a través de la climatizadora. Los plenums o secciones de expansión son módulos vacíos que permiten homogeneizar el aire previo a la entrada de otro componente [30].

1.5.8 Sistemas de recuperación de energía

El aire extraído del interior del edificio, aunque exhausto de contaminantes, se encuentra a unas condiciones de temperatura y humedad adecuadas de confort. Sin embargo, el aire aportado procedente del exterior, libre de contaminantes, se encuentra en unas condiciones climáticas externas que normalmente difieren de las deseadas. Este desbalance térmico provoca la necesidad de acondicionar el aire del exterior hasta las condiciones del interior del edificio, lo que supone un aporte de energía que aumenta cuanto mayor es la diferencia de temperaturas entre ambas corrientes.

Los sistemas de recuperación de energía permiten reducir el consumo de la climatizadora. Estos sistemas, en lugar de desperdiciar la energía que contiene el aire extraído y que es liberado directamente al ambiente, permiten transferir parte de esa energía a la corriente de aire entrante, calentándose o enfriándose en función del uso, reduciendo así la cantidad de energía aportada en su acondicionamiento. Durante el intercambio de energía se debe asegurar que los contaminantes no se transfieran a la corriente de aire limpio y dependiendo del tipo de energía transferida, los sistemas pueden ser de recuperación de calor (sólo energía sensible) o recuperación de energía (sensible y latente) [30].

De acuerdo al RITE [8], en los sistemas de climatización en edificios con caudales superiores a 0,28 m³/s, se debe disponer de un sistema de recuperación de energía que cumpla con los siguientes requisitos de eficiencia en recuperación:

Horas anuales de funcionamiento	Caudal de aire exterior (m ³ /s)									
	>0,5...1,5		>1,5...3,0		>3,0...6,0		>6,0...12		>12	
	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa	%	Pa
≤ 2.000	40	100	44	120	47	140	55	160	60	180
> 2.000... 4.000	44	140	47	160	52	180	58	200	64	220
> 4.000... 6.000	47	160	50	180	55	200	64	220	70	240
> 6.000	50	180	55	200	60	220	70	240	75	260

Tabla 18. Eficiencia de recuperación. Fuente: RITE

Existen dos tipos principales de recuperadores:

1.5.8.1 Recuperadores rotativos

Consiste en una rueda giratoria que permite transferir la energía de una corriente de aire a otra, situadas en extremos opuestos de la rueda. Se trata de un método de transferencia efectivo y muy utilizado, pero se trata de un sistema ruidoso en el que siempre existe un intercambio de aire entre la corriente de extracción e impulsión, por lo que no es adecuado para todas las aplicaciones.

Según el mecanismo de transferencia, los recuperadores rotativos pueden ser de condensación, entálpicos o de adsorción. Los recuperadores de condensación recuperan parte del calor latente del aire y resecan menos el ambiente, pero en verano, al no secar el aire, puede llegar a introducir más humedad en el interior. Por otra parte, los recuperadores entálpicos poseen un recubrimiento que permite absorber la humedad del aire, por lo que en invierno no es necesario llegar a humectar el aire y en verano llega a secar el aire, introduciendo mayor confort. Por último, los recuperadores de adsorción tienen un comportamiento parecido a los entálpicos, pero tienen unos rendimientos de recuperación superiores ya que consiguen un mejor comportamiento higrométrico ajustando el material del recuperador a las condiciones del ambiente [32].

1.5.8.2 Recuperadores estáticos

Son intercambiadores de placas que, guiando el aire a través de pequeños conductos, permiten transferir la energía de una corriente a otra. Los recuperadores de placas pueden ser de flujo cruzado o paralelo.

Este tipo de recuperadores son muy útiles en aplicaciones que requieren secar el aire del interior de la estancia. En invierno, el aire húmedo del interior transfiere el calor al aire de impulsión que se calienta sin recuperar humedad, por lo que se suele incorporar una sección de humectación en impulsión para mejorar el confort.

En el caso de verano, el aire introducido se enfriá y capta la humedad del retorno, aumentando su humedad y provocando un gasto de las baterías que condensa el aire en lugar de enfriarlo. Por este motivo, se suele incorporar una sección de humectación adiabática en retorno para enfriar el aire en el recuperador y aumentar la recuperación.

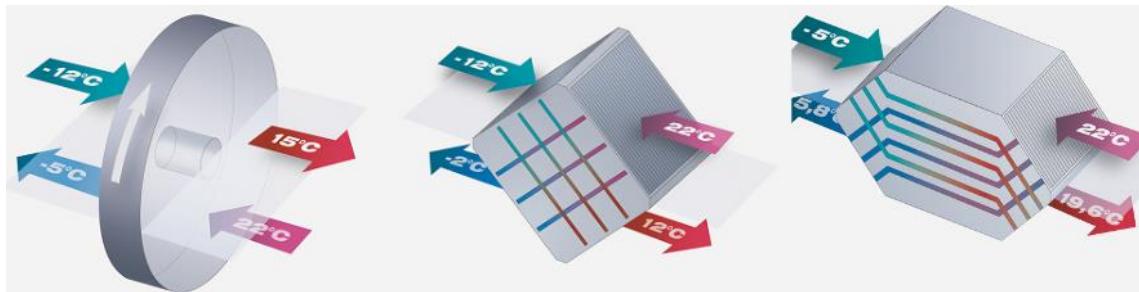


Figura 26. Principio de funcionamiento de los recuperadores rotativos (izquierda) y de placas a flujo cruzado (centro) y contracorriente (derecha). Fuente: Wolf

1.5.9 Recirculación

Es la sección en la cual parte del aire de extracción pasa al lado de impulsión mezclándose con la corriente de aire de impulsión exterior. El objetivo de este proceso es reducir las necesidades de tratamiento térmico del aire exterior sin emplear métodos más complejos como los recuperadores de calor.

Se trata de una técnica que no puede utilizarse en todos los casos y que está regulada en el RITE [8]. En función del uso del local, el aire de extracción se clasifica en cuatro categorías: AE1 (bajo nivel de contaminación) a AE4 (alto nivel de contaminación). El reglamento dicta que únicamente el aire con categoría AE1 libre de tabaco puede ser retornado a los locales generales, el AE2 únicamente a locales de servicio, garajes y aseos, y los AE3 y AE4 están prohibidos.

1.5.10 Free-cooling

El free-cooling o enfriamiento gratuito se trata de un método de ahorro de energía que consiste en utilizar el aire exterior para enfriar directamente el interior de una sala.

Las situaciones en las que se puede utilizar free-cooling se producen principalmente en salas con una elevada actividad de ocupación o máquinas que generan calor, y cuando la temperatura del aire exterior es menor a la requerida en la estancia. En estos casos, el calor exhausto del interior se expulsa al ambiente introduciendo una nueva corriente de aire exterior, sin intercambio, de forma que se refrigerará la sala sin necesidad de un aporte extra de energía. Aunque se reduce el consumo, este sistema necesita de un complejo sistema de control que permita optimizar el aporte de caudal necesario en cada caso.

De acuerdo al RITE [8], los sistemas de climatización con potencia superior a 70 kW en refrigeración deben disponer de un subsistema de enfriamiento gratuito.

Existen diferentes maneras de realizar el free-cooling en climatizadoras con recuperación de calor. En el caso de incorporar intercambiadores rotativos puede emplearse la técnica del bypass térmico, que consiste en parar la rotación de la rueda y que las corrientes de aire pasen a través sin intercambio de energía. Otra técnica es el bypass mecánico, también utilizado en recuperadores de placas, y que consiste en incorporar compuertas puestas en paralelo con el recuperador para que las corrientes entren (impulsión) y salgan (retorno) sin cruce entre ellas.

1.5.11 Humidificadores y deshumidificadores

Cuando se habla de calidad del aire interior no sólo se hace referencia a la temperatura sino también a las condiciones de humedad del aire.

Es importante resaltar que añadir una sección de humectación supone un coste energético y de mantenimiento, por lo que en climatizadoras que disponen de recuperador de calor latente, como en edificios no residenciales, no suele ser necesaria esta sección.

El método más común de humectación es mediante lanza de vapor. Se trata de una técnica que destaca por su seguridad higiénica, pero requiere de agua y un calentador previo para la lanza de vapor al aire [37]. Existen tres tipos de sistemas de lanza de vapor, siendo el de electrodos sumergidos uno de los más comunes en el mercado.

En verano, es posible en la corriente de retorno utilizar un humectador adiabático previo a la entrada del recuperador de forma que enfríe el aire de retorno y se maximice la transferencia de calor entre corrientes. Sin embargo, el aumento en la eficiencia en recuperación no compensa el coste de acondicionar el aire a la salida y además existen problemas en el control del agua para impedir la expansión de la legionela, por lo que al final esta técnica ya está en desuso.

Es importante tener en cuenta que la sección de humectación no puede ir nunca antes de una compuerta de recirculación, pues en ese caso el aire húmedo sería de nuevo reintroducido.

En el caso de la deshumidificación, la forma más común es enfriar el aire mediante baterías de frío hasta la temperatura de saturación para que condense [37].



Figura 27. Humectador por lanza de vapor. Fuente: Munters.

1.5.12 Baterías de calor y refrigeración

Son baterías por las que circula el refrigerante o agua caliente (calefacción) o fría (refrigeración) para calentar o enfriar, respectivamente, la corriente del aire de impulsión. También existen baterías eléctricas de apoyo para calefacción.

Las baterías pueden ser a dos o cuatro tubos, dependiendo de si por una misma tubería circula únicamente el agua caliente o fría (dos tubos), o por el contrario las baterías son independientes (cuatro tubos). Aunque las baterías a dos tubos permiten reducir espacio, estas presentan

problemas cuando existen transiciones bruscas del modo calefacción a refrigeración o viceversa.

Una de las prestaciones que tiene la batería de frío es que no sólo puede quitar el calor del aire (enfriamiento seco), sino que también puede condensar el agua del aire (enfriamiento húmedo), hecho que resulta de especial utilidad en ambientes con una alta carga de humedad. En todos los casos se debe de disponer de una bandeja de condensados en la batería de enfriamiento [32].

Otro de los aspectos a tener en cuenta es la temperatura del aire en la batería. Si esta llega a ser menor a cero grados el agua puede congelarse y provocar la rotura de la batería, por lo que pueden emplearse técnicas como añadir un porcentaje de glicol al agua, lo que supone una pérdida de transferencia de calor, utilizar baterías anti-hielo con resistencias eléctricas, lo que supone un mayor consumo, o utilizar compuertas de recirculación anti-hielo, que permiten mezclar parte del aire extraído con el del exterior y proteger también al recuperador de calor [32].



Figura 28. Batería de calor aleteado a dos tubos. Fuente: TROX

ANEXO 2

OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE (ODS)

Anexo 2: Objetivos de desarrollo sostenible (ODS)

El La realización de este trabajo ayuda a la consecución de los siguientes ODS (Objetivos de Desarrollo Sostenible):

Objetivo 3	Salud y Bienestar
Meta 3.9	Reducir sustancialmente el número de muertes y enfermedades producidas por productos químicos peligrosos y la contaminación del aire, el agua y el suelo
	Uno de los objetivos del trabajo es aumentar la tasa de ventilación del edificio adaptándola a la normativa actual. De esta manera se mejorará la calidad del aire del centro reduciendo entre otras cosas, la transmisión de enfermedades como la COVID-19.
Objetivo 7	Energía Asequible y No Contaminante
Meta 7.3	Duplicar la tasa de eficiencia energética
	Utilizando sistemas de ventilación mecánica con recuperación de calor se consigue mantener las condiciones del confort del edificio reduciendo el consumo del mismo, en lugar de emplear métodos como la apertura de ventanas que implica desperdiciar la energía presente en el interior de los espacios hacia el exterior.
Meta 7.a	Aumentar la cooperación internacional para facilitar el acceso a la investigación y la tecnología relativas a la energía limpia, incluidas las fuentes renovables, la eficiencia energética y las tecnologías avanzadas y menos contaminantes de combustibles fósiles, y promover la inversión en infraestructura energética y tecnologías limpias
	Utilizar sistemas de recuperación de calor implica aprovechar la energía presente en el edificio y reducir el consumo energético. El presente trabajo puede servir como hoja de trabajo para futuros análisis de edificios públicos que también plantean la renovación del sistema de ventilación del edificio.
Meta 7.b	Ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo, en particular los países menos adelantados, los pequeños Estados insulares en desarrollo y los países en desarrollo sin litoral, en consonancia con sus respectivos programas de apoyo
	En este contexto de incertidumbre actual acerca de la energía, es fundamental conseguir reducir el consumo del edificio. Además, el ahorro generado por el uso de recuperadores de calor puede utilizarse para sustituir algunos de los equipos existentes por otros de mayor eficiencia.

Tabla 19. Objetivos de desarrollo sostenibles cumplidos con el trabajo. Fuente: Elab. propia.

ANEXO 3

INSTALACIONES EXISTENTES

Anexo 3: Instalaciones existentes

Los diferentes equipos de climatización y ventilación con los que cuenta la instalación actual del edificio Agustín de Betancourt de la Universidad de Zaragoza pueden localizarse en el Anexo 11: Planos. A continuación, se describen las principales características de los mismos.

1. Climatizadoras

En el edificio se encuentran hasta cuatro climatizadoras (UTAs) que se encargan de ventilar algunas de las principales zonas del edificio.

1.1 Climatizadora 1 – Aulas

Es la climatizadora principal de estudio de este trabajo, y se encarga de ventilar los siguientes espacios, principalmente las aulas:

UTA/ESPACIOS	PB	P1	P2	P3
CL -1	0.01/0.02/0.03/0.04	1.01/1.02/1.03/1.04/1.05 1.06/1.07/1.08/1.09 Sala de juntas 1 y 2 (Dirección)	2.01/2.02/2.03/2.04/2.05/ 2.06/2.07/2.08/2.09 2.18/2.19/2.20/2.21	3.06/3.10/3.07/3.08/3.09 EDE: Laboratorios (x2)

Tabla 20. Espacios de ventilación de la climatizadora CL-1. Fuente: Datos de proyecto.

El fabricante de la climatizadora CL-1 es TROX. Se trata de una UTA a dos alturas y que dispone de aire primario con retorno. Sus dimensiones son de 7,08 x 3,80 x 3,05 m (longitud x altura x anchura) y tiene un peso total de 4,92 toneladas. Esta está instalada en el interior de una sala de máquinas localizada en la parte norte de la planta segunda.

Las características principales de la climatizadora, obtenidas a partir de la placa de características de la misma, se muestran a continuación:

UTA Aulas	
Nombre/Localización:	CL-1 / P2
Tipo de Climatizador	Aire Primario con retorno
Caudal Ventilador de impulsión	39.240 m ³ /h
Potencia Ventilador de impulsión	18,5 kW
Caudal Ventilador de retorno	39.240 m ³ /h
Potencia Ventilador de retorno	15 kW
Potencia Total/Sensible de la Batería de Refrigeración	282,4 / 214,24 kW
Potencia Batería Calefacción	301,58 kW
Free Cooling	NO
Caudal Constante Unizona	NO

Tabla 21. Características de la climatizadora CL-1. Fuente: Datos de proyecto y EVAIR.

Con el objetivo de analizar las prestaciones de la UTA actual, se realizó por parte de la empresa EVAIR una simulación de los componentes de la climatizadora. Esta ficha técnica puede consultarse en el Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras.



Figura 29. Fotografía de la climatizadora de las aulas (CL-1). Fuente: Autor.



Figura 30. Placa de características de la climatizadora CL-1. Fuente: Autor.

1.2 Climatizadoras CL-2, CL-3 y CL-4

A continuación, se muestran las principales características del resto de climatizadoras del edificio.

UTA Salón de actos	
Nombre/Localización:	CL-2 / P1
Espacios de ventilación:	Salón de actos (PB + P1)
Tipo de Climatizador	Todo aire con retorno
Caudal Ventilador de impulsión	18.000 m ³ /h
Potencia Ventilador de impulsión	7,36 kW
Caudal Ventilador de retorno	16.200 m ³ /h
Potencia Ventilador de retorno	2,94 kW
Potencia Total/Sensible de la Batería de Refrigeración	125,4/87,78 kW
Potencia Batería Calefacción	130,65 kW
Free Cooling	SI
Caudal Constante Unizona	SI

Tabla 22. Características de la climatizadora CL-2. Fuente: Datos de proyecto.

UTA Cafetería - Comedor	
Tipo de Climatizador	CL-3 / P1
Espacios de ventilación:	Cafetería PB Comedor P1
Tipo de Climatizador	Todo aire con retorno
Caudal Ventilador de impulsión	20.488 m ³ /h
Potencia Ventilador de impulsión	7,36 kW
Caudal Ventilador de retorno	18.360 m ³ /h
Potencia Ventilador de retorno	4,05 kW
Potencia Total/Sensible de la Batería de Refrigeración	135,43/94,8 kW
Potencia Batería Calefacción	150,83 kW
Free Cooling	SI
Caudal Constante Unizona	SI

Tabla 23. Características de la climatizadora CL-3. Fuente: Datos de proyecto.

UTA Sala de estudios y Biblioteca	
Localización:	CL-4 / PS
Espacios de ventilación:	Sala de estudio Tomás Pollán Biblioteca Hypatia de Alejandría
Tipo de Climatizador	Todo aire con retorno
Caudal Ventilador de impulsión	42.210 m ³ /h
Potencia Ventilador de impulsión	14,72 kW
Caudal Ventilador de retorno	29.520 m ³ /h
Potencia Ventilador de retorno	5,52 kW
Potencia Total/Sensible de la Batería de Refrigeración	186,6/130,62 kW
Potencia Batería Calefacción	200,9 kW
Free Cooling	SI
Caudal Constante Unizona	SI

Tabla 24. Características de la climatizadora CL-4. Fuente: Datos de proyecto.

2. Bombas de calor

La generación de calor y frío en la instalación se realiza a partir de 3 bombas de calor CIAT LR 2200-2 localizadas en el sótano del edificio. La instalación cuenta con una potencia eléctrica de 456 kW, potencia frigorífica total de 1.659 kW y potencia calorífica de 2.118 kW.

Las bombas son del tipo agua-agua y utilizan como fuente de calor el agua de un pozo, localizado a una profundidad de 24 metros. La ventaja de utilizar bombas de calor que utilizan grandes masas de agua como sumidero es que consiguen una temperatura de agua relativamente constante, a diferencia de las bombas de calor de aire que dependen de las condiciones climáticas exteriores.

Las bombas de calor son reversibles, es decir, disponen de un sistema de inversión hidráulica mediante válvulas motorizadas. Cuando se trabaja en modo calefacción, el evaporador absorbe el calor del agua del freático y en modo refrigeración, el condensador transfiere el calor sobre este. La temperatura máxima del circuito de condensación es de 45°C en modo calefacción, y de 7°C en el circuito de evaporación en modo refrigeración. Las bombas disponen de dos circuitos de condensación independientes con dos compresores en paralelo.

Con el objetivo de proteger la instalación, entre el pozo y el condensador/evaporador de la bomba de calor (dependiendo del modo de trabajo), se dispone de tres intercambiadores de flujo cruzado en paralelo. Para extraer el agua del freático se utilizan dos bombas de pozo de potencia 18,5 kW.

A continuación se muestran las características principales de las bombas de calor de la instalación:

CARACTERÍSTICAS BOMBA DE CALOR	
Fabricante	CIAT
Modelo	LR 2200-2
Tipo	Agua-Agua
Potencia eléctrica	152 kW
Potencia frigorífica	553 kW
EER	3,6
Potencia calorífica	706 kW
COP	4,6
Número de circuitos	2
Nº de compresores	4 (2/circuito)
Tipo de compresor	Semihermético alternativo
Intercambiadores	Multitubulares
Nº de evaporadores por máquina	1
Nº de condensadores por máquina	2 (1/circuito)
Nº de válvulas termostáticas	2
Refrigerante	R22 (regenerado)
CARACTERÍSTICAS INSTALACIÓN	
Número de máquinas	3
Potencia eléctrica total	152 kW x 3 = 456 kW
Potencia frigorífica total	553 kW x 3 = 1.659 kW
Potencia calorífica total	706 kW x 3 = 2.118 kW
Tº anual del agua del pozo	16-17°C

Tabla 25. Características de las Bombas de calor de la instalación. Datos de proyecto.



Figura 31. Bombas de calor (izquierda) e intercambiadores de placas (derecha) de la instalación. Fuente: Carlos Monné.

3. Bombas Hidráulicas

3.1 Bombas hidráulicas de Pozo

Las bombas de pozo son las encargadas de bombear el agua de freático hasta los intercambiadores de flujo cruzado. Existen tres bombas de igual potencia, una de ellas de reserva.

BOMBAS HIDRÁULICAS DE POZO						
EQUIPO	MODELO	AGUA	SUMINISTRO	CAUDAL (l/h)	ALTURA (m)	POTENCIA (kW)
BOMBA N°1	3 x EBARA B-7	Pozo	Intercambiador de calor	3 x 31.500	24	3 x 4,24

Tabla 26. Ficha de las bombas hidráulicas de pozo. Fuente: Datos de proyecto.

3.2 Bombas hidráulicas de Primario

Las bombas de primario bombean el agua desde el intercambiador de flujo cruzado hasta el primario de la bomba de calor, sea condensador o evaporador, según corresponda. Existen cuatro para agua caliente y otras cuatro para agua fría, existiendo para cada grupo una de reserva.

BOMBAS HIDRÁULICAS DE PRIMARIO						
EQUIPO	MODELO	AGUA	SUMINISTRO	CAUDAL (l/h)	ALTURA (m)	POTENCIA (kW)
BOMBA N°1	4 x EBARA 65-125/5,5	Caliente	Primario Bomba de calor	4 x 21.600	24	4 x 9,32
BOMBA N°2	4 x EBARA 65-125/7,5	Fría	Primario Bomba de calor	5 x 23.650	23	-

Tabla 27. Fichas de las bombas hidráulicas de primario. Fuente: Datos de proyecto.

3.3 Bombas hidráulicas de Secundario

Las bombas de secundario bombean el agua desde el secundario de la bomba de calor, condensador o evaporador según corresponda, hasta los equipos terminales como fancoils, climatizadores o aerotermos. Existen hasta 4 circuitos independientes. Por cada circuito existen dos bombas gemelas.

BOMBAS HIDRÁULICAS DE SECUNDARIO						
EQUIPO	MODELO	AGUA	SUMINISTRO	CAUDAL (l/h)	ALTURA (m)	POTENCIA (kW)
BOMBA N°1	1 x EBARA Gemela "in line" ELD 80-160/11	Caliente	UTAs	95.800	26	-
BOMBA N°2	1 x SMEDEGARD Gemela "in line" T-10-180-2D	Fría	UTAs	120.000	30	16,12
BOMBA N°3	1 x EBARA Gemela "in line" ELD 65-160/7,5	Caliente	Laboratorio Naves (aerotermos)	36.200	32	5,19
BOMBA N°4	1 x SMEDEGARD Gemela "in line" T-10-200-2D	Caliente/Fría	Aulas zona Norte	140.000	43	26,95
BOMBA N°5	1 x EBARA Gemela "in line" ELD 65-160/7,5	Caliente/Fría	Aulas zona Sur + Admin/Conserjería + Dirección	60.200	20	5,39
BOMBA N°6	1 x SMEDEGARD Gemela "in line" T-10-180-2D	Caliente/Fría	Departamentos + Laboratorios Nave (no aerotermos)	120.000	30	16,12

Tabla 28. Fichas de las bombas hidráulicas de secundario. Fuente: Datos de proyecto.



Figura 32. Bombas hidráulicas del secundario de la instalación. Fuente: Carlos Monné.

4. Equipos terminales del secundario

Las unidades terminales del secundario están formadas por pequeños climatizadores, fancoils y aerotermos. Los equipos son a dos tubos y aunque fancoils y climatizadores pueden proporcionar calor y frío, los aerotermos sólo son utilizados en modo calefacción.

La localización de las unidades terminales del edificio puede consultarse en el Anexo 11: Planos. A continuación, se muestran las características principales de los equipos y su nomenclatura.

EQUIPO	MODELO	CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	POTENCIA CALEFACCIÓN (kW)	POTENCIA TOTAL REFRIGERACIÓN (kW)
FAN COIL SUELO Nº1	OTEDISA NVC T1001/4	1.600	11,10	24,90
FAN COIL SUELO Nº2	OTEDISA NVC T1001	1.660	7,16	17,28
FAN COIL SUELO Nº3	OTEDISA NVC T801/4	1.220	9,02	19,93
FAN COIL SUELO Nº4	OTEDISA NVC T801	1.220	5,90	13,90
FAN COIL SUELO Nº5	OTEDISA NVC T600	930	5,07	11,07
FAN COIL SUELO Nº6	OTEDISA NVC T400	650	3,80	8,14
AEROTERMO	WOLF LH 63/3	4.600	20,50	-

Tabla 29. Fichas de los fancoils de suelo y aerotermos del secundario. Fuente: Datos de proyecto.

EQUIPO	MODELO	CAUDAL MIN (m ³ /h)	CAUDAL MAX (m ³ /h)	POTENCIA MAX CALEFACCIÓN (kW)	POTENCIA MAX TOTAL REFRIGERACIÓN (kW)
FAN COIL TECHO Nº1	CIAT NCH-327	175	490	6,59	2,44
FANCOIL TECHO Nº2	CIAT NCH-329	260	715	10,60	3,78
FANCOIL TECHO Nº3	CIAT NCH-331	310	900	12,70	4,96
FANCOIL TECHO Nº4	CIAT NCH-333	510	1.161	18,00	5,97
CLIMATIZADOR Nº5	CIATESA KCB-25	600	1.000	6,70	4,17
CLIMATIZADOR Nº6	CIATESA KCB-50	1.200	3.300	21,50	13,00
CLIMATIZADOR Nº7	CIATESA KCB-80	3.200	4.400	28,30	17,10
CLIMATIZADOR Nº8	CIATESA KCH-155	4.800	7.000	43,00	28,35

Tabla 30. Fichas de los fancoils de techo y climatizadores del secundario. Fuente: Datos de proyecto.



Figura 33. Fotografía de uno de los climatizadores localizados en el falso techo. Fuente: Autor.

5. Difusores rotacionales

Cada uno de los espacios dispone de difusores rotacionales, los cuales permiten distribuir el aire homogéneamente alrededor de la sala. Estos están localizados en el falso techo y están conectados a los equipos terminales a través de conductos metálicos. El tamaño y caudal del difusor depende de las necesidades de climatización y/o ventilación de la sala.



Figura 34. Difusor rotacional de los despachos de los departamentos (DIM). Fuente: Carlos Monné.

EQUIPO	MODELO	CAUDAL MAX (m ³ /h)	PÉRDIDA DE CARGA A MAX. CAUDAL (Pa)
DIFUSOR ROTACIONAL N°1	SCHAKO DQJ-SR 600	1500	128
DIFUSOR ROTACIONAL N°2	SCHAKO DQJ-SR 500	1000	112
DIFUSOR ROTACIONAL N°3	SCHAKODQJ-SQ 400	600	146
DIFUSOR ROTACIONAL N°4	SCHAKO DQJ-SQ 500	1000	66
DIFUSOR ROTACIONAL N°5	SCHAKO DQJ-SQ 600	2000	180
DIFUSOR ROTACIONAL N°6	SCHAKO DRT-630	790	-
DIFUSOR ROTACIONAL N°7	SCHAKO DRT-620	560	-

Tabla 31. Ficha de los tipos de difusores rotacionales del edificio. Fuente: Datos de proyecto.

6. Otros componentes

Otros componentes que se pueden encontrar en la instalación son:

- Rejillas de retorno y extracción.
- Compuertas de regulación y cortafuegos.
- Bocas de aseos.
- Toberas y multitoberas.
- Cabinas de extracción.
- Montante de tuberías y conductos.

ANEXO 4

MÉTODO RTS

Anexo 4: Método RTS

1. Método RTS

El método de las Series Temporales Radiantes (RTS), por sus siglas en inglés, Radiant Time Series, es un método utilizado para el cálculo de las cargas térmicas en edificios.

Se trata de un método derivado del Método del Balance de Energía, el cual utiliza balances de energía y humedad del aire en cada una de las superficies de los cerramientos del edificio. Aunque es uno de los más utilizados por programas de simulación como TRNSYS o EnergyPlus, este método no distingue entre aportaciones de cada ganancia, lo que limita el análisis posterior de los resultados [38].

El método RTS, desarrollado en el comité TC 4.1 de la ASHRAE, permite simplificar el cálculo de las potencias térmicas de diseño para el usuario, ya que no requiere de cálculos iterativos como en el caso del Método del Balance [39].

El principio del método RTS consiste en analizar cada aportación energética de forma independiente, para posteriormente estimar la energía final como suma de todas ellas.

Para el cálculo de las cargas, primero se deben distinguir los conceptos de ganancia, explicado como la cantidad de energía introducida en el espacio, y carga, como la cantidad de energía comunicada al aire [38]. Cada ganancia puede transformarse en carga de dos formas diferentes dependiendo del mecanismo de transferencia de calor. Si es mediante convección, la ganancia pasa a carga de forma instantánea, pero si es mediante radiación, parte pasa de forma instantánea y otra de forma retardada, que correspondería a aquella absorbida por cerramientos o muebles y que se libera al aire de forma progresiva. Las fracciones de carga convectiva y radiante se definen a partir de tablas [39].



Figura 35. Método RTS: Transformación de ganancias. Elab. propia a partir de [38]

El grado en el que una ganancia se transforma en carga a lo largo del tiempo se calcula a través de diversos factores de desfase tabulados, conocidos como factores RTS, y estos dependen de la fuente de la ganancia (luces, personas, equipos o ventilación), de las características del edificio (cerramientos ligeros, medios, pesados y si son interiores o exteriores), distribución de la radiación (solar o no solar) o zona de incidencia (si existe suelo con alfombra o moqueta)[38].

La fórmula que permite calcular la evolución temporal en que una ganancia se transforma en carga es:

$$Q(n) = CG(n) + \sum_{j=1}^{23} (1 - C)G(n-j)RTS(j) \quad (1)$$

donde:

$Q(n)$: es la carga, en W, en el instante n;
 n: es la hora de cálculo considerada;
 C: es la fracción convectiva de la ganancia;
 $G(n)$: es la ganancia, en W, en el instante n;
 $(n-j)$: son las horas anteriores a la hora de cálculo;
 RTS(j): factor RTS en el instante j.

Utilizando este método, se calcularán cada una de las cargas térmicas de los diferentes espacios del edificio:

CARGAS	TIPO	CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
		Contrib. (S/L)	Contrib. (S/L)
Cerr. Exteriores	Exterior	SI (S)	SI (S/L)
Loc. No Atemp.	Exterior	SI (S)	SI (S/L)
Cerr. Terreno	Exterior	SI (S)	SI (S/L)
Huecos	Exterior	SI (S)	SI (S/L)
Puentes térmicos	Exterior	SI (S)	SI (S/L)
Ocupación	Interior	NO (-)	SI (S/L)
Ventilación	Exterior	SI (S)	SI (S/L)
Infiltraciones	Exterior	SI (S)	SI (S/L)
Iluminación	Interior	NO (-)	SI (S/L)
Equipamiento	Interior	NO (-)	SI (S/L)

Tabla 32. Tipos de cargas térmicas. Fuente: Elab.propia.

En el caso del cálculo de la carga de calefacción, no se consideran las cargas de ocupación, iluminación y equipamiento ya que para dimensionar el sistema se escoge el peor caso posible y estas tienen un efecto positivo sobre la potencia total (contribuyen a la ganancia de calor). Del mismo modo, en refrigeración se consideran las contribuciones sensible y latente (S/L), mientras que solo la sensible (S) para el caso de calefacción. La suma de estas cargas permitirá obtener la potencia térmica de diseño de la instalación.

2. Programa de cálculo

Para realizar el cálculo de las cargas térmicas del edificio se utilizará un programa de cálculo en Excel, desarrollado por el Departamento de Máquinas y Motores Térmicos de la Universidad de Zaragoza.

Introduciendo el usuario los datos de las características del edificio y las diferentes ganancias a las que se somete, el programa permite calcular de forma automática las potencias térmicas máximas para el día más crítico del año, distinguiendo entre los períodos de calefacción y refrigeración.

El propio programa dispone de bases de datos climatológicas para las condiciones exteriores y bases de datos de materiales para caracterizar los cerramientos, con posibilidad de añadir nuevos materiales.

A continuación, se muestran capturas de pantalla del programa utilizando como ejemplo de visualización el aula 1.05:

2.1 Pantalla de condiciones generales

En ella se muestran los datos generales del edificio. Este está localizado en Zaragoza (España), lo que corresponde una zona climática D3 de acuerdo al CTE[40]. En cuanto a las condiciones climatológicas, se toma la base de datos más cercana, correspondiente al Aeropuerto de Zaragoza.

El proyecto es del tipo estándar, ya que no se trata de una instalación sensible como es el caso de hospitales, clínicas o residencias de ancianos [41].

Figura 36. Condiciones generales del edificio. Fuente: Programa RTS

2.2 Zonificación

2.2.1 Datos generales

Se selecciona como zona el Edificio Agustín de Betancourt, y dentro del mismo se encuentran cada uno de los espacios que lo componen (aulas, salas de ordenadores, despachos...).

Para cada uno de los espacios, se define su superficie sobre plano y su comportamiento térmico, que son aquellas condiciones que definen los factores RTS mencionados anteriormente. El aula 1.05 tiene una pared exterior, el muro tiene un peso medio y el suelo no dispone de alfombras ni moquetas. El acristalamiento se define en su correspondiente apartado de huecos.

Las condiciones de diseño interiores se definen en el RITE [8], estableciéndose para el dimensionamiento de los sistemas de calefacción 21°C y para refrigeración 25°C. La humedad relativa se establece por defecto a 45%.

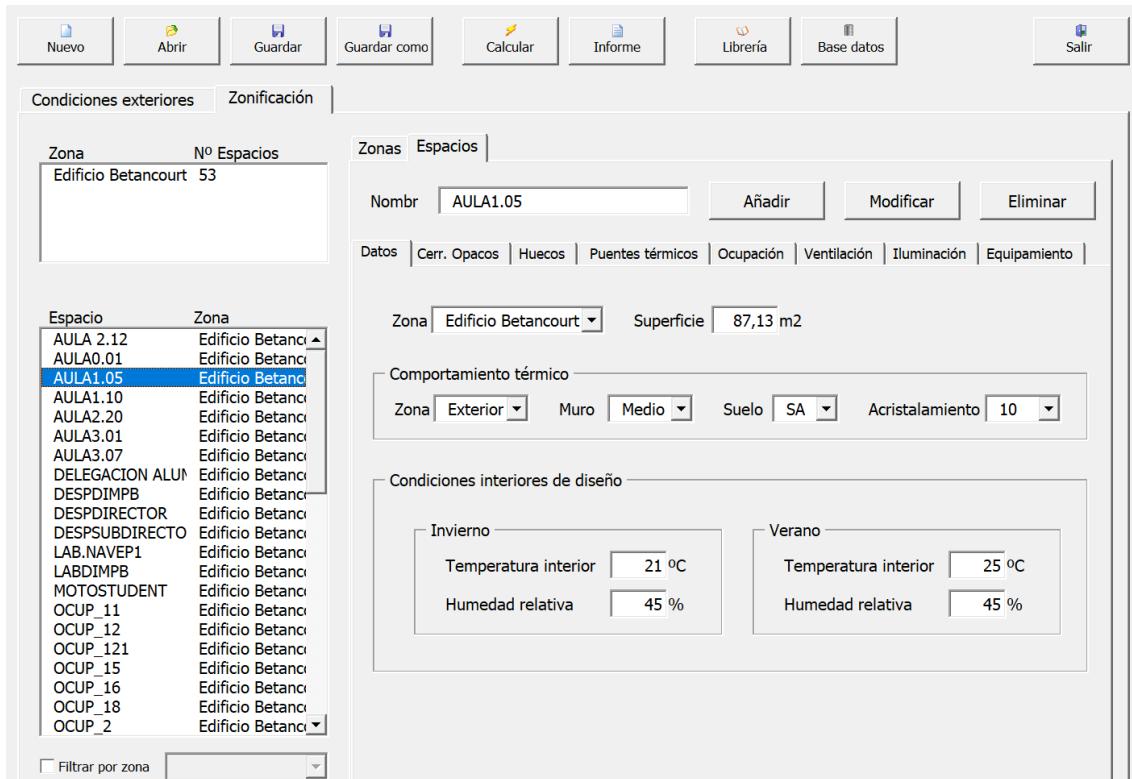


Figura 37. Zonificación general. Fuente: Fuente: Programa RTS

2.2.2 Cerramientos opacos

En esta pestaña se definen las características de los cerramientos de los espacios. Cada cerramiento ha sido previamente definido a partir de sus materiales disponibles en la base de datos del programa.

Los materiales de los cerramientos están disponibles en el Plano nº7, y estos han sido obtenidos de la Memoria Técnica del proyecto del edificio. Como se puede comprobar en el plano, los valores de transmitancia térmica obtenidos en el programa RTS se asemejan a los datos reales de proyecto.

Los cerramientos pueden ser exteriores o interiores, y en este último caso se definen tanto las particiones interiores como los forjados superior e inferior del edificio.

Nuevo | Abrir | Guardar | Guardar como | Calcular | Informe | Librería | Base datos | Salir

Condiciones exteriores | Zonificación

Zona	Nº Espacios
Edificio Betancourt	53

Zonas		Espacios	
Nombre: AULA1.05		Añadir | Modificar | Eliminar	
<input checked="" type="radio"/> Datos <input type="radio"/> Cerr. Opacos <input type="radio"/> Huecos <input type="radio"/> Puentes térmicos <input type="radio"/> Ocupación <input type="radio"/> Ventilación <input type="radio"/> Iluminación <input type="radio"/> Equipamiento <input type="radio"/> Cerr. Exterior <input type="radio"/> Cerr. a Local Adyacente <input type="radio"/> Cerr. a Locales No Atemperados <input type="radio"/> Cerr. Enterrados			
Orientación	Cerramiento	Área (m ²)	U (W/m ² ·K)
N	Fachada_Betan_Alucobond	11,77	0,47
			0,7

Añadir | Modificar | Eliminar

Cerramiento al exterior

Cerramiento	Área	U
	m ²	W/m ² ·K
Orientación		α

Filtrar por zona

Figura 38. Cerramientos exteriores. Fuente: Programa RTS.

Nuevo | Abrir | Guardar | Guardar como | Calcular | Informe | Librería | Base datos | Salir

Condiciones exteriores | Zonificación

Zona	Nº Espacios
Edificio Betancourt	53

Zonas		Espacios	
Nombre: AULA1.05		Añadir | Modificar | Eliminar	
<input checked="" type="radio"/> Datos <input type="radio"/> Cerr. Opacos <input type="radio"/> Huecos <input type="radio"/> Puentes térmicos <input type="radio"/> Ocupación <input type="radio"/> Ventilación <input type="radio"/> Iluminación <input type="radio"/> Equipamiento <input type="radio"/> Cerr. Exterior <input type="radio"/> Cerr. a Local Adyacente <input checked="" type="radio"/> Cerr. a Locales No Atemperados <input type="radio"/> Cerr. Enterrados			
Cerramiento	Área (m ²)	U (W/m ² ·K)	Tady,i (°C)
Forjado_inferior_Betan	87,13	0,73	19
Forjado_superior_Betan	87,13	0,84	19
Particiones interiores_Betar	27,09	0,78	19
Particiones interiores_Betar	26,22	0,78	19
Particiones interiores_Betar	27,09	0,78	27

Añadir | Modificar | Eliminar

Cerramiento a local adyacente

Cerramiento	Área	U	
	m ²	W/m ² ·K	
Tlocal ady, inv.	°C	Tlocal ady, ver.	°C

Filtrar por zona

Figura 39. Cerramientos a local adyacente. Fuente: Elab. propia.

2.2.3 Huecos

Se definen los huecos, ventanas y su orientación. Los materiales de la ventana también se encuentran disponibles en la base de datos, y en este programa es incluso posible definir características como la profundidad de la ventana respecto a la pared, o el efecto de las lamas exteriores que cubren las ventanas.

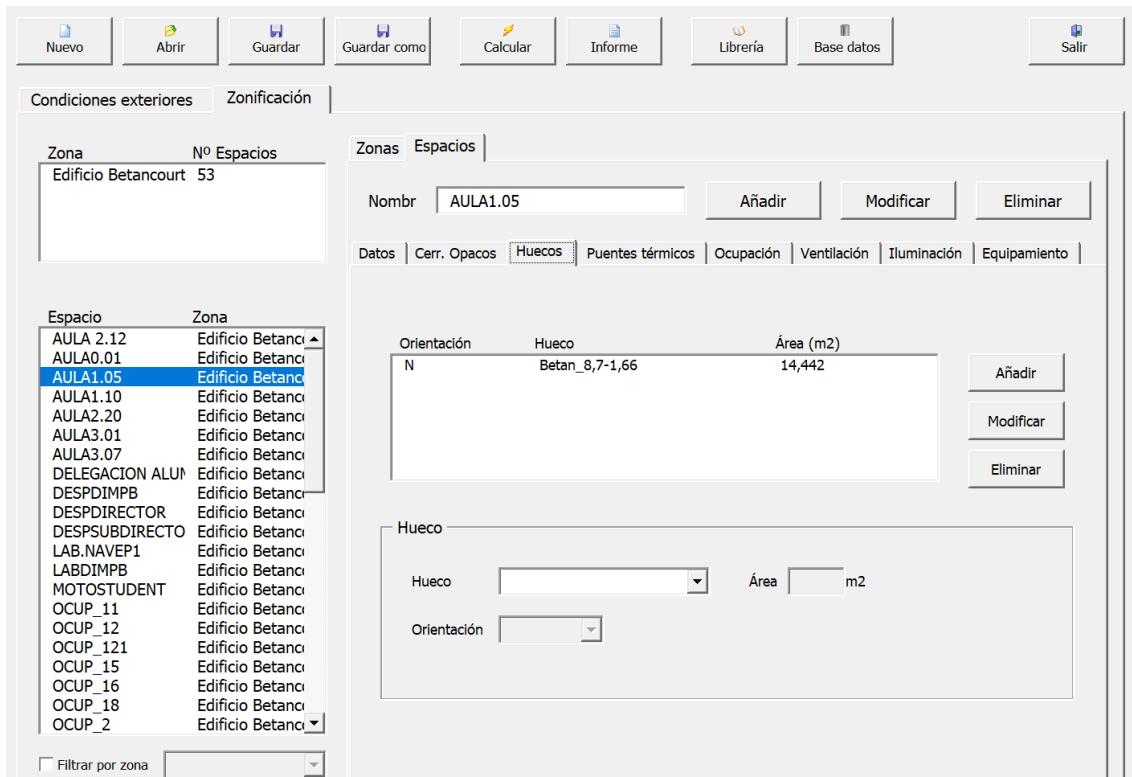


Figura 40. Pestaña de huecos. Fuente: Programa RTS.

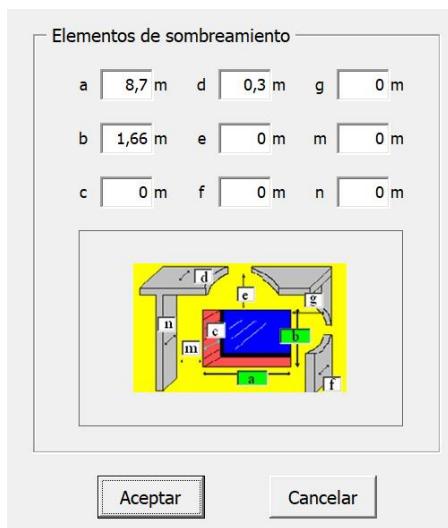


Figura 41. Elementos de sombreadamiento. Fuente: Programa RTS.

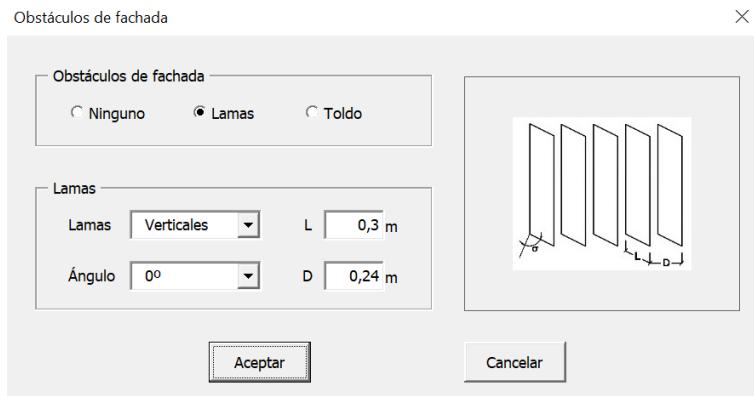


Figura 42. Caracterización de las lamas de aluminio. Fuente: Programa RTS.

2.2.4 Puentes térmicos

No se tienen en cuenta.

2.2.5 Ocupación

De acuerdo a la página web de reserva de aulas de la Universidad de Zaragoza [6], la ocupación de la sala es de 70 alumnos más un profesor, y el horario de uso del aula es de 8:00 a 22:00 horas. La ganancia sensible y latente de las personas en el centro se toma del Manual de Climatización [26].

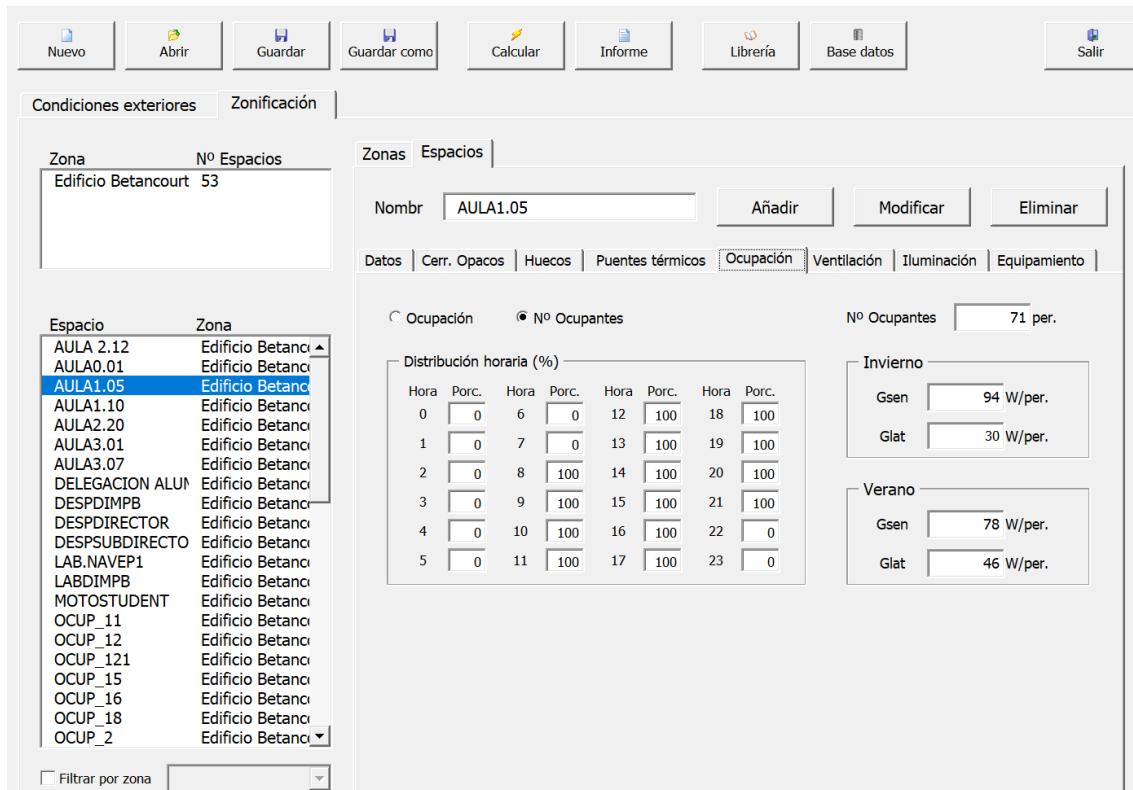


Figura 43. Ocupación del espacio. Fuente: Programa RTS.

1.1.1 Ventilación

De acuerdo al RITE [8] las aulas de enseñanza tienen una calidad de aire interior de IDA 2, lo que le corresponde un caudal de 12,5 l/s·pax durante las horas de uso de la clase (8:00 a 22:00 horas).

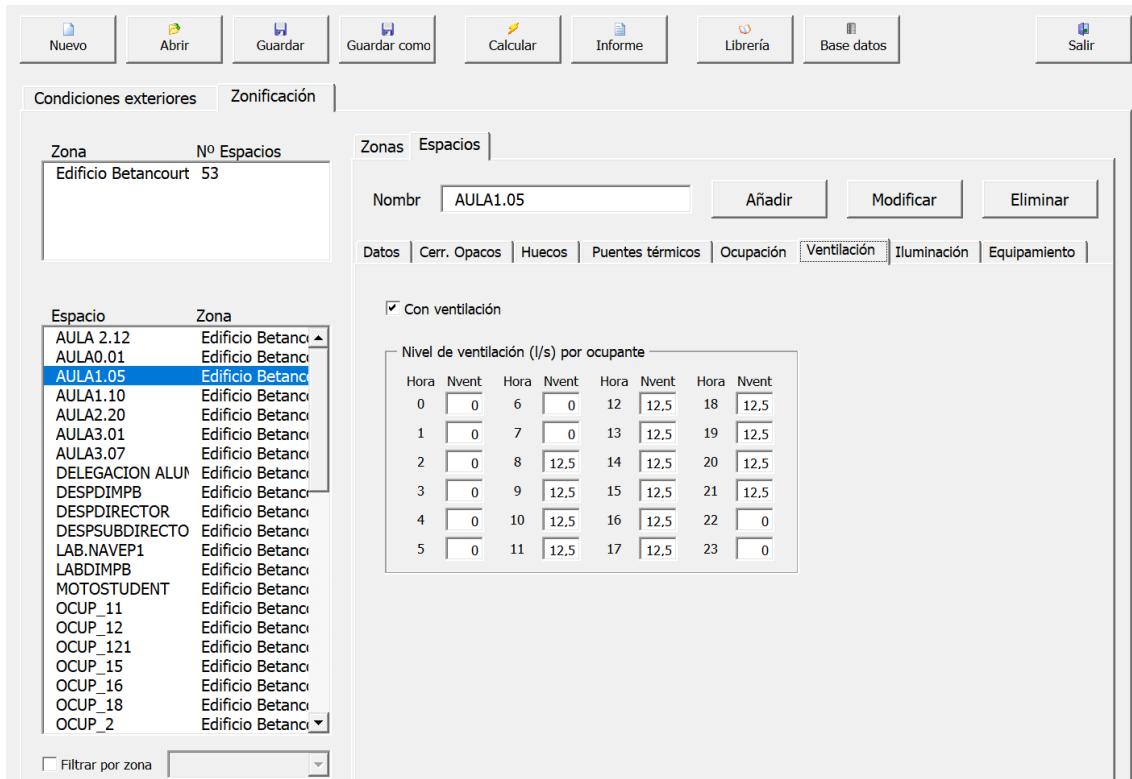


Figura 44. Pestaña de ventilación: Fuente: Programa RTS.

2.2.6 Iluminación

El aula 1.05 cuenta con 9 grupos de luminarias, formado cada grupo por 4 luminarias de 36 W cada una. Si se divide por la superficie del aula, se obtiene una potencia de iluminación de 15 W/m², presente durante todo el horario de apertura del aula.

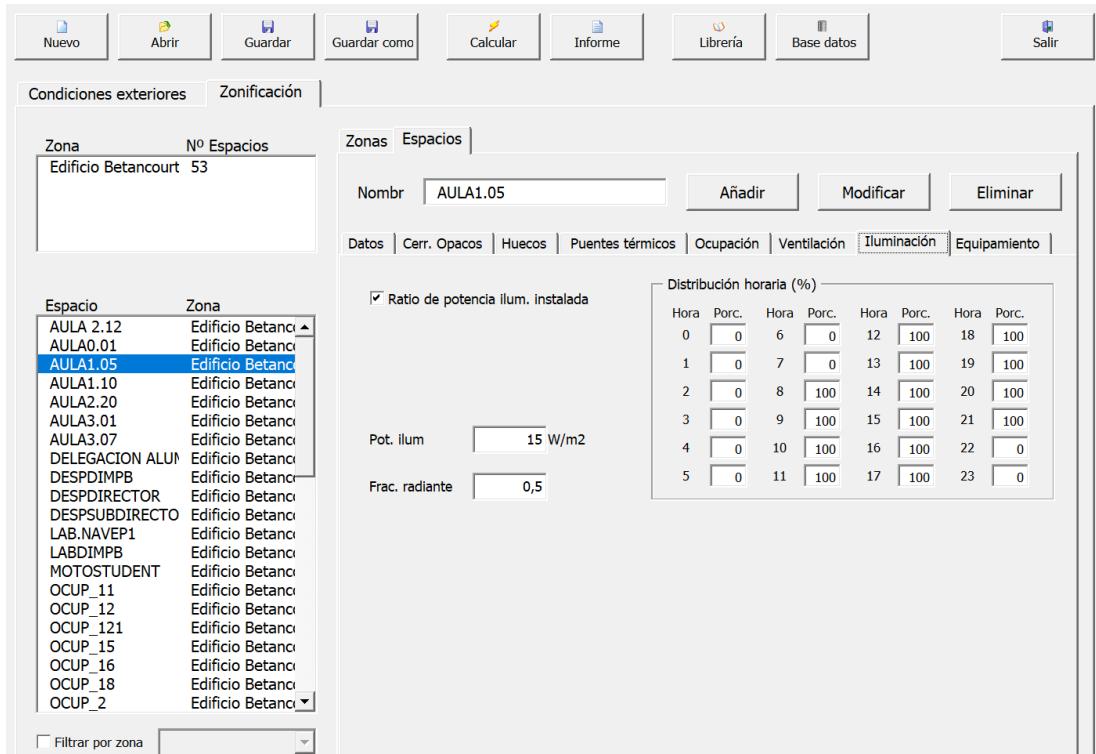


Figura 45. Pestaña de iluminación. Fuente: Programa RTS.

2.2.7 Equipamiento

El aula 1.05 cuenta de forma permanente con un ordenador y un proyector utilizados por el profesor. Un ordenador tiene una potencia sensible estimada de 250 W y un proyector de 200 W [26].

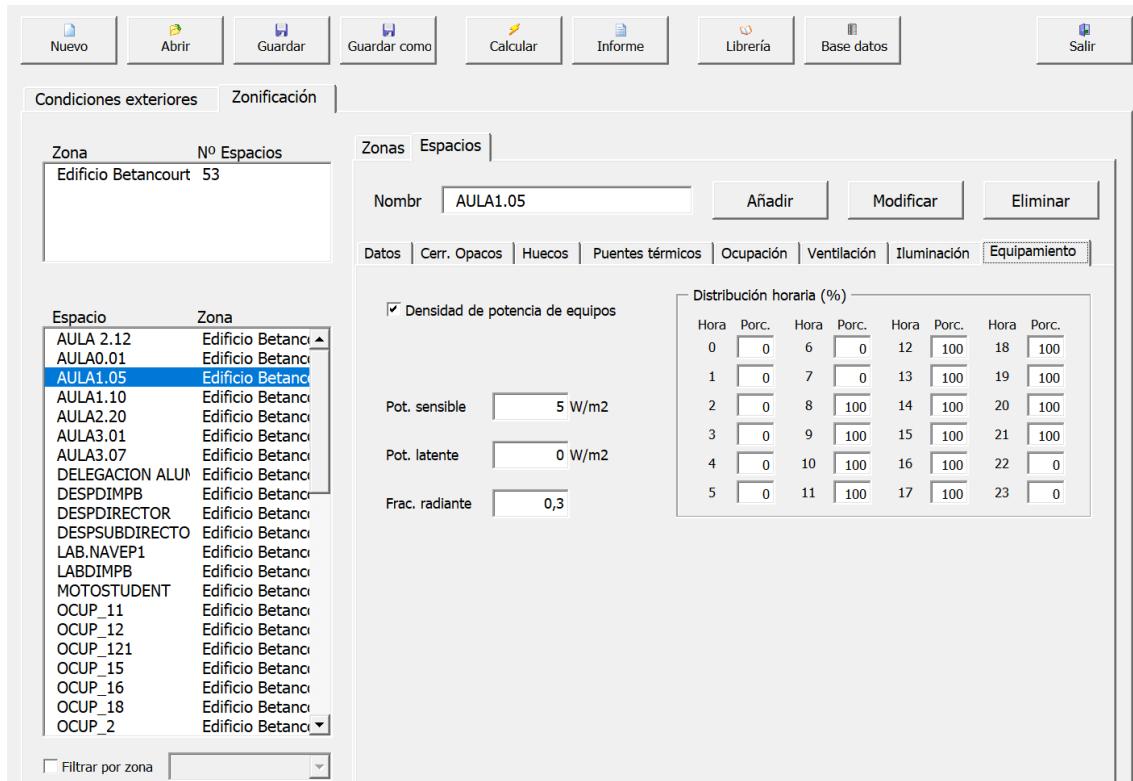


Figura 46. Pestaña de equipamiento. Fuente: programa RTS.

2.2.8 Cálculo

El programa permite calcular los resultados tanto para refrigeración como calefacción, seleccionando en este caso si se quieren considerar los efectos positivos de la carga latente y carga interna.

El cálculo se puede realizar para un día en concreto o para la carga máxima. Como el objetivo del trabajo es dimensionar el sistema de ventilación, este se realiza para la máxima potencia.

El programa calcula los resultados de forma horaria para el periodo de un año y muestra los datos horarios del día más crítico. Estos datos se muestran ordenados en una hoja Excel, de forma que pueden ser posteriormente analizados.

Figura 47. Pestaña de cálculo. Fuente: Programa RTS.

ANEXO 5

RESULTADOS DE LAS NECESIDADES DE VENTILACIÓN

Anexo 5: Resultados de las necesidades de ventilación

1. Resultados de las necesidades de ventilación

El cálculo de las necesidades de ventilación por espacio se realiza multiplicando el caudal de aire constante, obtenido del RITE [8], y que depende del uso de la sala, por la ocupación de cada uno de los espacios. El caudal es de 12,5 l/s·pax para aulas, despachos, laboratorios y salas de reuniones, y de 8 l/s·pax para salas de ordenadores. Para el resto de espacios, en el Manual de Climatización: Cargas Térmicas [26] se recoge el caudal de aire necesario por superficie, siendo para aseos 3,5 l/s·m² y 12,5 l/s·m² para los pasillos.

El número de personas por espacio se encuentra disponible en la página web de reserva de aulas de la Universidad de Zaragoza [2] y, para el resto de espacios, se utiliza el Documento Básico de Seguridad en caso de incendio (DB-SI) [28].

Introduciendo el valor de caudal de aire y el horario de ocupación de cada uno de los espacios en el programa RTS, se obtiene la carga máxima de ventilación para el día más crítico del año en los períodos de calefacción y refrigeración. Los resultados de las necesidades de aire de ventilación para cada espacio se muestran en las tablas: Tabla 33, Tabla 34, Tabla 35 y Tabla 36. Además, en la Figura 72 se muestra una gráfica donde se ordena, por orden de mayor a menor, el caudal requerido por cada uno de ellos.

La mayor demanda de ventilación se produce para los pasillos. En la Figura 48 se muestran los caudales correspondientes a los pasillos de las diferentes zonas del edificio. Dado que en los aseos sólo se realiza extracción de aire, el caudal de impulsión en pasillos se ha sumado al de su pasillo correspondiente.

Se observa como los pasillos de mayor superficie, y que por tanto requieren de mayor caudal, son los de la planta baja y primera, con un caudal superior a 25.000 m³/h. En el pasillo de la planta segunda, que no dispone de conexión hacia la zona de departamentos por la parte oeste del edificio, y en la planta tercera, que no tiene departamentos en el ala norte, el caudal disminuye. Casualmente, los caudales de los pasillos del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM) coinciden con los de los laboratorios de las naves. De igual forma ocurre con los pasillos de Dirección, Conserjería y EDE.

Del resto de espacios, los que mayor demanda de ventilación requieren son las salas que tienen una mayor ocupación, correspondientes a las aulas de docencia, seguidas de laboratorios y salas de ordenadores. Los espacios con menor demanda son aquellos cuya ocupación es de tan solo una persona, correspondiente a los despachos de los departamentos y dirección.

Analizando los resultados se observa como existen espacios del edificio que coinciden en el caudal de ventilación necesario, lo que ayudará a determinar el sistema de ventilación más adecuado para cada tipología.

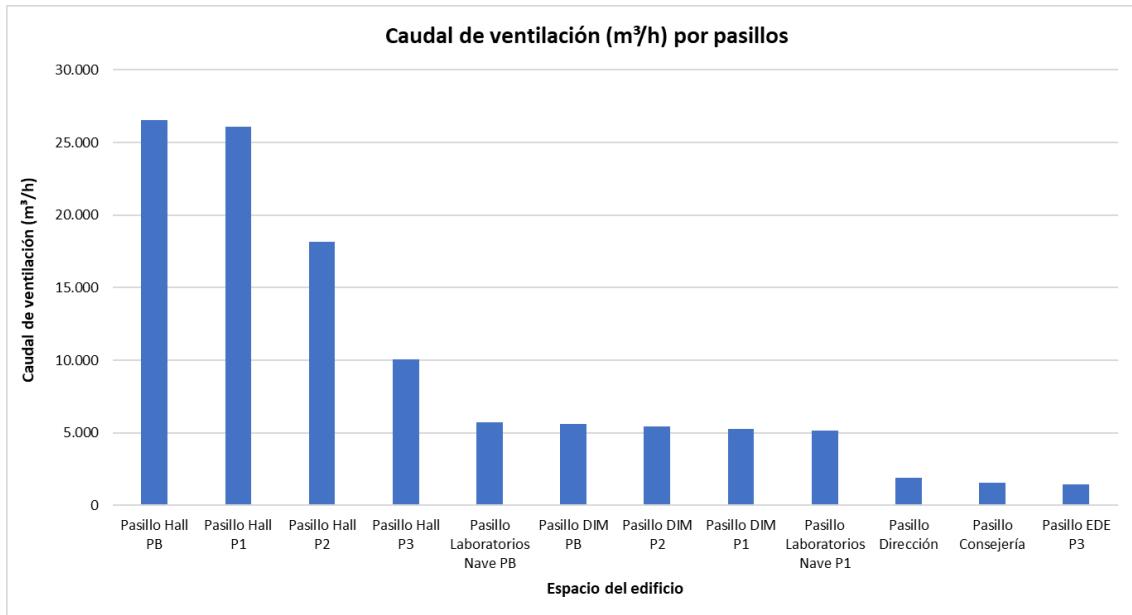


Figura 48. Caudal de ventilación (m^3/h) de los pasillos. Fuente: Elab. propia.

2. Resultados de las cargas térmicas del edificio

El cálculo de las cargas térmicas del edificio se realiza a partir del programa RTS, explicado en el Anexo 4: Método RTS.

Para su cálculo se deben definir en cada espacio los cerramientos y huecos, la ocupación, el caudal de ventilación (calculado previamente), iluminación y carga interna de equipos. Una vez definido el espacio, el programa calcula la carga térmica máxima de calefacción y refrigeración para el día más crítico del año y los resultados se comparan con la potencia de los equipos de climatización instalados actualmente en el centro.

Se distinguirán dos cargas, sin ventilación (la existente actualmente) y la total (incluida la nueva carga de ventilación). En total se analizan 21 espacios que difieren entre sí en uso, ocupación y tipo de climatizador utilizado. Seleccionando esta muestra de resultados es posible extraer los resultados al resto de espacios con características similares, en lugar de realizar los cálculos para cada uno de ellos.

Las fichas de los espacios analizados se muestran a continuación:

Aula	Superficie (m ²)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Despacho Dir. Subdirector	16,81	1	FAN COIL TECHO N°1	CIAT NCH-327
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m ²)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
2	0	8,57	5.210,00	1.910,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m ²)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	0	14,87	712,35	3.209,05
Cerramiento	Orientación	Superficie (m ²)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	8,428	SI	NO
Fachada interior	E	6	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	6	349,99	219,21
Ventana	S	8,428	CUMPLE VENTIL.+CAL?	CUMPLE VENTIL.+REF?
			SI	NO

Figura 49. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Despacho del Subdirector. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Sala peq. Delegación de alumnos	23,48	2	FANCOIL TECHO N°2	CIAT NCH-329
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
3	0	9,20	7.690,00	2.770,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
2	0	21,29	1.057,21	2.522,95
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	10,382	SI	SI
Fachada interior	E	28,998	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	28,998	699,98	438,43
Fachada exterior	S	5,568	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Ventana	S	4,814	SI	NO

Figura 50. Ficha de las cargas térmicas del espacio: sala pequeña Delegación de alumnos. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
DIM P1 Despachos	14,79	1	FANCOIL TECHO N°2	CIAT NCH-329
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
2	0	9,74	7.690,00	2.770,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	0	16,90	785,57	2.052,77
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Ventana	S	4,814	SI	SI
Fachada exterior	S	5,568	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	N	10,382	349,99	219,21
Fachada interior	E	18,2222	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada interior	O	18,2222	SI	SI

Figura 51. Ficha de las cargas térmicas del espacio: DIM P1 Despachos. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
3.01	39,82	21	FANCOIL TECHO N°3	CIAT NCH-331
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	4	14,47	9.120,00	3.480,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	11,30	1.631,42	5.589,19
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	E	4,65	SI	NO
Fachada interior	O	4,65	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	S	26,187	7.349,76	4.603,47
Ventana	N	14,442	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada exterior	N	11,745	SI	NO

Figura 52. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 3.01. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
2.12	34,62	21	FANCOIL TECHO N°3	CIAT NCH-331
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	4	16,64	9.120,00	3.480,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	13,00	1.168,91	7.667,58
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	12,943	SI	NO
Fachada interior	E	24,381	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	24,381	7.349,76	4.603,47
Ventana	S	12,943	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
			SI	NO

Figura 53. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 2.12. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Delegación de alumnos	46,98	11	FANCOIL TECHO N°4	CIAT NCH-333
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	6	18,39	14.500,00	4.900,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
5	0	26,61	2.024,34	6.447,66
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	20,764	SI	NO
Fachada interior	E	28,998	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	28,998	3.849,88	2.411,34
Fachada exterior	S	11,136	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Ventana	S	9,628	SI	NO

Figura 54. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Delegación de alumnos. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Despacho Director	34,17	1	FANCOIL TECHO N°4	CIAT NCH-333
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
4	0	8,43	14.500,00	4.900,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	0	7,32	1.452,94	6.153,86
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	17,458	SI	NO
Fachada interior	E	6	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	6	349,99	219,21
Ventana	S	17,458	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
			SI	NO

Figura 55. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Despacho Director. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Sala de juntas 1	52,65	11	CLIMATIZADOR N°5	CIATESA KCB-25
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	4	10,94	5.800,00	3.675,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	8,55	2.209,52	10.759,34
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	26,6385	SI	NO
Fachada interior	E	6	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	6	3.849,88	2.411,34
Ventana	S	26,6385	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
			NO	NO

Figura 56. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Sala de juntas 1. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
MotoStudent	84,31	16	CLIMATIZADOR N°6	CIATESA KCB-50
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	6	10,25	13.900,00	8.975,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
8	0	23,72	4.802,61	13.892,44
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	64,082	SI	NO
Fachada interior	E	21,48	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	21,48	5.599,82	3.507,40
Fachada exterior	S	34,7	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Ventana	S	29,382	SI	NO

Figura 57. Ficha de las cargas térmicas del espacio: MotoStudent. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
1.10	89,33	33	CLIMATIZADOR N°6	CIATESA KCB-50
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	6	9,67	13.900,00	8.975,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
17	1	49,82	2.902,94	11.837,57
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Ventana	N	14,442	SI	NO
Fachada exterior	N	11,9557	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada exterior	E	24,8325	7.391,76	4.629,77
Fachada interior	S	54,18	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada interior	O	5,8695	SI	NO
Fachada interior	N	36,722		
Fachada interior	O	18,963		

Figura 58. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 1.10. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
DIM P1 Laboratorios	73,13	16	CLIMATIZADOR N°6	CIATESA KCB-50
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	6	11,81	13.900,00	8.975,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
16	1	57,43	3.022,20	9.373,50
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Ventana	N	14,691	SI	NO
Fachada exterior	N	16,992	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	S	31,683	5.599,82	3.507,40
Fachada interior	E	31,683	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada interior	O	31,683	SI	NO

Figura 59. Ficha de las cargas térmicas del espacio: DIM P1 Laboratorios. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Laboratorios Nave Individuales P1	99,83	20	CLIMATIZADOR N°6	CIATESA KCB-50
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	6	8,65	13.900,00	8.975,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	4,51	2.991,08	8.465,00
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	26,187	SI	SI
Fachada interior	E	34,5247	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	7,4347	6.999,78	4.384,26
Fachada exterior	O	27,09	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Ventana	S	14,442	SI	NO
Fachada exterior	S	11,745		

Figura 60. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Laboratorios Nave Individuales P1. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
2.11	59,4	33	CLIMATIZADOR N°6	CIATESA KCB-50
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	6	14,55	13.900,00	8.975,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
17	1	74,92	2.239,70	17.222,44
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	19,866	SI	NO
Fachada interior	E	26,187	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	S	19,866	7.391,76	4.629,77
Ventana	O	26,187	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
			SI	NO

Figura 61. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 2.11. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
2.20	70,47	41	CLIMATIZADOR N°6	CIATESA KCB-50
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA REFRIGERACIÓN (W)
0	12	24,52	13.900,00	8.975,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	6,39	2.287,59	15.259,78
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	26,187	SI	NO
Fachada interior	E	24,08	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	24,08	14.349,54	8.987,72
Ventana	S	26,187	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
			NO	NO

Figura 62. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Aula 2.20. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
1.05	87,13	71	CLIMATIZADOR N°7	CIATESA KCB-80
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	9	14,87	25.700,00	15.200,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	5,16	1.596,86	12.418,14
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	E	27,09	SI	SI
Fachada interior	O	27,09	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	S	26,2171	24.849,21	15.564,11
Ventana	N	14,442	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada exterior	N	11,7751	NO	NO

Figura 63. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Aula 1.05. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Sala de juntas 2	143,98	29	CLIMATIZADOR N°7	CIATESA KCB-80
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	45	45,01	25.700,00	15.200,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	3,13	4.579,17	26.983,77
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	53,277	SI	NO
Fachada interior	E	24,381	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	24,381	10.149,68	6.357,17
Ventana	S	53,277	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
			SI	NO

Figura 64. Fichas de las cargas térmicas del espacio: Sala de juntas 2. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
3.07	149,89	91	CLIMATIZADOR N°7	CIATESA KCB-80
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	6	5,76	25.700,00	15.200,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	3,00	5.770,34	29.182,49
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	53,277	SI	NO
Fachada interior	E	24,381	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	24,381	31.848,98	19.948,36
Ventana	S	53,277	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
			NO	NO

Figura 65. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 3.07. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
0.01	145,94	121	CLIMATIZADOR Nº8	CIATESA KCE-155
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA TOT. REFRIGERACIÓN (W)
3	12	13,32	37.850,00	24.975,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	3,08	6.128,91	21.024,10
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada exterior	E	60,0366	SI	SI
Fachada interior	O	60,0366	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	S	31,146	42.348,65	26.524,75
Ventana	N	22,272	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada exterior	N	8,874	NO	NO

Figura 66. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Aula 0.01. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
EDE: Despacho grande	36,93	3	FANCOIL TECHO Nº3	CIAT NCH-331
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA MAX CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA MAX TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	4	15,60	12.700,00	4.960,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
3	0	20,31	1.689,41	6.187,09
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Ventana	S	14,442	SI	NO
Fachada exterior	S	12,347	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	N	26,789	1.049,97	657,64
Fachada interior	E	12,4915	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada interior	O	12,4915	SI	NO

Figura 67. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Despacho grande EDE. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
0.05	72,04	37,00	CLIMATIZADOR Nº6	CIATESA KCB-50
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA MAX CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA MAX TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	8	15,99	21.500,00	13.000,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
37,00	1	131,18	3.438,45	17.932,99
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Ventana	N	22,272	SI	NO
Fachada exterior	N	8,874	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	S	31,146	8.287,74	5.190,96
Fachada interior	E	30,3226	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Fachada interior	O	30,3226	SI	NO

Figura 68. Ficha de las cargas térmicas del espacio: 0.05. Fuente: Elab. propia.

Aula	Superficie (m2)	Ocupación	EQUIPO	MODELO
Laboratorios Nave Dobles	174,08	35	CLIMATIZADOR Nº7	CIATESA KCB-80
Nº luminarias 18 W	Nº luminarias 36 W	Potencia iluminación (W/m2)	POTENCIA MAX CALEFACCIÓN (W)	POTENCIA MAX TOT. REFRIGERACIÓN (W)
0	12	9,93	28.300,00	17.100,00
Nº ordenadores PC	Nº proyectores	Potencia equipos (W/m2)	DEMANDA CALEFACCIÓN (W)	DEMANDA REFRIGERACIÓN (W)
1	1	2,59	5.950,96	11.204,25
Cerramiento	Orientación	Superficie (m2)	CUMPLE CAL?	CUMPLE REF?
Fachada interior	N	63,366	SI	SI
Fachada interior	E	41,0626	DEMANDA VENTIL. CAL (W)	DEMANDA VENTIL. REF (W)
Fachada interior	O	8,8426	12.249,61	7.672,45
Fachada exterior	O	32,22	CUMPLE VENTIL +CAL?	CUMPLE VENTIL+REF?
Ventana	S	14,442	SI	NO
Fachada exterior	S	48,924		

Figura 69. Ficha de las cargas térmicas del espacio: Laboratorio Nave Doble. Fuente: Elab. propia.

2.1 Análisis horario de las cargas térmicas

El programa RTS permite extraer los resultados de forma horaria para el día más crítico en el periodo de refrigeración. Seleccionando como ejemplo el Aula 1.05, en la Figura 70 puede observarse la distribución horaria de las cargas de refrigeración para el día 1 de julio. Se supondrá el peor caso posible, correspondiente a un uso continuo de la clase durante toda la jornada de apertura del centro. En amarillo se muestra la carga de refrigeración actual (sin ventilación) y en verde la carga de ventilación. La suma de ambas cargas es igual a la carga térmica total del espacio.

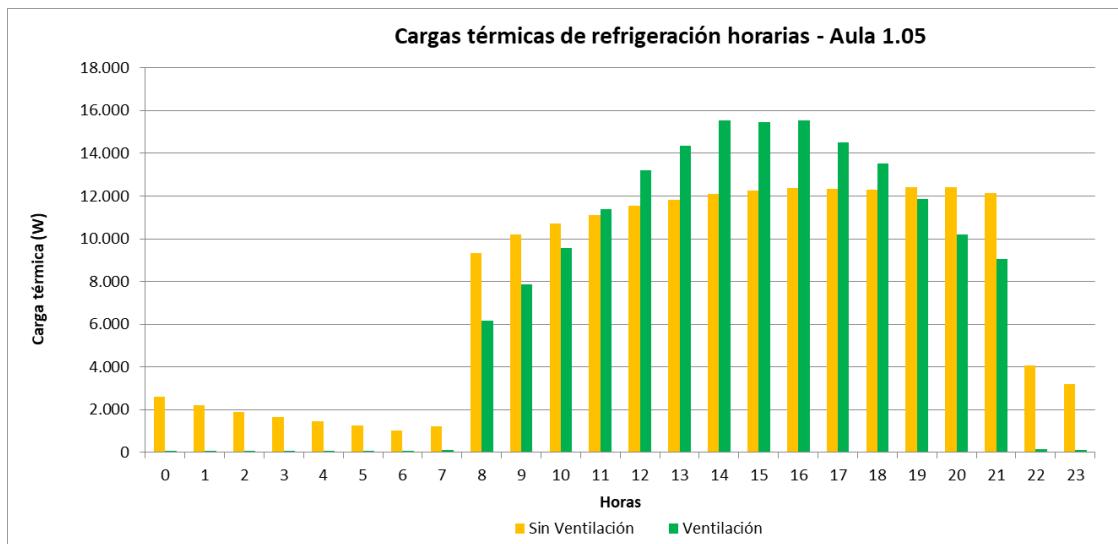


Figura 70. Evolución horaria de las cargas de refrigeración del espacio: Aula 1.05. Fuente: Elab. propia.

En la gráfica se observa como existen dos principales períodos: antes y después de la apertura de las clases. Durante la noche no existen ganancias internas en el aula y la temperatura del exterior desciende, por lo que las cargas térmicas se producen por la parte radiante de las ganancias que se han ido acumulando durante las horas de las clases.

De acuerdo al método RTS, estas ganancias se transforman en cargas de forma distribuida en el tiempo, pero tienen su máximo valor en las primeras horas de la ganancia. Así, las principales cargas del espacio se producen en el horario de apertura del centro, de 8 horas a 22 horas.

Durante estas horas existe ocupación (hasta 71 personas en el aula), iluminación (unos 1.300 W) y equipos (al menos un ordenador y un proyector), pero además se debe considerar el aumento de la temperatura exterior, lo que incrementa las pérdidas al ambiente por cerramientos y huecos. El pico de las cargas térmicas de refrigeración (sin ventilación) es de 12,42 kW y se produce a las 20 horas.

Por otra parte, si se añadiese un nuevo sistema de ventilación al edificio, se estaría constantemente renovando el aire del interior (a temperatura de consigna) por aire limpio del exterior (a temperatura generalmente superior). Esta diferencia de temperatura debe ser vencida en su totalidad por la climatizadora aunque también se pueden emplear otras técnicas como la recuperación de calor o free-cooling. El pico de la carga de ventilación se produce a las 16 horas y tiene un valor de 15,56 kW. A esa hora la carga de ventilación supone un 55% respecto al total de cargas térmicas (Figura 71 – derecha).

Por otra parte, aunque el programa RTS no permite obtener los resultados de las cargas térmicas de calefacción de forma horaria, este muestra las contribuciones en la peor hora del día más crítico del año. La Figura 71 – izquierda muestra las diferentes contribuciones para el día 1 de enero a las 8 horas. A diferencia de las cargas en refrigeración, no se tienen en cuenta las ganancias internas, por lo que la carga mayoritaria sigue siendo la ventilación (92%), seguida de las pérdidas de calor a través de los huecos (ventanas) del aula.

Del análisis sobre las diferentes cargas térmicas del edificio se concluye que la carga de ventilación es la predominante (92% en calefacción y 55% en refrigeración). Esta nueva carga de ventilación supone un consumo energético añadido del edificio, por lo que el diseño del nuevo sistema de ventilación debe intentar reducir este consumo al máximo y emplear técnicas como la recuperación de calor o free-cooling que mejoren la eficiencia del proceso.

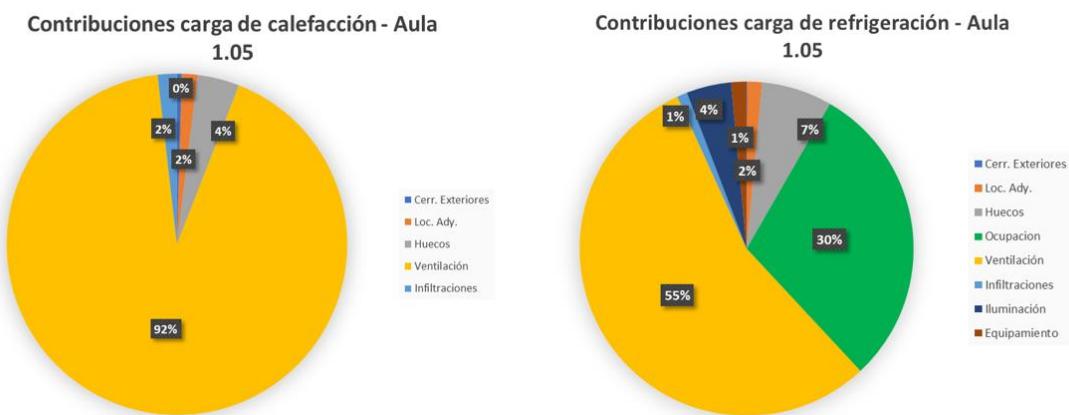


Figura 71. Contribuciones de las cargas de calefacción y refrigeración para el Aula 1.05. Fuente: Elab. propia.

ESPACIO	Nº ESPACIOS	FUNCIÓN	OCUPACIÓN (pax)	SUPERFICIE (m2)	Caudal (l/s*pax) por espacio	Caudal (l/s) por espacio	Caudal (m3/h) por espacio	Caudal (m3/h) TOTAL ESPACIOS	CARGA VENTILACIÓN CAL (W/espacio)	CARGA VENTILACIÓN REF (W/espacio)	GRUPO	CARGA CALEFACCIÓN (W/espacio)	CARGA REFRIGERACIÓN (W/espacio)
0.01/0.02/0.03/0.04	4	Aulas	121	145,94	12,50	1.512,50	5.445,00	21.780,00	-42.348,65	26.524,75	AULAS VENT.	-6.128,91	21.024,10
0.05	1	Sala ordenadores	37	72,04	8,00	296,00	1.065,60	1.065,60	-8.287,74	5.190,96	SIN VENT.	-3438	17.932,99
DIM: Laboratorios	8	Laboratorios	16	78,23	12,50	200,00	720,00	5.760,00	-5.599,82	3.507,40	DIM	-3.022,20	9.373,50
DIM: Despachos	18	Despachos	1	14,79	12,50	12,50	45,00	810,00	-349,99	219,21	DIM	-785,57	2.052,77
Laboratorios Nave Doble Planta	5	Laboratorios	35	174,08	12,50	437,50	1.575,00	7.875,00	-12.249,61	7.672,45	LAB	-	-
Laboratorios Nave Dobles	2	Laboratorios	35	174,08	12,50	437,50	1.575,00	3.150,00	-12.249,61	7.672,45	LAB	-5951	11.204,25
Laboratorios Nave individuales	6	Laboratorios	18	87,04	12,50	225,00	810,00	4.860,00	-6.299,80	3.945,83	LAB	-	-
Conserjería	1	Admin	3	107,99	12,50	37,50	135,00	135,00	-1.049,97	657,64	CONSERJ.	-	-
MotoStudent	1	Admin	16	84,31	12,50	200,00	720,00	720,00	-5.599,82	3.507,40	CONSERJ.	-4.802,61	13.892,44
Administración	1	Admin	1	17,25	12,50	12,50	45,00	45,00	-349,99	219,21	CONSERJ.	-	-
Universa	1	Admin	11	47,79	12,50	137,50	495,00	495,00	-3.849,88	2.411,34	CONSERJ.	-	-
Sala microondas	1	Comedor	11	49,79	12,50	137,50	495,00	495,00	-3.849,88	2.411,34	CONSERJ.	-	-
Sala peq. microondas	1	Admin	2	23,49	12,50	25,00	90,00	90,00	-699,98	438,43	CONSERJ.	-	-
Delegación de alumnos	1	Admin	11	46,98	12,50	137,50	495,00	495,00	-3.849,88	2.411,34	CONSERJ.	-2.024,34	6.447,66
Sala peq. Delegación de alumnos	1	Admin	2	23,48	12,50	25,00	90,00	90,00	-699,98	438,43	CONSERJ.	-1.057,21	2.522,95
Aseos Masc. Hall PB	1	Aseos	18	54,89	10,67	192,12	691,61	691,61	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Fem. Hall PB	1	Aseos	15	52,40	12,23	183,40	660,24	660,24	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Masc./Fem. Conserjería	2	Aseos	2	12,60	22,05	44,10	158,76	317,52	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Masc/Fem. D.I.M	2	Aseos	4	13,35	11,68	46,73	168,21	336,42	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Masc/Fem. Laboratorio Naves	2	Aseos	4	17,61	15,41	61,64	221,89	443,77	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Pasillo Hall PB	1	Pasillo	945	1.890,00	7,40	6.990,52	25.165,85	25.165,85	-215.552,80	135.009,83	PASILLO	-	-
Pasillo Consejería	1	Pasillo	36	73,13	9,45	340,20	1.224,72	1.224,72	-10.314,87	6.460,64	PASILLO	-	-
Pasillo Laboratorios Nave PB	1	Pasillo	193	386,47	7,64	1.474,27	5.307,37	5.307,37	-39.892,00	24.986,05	PASILLO	-	-
Pasillo D.I.M PB	1	Pasillo	192	384,48	7,64	1.467,27	5.282,17	5.282,17	-33.850,92	21.202,26	PASILLO	-	-
TOTAL	64	-	1729	4.032,21	-	14.633,73	52.681,43	87.295,28	-406.945,16	254.886,96	-	-	-

Tabla 33. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Baja. Fuente: Elab. propia.

ESPACIO	Nº ESPACIOS	FUNCIÓN	OCUPACIÓN (pax)	SUPERFICIE (m2)	Caudal (l/s*pax) por espacio	Caudal (l/s) por espacio	Caudal (m3/h) por espacio	Caudal (m3/h) TOTAL ESPACIOS	CARGA VENTILACIÓN CAL (W/espacio)	CARGA VENTILACIÓN REF (W/espacio)	GRUPO	CARGA CALEFACCIÓN (W/espacio)	CARGA REFRIGERACIÓN (W/espacio)
1.01/1.02/1.03/1.04	4	Aulas	121	145,94	12,50	1.512,50	5.445,00	21.780,00	-42.348,65	26.524,75	AULAS VENT.	-	-
1.05/1.07/1.08/1.09	4	Aulas	71	87,13	12,50	887,50	3.195,00	12.780,00	-24.849,21	15.564,11	AULAS VENT.	-1.596,86	12.418,14
1.06	1	Aulas	41	87,13	12,50	512,50	1.845,00	1.845,00	-14.349,54	8.987,72	AULAS VENT.	-	-
1.10	1	Sala ordenadores	33	89,33	8,00	264,00	950,40	950,40	-7.391,76	4.629,77	SIN VENT.	-2.902,94	11.837,57
1.11	1	Sala ordenadores	31	53,96	8,00	248,00	892,80	892,80	-6.943,78	4.349,18	SIN VENT.	-	-
DIM: Laboratorios	8	Laboratorios	16	78,20	12,50	200,00	720,00	5.760,00	-5.599,82	3.507,40	DIM	-	-
DIM: Despachos	18	Despachos	1	14,79	12,50	12,50	45,00	810,00	-349,99	219,21	DIM	-	-
Laboratorios Nave Dobles	2	Laboratorios	41	203,10	12,50	512,50	1.845,00	3.690,00	-14.349,54	8.987,72	LAB	-	-
Laboratorios Nave Individuales	6	Laboratorios	20	99,83	12,50	250,00	900,00	5.400,00	-6.999,78	4.384,26	LAB	-2.991,08	8.465,00
Despacho Subdirector	1	Despachos	1	16,81	12,50	12,50	45,00	45,00	-349,99	219,21	DIREC.	-712,35	3.209,05
Sala de juntas 1	1	Admin.	11	52,65	12,50	137,50	495,00	495,00	-3.849,88	2.411,34	AULAS VENT.	-2.209,52	10.759,34
Despacho Director	1	Despachos	1	34,17	12,50	12,50	45,00	45,00	-349,99	219,21	DIREC.	-1.452,94	6.153,86
Despacho Secr. Director	1	Despachos	1	17,30	12,50	12,50	45,00	45,00	-349,99	219,21	DIREC.	-	-
Despachos Dirección	3	Despachos	1	17,01	12,50	12,50	45,00	135,00	-349,99	219,21	DIREC.	-	-
Sala de juntas 2	1	Admin.	29	143,98	12,50	362,50	1.305,00	1.305,00	-10.149,68	6.357,17	AULAS VENT.	-4.579,17	26.983,77
Aseos Masc. Hall P1	1	Aseos	18	56,57	11,00	198,00	712,78	712,78	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Fem. Hall P1	1	Aseos	15	55,55	12,96	194,43	699,93	699,93	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Masc/Fem. Dirección	2	Aseos	2	12,60	22,05	44,10	158,76	317,52	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Masc/Fem. DIM	2	Aseos	4	13,62	11,92	47,67	171,61	343,22	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Masc/Fem. Laboratorios Nave P1	2	Aseos	4	17,61	15,41	61,64	221,89	443,77	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Pasillo Hall P1	1	Pasillo	922	1.844,00	7,43	6.846,42	24.647,11	24.647,11	-177.542,33	111.202,27	PASILLO	-	-
Pasillo Dirección	1	Pasillo	50	101,79	8,76	438,20	1.577,52	1.577,52	-11.685,71	7.319,25	PASILLO	-	-
Pasillo Laboratorios Nave P1	1	Pasillo	169	339,86	7,73	1.306,27	4.702,57	4.702,57	-35.803,86	22.425,47	PASILLO	-	-
Pasillo DIM P1	1	Pasillo	182	365,00	7,52	1.369,34	4.929,62	4.929,62	-36.196,13	22.671,16	PASILLO	-	-
TOTAL	65	-	1785	3.947,93	-	15.455,56	55.640,00	94.352,26	-399.809,59	250.417,65	-	-	-

Tabla 34. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Primera. Fuente: Elab. propia.

ESPACIO	Nº ESPACIOS	FUNCIÓN	OCUPACIÓN (pax)	SUPERFICIE (m2)	Caudal (l/s*pax) por espacio	Caudal (l/s) por espacio	Caudal (m3/h) por espacio	Caudal (m3/h) TOTAL ESPACIOS	CARGA VENTILACIÓN CAL (W/espacio)	CARGA VENTILACIÓN REF (W/espacio)	GRUPO	CARGA CALEFACCIÓN (W/espacio)	CARGA REFRIGERACIÓN (W/espacio)
2.01/2.02/2.03/2.04	4	Aulas	121	145,94	12,50	1.512,50	5.445,00	21.780,00	-42.348,65	26.524,75	AULAS VENT.	-	-
2.05/2.06/2.07 2.08/2.09	5	Aulas	71	87,13	12,50	887,50	3.195,00	15.975,00	-24.849,21	15.564,11	AULAS VENT.	-	-
2.10	1	Sala de ordenadores	33	88,31	8,00	264,00	950,40	950,40	-7.391,76	4.629,77	SIN VENT.	-	-
2.11	1	Sala de ordenadores	33	59,40	8,00	264,00	950,40	950,40	-7.391,76	4.629,77	SIN VENT.	-2.239,70	17.222,44
2.12/2.13/2.14 2.15/2.16/2.17	6	Seminarios	21	34,62	12,50	262,50	945,00	5.670,00	-7.349,76	4.603,47	SIN VENT.	-1.168,91	7.667,58
2.18/2.19/2.20/2.21	4	Aulas	41	70,47	12,50	512,50	1.845,00	7.380,00	-14.349,54	8.987,72	AULAS VENT.	-2.287,59	15.259,78
DIM: Laboratorios	8	Laboratorios	16	78,23	12,50	200,00	720,00	5.760,00	-5.599,82	3.507,40	DIM	-	-
DIM: Despachos	18	Despachos	1	14,79	12,50	12,50	45,00	810,00	-349,99	219,21	DIM	-	-
Aseos Masc. Hall P2	1	Aseos	18	54,89	10,67	192,12	691,61	691,61	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Fem. Hall P2	1	Aseos	15	52,40	12,23	183,40	660,24	660,24	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Masc./Fem. DIM P2	2	Aseos	4	13,35	11,68	46,73	168,21	336,42	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Pasillo Hall P2	1	Pasillo	613	1.227,00	7,61	4.666,52	16.799,45	16.799,45	-150.324,13	94.154,35	PASILLO	-	-
Pasillo DIM P2	1	Pasillo	190	381,26	7,49	1.423,45	5.124,42	5.124,42	-35.561,10	22.273,42	PASILLO	-	-
TOTAL	53	-	1177	2.307,79	-	10.427,71	37.539,74	82.887,95	-295.515,72	185.093,99	-	-	-

Tabla 35. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Segunda. Fuente: Elab. propia.

ESPACIO	Nº ESPACIOS	FUNCIÓN	OCCUPACIÓN (pax)	SUPERFICIE (m2)	Caudal (l/s*pax) por espacio	Caudal (l/s) por espacio	Caudal (m3/h) por espacio	Caudal (m3/h) TOTAL ESPACIOS	CARGA VENTILACIÓN CAL (W/espacio)	CARGA VENTILACIÓN REF (W/espacio)	GRUPO	CARGA CALEFACCIÓN (W/espacio)	CARGA REFRIGERACIÓN (W/espacio)
3.01/3.02/3.03/ 3.04/3.05	5	Aula	21	39,82	12,50	262,50	945,00	4.725,00	-7.349,76	4.603,47	SIN VENT.	-1.631,42	5.589,19
3.06/3.10	2	Sala ordenadores	33	70,47	8,00	264,00	950,40	1.900,80	-7.391,76	4.629,77	AULAS VENT.	-	-
3.07/3.08/3.09	3	Aula	91	149,89	12,50	1.137,50	4.095,00	12.285,00	-31.848,98	19.948,36	AULAS VENT.	-5.770,34	29.182,49
EDE: Laboratorios	2	Laboratorios	15	70,47	12,50	187,50	675,00	1.350,00	-5.249,83	3.288,19	AULAS VENT.	-	-
EDE: Laboratorio función despachos	1	Laboratorios	3	70,47	12,50	37,50	135,00	135,00	-1.049,97	657,64	EDE	-	-
EDE: Despachos pequeños	9	Despachos	1	17,05	12,50	12,50	45,00	405,00	-349,99	219,21	EDE	-	-
EDE: Despacho grande	1	Despachos	3	36,93	12,50	37,50	135,00	135,00	-1.049,97	657,64	EDE	-1689	6.187,09
Aseos Masc. Hall P3	1	Aseos	12	36,66	10,69	128,31	461,92	461,92	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Aseos Fem. Hall P3	1	Aseos	9	34,67	13,48	121,35	436,84	436,84	0,00	0,00	BAÑOS	-	-
Pasillo Hall P3	1	Pasillo	328	656,00	7,76	2.545,66	9.164,36	9.164,36	-74.788,97	46.843,49	PASILLO	-	-
Pasillo EDE P3	1	Pasillo	58	117,62	7,00	406,00	1.461,60	1.461,60	-10.387,67	6.506,24	PASILLO	-	-
TOTAL	27	-	574	1.300,05	-	5.140,31	18.505,12	32.460,52	-139.466,90	87.354,02	-	-	-

Tabla 36. Resultados de ventilación y carga térmica máxima para los espacios de la Planta Tercera. Fuente: Elab. propia.

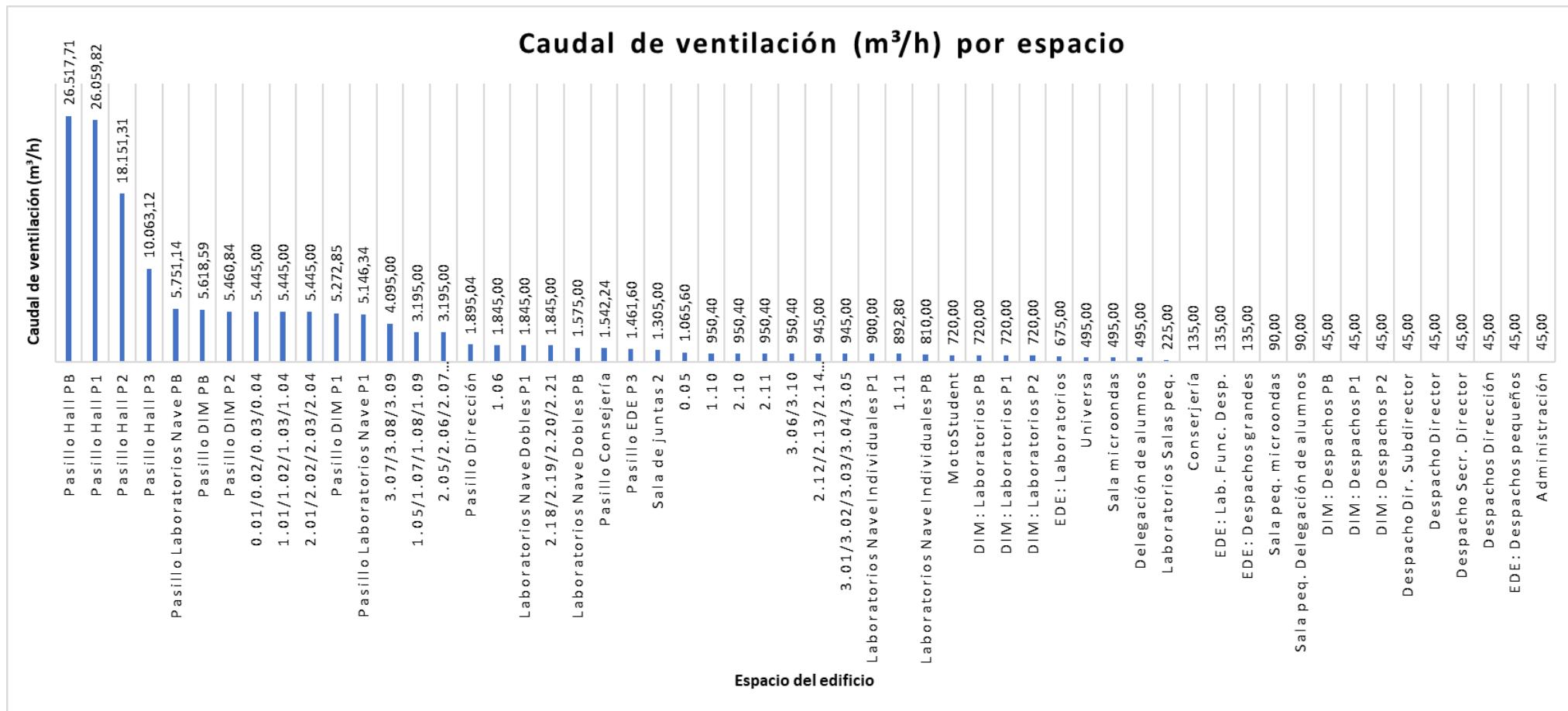


Figura 72. Caudal de ventilación (m³/h) de los espacios del Edificio Agustín de Betancourt. Fuente: Elab. propia.

ANEXO 6

MEDICIONES

Anexo 6: Mediciones

1. Mediciones en el sistema de ventilación

Los únicos datos que se conocían de la climatizadora CL-1 eran los aportados en la ficha técnica de características y aquellos facilitados por la empresa EVAIR (ver Anexo 3: Instalaciones existentes). La empresa de mantenimiento no contaba con un plan de mediciones periódico que permitiese verificar el correcto estado de la climatizadora, y el único mantenimiento consistía en cambiar los filtros en el periodo interestacional (verano a invierno y viceversa).

Con el objetivo de determinar el caudal real de ventilación de la climatizadora y la distribución del aire por las diferentes plantas y espacios, se realizaron una serie de mediciones en los conductos de ventilación del edificio.

En los trabajos de medición participaron tanto la empresa mantenedora, Ferrovial, aportando el material y mano de obra para realizar las incisiones en los conductos, como el responsable de sistemas del campus Enrique Cano, el cual nos permitió acceder a la sala de la climatizadora y encender la ventilación para poder realizar las mediciones. La tarea de las mediciones fue una colaboración conjunta con el equipo de trabajo de la profesora Belén Zalba, tutora de los alumnos Miguel García-Monge y Michael Marchica.

El primer paso previo a las mediciones fue seleccionar los puntos de medición. Estos debían situarse en tramos rectos lo más alejados de los codos posibles, y en lugares que estuvieran accesibles por escalera o pie evitando siempre posibles caídas a nivel. Puesto que la planta baja disponía de un techo de más de 3 metros y llegar a los conductos era inaccesible con la escalera facilitada, las mediciones se realizaron en la zona de los pasillos del resto de plantas y en la impulsión de la climatizadora, obteniendo el caudal de la planta baja por diferencia de caudales. Los puntos de medición están disponibles en los planos nº9, nº10, nº11 y nº12 en el Anexo 11: Planos.



Figura 73. Mediciones realizadas sobre suelo (izquierda) y falso techo (derecha) junto a los compañeros Miguel García-Monge y Michael Marchica. Fuente: Elab. propia.

El procedimiento para las mediciones consistía en realizar una pequeña incisión en el conducto de ventilación e introducir la sonda de medición hasta obtener el caudal. El caudal se medía un número de dos a seis veces para cada punto y se tomaba el caudal final como el promedio de los valores medidos. Una vez finalizada la medición, se tapaba la incisión con cinta de aluminio asegurando que no se producían fugas al ambiente.

El instrumento utilizado para las mediciones es un TESTO 480 con una sonda de molinete de 16 mm incorporada. El instrumento estaba calibrado y definiendo una serie de parámetros como la sección del conducto y el número de puntos de medición a lo largo del conducto (generalmente 6), se podía obtener el caudal de aire de circulación.

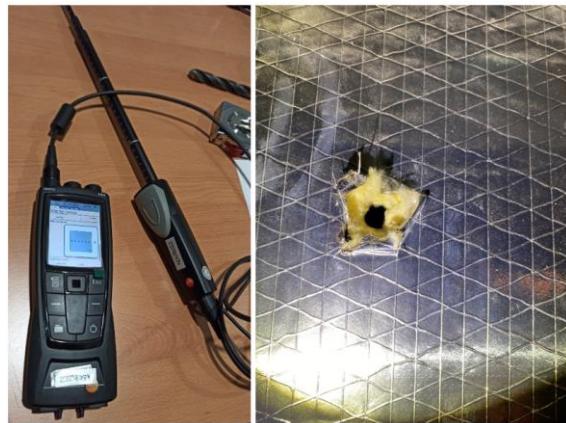


Figura 74. Instrumento de medición TESTO 480 e incisión de 16 mm en conducto con aislamiento. Fuente: Elab. propia.

Durante la realización de las mediciones se descubrieron algunas incidencias en el sistema de ventilación, tales como la rotura de algunos conductos o la existencia de huecos en algunos fancoils que, aunque facilitaban el cambio de filtros, dejaban escapar el aire por el equipo. Además, se descubrió que algunas compuertas de las plantas se encontraban cerradas impidiendo el paso del aire, por lo que para realizar las mediciones estas se abrieron al 100% de su capacidad.



Figura 75. Incidencias descubiertas durante las mediciones: huecos en equipos de climatización (arriba, izquierda), roturas en conductos (arriba, derecha) y compuertas cerradas (abajo). Fuente: Autor, Miguel García-Monge y Michael Marchica.

Las mediciones se realizaron en dos etapas: antes y después del cambio de filtros y correas de ventilador de la climatizadora.

La Tabla 37 muestra las mediciones realizadas para el periodo previo al mantenimiento, tanto para antes como después de la apertura total de las compuertas, así como las mediciones realizadas posteriores al mantenimiento de la climatizadora.

En la primera etapa se realizaron mediciones en todas las plantas (excepto la planta baja) y el conducto principal de la climatizadora. Los primeros resultados mostraron como el caudal máximo de impulsión era de 7.720 m³/h, un caudal muy bajo comparado con el nominal (39.240 m³/h). Debido a este motivo, se realizó una inspección del sistema de ventilación descubriendo que existían compuertas que estaban bloqueando el flujo. Tras abrirse completamente, se repitieron las mediciones y se obtuvo que el caudal de impulsión ascendía hasta los 9.568 m³/h, aún bajo para su capacidad total.

Puesto que el caudal de impulsión seguía siendo bajo, se consultó con la empresa de mantenimiento la fecha en la cual se iba a realizar el cambio de filtros para repetir las mediciones. Los resultados obtenidos tras el mantenimiento mostraban que aunque no se llegaba a alcanzar el máximo caudal, la climatizadora llegaba a impulsar hasta 28.686 m³/h, caudal muy superior al medido previamente.

Nº	CONDUCTO MEDIDO	PREVIO AL MANTENIMIENTO		POSTERIOR AL MANTENIMIENTO
		PREVIO APERTURA COMPUERTAS	POSTERIOR APERTURA COMPUERTAS	(CAMBIO DE FILTROS CLIMATIZADORA)
		CAUDAL (m ³ /h)	CAUDAL (m ³ /h)	CAUDAL (m ³ /h)
1	CONDUCTO PRINCIPAL IMPULSIÓN	8.240	9.955	27.773
		7.478	9.319	28.143
		7.442	9.517	30.336
		-	9.480	30.066
		-	-	28.617
		-	-	27.180
		PROMEDIO 7.720	9.568	28.686
2	CONDUCTO PRINCIPAL RETORNO	7.410	7.130	7.695
		6.986	7.293	8.215
		6.385	7.111	7.301
		-	-	7.242
	PROMEDIO	6.927	7.178	7.613
3	CONDUCTO IMPULSIÓN PASILLO P1	3.333	2.870	9.256
		3.005	2.960	9.341
		3.177	-	-
	PROMEDIO	3.172	2.915	9.299
4	CONDUCTO RETORNO PASILLO P1	2.396	-	-
		2.534	-	-
		2.416	-	-
	PROMEDIO	2.449	SIN MEDIDAS	SIN MEDIDAS
5	CONDUCTO IMPULSIÓN P2	0.000	3.015	9.311
		0.000	3.174	8.969
		0.000	-	-
	PROMEDIO	COMPUERTA P2 CERRADA	3.095	9.140
6	CONDUCTO IMPULSIÓN P3	-	1.047	3.914
		-	1.095	3.978
		-	1.104	-
	PROMEDIO	SIN MEDIDAS	1.082	3.946

Tabla 37. Resumen de las mediciones realizadas sobre los conductos de ventilación. Fuente: Elab. propia.

Aunque tanto tras la abertura de compuertas como después del mantenimiento el caudal en el retorno de la climatizadora llegaba a aumentar hasta $7.613 \text{ m}^3/\text{h}$, el valor distaba en gran medida del caudal máximo de retorno ($39.240 \text{ m}^3/\text{h}$). Para intentar descubrir la causa de este problema se realizaron inspecciones en el falso techo de las plantas y averiguar la forma en la que el aire volvía al conducto principal de retorno de la climatizadora. Aunque no aparecían en los planos de climatización, se descubrió que los conductos principales de retorno de las plantas contaban con pequeñas rejillas por las que debía retornar el aire a la climatizadora. Además, se descubrió que existían huecos entre cada una de las aulas ventiladas y el pasillo por donde el aire circulaba a través del falso techo.



Figura 76. Hueco de ventilación entre clases y pasillo del falso techo (izquierda) y rejilla de retorno en los conductos de ventilación de los pasillos (derecha). Fuente: Elab. propia.

La Figura 77 muestra el esquema teórico de cómo el aire debería circular a través de las aulas. En este esquema, el aire que sale de la climatizadora se reparte por cada una de las plantas a través de conductos localizados en el falso techo de los pasillos. En las proximidades de las aulas, un conducto flexible desvía parte del aire y lo conduce hasta el climatizador/fancoil, que condiciona el aire y lo dirige hasta el difusor, encargado de distribuir el aire por el aula. Para recoger el aire existen dos rejillas de retorno que conducen el aire hacia el falso techo. Una vez en el falso techo el aire circula libremente (sin conductos), y este podría volver al climatizador/fancoil o pasar por el hueco de la clase hasta el pasillo, donde sería recogido por el conducto principal de retorno a través de las rejillas.

De acuerdo al funcionamiento previamente descrito, sólo debería haber ventilación mientras el fancoil estuviese encendido. Sin embargo, en el análisis realizado sobre el aula 1.05 donde se probó a medir el caudal con el fancoil encendido y apagado, se observó que los caudales eran exactamente los mismos (Tabla 38), por lo que el aire nunca llegaba a introducirse en las aulas.

Nº	MEDICIONES		CAUDAL (m^3/h)	CAUDAL (m^3/h)	PROMEDIO (m^3/h)
7	AULA 1.05	FAN COIL ENCENDIDO	793	855	824
		FAN COIL APAGADO	821	-	821

Tabla 38. Mediciones realizadas sobre el aula 1.05 con el fancoil encendido y apagado. Fuente: Elab. propia.

De este modo, el aire de ventilación, en lugar de introducirse en el aula a través de los difusores como en un principio estaba diseñado, este se difundía por el falso techo sin llegar a atravesar nunca por el climatizador/fancoil. Una vez en el falso techo, el aire, al no estar conducido, en lugar de volver al conducto principal de retorno por las rejillas, se perdía por el falso techo retornando únicamente una pequeña parte de lo impulsado a la climatizadora (Figura 78).

Medidas realizadas sobre otras de las aulas de la planta primera (Tabla 39) demostraron que el caudal desviado a cada una de las aulas era variable, y no por encontrarse al final del conducto de ventilación (aula 0.01) las aulas recibían más caudal que las del principio (1.09).

Nº	MEDICIONES		CAUDAL (m ³ /h)	CAUDAL (m ³ /h)	CAUDAL (m ³ /h)	PROMEDIO (m ³ /h)
8	AULA 1.01	FAN COIL ENCENDIDO	581	641	674	632
9	AULA 1.07	FAN COIL ENCENDIDO	536	419	513	489
10	AULA 1.09	ABERTURA EN CONDUCTO	715	526	570	604
		CONDUCTO TAPADO	709	740	-	725

Tabla 39. Mediciones realizadas sobre las aulas de la planta primera. Fuente: Elab. propia.

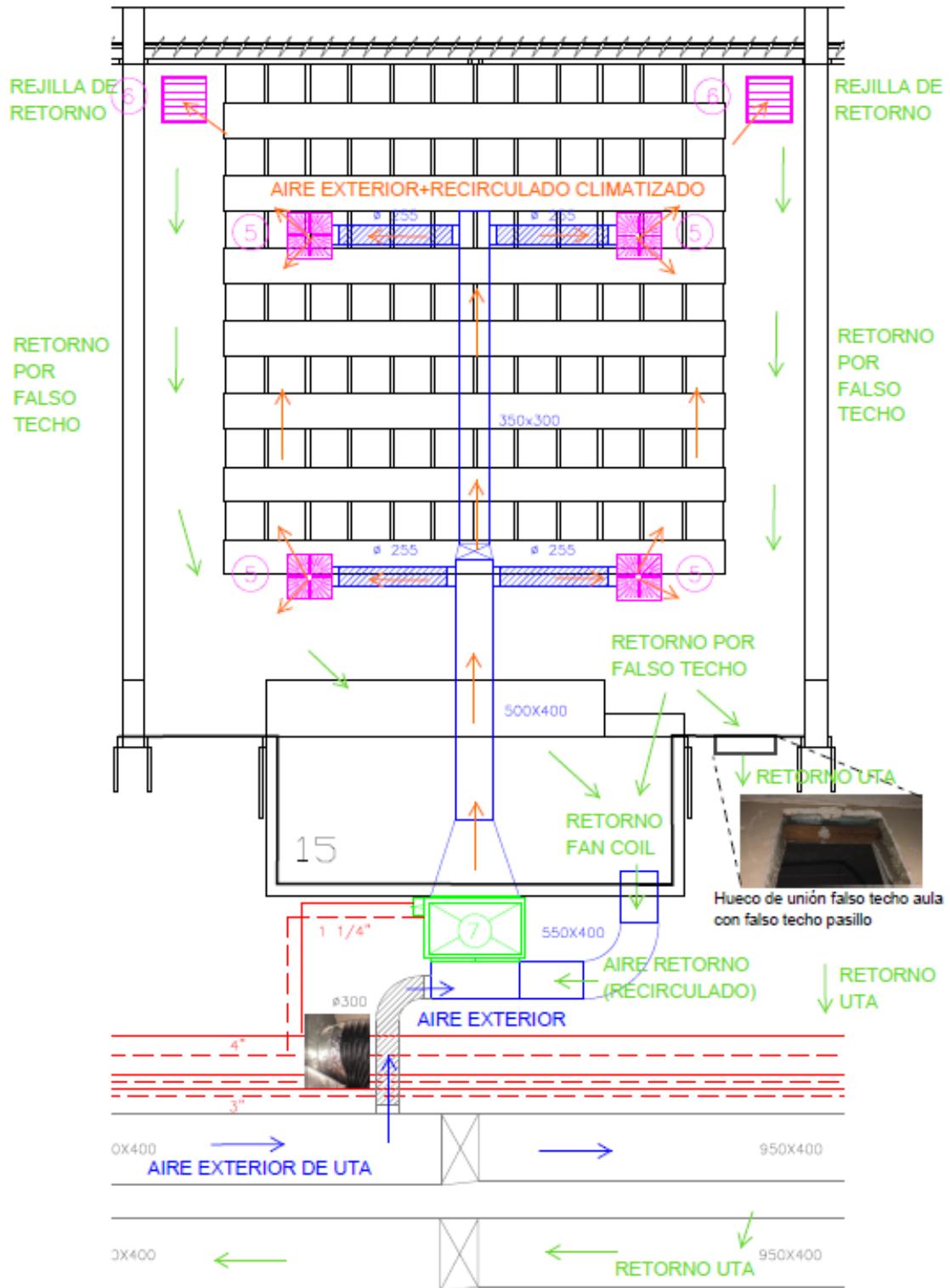


Figura 77. Esquema teórico de funcionamiento del aire a través de las aulas. Fuente: Miguel García-Monge [42]

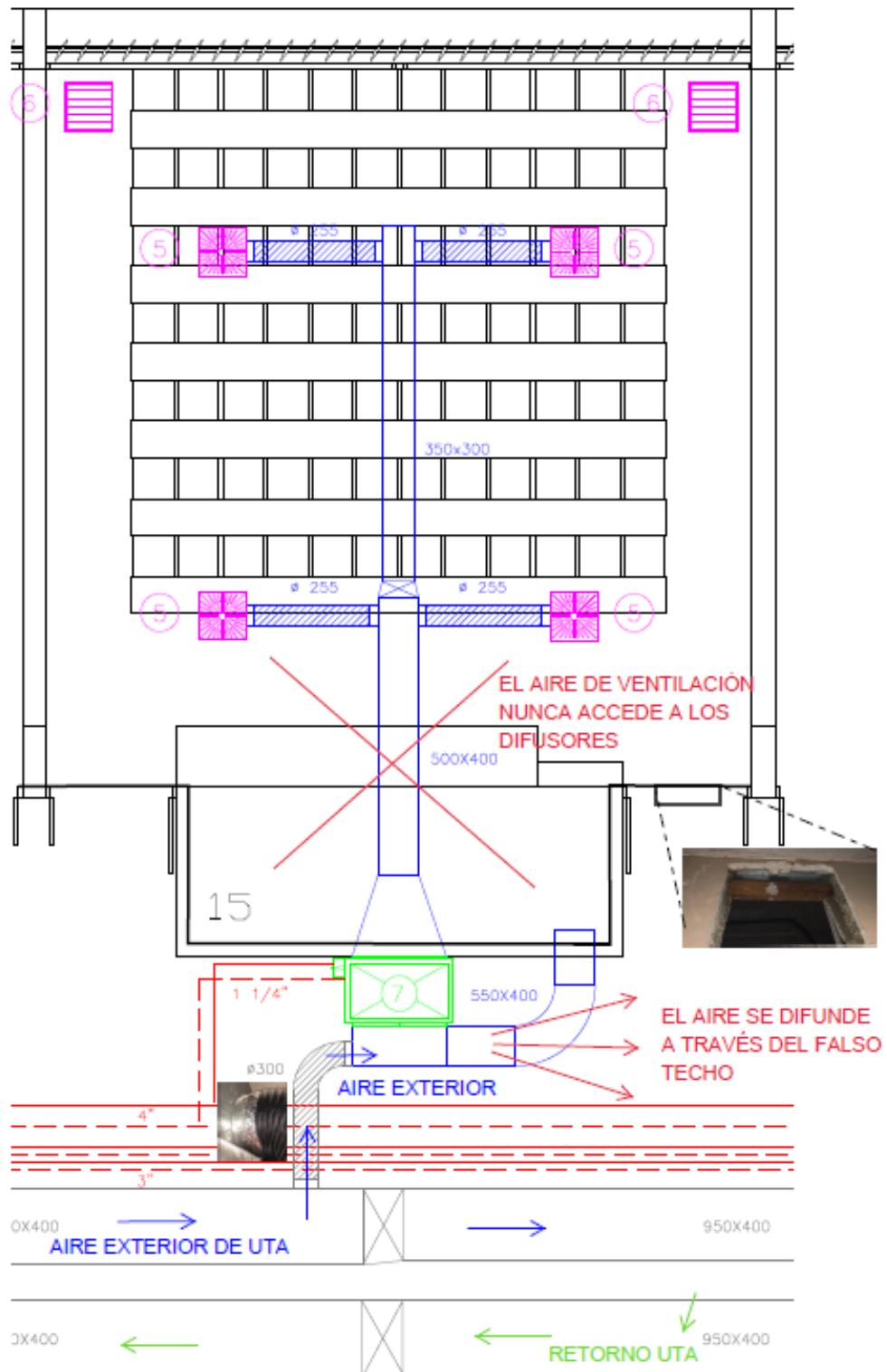


Figura 78. Esquema real de funcionamiento del aire a través de las aulas. Fuente: Modificación a partir de imagen de Miguel García-Monge [42]

2. Mediciones de las condiciones en las aulas: Sensorizar

El proyecto sensorizar ha sido desarrollado conjuntamente por profesores de las ramas de Arquitectura e Ingeniería de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) con el apoyo de la Universidad de Zaragoza (UZ).

Su propósito es realizar mediciones de las condiciones ambientales de los diferentes edificios de la Universidad de Zaragoza, de forma que puedan tomarse decisiones en el ajuste de los sistemas de climatización para lograr un aumento de la eficiencia y ahorro energético.



Figura 79. Captura de pantalla de la plataforma sensorizar. Fuente: sensorizar.

El proyecto es de relativa novedad, los primeros datos se obtuvieron en el año 2021, y aún se encuentra en fase experimental. No todas las aulas del campus se encuentran monitorizadas y pueden plantearse problemas derivados de la tolerancia de los sensores o las variaciones en las mediciones dependiendo de donde se coloque el sensor dentro del aula. A pesar de ello, los datos obtenidos resultan de utilidad para tener una idea general de la evolución de las condiciones ambientales en los diferentes espacios del edificio.

Una particularidad de los datos es que tanto el tipo como periodo de medición son variables. Los sensores pueden monitorizar hasta tres condiciones: temperatura (°C), humedad relativa (%) y concentración de CO₂ (ppm). Al procesar los datos se observa que no en todas las mediciones se tienen datos de las tres condiciones, y también que el periodo de muestreo del sensor es variable, pasando desde segundos hasta días, por lo que resulta complicado establecer el tiempo de permanencia de los valores, y por tanto sólo se analiza el valor en el momento de la medición. Además, los datos de humedad relativa son muy limitados como para extraer conclusiones, por lo que sólo se analiza la concentración de CO₂ y temperatura.

Del total de los 15 espacios del edificio Agustín de Betancourt que están monitorizados debe realizarse un procesado de los datos extraídos según:

1. **Horario.** Las mediciones se realizan independientemente que el centro esté abierto o cerrado. Sólo se contabilizarán aquellas mediciones que se encuentren dentro del horario de apertura del centro, establecido de 8 a 22 horas.

2. **Tipo de día.** Desde la fecha 25 de octubre de 2021, primera de la que se obtienen datos, hasta el 31 de julio de 2022, fecha de fin de este análisis, se comparan los días en los que se realizan las mediciones con el calendario académico de la Escuela de Ingeniería y Arquitectura (EINA) curso 2021-2022. Los días de fin de semana o festivos no se contabilizan.
3. **Estacionalidad.** El periodo de análisis citado anteriormente se puede clasificar en tres grupos dependiendo de las fechas de encendido y apagado de los sistemas de climatización, obtenidas de la propia Universidad [2]:
 - a) **Calefacción encendida:** comprende las fechas desde el 15 de noviembre hasta el 15 de marzo.
 - b) **Refrigeración encendida:** desde el 1 de junio hasta el 31 de julio, fecha de fin del análisis.
 - c) **Ni calefacción ni refrigeración encendida:** periodo desde el 16 de marzo hasta el 31 de mayo. En estas fechas la dirección apaga los sistemas de climatización del centro.

La Tabla 40 y la Tabla 41 muestran el análisis individualizado para cada uno de los espacios, diferenciando los datos para cada uno de los periodos anteriores.

La Tabla 40 muestra el número de veces que el nivel de CO₂ supera el límite de 700 ppm, límite establecido como medida de protección ante la transmisión de la COVID en espacios interiores. Del total de 225.000 datos analizados, tan sólo en 5.000 de ellos (2%) se supera dicho límite. Las aulas con mayor incidencia son la 2.09 con hasta 1.000 valores que superan el límite de los 20.000 contabilizados (menos del 6%) y la 1.01, con un 7% de los casos pero en donde sólo se contabilizaron menos de 2.000 mediciones. El resto de las 13 aulas ninguna supera el 4% de valores fuera del límite.

La Tabla 41 muestra el análisis de los datos de temperaturas. En ella se observa como del total de 150.000 datos contabilizados, más de 110.000 datos (71%) se sitúan por encima o debajo del rango de temperaturas de confort térmico establecido por el RITE (21°C a 25°C). Analizando cada uno de los periodos por separado:

- a) **Calefacción encendida:** aunque la media global por plantas sea de 62%, inferior al periodo de refrigeración, el análisis individualizado por espacios muestra como hay salas en las que en el 100% de las mediciones la temperatura se sitúa por debajo de 21°C, como en la sala de ordenadores de la planta baja, y otros donde apenas se llega al 10%, como es el caso del aula 2.02.
- b) **Refrigeración encendida:** es el periodo más destacable, ya que hasta un 95% de las veces la temperatura se sitúa por encima de los 25°C. Ningún espacio baja del 90% de veces en las que se supera el rango de confort, exceptuando el aula 1.06, con un 69% de las veces contabilizadas.
- c) **Ni calefacción ni refrigeración encendida:** es el periodo con mayor muestra de datos (casi 80.000) y en un 67% de las veces la temperatura se sitúa fuera de rango. Este periodo es inusual ya que pueden existir casos dependiendo de la estación donde la temperatura pueda bajar de los 21°C (sobre los mediados de marzo y abril) o subir por encima de 25°C (mediados de abril y mayo). Analizando los datos por separado, se observa como no existe tanta diferencia entre espacios, ya que todos ellos se sitúan en torno al 60-80% de los valores fuera de rango.

Las mediciones en el nivel de CO₂ demuestran que se está realizando una ventilación efectiva del edificio. Sin embargo, los resultados obtenidos sobre las temperaturas en cada espacio monitorizado evidencian una falta de confort térmico en el interior, especialmente durante los períodos de refrigeración y calefacción.

La apertura de ventanas se erige como una de las causas principales de la pérdida de temperatura en las aulas. Este descenso o ascenso de la temperatura en el interior de las aulas es leído por el termostato y provoca la activación del sistema de climatización, que sigue funcionando con la ventana abierta, provocando un gran derroche energético.

AULA	PERIODO DATOS NIVEL CO2	Nº DATOS SENSOR CO2	Nº VECES SUPERADA CONCENTR. CO2 >700 ppm	%
PLANTA 0	01/03/2022 - 31/07/2022	2.018	19	1%
0.02	01/03/2022 - 31/07/2022	154	3	2%
0.03	01/03/2022 - 31/07/2022	137	0	0%
Sala de ordenadores P0	01/03/2022 - 31/07/2022	1.727	16	1%
PLANTA 1	25/10/2021 - 31/07/2022	82.851	1.504	2%
1.01	01/03/2022 - 31/07/2022	1.728	118	7%
1.03	25/10/2021 - 31/07/2022	16.547	650	4%
1.06	25/10/2021 - 31/07/2022	24.469	343	1%
1.08	01/03/2022 - 31/07/2022	20.046	335	2%
Sala de juntas (Dir)	01/03/2022 - 31/07/2022	20.061	58	0%
PLANTA 2	25/10/2021 - 31/07/2022	140.753	3.453	2%
2.02	01/03/2022 - 31/07/2022	7.205	155	2%
2.03	25/10/2021 - 31/07/2022	24.469	893	4%
2.04	25/10/2021 - 31/07/2022	24.454	790	3%
2.05	25/10/2021 - 31/07/2022	24.500	378	2%
2.06	01/03/2022 - 31/07/2022	20.035	132	1%
2.09	01/03/2022 - 31/07/2022	20.062	1.104	6%
2.16	01/03/2022 - 31/07/2022	20.028	1	0%
TOTAL	25/10/2021 - 31/07/2022	225.622	4.976	2%

Tabla 40. Análisis de datos por espacios del nivel de CO₂ en las aulas. Fuente: sensorizar.

ESPACIO	PERIODO DATOS TEMPERATURAS	Nº DE DATOS TOTALES TEMPERATURA	Nº DATOS TOTALES SUPERADO RANGO CONFORT	%	PERIODO CALEFACCION ACTIVA	Nº DATOS PERIODO CALEFACCION	Nº DATOS SUPERADO RANGO CONFORT	%	PERIODO REFRIGERACIÓN ACTIVA	Nº DATOS PERIODO REFRIGERACIÓN	Nº DATOS SUPERADO RANGO CONFORT	%	PERIODO CAL/REF DESACTIVADA	Nº DATOS PERIODO NO REF/ NO CAL	Nº DATOS SUPERADO RANGO CONFORT	%
PLANTA 0	01/03/2022 - 31/07/2022	28.866	18.270	63%	01/03/2022 - 15/03/2022	5.728	3.420	60%	1/06/2022 - 31/07/2022	807	805	100%	16/03/2022 - 31/05/2022	22.331	14.045	63%
0.02	01/03/2022 - 31/07/2022	11.925	6.318	53%	01/03/2022 - 15/03/2022	2.252	264	12%	1/06/2022 - 31/07/2022	36	34	94%	16/03/2022 - 31/05/2022	9.637	6.020	62%
0.03	01/03/2022 - 31/07/2022	14.205	9.643	68%	01/03/2022 - 15/03/2022	3.145	2.825	90%	1/06/2022 - 31/07/2022	9	9	100%	16/03/2022 - 31/05/2022	11.051	6.809	62%
Sala de ordenadores P0	01/03/2022 - 31/07/2022	2.736	2.309	84%	01/03/2022 - 15/03/2022	331	331	100%	1/06/2022 - 31/07/2022	762	762	100%	16/03/2022 - 31/05/2022	1.643	1.216	74%
PLANTA 1	25/10/2021 - 31/07/2022	51.330	35.116	68%	15/11/2021 - 15/03/2022	15.321	8.245	54%	1/06/2022 - 31/07/2022	12.004	10.751	90%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	24.005	16.120	67%
1.01	01/03/2022 - 31/07/2022	6.250	4.970	80%	01/03/2022 - 15/03/2022	716	485	68%	1/06/2022 - 31/07/2022	1.933	1.800	93%	16/03/2022 - 31/05/2022	3.601	2.685	75%
1.03	25/10/2021 - 31/07/2022	8.969	6.538	73%	15/11/2021 - 15/03/2022	5.701	4.353	76%	1/06/2022 - 31/07/2022	0	0	0%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	3.268	2.185	67%
1.06	25/10/2021 - 31/07/2022	11.728	5.100	43%	15/11/2021 - 15/03/2022	5.701	1.384	24%	1/06/2022 - 31/07/2022	2.013	1.393	69%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	4.014	2.323	58%
1.08	01/03/2022 - 31/07/2022	12.190	8.613	71%	01/03/2022 - 15/03/2022	1.601	565	35%	1/06/2022 - 31/07/2022	4.028	3.882	96%	16/03/2022 - 31/05/2022	6.561	4.166	63%
Sala de juntas (Dir)	01/03/2022 - 31/07/2022	12.193	9.895	81%	01/03/2022 - 15/03/2022	1.602	1.458	91%	1/06/2022 - 31/07/2022	4.030	3.676	91%	16/03/2022 - 31/05/2022	6.561	4.761	73%
PLANTA 2	25/10/2021 - 31/07/2022	74.509	57.044	77%	15/11/2021 - 15/03/2022	22.223	14.990	67%	1/06/2022 - 31/07/2022	18.968	18.587	98%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	33.318	23.467	70%
2.02	01/03/2022 - 31/07/2022	2.850	1.950	68%	01/03/2022 - 15/03/2022	326	26	8%	1/06/2022 - 31/07/2022	888	837	94%	16/03/2022 - 31/05/2022	1.636	1.087	66%
2.03	25/10/2021 - 31/07/2022	11.719	8.199	70%	15/11/2021 - 15/03/2022	5.695	3.884	68%	1/06/2022 - 31/07/2022	2.014	1.994	99%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	4.010	2.321	58%
2.04	25/10/2021 - 31/07/2022	11.705	9.996	85%	15/11/2021 - 15/03/2022	5.697	5.089	89%	1/06/2022 - 31/07/2022	2.000	2.000	100%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	4.008	2.907	73%
2.05	25/10/2021 - 31/07/2022	11.718	8.702	74%	15/11/2021 - 15/03/2022	5.701	3.584	63%	1/06/2022 - 31/07/2022	2.013	1.977	98%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	4.004	3.141	78%
2.06	01/03/2022 - 31/07/2022	12.166	8.386	69%	01/03/2022 - 15/03/2022	1.601	316	20%	1/06/2022 - 31/07/2022	4.011	3.832	96%	16/03/2022 - 31/05/2022	6.554	4.238	65%
2.09	01/03/2022 - 31/07/2022	12.185	10.196	84%	01/03/2022 - 15/03/2022	1.602	1.276	80%	1/06/2022 - 31/07/2022	4.028	3.933	98%	16/03/2022 - 31/05/2022	6.555	4.987	76%
2.16	01/03/2022 - 31/07/2022	12.166	9.615	79%	01/03/2022 - 15/03/2022	1.601	815	51%	1/06/2022 - 31/07/2022	4.014	4.014	100%	16/03/2022 - 31/05/2022	6.551	4.786	73%
TOTAL	25/10/2021 - 31/07/2022	154.705	110.430	71%	15/11/2021 - 15/03/2022	43.272	26.655	62%	1/06/2022 - 31/07/2022	31.779	30.143	95%	25/10/2021 - 14/11/2021 16/03/2022 - 31/07/2022	79.654	53.632	67%

Tabla 41. Análisis de datos por espacios de la temperatura en las aulas. Fuente: sensorizar.

ANEXO 7

SOLUCIONES DE VENTILACIÓN

Anexo 7: Soluciones de ventilación

1. Fichas de los equipos de ventilación

A continuación, se realiza un estudio de las diferentes soluciones de ventilación que se encuentran disponibles en el mercado. Dado que existen varios fabricantes que ofrecen productos de similares características, para las fichas se ha seleccionado la empresa aragonesa EVAIR, y TROX, que también dispone de una planta en esta comunidad.

Existen dos grupos diferenciados: el uso de climatizadoras (UTAs) o equipos de ventilación descentralizados.

Por un lado, las climatizadoras (UTAs) han sido descritas previamente en el Anexo 1: Climatizadoras (UTAs). Su principal ventaja es permiten ventilar y climatizar el aire para varias salas, pudiendo llegar a grandes caudales de ventilación. En contraposición, son equipos de mayor tamaño que generalmente deben instalarse en el exterior, por lo que suelen requerir de un mayor espacio además de conductos de mayor tamaño. En las fichas se han dividido en aquellos equipos con caudales de impulsión inferiores y superiores a 25.000 m³/h.

Por otro lado, los equipos de ventilación descentralizados son una opción económica y sencilla de ventilar. Utilizando un equipo instalado in situ en la propia sala, tanto en falso techo, paredes o suelos, es posible ventilar ese espacio e incluso varios, aunque generalmente un grupo reducido. Son equipos más compactos, que no requieren de grandes superficies de instalación como las climatizadoras, y también resulta más sencilla la instalación de sus conductos.

Aunque existen equipos que no cuentan con recuperador, en su mayoría los equipos de ventilación descentralizados cuentan con un recuperador para recuperar parte de la energía entre las corrientes entrantes y salientes. A partir de esta función básica, en el esquema se clasifica entre aquellos que disponen de diferente tipo de ventiladores (AC o EC), si disponen de bomba de calor añadida o si el propio recuperador es de placas o rotativo.

Los sistemas de ventilación descentralizados pueden plantear una solución a aquellas salas del edificio que no están conectadas al sistema de ventilación mecánica actual, sin embargo, a la hora de seleccionar el equipo se deben de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- Arquitectura del edificio: los equipos TROX están diseñados para su integración en la arquitectura del edificio, existiendo modelos tanto para pared, techo o suelo. Atendiendo a las características del edificio, la mejor forma de instalar los equipos de ventilación descentralizados resulta en el falso techo, al igual que ocurre con los climatizadores y fancoils.
- Altura del falso techo: aunque no se han medido las alturas de todos los falsos techos del edificio, de acuerdo a los planos del edificio no existen equipos instalados en falso techo con una altura superior a 0,5 m, siendo la altura máxima de los conductos de 400 mm. Se deberá aplicar la restricción de que ningún equipo descentralizado que supere dicha altura puede instalarse.
- Disponibilidad de productos. Tras consultarlos con el fabricante, algunas unidades como REBS o RER se encuentran descatalogadas, por lo que se deberán seleccionar equipos disponibles para poder realizar el presupuesto más preciso posible.

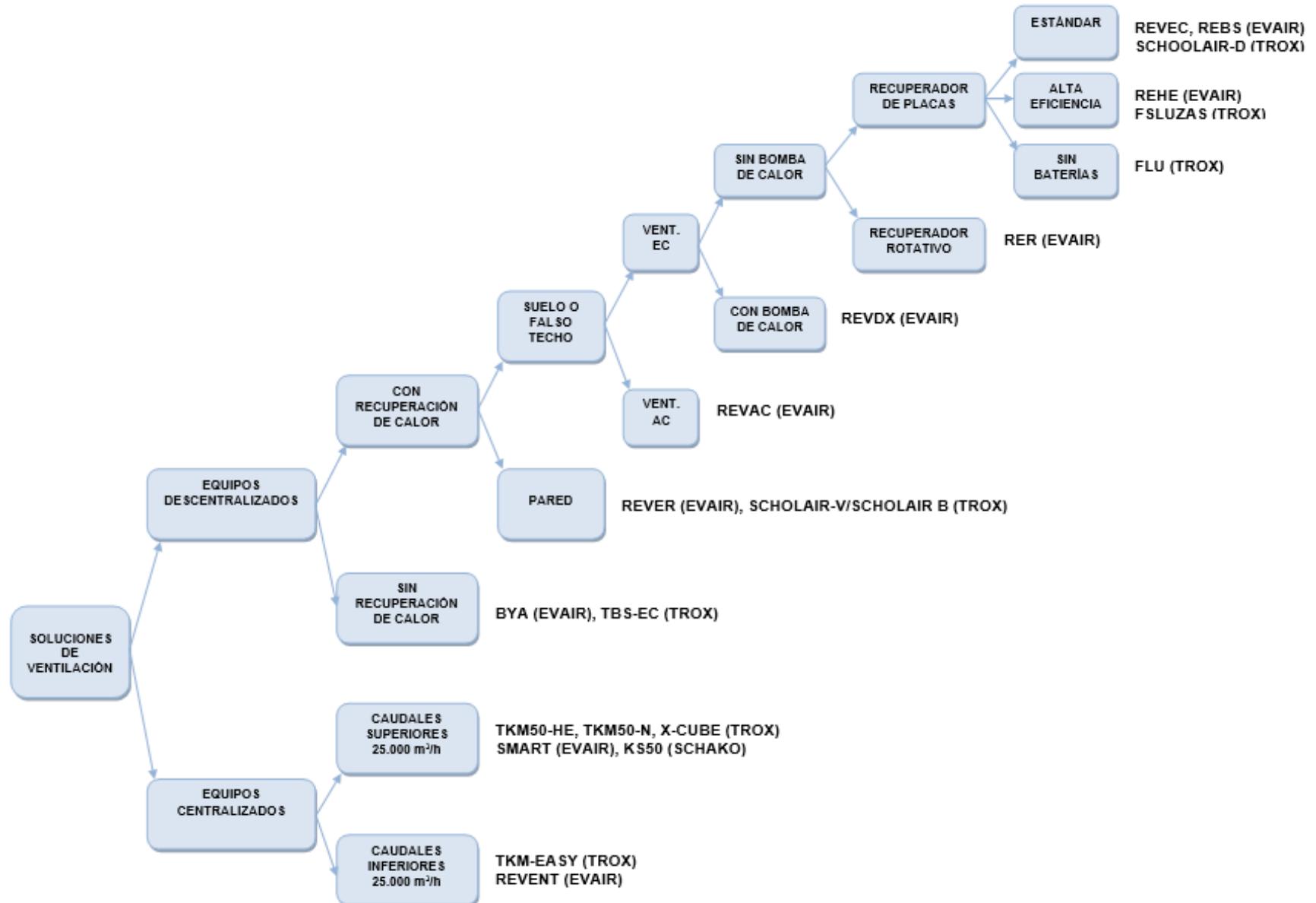


Figura 80. Esquema de los tipos de sistemas de ventilación disponibles en el mercado. Fuente: Elab. propia.

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	REVAC	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) de velocidad variable	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Horizontal o vertical / Instalación en Suelo o Falso techo	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad AC	
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	No incluida (compatibilidad con unidad pre o post-tratamiento)	
CONTROL	Desde control básico (regulación de caudal) hasta avanzado (ModBus IP/RTU)	
ACTUADOR DE BYPASS/FREECOOLING	Si/Si	
ACCESORIOS EXTRA	Sondas de temperatura (incl. básico), humedad, CO2 y sensor de presencia (avanzado)	

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	REVEC	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) con regulación EC – Altos caudales	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Horizontal / Instalación en Suelo o Falso techo	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	No incluida (compatibilidad con unidad pre o post-tratamiento)	
CONTROL	Desde control básico (regulación de caudal) hasta avanzado (ModBus IP/RTU)	
ACTUADOR DE BYPASS/FREECOOLING	Si/Si	
ACCESORIOS EXTRA	Sondas de temperatura (incl. básico), humedad, CO2 y sensor de presencia (avanzado)	

MODELO	REVAC 500	REVAC 900	REVAC 1800	REVAC 2300	REVAC 3000	REVAC 4500
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	1.100 x 1.050 x 370	1.200 x 1.150 x 430	2.460 x 1.300 x 500	1.460 x 1.300 x 550	2.300 x 1.500 x 640	2.300 x 1.980 x 640
PESO (kg)	74	91	142	150	273	291
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	500	900	1.800	2.300	3.000	4.500
EFICIENCIA RECUPER. (%)	78,2	76,3	78,1	77,9	76,7	76,7
CONSUMO (W)	250	500	920	1.020	1.430	2.40

MODELO	REVEC 450	REVEC 950	REVEC 2000	REVEC 2600	REVEC 4200	REVEC 6300
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo mm)	1.100 x 1.050 x 370	1.200 x 1.150 x 430	1.460 x 1.300 x 550	2.300 x 1.500 x 640	2.300 x 1.980 x 640	3.000 x 1.600 x 1.105
PESO (kg)	73	90	147	261	284	465
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	450	950	2.000	2.600	4.200	6.300
EFICIENCIA RECUPERAC. (%)	78,8	76,0	79,8	77,5	77,3	80,1
CONSUMO (W)	170	340	920	1.440	2.630	3.450

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	REBS	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) con regulación EC - Bajos caudales	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Horizontal / Instalación en Suelo o Falso techo	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	No incluida (compatibilidad con unidad post-tratamiento)	
CONTROL	Desde control básico (regulación de caudal) hasta avanzado (ModBus IP/RTU)	
ACTUADOR DE BYPASS/ FREECOOLING	Si/Si	
ACCESORIOS EXTRA	Sondas de temperatura (incl. básico), humedad, CO2 y sensor de presencia (avanzado)	

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	REVER	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) con regulación EC - Bajos caudales	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Vertical en Suelo o Pared	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	No incluida (compatibilidad con unidad post-tratamiento)	
CONTROL	Desde control básico (regulación de caudal) hasta avanzado (ModBus IP/RTU)	
ACTUADOR DE BYPASS/ FREECOOLING	Si/Si	
ACCESORIOS EXTRA	Sondas de temperatura (incl. básico), humedad, CO2 y sensor de presencia (avanzado)	

MODELO	REBS-150	REBS-200
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	886 x 580 x 250	1.137 x 640 x 250
PESO (kg)	31	42
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	144	220
EFICIENCIA RECUPERAC. (%)	84,8	82,8
CONSUMO EL. (kWh/a)	450	460

MODELO	REVER-350	REVER-450	REVER-600
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	767 x 718 x 500	767 x 718 x 500	800 x 800 x 663
PESO (kg)	43	45	75
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	320	454	576
EFICIENCIA RECUPERAC. (%)	86,1	83,1	83,6
CONSUMO EL. (kWh/a)	381	527	390

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	REHE	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) de alta eficiencia	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Horizontal / Instalación en Suelo o Falso techo	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	No incluida (compatibilidad con unidad pre o post-tratamiento)	
CONTROL	Desde control básico (regulación de caudal) hasta avanzado (ModBus IP/RTU)	
ACTUADOR DE BYPASS/ FREECOOLING	Si/Si	
ACCESORIOS EXTRA	Sondas de temperatura (incl. básico), humedad, CO2 y sensor de presencia (avanzado)	

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	RER	
EQUIPO	Recuperador de calor (rotativo)	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Horizontal / Instalación en Suelo o Falso techo	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	No incluida (compatibilidad con unidad pre o post-tratamiento)	
CONTROL	Desde control básico (regulación de caudal) hasta avanzado (ModBus TCP/IP)	
ACTUADOR DE BYPASS/ FREECOOLING	Si/Si	
ACCESORIOS EXTRA	Sondas de temperatura, humedad, CO2 y sensor de presencia...	

MODELO	REHE-700	REHE-1100	REHE-1600	REHE-2300	REHE-3400
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	1.590 x 740 x 360	1.815 x 1.240 x 420	2.180 x 1.340 x 495	2.180 x 1.640 x 495	2.400 x 1.740 x 635
PESO (kg)	103	149	203	280	352
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	700	1.100	1.600	2.300	3.400
EFICIENCIA RECUPERAC. (%)	80,0	84,0	84,0	81,8	81,7
CONSUMO (W)	320	350	930	830	1.270

MODELO	RER 1000	RER 2200	RER 3200	RER 6500
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo mm)	1.680 x 680 x 930	1.680 x 880 x 930	1.680 x 1.080 x 1.130	1.930 x 1.280 x 1.330
PESO (kg)	187	269	338	466
CAUDAL NOMINAL(m ³ /h)	1.000	2.200	3.200	6.500
EFICIENCIA RECUPERAC. (%)	83,5	79,1	80,2	76,9
CONSUMO (W)	330	920	1.280	2.980

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN	
MODELO/SERIE	REVDX		
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) termodinámico (con bomba de calor a-a)		
TIPO	Descentralizado		
CONFIGURACIÓN	Horizontal o vertical / Instalación en Suelo o Falso techo		
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad AC o EC (control CAV "caudal de aire constante")		
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	No incluida (compatibilidad con unidad pre o post-tratamiento)		
CONTROL	Incluye pantalla táctil para control usuario. Comunicación PCD ModBus RTU para modo CAV ventiladores.		
ACTUADOR DE BYPASS/FREECOOLING	Si/Si		
ACCESORIOS EXTRA	Sondas de temperatura (todos) y CO2 (REVDX-EC). Sistema de ionización de aire BIOXIGEN extra y Silenciadores.		

MODELO	REVDX/ REVDX- EC 35	REVDX/ REVDX- EC60	REVDX/ REVDX- EC 100	REVDX/ REVDX- EC 150	REVDX/ REVDX- EC 230	REVDX/ REVDX- EC 320	REVDX/ REVDX- EC 450
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	1540 x 1240 x 370	1540 x 1240 x 370	1840 x 1440 x 410	1840 x 1440 x 500	2040 x 1690 x 550	2040 x 1690 x 650	2240 x 1890 x 710
PESO (kg)	122	125	185	228	267	281	329
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	350	600	1.000	1.500	2.300	3.200	4.500
EFICIENCIA RECUPERAC. (CALOR/FRIO) (%)	62/56	51/50	50/50	50/50	50/50	50/50	50/49
POTENCIA TERMICA (CALOR/FRIO) (kW)	3,58/ 2,21	5,79/ 3,45	9,41/ 5,84	14,39/ 8,72	21,91/ 12,83	30,26/ 18,39	36,01/ 21,44
COP/EER (-)	10,9/ 4,2	9,6/ 3,9	9,2/ 4,2	8,6/ 3,9	8,9/ 3,9	9,9/ 4,1	12,6/ 5

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN	
MODELO/SERIE	BYA		
EQUIPO	UTA		
TIPO	Descentralizada		
CONFIGURACION	Horizontal en Falso techo		
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo) y PESO (kg)	Desde 700 x 1.060 x 390 mm y 90 kg (BYA-1.0) hasta 2.875 x 1.900 x 1.080 mm y 900 kg (BYA-20)		
RECUPERADOR	SIN RECUPERADOR		
FILTROS	Planos		
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC		
MÓDULOS	Filtros, Baterías ampliables, Ventilador, Silenciador, FreeCooling		

MODELO	BYA-1.0	BYA-1.5	BYA-2.0	BYA-2.5	BYA-3.0	BYA-4.0
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	1.000	1.500	2.000	2.500	3.000	4.000
POTENCIA TERMICA MAX. (CALOR/FRIO) (kW)	6,96/ 5,88	10,01/ 8,42	14,17/ 11,83	18,52/ 15,37	24,00/ 19,62	31,49/ 26,5
MODELO	BYA-5.0	BYA-7.0	BYA-9.0	BYA-12.0	BYA-15.0	BYA-20.0
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	5.000	7.000	9.000	12.000	15.000	20.000
POTENCIA TERMICA MAX. (CALOR/FRIO) (kW)	41,16/ 34,88	53,72/ 45,86	70,14/ 59,98	89,94/ 76,96	115,58/ 95,76	149,42/ 119,82

FABRICANTE	TROX	IMAGEN 
MODELO/SERIE	SCHOOLAIR-B	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) con batería	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Vertical / Instalación en Pared (bajo repisa ventana) - Recomendado en centros educativos	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
CONTROL	FSL-CONTROL II	

MODELO	SCHOOLAIR-B	SCHOOLAIR-B-HE	SCHOOLAIR-B-HV
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	1.590 x 646 x 420	2.090 x 750 x 420	2.100 x 740 x 403
CAUDAL NOMINAL (m³/h)	150 - 320	150 - 400	260 - 600
POTENCIA CALEFACCIÓN (kW)	5,80	3,40	6,50
POTENCIA REFRIGERACIÓN (kW)	1,40	1,75	1,60
EFICIENCIA RECUPERAC. (%)	55	82	75
CONSUMO (W)	38	75	93

FABRICANTE	TROX	IMAGEN 
MODELO/SERIE	FSL-U-ZAS	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) con batería	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Horizontal / Instalación en Falso suelo - Recomendado oficinas/salas reuniones	
DIMENSIONES MAX (ancho x alto x fondo)	1.100 x 196 x 860 mm	
CAUDALES NOMINAL	60 - 120 m³/h	
EFICIENCIA MEDIA RECUPERACIÓN	55%	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
CONSUMO	37 W	
BATERÍA DE CALEFACCIÓN/REFRIGERACIÓN	Incluida (2 o 4 tubos). Pot. calefacción: 1,46 kW. Pot. refrigeración: 0,427 kW	
CONTROL	FSL-CONTROL II, opcional LOC/Modbus	
ACTUADOR DE BYPASS/FREECOOLING	Si/No	
ACCESORIOS EXTRA	Sonda de calidad del aire y temperatura para control velocidad (incl.maestra)	

FABRICANTE	TROX	IMAGEN
MODELO/SERIE	SCHOOLAIR-V	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas o rotativo) con batería	
TIPO	Descentralizada	
CONFIGURACIÓN	Vertical en pared exterior - Recomendado centros educativos	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
CONTROL	FSL-CONTROL II	
ACTUADOR DE BYPASS/ FREECOOLING	SI/SI	
ACCESORIOS EXTRA	Sonda de calidad del aire para control velocidad (incl.)	

FABRICANTE	TROX	IMAGEN
MODELO/SERIE	SCHOOLAIR-D	
EQUIPO	Recuperador de calor (placas) con batería	
TIPO	Descentralizado	
CONFIGURACIÓN	Horizontal en Techo o Falso techo - Recomendado oficinas/salas reuniones	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
CONTROL	FSL-CONTROL II, opcional LOC/Modbus	
ACTUADOR DE BYPASS/ FREECOOLING	Si/No	
ACCESORIOS EXTRA	Sonda de calidad del aire y temperatura para control velocidad (incl.maestra)	

MODELO	SCHOOLAIR-V-2L	SCHOOLAIR-V-4L	SCHOOLAIR-V-1800	SCHOOLAIR-V-HE	SCHOOLAIR-V-HV
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	397 x 2.160 x 359	397 x 2.350 x 359	600 x 1.800 x 359	600 x 2.000 x 408	600 x 2.200 x 408
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	150 - 320	150 - 320	150 - 350	150 - 380	250 - 600
POTENCIA CALEFACCIÓN (kW)	5,47	5,76	5,63	3,10	6,50
POTENCIA REFRIGERACIÓN (kW)	-	1,44	1,59	1,68	1,75
EFICIENCIA RECUPERAC. (%)	46	46	54	84	75
CONSUMO (W)	44	45	46	42	82

MODELO	SCHOOLAIR-D-2L	SCHOOLAIR-D-4L
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	1.690 x 400 x 800	1.690 x 400 x 800
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	150 - 300	150 - 300
POTENCIA CALEFACCIÓN (kW)	5,72	5,72
POTENCIA REFRIGERACIÓN (kW)	-	0,80
RECUPERACIÓN DE CALOR (%)	55	55
CONSUMO (W)	51	52

FABRICANTE	TROX	
MODELO/SERIE	FLU	
EQUIPO	UTA	
TIPO	Descentralizada	
CONFIGURACION	Horizontal / Instalación en Falso techo	
RECUPERADOR	Placas (eficiencia hasta 85%)	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
MÓDULOS	Filtros, Recuperador, Ventilador, Silenciador, FreeCooling, SIN BATERÍAS DE CALOR/FRÍO.	

FABRICANTE	TROX	
MODELO/SERIE	TBS-EC	
EQUIPO	UTA	
TIPO	Descentralizada	
CONFIGURACIÓN	Horizontal / Instalación en Falso techo	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
MÓDULOS	Filtros, Baterías de frío y calor, Ventilador, Silenciador, SIN RECUPERADOR DE CALOR	

MODELO	FLU10	FLU15	FLU25	FLU35	FLU45
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	1.350	1.900	2.900	4.200	5.400
DIMENSIONES MAX (ancho x alto x fondo, mm)	360 x 11.50 x 1.380	360 x 1.460 x 1.380	500 x 1.800 x 1.650	660 x 2.000 x 1.850	775 x 2.200 x 2.100

MODELO	TBS-EC 9	TBS-EC 18	TBS-EC 23	TBS-EC 27	TBS-EC 47
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	500-900	900-1.800	1.000-2.500	1.800-2.700	2.500-5.000
DIMENSIONES (ancho x alto x fondo, mm)	875 x 325 x 750	875 x 325 x 1.250	1.125 x 475 x 1.000	875 x 325 x 1.750	1.125 x 475 x 1.800
POTENCIA CALEFACCIÓN (kW)	8,37 – 11,43	15,60 – 21,79	7,06 – 31,93	28,56 – 32,59	16,31 – 63,97
POTENCIA REFRIGERACIÓN (kW)	2,71 – 8,92	5,53 – 17,83	6,18 – 24,87	9,97 – 26,75	14,60 – 50,00

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	SMART	
EQUIPO	UTA (PERSONALIZABLE)	
TIPO	Centralizada	
CONFIGURACIÓN	Exterior	
CAUDAL NOMINAL	1.000 - 150.000 m ³ /h	
FILTROS	Planos	
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC	
TIPO DE RECUPERADORES	Estáticos, rotativos o baterías	
CONTROL	Conexión ModBus, BACNet, LONworks, KNX...	
MÓDULOS	Ventiladores, Recuperador, Filtros, Baterías de frío y calor, Humectadores, Silenciadores, Cuadros eléctricos y de Control, Secciones free-cooling y mezcla	

FABRICANTE	EVAIR	IMAGEN
MODELO/SERIE	REVENT (serie SMART)	
EQUIPO	UTA (PERSONALIZABLE)	
TIPO	Centralizada	
CONFIGURACIÓN	Exterior	
CAUDAL NOMINAL	6.000 - 18.000 m ³ /h	
FILTROS	Solo ventilación, Ventilación y Tratamiento, Ventilación y Climatización	
TIPO VENTILADOR	Planos	
TIPO DE RECUPERADORES	Regulación de velocidad EC	
CONTROL	Rotativos (eficiencia >75%)	
MÓDULOS	Básico o Avanzado. Comunicación ModBus RTU	

FABRICANTE	TROX
MODELO/SERIE	TKM 50
EQUIPO	UTA (PERSONALIZABLE)
TIPO	Centralizada
CONFIGURACIÓN	Exterior
FILTROS	Planos
TIPO VENTILADOR	Regulación de caudal (EC)
CONTROL	Conexión Modbus/BacNet TCP-IP
MÓDULOS	Ventiladores, Recuperador, Filtros, Baterías de frío y calor, Humectadores, Silenciadores, Cuadros eléctricos y de Control, Secciones free-cooling y mezcla

MODELO	TKM EASY	TKM 50 HE	TKM 50 N
CAUDAL NOMINAL (m ³ /h)	22.600	110.000	100.000
TIPO RECUPERADORES	ROTATIVOS	ESTÁTICOS Y ROTATIVOS	ESTÁTICOS Y ROTATIVOS
	IMAGEN 	IMAGEN 	IMAGEN 

FABRICANTE	TROX
MODELO/SERIE	X CUBE
EQUIPO	UTA (PERSONALIZABLE)
TIPO	Centralizada
CONFIGURACION	Exterior
CAUDAL NOMINAL	X CUBE: 1.200 - 100.000 m ³ /h X CUBE COMPACT: 600 - 6.000 m ³ /h
FILTROS	Planos
TIPO VENTILADOR	Regulación de velocidad EC
TIPO DE RECUPERADORES	Estáticos o rotativos
CONTROL	Conexión Modbus/BacNet TCP-IP
MÓDULOS	Ventiladores, Recuperador, Filtros, Baterías de frío y calor, Humectadores, Silenciadores, Cuadros eléctricos y de Control, Secciones free-cooling y mezcla

FABRICANTE	SCHAKO	IMAGEN 
MODELO/SERIE	KS-50	
EQUIPO	UTA (PERSONALIZABLE)	
TIPO	Centralizada	
CONFIGURACIÓN	Exterior	
CAUDAL NOMINAL	1.000 - 90.000 m ³ /h	
FILTROS	Planos o de bolsas	
TIPO VENTILADOR	Centrífugos o radiales	
TIPO DE RECUPERADORES	Estáticos o rotativos	
MÓDULOS	Ventiladores, Recuperador, Filtros, Baterías de frío y calor, Humectadores, Silenciadores, Cuadros eléctricos y de Control, Secciones free-cooling y mezcla	

ANEXO 8

CÁLCULOS SOLUCIONES DE VENTILACIÓN

Anexo 8: Cálculos soluciones de ventilación

1. Bypass de ventilación en las aulas

A continuación, se muestra un esquema del funcionamiento propuesto de ventilación realizado a través de la modificación de la Figura 77 y Figura 78.

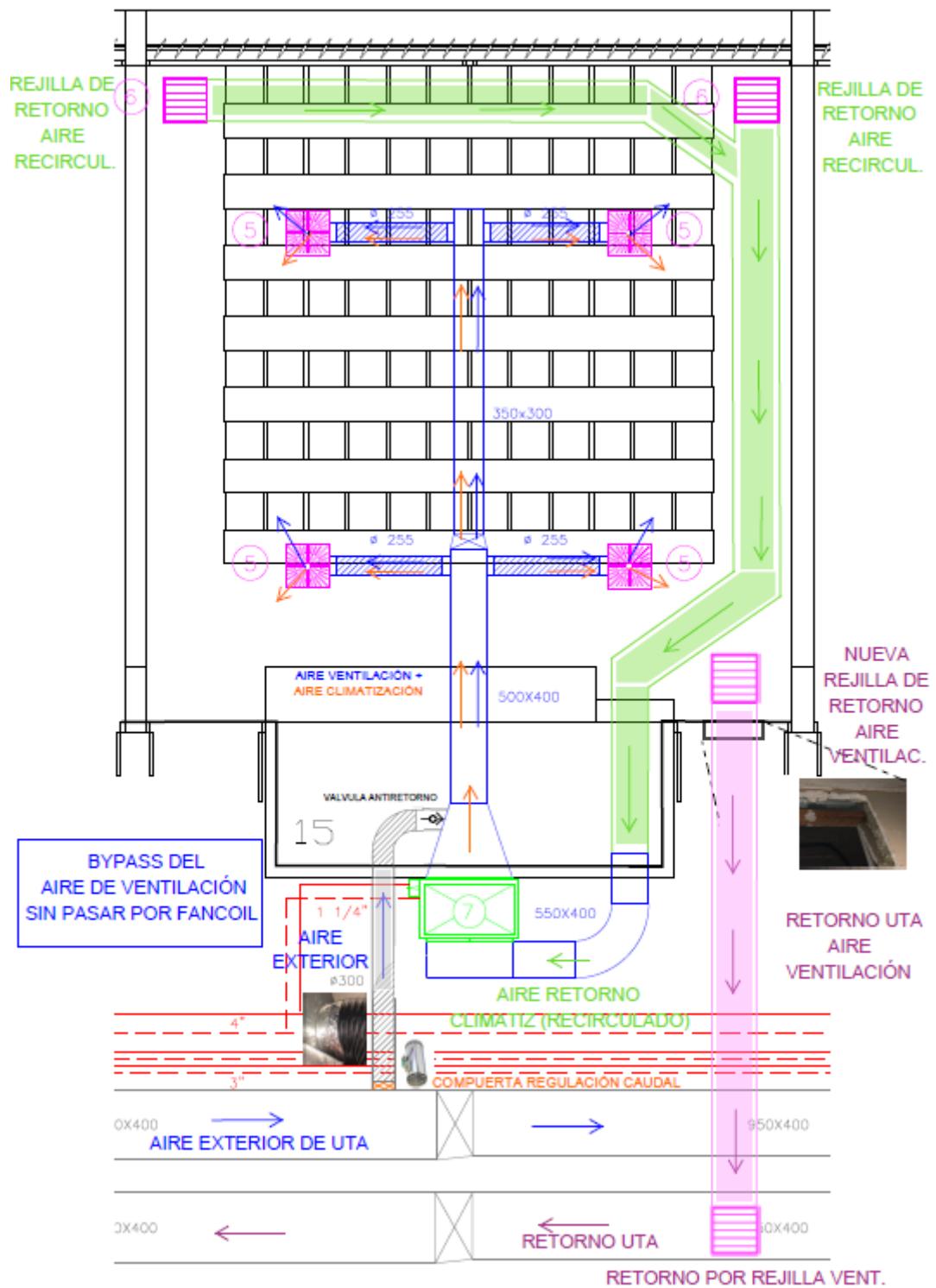


Figura 81. Esquema propuesto de funcionamiento del aire a través de las aulas. Fuente: Miguel García-Monge

La primera medida propuesta en ventilación consiste en redirigir el conducto flexible que parte del conducto principal hacia el climatizador o fancoil, y conectarlo directamente con los difusores, añadiendo además una válvula antirretorno al final del conducto. De esta manera se asegurará que las clases se ventilen efectivamente y además se conseguirá sin que tenga que encenderse el climatizador o fancoil.

Además, con el objetivo de controlar el caudal que circulará desde la climatizadora hasta cada una de las clases, se instalará al principio del conducto una compuerta de regulación de caudal que será accionada a partir de o el sensor de CO₂ disponible en las clases y utilizado en sensorizar [29].

En cuanto al retorno, antes el aire circulaba libre por el falso techo y no llegaba a retornar a la climatizadora, por lo que se decide instalar una nueva rejilla de retorno que conduzca ese aire hasta el conducto principal de retorno localizado en el pasillo. Añadiendo una nueva rejilla, se liberan las otras dos disponibles en la sala que serán utilizadas para el aire de recirculación hacia el fancoil. Con el objetivo de evitar cruzar tubos por el falso techo, podría llegar a plantearse poner una rejilla en las puertas de las clases y aspirar para el retorno de la climatizadora directamente desde el pasillo.

2. Soluciones de ventilación propuestas

A continuación se describen las características y cálculos realizados de las soluciones de ventilación propuestas.

2.1 Climatizadoras (UTAs) para las aulas ventiladas

Tal y como se describió en la memoria se utilizarán dos UTAs para cubrir las necesidades de ventilación en las aulas que se encuentran actualmente ventiladas.

Debido a las restricciones constructivas que supone modificar la climatizadora CL-1 actual, esta se mantendrá como hasta ahora, pero se asegurará un correcto mantenimiento de la misma para asegurar que se es capaz de impulsar el máximo caudal. Las características de esta climatizadora se mostraron previamente en la Tabla 21.

La climatizadora CL-1 ventilará las aulas (que actualmente disponen de ventilación) del lado oeste de las plantas primera y segunda, y enteramente al aula tercera. Mediante esta distribución, realizada para que la nueva climatizadora pueda ventilar las aulas del lado este, permite además separar el edificio en dos a través de las compuertas cortafuegos localizadas en las plantas baja, primera y segunda.

En cuanto a la nueva climatizadora, esta se utilizará para ventilar las aulas 0.01 a 0.04, 1.01 a 1.04 y 2.01 a 2.04. El fabricante de la climatizadora será EVAIR. Se trata de una UTA a dos alturas y que dispone de aire primario con retorno. Sus dimensiones son de 3,33 x 4,41 x 3,62 m (longitud x altura x anchura) y tiene un peso total de 4,21 toneladas. Esta se localizará en el exterior de la planta segunda, accesible por el personal de mantenimiento del centro. Su localización está disponible en el plano nº15 del Anexo 11: Planos.

Los conductos de la nueva UTA discurrirán por los falsos techos y para acceder a la planta baja se utilizará parte del pasillo en la planta primera.

Sus características principales, extraídas de la ficha disponible en el Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras son:

UTA Aulas Este	
Nombre/Localización:	CL-AULAS ESTE / P2
Tipo de Climatizador	Aire Primario con retorno
Caudal Ventilador de impulsión	50.000 m ³ /h
Potencia Ventilador de impulsión	16,44 kW
Caudal Ventilador de retorno	50.000 m ³ /h
Potencia Ventilador de retorno	14,56 kW
Potencia Total/Sensible de la Batería de Refrigeración	220,18 / 211,37 kW
Potencia Batería Calefacción	150,79 kW
Free Cooling	SI
Tipo de recuperador	Rotativo Condensación
Eficiencia (calor/frío)	73,3% / 69,8%
Tipo de filtros	M6 + F8

Tabla 42. Características de la climatizadora Aulas Este. Fuente: Elab. propia.

2.2 Climatizadora para el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)

Se estudia ventilar el Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM) tanto con una climatizadora como con equipos de ventilación descentralizados. El caudal requerido por el total de los despachos y laboratorios de la planta baja, primera y segunda es de 19.710 m³/h (Tabla 9), por lo que se propone una climatizadora de caudal máximo de impulsión 20.000 m³/h.

El fabricante de la climatizadora será EVAIR. Se trata de una UTA a dos alturas y que dispone de aire primario con retorno. Sus dimensiones son de 3,18 x 2,58 x 2,68 m (longitud x altura x anchura) y tiene un peso total de 1,87 toneladas. Esta se localizará en el exterior de la planta segunda, accesible por el personal de mantenimiento del centro desde el departamento. Su localización está disponible en el plano nº15 del Anexo 11: Planos. Los conductos discurrirán por los falsos techos y para acceder a la planta baja se utilizará parte de la fachada del pasillo que comunica el hall principal con el departamento.

Sus principales características, extraídas de la ficha disponible en el Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras se detallan a continuación:

UTA DIM	
Nombre/Localización:	CL-DIM / P2
Tipo de Climatizador	Aire Primario con retorno
Caudal Ventilador de impulsión	20.000 m ³ /h
Potencia Ventilador de impulsión	6,9 kW
Caudal Ventilador de retorno	20.000 m ³ /h
Potencia Ventilador de retorno	5,3 kW
Potencia Total/Sensible de la Batería de Refrigeración	85,74/85,74 kW
Potencia Batería Calefacción	58,97 kW
Free Cooling	SI
Tipo de recuperador	Rotativo Condensación
Eficiencia (calor/frío)	74,1% / 70,6%
Tipo de filtros	M6 + F8

Figura 82. Características de la climatizadora DIM. Fuente: Elab. propia.

2.3 Equipos de ventilación descentralizados

A lo largo del edificio se utilizarán los equipos REVAC-500, REVAC-900 y REVEC-950 de EVAIR. El número de unidades de cada tipo dependerá de cada alternativa propuesta y sus características principales se mostraron en el Anexo 7: Soluciones de ventilación.

La gran ventaja de utilizar estos equipos reside en su flexibilidad en el montaje. Los equipos se instalarán en el falso techo de las salas, limitados a una altura máxima de 0,5 m, y colocados siempre en la fachada exterior. Para su montaje, se realizarán dos incisiones en la fachada, una para la impulsión de aire exterior y otra para la expulsión del aire exhausto del interior, y tras pasar las corrientes por el recuperador el aire se desviará a los diferentes espacios distribuido a partir de conductos por el falso techo.

La selección del equipo dependerá del caudal necesario por cada sala, y en caso de que el caudal unitario por sala sea inferior al máximo del recuperador, se intentarán agrupar varias salas para un mismo equipo.

Para impulsar el aire proveniente del recuperador se podrá utilizar el mismo difusor disponible en la sala, siempre que la diferencia entre el caudal máximo del difusor y el máximo de climatización sea superior al caudal de ventilación, o se añadirá un nuevo difusor en caso necesario. El retorno siempre será independiente de la climatización por lo que se instalará una rejilla de retorno en cada espacio.

Como pudo observarse en la Tabla 6, existen salas cuyas cargas térmicas no cumplían para los valores de potencia máxima de climatizador o fancoil, tanto para el caso de sin ventilación o una vez introducida la carga por ventilación. Dado que utilizando este tipo de recuperadores se consigue una eficiencia en el rango 76-80%, la carga térmica de ventilación disminuye considerablemente, por lo que el equipo de climatización podría llegar a cumplir. En los casos que no sucede esto, se plantea una sustitución por un nuevo fancoil.

Todos estos cálculos se detallan en las fichas que se muestran a continuación para cada espacio del edificio. En verde, se muestra si el equipo de climatización cumple para las cargas térmicas dadas (tanto para antes como después de la recuperación en ventilación), y si el difusor existente podría llegar a suministrar el caudal de climatización y ventilación simultáneamente. En rojo, en caso contrario. Bajo la tabla se incluyen las consideraciones de diseño y los equipos seleccionados para cada caso.

ESPACIOS	0.05	Nº ESPACIOS	1
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	1066	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	1066
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	CLIMATIZADOR N°6	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	CLIMATIZADOR N°6
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	21.500,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	13.000,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	3.438,45	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	17.932,99
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	8.287,74	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	5.190,96
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.989,06	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	1.245,83
TIPO DE DIFUSORES	4 x N°4	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	700,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
- EQUIPO: 1 x REVEC-950 - CAUDAL NOMINAL: 950 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,0 % - EQUIPO CLIMAT: 1 x FANCOIL TECHO FENCKH 32 -POT.CAL/REF: 22,16/18,36 kW		- El climatizador no cumple para refrigeración (sin vent.) debido a la alta carga interna ordenadores. Se cambiará el climatizador. - Debido a problemas de espacio los modelos de mayor caudal no caben en falso techo, por lo que se deberá seleccionar el modelo REVEC-950. - Sedeberán utilizar nuevos difusores (Nº1).	

Tabla 43. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aula 0.05. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Salas grandes: Universa/Sala Microondas/Delegación de alumnos Salas pequeñas: Administración/Microondas peq./Delegación peq.		Nº ESPACIOS	6	
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	495 (grandes) + 90 (pequeñas) + 45 (Administración)		CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	1710	
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	Salas grandes: FANCOIL TECHO Nº2	Salas pequeñas: FANCOIL TECHO Nº2	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	Salas grandes: FANCOIL TECHO Nº4	Salas pequeñas: FANCOIL TECHO Nº2
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	18.000,00	10.600,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	5970,00	3780,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	2.024,34	1.057,21	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	6.447,66	2.522,95
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	3.849,88	699,98	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	2.411,34	438,43
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	912,42	165,89	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	571,49	103,91
TIPO DE DIFUSORES	1 x Nº1	1 x Nº3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	339,00	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES			
- EQUIPO VENTILACIÓN: 3 x REVAC-900 - CAUDAL NOMINAL: 900 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,3 %		- Los fancoils no cumplen para refrigeración (sin vent.) por poco y la carga de ventilación con recuperación es baja. No será necesario cambiar los fancoils. - Se selecciona un recuperador en cada par de sala grande/sala pequeña con una eficiencia de recuperación elevada. - Se deberán utilizar nuevos difusores (Nº2)			

Tabla 44. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Salas PB. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	MotoStudent	Nº ESPACIOS	1
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	720	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	720
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	CLIMATIZADOR Nº6	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	CLIMATIZADOR Nº6
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	21.500,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	13.000,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	4.802,61	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	13.892,44
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	5.599,82	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	3.507,40
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.327,16	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	831,25
TIPO DE DIFUSORES	4 x Nº6	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
- EQUIPO: 1 x REVAC-900 - CAUDAL NOMINAL: 900 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,3 %		- El climatizador no cumple para refrigeración por poco y la carga de ventilación es baja. No se cambiará el climatizador. - Se selecciona un recuperador para la sala. - Se deberán utilizar nuevos difusores (Nº3)	

Tabla 45. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: MotoStudent. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Conserjería	Nº ESPACIOS	1
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	135	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	135
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	FANCOIL TECHO Nº1	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	FANCOIL TECHO Nº1
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	6.590,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	2.440,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	1.057,21	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	2.522,95
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	699,98	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	438,43
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	106,40	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	66,64
TIPO DE DIFUSORES	1 x Nº3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	110,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
- EQUIPO: 1 x REVAC-500 - CAUDAL NOMINAL: 500 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 78,2 %		- Cargas térmicas supuestas iguales a las salas pequeñas de Del. alumnos y Microondas. - Los fancoils no cumplen para refrigeración por poco y carga ventilación es baja con recuperación. No es necesario cambiar el fancoil. - Se selecciona un único recuperador para la sala. - Se utilizará el mismo difusor (diferencia mínima).	

Tabla 46. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Conserjería. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Laboratorios Nave PB Individuales y Dobles		Nº ESPACIOS	6 (Individuales) y 2 (Dobles)	
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	1.575 (Dobles) y 810 (Individuales)		CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	8010	
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	Lab. Dobles: CLIMATIZADOR Nº7	Lab. Individuales: CLIMATIZADOR Nº6	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	Lab. Dobles: CLIMATIZADOR Nº7	Lab. Individuales: CLIMATIZADOR Nº6
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	28.300,00	21.500,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	17.100,00	13.000,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	5.950,96	2.991,08	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	11.204,25	8.465,00
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	12.249,61	6.999,78	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	7.672,45	4.384,26
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	2.903,16	1.658,95	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	1.818,37	1.039,07
TIPO DE DIFUSORES	6 x Nº4	4 x Nº3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	1.600,00	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES			
- EQUIPO: 10 x REVAC-900 - CAUDAL NOMINAL: 900 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,3 %		- Los climatizadores no cumplen para refrigeración (con vent.) por poco. No es necesario cambiar los climatizadores. - Se selecciona un recuperador en cada sala individual y en las dobles dos en paralelo. - Se deberán utilizar nuevos difusores (Nº1). También en salas grandes por facilidad instalación.			

Tabla 47. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Laboratorios Nave PB. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	1.10/1.11	Nº ESPACIOS	2
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	950,4 (1.10) y 892,8 (1.11)	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	1843
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	CLIMATIZADOR Nº6	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	CLIMATIZADOR Nº6
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	21.500,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	13.000,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	2.902,94	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	11.837,57
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	7.391,76	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	4.629,77
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.774,02	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	1.111,15
TIPO DE DIFUSORES	2 x Nº1	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
- EQUIPO: 2 x REVEC-950 - CAUDAL NOMINAL: 950 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,0 %		- Los climatizadores cumplen para todas las cargas térmicas. - Se selecciona un recuperador para cada una de las 2 salas de ordenadores (la sala pequeña no se aclima: en desuso). - Se deberán utilizar nuevos difusores (Nº1)	

Tabla 48. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 1.10/1.11. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Despachos Dirección	Nº ESPACIOS	3
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	45	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	135
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	FANCOIL TECHO Nº1	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	FANCOIL TECHO Nº1
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	6.590,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	2.440,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	712,35	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	3.209,05
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	349,99	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	219,21
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	76,30	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	47,79
TIPO DE DIFUSORES	1 x Nº3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	110,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
- EQUIPO: 1 x REVAC-500 - CAUDAL NOMINAL: 500 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 78,2 %		- Las demandas son iguales que para el despacho Subdirector. - El fancoil no cumple para refrigeración (sin vent.) pero ventilación muy baja por ocupación de una persona. No será necesario cambiar los fancoils. - Se selecciona un único recuperador, de menor caudal disponible, para los 3 despachos. - Se utilizarán los mismos difusores.	

Tabla 49. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Despachos dirección. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Despacho Director, Secret. Director y Subdirector		Nº ESPACIOS	3	
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	45		CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	135	
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	Despacho Director: FANCOIL TECHO Nº4	Subdirector + Secret: FAN COIL TECHO Nº1	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	Despacho Director: FANCOIL TECHO Nº4	Subdirector + Secret: FAN COIL TECHO Nº1
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	18.000,00	6.590,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	5.970,00	2.440,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	1.452,94	712,35	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	6.153,86	3.209,05
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	349,99	349,99	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	219,21	219,21
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	76,30	76,30	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	47,79	47,79
TIPO DE DIFUSORES	1 x Nº4	1 x Nº3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00	600,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES			
<ul style="list-style-type: none"> - EQUIPO: 1 x REVAC-500 - CAUDAL NOMINAL: 500 m³/h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 78,2 % 		<ul style="list-style-type: none"> - El fancoil no cumple para refrigeración (sin vent.) pero ventilación muy baja por ocupación de una persona. No será necesario cambiar los fancoils. - Se selecciona un único recuperador, de menor caudal disponible, para los 3 despachos. - Se utilizarán los mismos difusores. 			

Tabla 50. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aula Despachos Director. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Laboratorios nave P1: Individuales y dobles	Nº ESPACIOS	10
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	900 (individuales) y 1845 (dobles)	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	9090
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	CLIMATIZADOR Nº6	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	CLIMATIZADOR Nº6
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	21.500,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	13.000,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	2.991,08	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	8.465,00
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	6.999,78	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	4.384,26
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.658,95	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	1.039,07
TIPO DE DIFUSORES	2 x Nº 3 + Nº 17	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> - EQUIPO: 10 x REVAC-900 - CAUDAL NOMINAL: 900 m³/h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,3 % 		<ul style="list-style-type: none"> - Los laboratorios dobles están divididos en dos individuales independientes. - Los climatizadores cumplen para las cargas térmicas. - Se selecciona un recuperador para cada una de las 10 salas individuales. - Se deberán utilizar nuevos difusores (Nº1) 	

Tabla 51. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Laboratorios Nave P1. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	2.12/2.13/2.14/2.15/2.16/2.17	Nº ESPACIOS	6
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	945,0	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	5670
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	FANCOIL TECHO Nº3	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	FANCOIL TECHO Nº3
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	12.700,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	4.960,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	1.168,91	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	7.667,58
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	7.349,76	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	4.603,47
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.763,94	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	1.104,83
TIPO DE DIFUSORES	1 x Nº4	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	100,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> - EQUIPO: 6 x REVEC-950 - CAUDAL NOMINAL: 950 m³/h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,0 % - EQUIPO CLIMAT: 6 x FANCOIL TECHO FENCKH 17 - POT.CAL/REF: 12,33/9,98 kW 		<ul style="list-style-type: none"> - Los fancoils no cumplen para refrigeración. Se cambiarán los fancoil para cada uno de los espacios. - Se selecciona un recuperador para cada una de las 6 aulas. - Se deberán utilizar nuevos difusores (Nº1) 	

Tabla 52. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 2.12 a 2.17. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	2.10/2.11	Nº ESPACIOS	2
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	950,4	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	1901
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	CLIMATIZADOR N°6	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	CLIMATIZADOR N°6
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	21.500,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	13.000,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	2.239,70	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	17.222,44
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	7.391,76	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	4.629,77
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.774,02	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	1.111,15
TIPO DE DIFUSORES	2 x N°1	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> - EQUIPO: 2 x REVEC-950 - CAUDAL NOMINAL: 950 m³/h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,0 % - EQUIPO CLIMAT: 2 x FANCOIL TECHO FENCKH 32 - POT.CAL/REF: 22,16/18,36 kW 		<ul style="list-style-type: none"> - Los climatizadores no cumplen para refrigeración. Se cambiarán los climatizadores. - Se selecciona un recuperador para cada una de las 2 salas de ordenadores. - Se deberán utilizar nuevos difusores (N°1) 	

Tabla 53. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 2.10/2.11. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	EDE: Despachos pequeños + Despacho grande	Nº ESPACIOS	9 (pequeños) + 1 (grande)	
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	45 (pequeños) + 135 (grande)	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	540	
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	Despachos pequeños: FANCOIL TECHO N°1	Despacho grande: FANCOIL TECHO	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	Despachos pequeños: FANCOIL TECHO N°3
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	6.590,00	12.700,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	2.440,00 4.960,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	785,57	1.689,41	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	2.052,77 6.187,09
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	349,99	1.049,97	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	219,21 657,64
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	82,95	248,84	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	51,95 155,86
TIPO DE DIFUSORES	1 x N°3	2 x N°3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	110,00 300,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES		
<ul style="list-style-type: none"> - EQUIPO VENTILACIÓN: 1 x REVAC-900 - CAUDAL NOMINAL: 900 m³/h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,3 % - EQUIPO CLIMAT: FANCOIL TECHO FENCKH 11 - POT.CAL/REF: 7,98/6,68 kW 		<ul style="list-style-type: none"> - Las demandas de los despachos pequeños son iguales que para despachos DIM. - Despachos pequeños: fancoils cumplen para todas las cargas térmicas. - Despacho grande: el fancoil no cumple para la carga de refrigeración. Se cambiará el fancoil. - Se selecciona un único recuperador para todos los despachos. - Se utilizan los mismos difusores. 		

Tabla 54. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: EDE. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	EDE: Laboratorio función despachos	Nº ESPACIOS	2 (despachos)
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	37,5	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	135
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	FANCOIL TECHO N°2	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	FANCOIL TECHO N°2
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	10.600,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	3.780,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	785,57	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	2.052,77
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	349,99	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	219,21
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	76,30	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	47,79
TIPO DE DIFUSORES	1 x N°3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
<ul style="list-style-type: none"> - EQUIPO: 1 x REVAC-500 - CAUDAL NOMINAL: 500 m³/h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 78,2 % 		<ul style="list-style-type: none"> - Las demandas de los despachos pequeños son iguales que para despachos DIM. - Los fancoils cumplen para todas las cargas térmicas. - Se selecciona un único recuperador, de menor caudal disponible, para los 3 despachos. - Se deberán utilizar nuevos difusores (N°2). 	

Tabla 55. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: EDE función despachos. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	3.01/3.02/3.03/3.04/3.05	Nº ESPACIOS	5
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	945,0	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	4725
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	FANCOIL TECHO N°3	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	FANCOIL TECHO N°3
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	12.700,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	4.960,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	1.631,42	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	5.589,19
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	7.349,76	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	4.603,47
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.763,94	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	1.104,83
TIPO DE DIFUSORES	1 x N°4	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	100,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
- EQUIPO: 5 x REVEC-950 - CAUDAL NOMINAL: 950 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,0 % - EQUIPO CLIMAT: 5 x FANCOIL TECHO FENCKH 17 - POT.CAL/REF: 12,33/9,98 kW		- Los fancoils no cumplen para carga de refrigeración (sin vent.). Se cambiarán los fancoil para cada una de las aulas. - Se selecciona un recuperador para cada una de las 5 aulas. - Se deberán utilizar nuevos difusores (N°1)	

Tabla 56. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Aulas 3.01 a 3.05. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Despachos DIM: PB, P1, P2	Nº ESPACIOS	18 (PB) + 18 (P1) + 18 (P2)	
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	45	CAUDAL TOTAL ESPACIOS (m ³ /h)	810	
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	PB: FANCOIL TECHO N°2	P1, P2: FANCOIL TECHO N°1	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	PB: FANCOIL TECHO N°2
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	10.600,00	6.590,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	3.780,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	785,57	785,57	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	2.052,77
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	349,99	349,99	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	219,21
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	76,30	76,30	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	47,79
TIPO DE DIFUSORES	1 x N°3	1 x N°3	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES		
- EQUIPO: 6 x REVAC-500 - CAUDAL NOMINAL: 500 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 78,2 %		- Los fancoils cumplen para las cargas térmicas. - Se selecciona un recuperador para cada 9 despachos (en total 2 por planta). - Se pueden utilizar los mismos difusores aunque no cumplen para PB ya que caudal por despacho bajo.		

Tabla 57. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Despachos DIM. Fuente: Elab. propia.

ESPACIOS	Laboratorios DIM: PB, P1, P2	Nº ESPACIOS	8 (PB)+ 8 (P1) + 8(P2)
CAUDAL POR ESPACIO (m ³ /h)	720	CAUDAL TOTAL ESPACIOS POR PLANTA (m ³ /h)	5760
EQUIPO (CALEFACCIÓN)	CLIMATIZADOR N°6	EQUIPO (REFRIGERACIÓN)	CLIMATIZADOR N°6
POTENCIA CALEFACCIÓN EQUIPO (W)	21.500,00	POTENCIA EQUIPO TOT. REFRIGERACIÓN (W)	13.000,00
DEMANDA CALEFACCIÓN SIN VENTILACIÓN (W)	3.022,20	DEMANDA SIN VENT. REFRIGERACIÓN (W)	9.373,50
DEMANDA VENTIL. CAL SIN RECUPERADOR (W)	5.599,82	DEMANDA VENTIL. REF SIN RECUPERADOR (W)	3.507,40
DEMANDA VENTIL. CAL CON RECUPERADOR(W)	1.327,16	DEMANDA VENTIL. REF CON RECUPERADOR (W)	831,25
TIPO DE DIFUSORES	2 x N°1	CAUDAL MAX DIFUSOR - CLIMA (m ³ /h)	0,00
SOLUCIÓN PROPUESTA		OBSERVACIONES	
- EQUIPO: 24 x REVAC-900 - CAUDAL NOMINAL: 900 m ³ /h - EFICIENCIA RECUPERACIÓN: 76,3 %		- Los fancoils cumplen para las cargas térmicas. - Existen laboratorios con 2 climatizadores N°4 y N°5. Dos climatizadores unidos tienen más potencia que un climatizador N°6 por lo que cumplen para las cargas térmicas. - Se selecciona un recuperador para cada laboratorio. - Se deberán utilizar nuevos difusores (N°2 y N°3) excepto en salas triples.	

Tabla 58. Ficha del equipo de ventilación descentralizado: Laboratorios DIM. Fuente: Elab. propia.

3. Cálculo de secciones

Aunque para el caso de las climatizadoras ventiladas actualmente ya se dispone de conductos por los pasillos, el caudal que va a pasar por cada uno de ellos ha aumentado, por lo que debe verificarse si la sección existente sigue siendo válida.

El cálculo de la sección se realizará según la fórmula:

$$S (m^2) = \frac{Q (\frac{m^3}{h})}{3600 \cdot v (\frac{m}{s})} \quad (2)$$

donde:

Q: es el caudal que circula por el conducto, en m^3/h ;

v: es la velocidad del aire en el conducto, en m/s .

De acuerdo a la guía de Sodeca [43] la velocidad del aire recomendada para edificios públicos no debe sobrepasar los 8 m/s en conducciones principales, por lo que se selecciona este valor límite en el cálculo de las secciones.

En un primer lugar, conociendo el caudal que circula por el conducto se calculará la velocidad del aire en el conducto actual. En caso de que este valor sea superior al límite de 8 m/s, se redimensionará el conducto. Una restricción del falso techo es que la altura máxima del conducto es de 400 mm, por lo que en caso de incrementar la sección deberá hacerse a lo ancho.

3.1 Cálculo de secciones para las climatizadoras (UTAs)

Los cálculos de las secciones para la climatizadora CL-1 y la nueva climatizadora de las aulas este se muestran en la Tabla 64 y Tabla 65, respectivamente. En la primera columna coloreada se muestra en verde si la velocidad con el caudal y conducto actual es inferior al límite de 8 m/s, y en caso contrario aparece en rojo, por lo que debe volver a dimensionarse. En la última columna aparece la velocidad del aire final con el conducto redimensionado.

De la climatizadora actual, puesto que únicamente debe dar suministro a las aulas del lado oeste, únicamente necesitaría un redimensionamiento en los primeros tramos de los conductos de cada planta.

Por otra parte, dado que la nueva climatizadora del aula este ventila las aulas con las mayores necesidades de caudal, ninguno de los conductos disponibles actualmente sería válido, por lo que deberían sustituirse todos ellos e instalar unos nuevos. Debido a restricciones en el espacio, existen conductos al inicio de los tramos en las plantas con velocidades algo superiores al límite (10 m/s).

En cuanto a los conductos de la nueva UTA del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM), dado que no existen conductos actuales se dimensiona para las especificaciones de sección dada para los diferentes tramos propuestos (Tabla 66).

Los planos del nº13 al nº16 del Anexo 11: Planos muestran el dimensionamiento de los conductos a lo largo de los pasillos de las plantas. Los nuevos conductos serán del mismo material que los existentes, siendo de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor aislada con una capa de polietileno de espesor 5 mm en el caso de la impulsión, y sin aislar para el retorno.

3.2 Conductos flexibles conducto principal – difusor aulas

En cuanto a los conductos flexibles que parten de los conductos principales hasta las aulas, dado que debe aumentarse la longitud de los tubos en el bypass y durante las mediciones se comprobó como la mayoría de estos se encontraban desgastados, se sustituirán todos los tubos flexibles por conductos flexibles de aluminio, poliéster y cable de acero en espiral.

De nuevo, debido a restricciones constructivas en el paso de los tubos desde los conductos hasta los difusores se considera un diámetro máximo de tubo de 300 m.

EQUIPO	PLANTA	CAUDAL MAX (m ³ /h)	Sección conducto de diseño (m ²)	Diámetro conducto de diseño (mm)	Diámetro de diseño ajustado (mm)
NUEVA UTA DIM	DESPACHOS	45	0,00	45	50
NUEVA UTA DIM	LABORATORIOS	720	0,03	178	200
NUEVA UTA AULAS ESTE	LABORATORIOS	5.445	0,19	491	300
NUEVA UTA AULAS ESTE	P1/P2	3.195	0,11	376	300

Tabla 59. Cálculo de secciones de los tubos flexibles. Fuente: Elab. propia.

3.3 Conductos para equipos de ventilación descentralizados

Al igual que para el caso de los conductos de la UTA DIM, estos conductos deberán instalarse nuevos, por lo que se dimensionarán en base a las restricciones de velocidad del aire (8 m/s).

Con el objetivo de simplificar su instalación, se decide que todos los conductos sean iguales (250 x 150 mm), ya que de esta forma todas las perforaciones que deban realizarse en la pared para pasar de una sala a otra serán de 0,5 m.

De nuevo, los conductos serán de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor aislada con una capa de polietileno de espesor 5 mm en el caso de la impulsión, y sin aislar para el retorno.

EQUIPO	CAUDAL MAX (m ³ /h)	Sección conducto de diseño (m ²)	Ancho conducto de diseño (mm)	Alto conducto de diseño (mm)	Alto de diseño ajustada (mm)
DESCENTRALIZADO: REVAC 500	500	0,02	250	69	150
DESCENTRALIZADO: REVAC 900	900	0,03	250	125	150
DESCENTRALIZADO: REVEC 950	950	0,03	250	132	150
DESCENTRALIZADO: REHE 1100	1.100	0,04	250	153	150

Tabla 60. Cálculo de secciones de los equipos de ventilación descentralizados. Fuente: Elab. propia.



Figura 83. Conducto rectangular de chapa y circular flexible de aluminio para ventilación. Fuente: NOVATUB

3.4 Pérdidas de carga

A continuación, se calculan las pérdidas de carga en los conductos de las climatizadoras para comprobar que el ventilador dispone de suficiente presión como para suministrar el caudal de ventilación hacia los difusores.

A modo estimativo, se considera una pérdida de presión de 1 Pa/m de conducto, y la pérdida de carga de los difusores de su ficha correspondiente, obteniendo pérdidas menores a 260 Pa, por lo que el caudal necesario puede ser suministrado por cualquiera de los ventiladores de las climatizadoras, tal y como se muestra en las curvas del Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras. Las pérdidas en equipos descentralizados se consideran despreciables.

Las pérdidas de carga para cada uno de los climatizadores:

ESPACIOS	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)	ESPACIOS	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)	ESPACIOS	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)
0.04	Nº5	208,81	1.04	Nº5	207,85	2.04	Nº5	210,01
0.03	Nº5	217,71	1.03	Nº5	216,75	2.03	Nº5	218,91
0.02	Nº5	228,59	1.02	Nº5	228,63	2.02	Nº5	230,93
0.01	Nº5	236,71	1.01	Nº5	234,55	2.01	Nº5	236,71

Tabla 61. Pérdidas de carga para las aulas de la climatizadora aulas este. Fuente: Elab. propia

ESPACIOS	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)	ESPACIOS	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)	ESPACIOS	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)
Sala de juntas 1	Nº3	187,41	2.09	Nº5	232,59	3.06	Nº1	172,16
1.09	Nº5	232,84	2.18	Nº5	237,02	3.07	Nº1	189,42
1.08	Nº5	241,84	2.08	Nº5	241,52	3.08	Nº1	207,48
1.07	Nº5	250,84	2.19	Nº5	246,02	3.09	Nº1	225,63
1.06	Nº5	259,79	2.07	Nº5	250,52	3.10	Nº1	231,76
Sala de juntas 2	Nº1	211,32	2.20	Nº5	255,02	EDE (Laboratorio 1)	Nº1	175,02
1.05	Nº5	268,79	2.06	Nº5	259,52	EDE (Laboratorio 2)	Nº1	209,65
			2.21	Nº5	264,02			
			2.05	Nº5	268,52			

Tabla 62. Pérdidas de carga para las aulas de la climatizadora CL-1. Fuente: Elab. propia

ESPACIOS DIM PB	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)	ESPACIOS DIM P1	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)	ESPACIOS DIM P2	Tipo difusor	Pérdida de carga Total (Pa)
Laboratorio 1	Nº1	151,68	Laboratorio 1	Nº1	148,67	Laboratorio 1	Nº1	154,49
Laboratorio 2	Nº1	159,98	Laboratorio 2	Nº1	156,97	Laboratorio 2	Nº1	162,79
Laboratorio 3	Nº1	168,28	Laboratorio 3	Nº1	165,27	Laboratorio 3	Nº1	171,09
Laboratorio 4	Nº1	176,58	Laboratorio 4	Nº1	173,57	Laboratorio 4	Nº1	179,39
Laboratorio 5	Nº1	184,88	Laboratorio 5	Nº1	181,87	Laboratorio 5	Nº1	187,69
Laboratorio 6	Nº1	193,18	Laboratorio 6	Nº1	190,17	Laboratorio 6	Nº1	195,99
Laboratorio 7	Nº1	201,48	Laboratorio 7	Nº1	198,47	Laboratorio 7	Nº1	204,29
Laboratorio 8	Nº1	209,78	Laboratorio 8	Nº1	206,77	Laboratorio 8	Nº1	212,59
Despacho 1	Nº3	166,88	Despacho 1	Nº3	163,87	Despacho 1	Nº3	166,88
Despacho 2	Nº3	169,88	Despacho 2	Nº3	166,87	Despacho 2	Nº3	169,88
Despacho 3	Nº3	172,88	Despacho 3	Nº3	169,87	Despacho 3	Nº3	172,88
Despacho 4	Nº3	175,88	Despacho 4	Nº3	172,87	Despacho 4	Nº3	175,88
Despacho 5	Nº3	178,88	Despacho 5	Nº3	175,87	Despacho 5	Nº3	178,88
Despacho 6	Nº3	181,88	Despacho 6	Nº3	178,87	Despacho 6	Nº3	181,88
Despacho 7	Nº3	184,88	Despacho 7	Nº3	181,87	Despacho 7	Nº3	184,88
Despacho 8	Nº3	187,88	Despacho 8	Nº3	184,87	Despacho 8	Nº3	187,88
Despacho 9	Nº3	190,88	Despacho 9	Nº3	187,87	Despacho 9	Nº3	190,88
Despacho 10	Nº3	193,88	Despacho 10	Nº3	190,87	Despacho 10	Nº3	193,88
Despacho 11	Nº3	196,88	Despacho 11	Nº3	193,87	Despacho 11	Nº3	196,88
Despacho 12	Nº3	199,88	Despacho 12	Nº3	196,87	Despacho 12	Nº3	199,88
Despacho 13	Nº3	202,88	Despacho 13	Nº3	199,87	Despacho 13	Nº3	202,88
Despacho 14	Nº3	205,88	Despacho 14	Nº3	202,87	Despacho 14	Nº3	205,88
Despacho 15	Nº3	208,88	Despacho 15	Nº3	205,87	Despacho 15	Nº3	208,88
Despacho 16	Nº3	211,88	Despacho 16	Nº3	208,87	Despacho 16	Nº3	211,88
Despacho 17	Nº3	214,88	Despacho 17	Nº3	211,87	Despacho 17	Nº3	214,88
Despacho 18	Nº3	217,88	Despacho 18	Nº3	214,87	Despacho 18	Nº3	217,88

Tabla 63. Pérdidas de carga para las aulas de la climatizadora DIM. Fuente: Elab. propia

4. Sistemas de control

Los sistemas de control de los diferentes equipos de ventilación del edificio se clasificarán en aquellos conectados al sistema BMS del edificio, que serán los correspondientes a los espacios ventilados por las climatizadoras, y aquellos que funcionarán de forma independiente, correspondientes a los equipos de ventilación descentralizados.

4.1 Sistemas de control en climatizadoras

Se busca implementar un control que permita una ventilación efectiva de las aulas en situaciones de demanda real. En la actualidad, la ventilación está controlada por el sistema BMS del edificio, y la ventilación está programada para un rango de horas a lo largo del día. A esto debe sumarse que, teóricamente, sólo se producía ventilación durante los instantes en los que la climatización estaba encendida.

Mediante la solución del bypass en el conducto flexible de las aulas se ha conseguido una separación de los sistemas de climatización y ventilación, por lo que debe existir un control que active y desactive la climatizadora y distribuya el aire correctamente por las salas.

Uno de los objetivos del programa sensorizar [29] es monitorizar las condiciones ambientales de los edificios de la Universidad de Zaragoza para así poder recabar datos y realizar un control efectivo de los sistemas de gestión energética del centro. Aprovechando la instalación de sensores de temperatura, humedad y CO₂ en las aulas, se propone para el control de las climatizadoras utilizar las mediciones de CO₂ de estos equipos.

Los dispositivos utilizados para monitorizar las condiciones ambientales en el centro son los sensores Aranet4. Estos dispositivos permiten monitorizar el CO₂, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en ambientes interiores, y son capaces de transmitir estos datos a través de forma inalámbrica hasta una plataforma web, cuyos datos pueden almacenarse en una base de datos como ocurre en sensorizar.



Figura 84. Sensor Aranet4. Fuente: Aranet

El objetivo que se pretende es vincular los datos de los sensores Aranet4 de cada una de las salas con el programa de control de la climatizadora, de forma que pueda controlarse la activación y desactivación de la misma, así como regular el caudal de impulsión en función de las necesidades de cada momento. Para conseguir esto último, se instalarán reguladores de caudal en la conexión a las aulas que serán controlados por el mismo sensor Aranet4, ya que estos permiten su actuación a partir de señales externas.

Como ya se analizó anteriormente, las mediciones realizadas en el programa sensorizar [29] son variables en el tiempo y los propios desarrolladores afirman que se trata de un programa todavía en estado de lanzamiento, donde aún muchas salas no cuentan con el propio sensor. Confirmando el control del sistema de ventilación mediante el uso de estos sensores de CO₂ se pretende dar un impulso al programa sensorizar, de forma que permita en un futuro no solo monitorizar las condiciones ambientales como se está realizando actualmente, sino también gestionar los sistemas de climatización y ventilación del centro.

4.2 Sistemas de control en equipos de ventilación descentralizados

A parte de seleccionar el modelo del equipo de ventilación descentralizados, debe escogerse su sistema de control.

El control de los equipos de ventilación descentralizados será independiente del sistema de control general de edificio. Sin embargo, al igual que para el caso de las climatizadoras, el objetivo es conseguir que se encienda o apague el equipo en función de una señal externa que defina si el espacio se encuentra o no ocupado. El sistema de control será el mismo que para el caso de las aulas ventiladas con climatizadora, utilizando para ello un sensor de CO₂. Sin embargo, en estos momentos únicamente existen dos espacios que disponen de sensor de CO₂ en sensorizar (sala de ordenadores P0 y aula 2.16), por lo que se deberá contemplar en el presupuesto el coste de estos nuevos sensores.

Entre las diferentes opciones de control que ofrece EVAIR para sus equipos, el sistema que mejor encaja para las especificaciones dadas es el CONTROL AVANZADO. Este control, entre las múltiples opciones que ofrece, como la posibilidad de contar con un display, programación horaria o regulación del caudal manual o automática, permite la regular la velocidad de los ventiladores ajustable con señal 0-10 V externa.

El conjunto de todas las posibilidades que ofrece este control se cita a continuación:

- Sección manual de ventiladores: OFF + 3 velocidades/OFF + regulación de ventiladores.
- Señalización de filtros sucios.
- Ajuste de caudal a través de selección manual de velocidad de ventilador.
- Función Booster (ventiladores a máxima velocidad).
- Posibilidad de instalar 4 sensores de temperatura instalados en máquina.
- Gestión de bypass ON/OFF para free-cooling.
- Protección antihielo.
- Panel de control con display a color y posible instalación remota.
- Velocidad de ventiladores ajustable 0-10V externa.
- Regulación de caudal manual o automática.
- Programación horaria.
- Posibilidad de incorporar sensores de calidad de aire, CO₂, VOC y humedad.
- Opción de utilizar sistemas de regulación de caudal/presión constante.
- Posibilidad de desbalancear caudales de impulsión y retorno.
- ON/OFF externo para control remoto de arranque.
- Función booster activada mediante contacto externo.
- Solicitud de usuario en display o sensor de presencia.
- Función antifuego.
- Alarma de ventiladores, filtros y máquina.

Al igual que en el caso de las climatizadoras, aquellas salas que comparten un mismo equipo de ventilación descentralizado dispondrán de compuertas de regulación de caudal en los conductos de distribución que serán accionadas por la señal 0-10 V del sensor de CO₂.

4.3 Reguladores de caudal

Los reguladores de caudal utilizados serán los modelos VRAR (para conductos circulares) y VRAQ (para conductos rectangulares). El primero se utilizará en el paso del conducto principal de ventilación hacia las aulas, justo antes del conducto flexible que conduce a los difusores, y los segundos se utilizarán en los conductos rectangulares de los equipos descentralizados.



Figura 85. Reguladores de caudal variable seleccionados. Fuente: Schako

Los reguladores cuentan con varios tamaños, adaptables al conducto utilizado, y cuentan con sistemas de regulación de caudal V_{\min} (CERRADO) y V_{\max} (ABIERTO) que pueden accionarse a partir de señales externas que provendrán del sensor de CO₂ de las aulas.

5. Análisis de simultaneidad de las aulas

Uno de los problemas que ha surgido a efectos constructivos en la solución planteada con las climatizadoras es la imposibilidad de modificar la UTA actual debido a que está encerrada en el interior de un edificio, y las restricciones en el espacio disponible para instalar una UTA de mayores dimensiones para ventilar las aulas del lado este.

De acuerdo al reparto de las aulas realizado en la Tabla 9, realizado a efectos constructivos para simplificar la distribución de los conductos, el caudal requerido para las aulas de la actual climatizadora es de 55.316 m³/h, superior al caudal máximo de impulsión de la climatizadora, igual a 39.240 m³/h. Esto ocurre igualmente para la nueva UTA de las aulas del lado este, igual 65.340 m³/h y cuya climatizadora seleccionada tiene un caudal máximo de 50.000 m³/h.

Por tanto, dado que la demanda máxima de ventilación de las dos climatizadoras es mayor que el caudal máximo de impulsión, debe comprobarse la simultaneidad en el uso de las aulas para verificar que se es capaz de dar el caudal suficiente en cada momento.

La propia Universidad de Zaragoza dispone de un portal web donde es posible reservar las diferentes aulas docentes del edificio Agustín de Betancourt [27], por lo que si se accede a la plataforma es posible saber a qué horas se encuentra un aula ocupada.

El análisis se realizará para el periodo que comprende la realización de este trabajo: segundo semestre del curso 2021/2022 y primer semestre del curso 2022/2023.

Los horarios en la Universidad de Zaragoza se repiten en semanas A y semanas B. Al principio del curso se organizan los calendarios y se asignan aulas para cada una de las asignaturas de los grados y másteres, por lo que la ocupación de estas aulas, a excepción de eventos esporádicos, se repetirá durante todo el semestre para cada semana A y B. Conociendo el calendario del centro para ambos cursos, se deciden analizar las fechas de las semanas:

- Segundo semestre curso 2021/2022:
 - o Semana A: 25 a 29 de abril.
 - o Semana B: 9 a 13 de mayo.
- Primer semestre curso 2022/2023:
 - o Semana A: 3 a 7 de octubre.
 - o Semana B: 17 a 20 de octubre y 14 de octubre.

El análisis se realiza de lunes a viernes en periodo lectivo, y la simultaneidad se mide para las clases a las que ventila la climatizadora CL-1 actual (Tabla 67) y las ventiladas por la nueva climatizadora de las aulas este (Tabla 68).

La Tabla 67 muestra como para la climatizadora actual de las aulas, la ocupación de estas no supera en ningún momento de los datos medidos el caudal máximo de impulsión ($39.240\text{ m}^3/\text{h}$).

Sin embargo, para el caso de la nueva climatizadora, la Tabla 68 muestra como existen momentos en los que se llega a superar el caudal máximo de impulsión ($50.000\text{ m}^3/\text{h}$), pero esto solo ocurre en un 25% del total de veces medidas.

Se debe destacar que la mayor parte de los sobrepasamientos se producen en el primer semestre del curso 2022/2023, donde potenciado por las políticas de ahorro energético, se han organizado los horarios para acabar la jornada a las 19 horas. Por tanto, este cambio ha provocado una reorganización de las aulas que ha aumentado la simultaneidad.

Se desconoce el tiempo de duración de las medidas y tan sólo se han recabado los datos de ocupación de aulas disponibles de dos semestres, pero dadas las limitaciones de espacio y caudal de las UTAs, si finalmente se implantasen las climatizadoras se podría realizar una reorganización de las aulas para evitar que todas ellas estuviesen ocupadas al mismo tiempo.

Es importante considerar que los cálculos se han realizado para el caudal máximo de las aulas cuando, de experiencias reales, se ha comprobado que no todas las aulas cuando se utilizan se encuentran a su máximo aforo.

De todas formas, y aunque esto ocurriese, la repartición de los caudales se realizaría de forma proporcional (ya que todos tienen la misma demanda) a partir del control de los reguladores de caudal explicados anteriormente.

EQUIPO	PLANTA	TRAMO	CAUDAL MÁX (m³/h)	Ancho conducto actual (mm)	Alto conducto actual (mm)	Velocidad (m/s) conducto actual CAUDAL MÁX	Sección conducto de diseño (m²)	Ancho conducto de diseño (mm)	Alto conducto de diseño (mm)	Alto conducto de diseño ajustada (mm)	Velocidad (m/s) conducto de diseño
CLIMATIZADORA CL-1	P1	TRAMO 1	16.425	1.100	400	10,37	0,57	1.450	393	400	7,87
CLIMATIZADORA CL-1	P1	TRAMO 2	12.735	1.050	400	8,42	0,44	1.150	385	400	7,69
CLIMATIZADORA CL-1	P1	TRAMO 3	9.540	1.000	400	6,63	0,33	1.000	331	400	6,63
CLIMATIZADORA CL-1	P1	TRAMO 4	6.345	950	400	4,64	0,22	950	232	400	4,64
CLIMATIZADORA CL-1	P1	TRAMO 5	3.195	900	400	2,47	0,11	900	123	400	2,47
CLIMATIZADORA CL-1	P2	TRAMO 1	23.355	1.050	400	15,45	0,81	2.050	396	400	7,91
CLIMATIZADORA CL-1	P2	TRAMO 2	20.160	1.000	400	14,00	0,70	1.800	389	400	7,78
CLIMATIZADORA CL-1	P2	TRAMO 3	15.120	950	400	11,05	0,53	1.350	389	400	7,78
CLIMATIZADORA CL-1	P2	TRAMO 4	10.080	900	400	7,78	0,35	900	389	400	7,78
CLIMATIZADORA CL-1	P2	TRAMO 5	5.040	800	400	4,38	0,18	800	219	400	4,38
CLIMATIZADORA CL-2	P3	TRAMO 1	15.536	750	400	14,39	0,54	1.350	400	400	7,99
CLIMATIZADORA CL-1	P3	TRAMO 2	15.536	650	400	16,60	0,54	1.350	400	400	7,99
CLIMATIZADORA CL-1	P3	TRAMO 3	14.585	600	350	19,29	0,51	1.300	390	400	7,79
CLIMATIZADORA CL-1	P3	TRAMO 4	6.395	500	350	10,15	0,22	600	370	400	7,40
CLIMATIZADORA CL-1	P3	TRAMO 5	2.300	400	300	5,33	0,08	400	200	300	5,33
CLIMATIZADORA CL-1	P3	TRAMO 6	1.350	350	250	4,29	0,05	350	134	250	4,29
CLIMATIZADORA CL-1	P3	TRAMO 7	675	250	250	3,00	0,02	250	94	250	3,00

Tabla 64. Cálculo de secciones de la climatizadora CL-1. Fuente: Elab. propia.

EQUIPO	PLANTA	TRAMO	CAUDAL MAX (m³/h)	Ancho conducto actual (mm)	Alto conducto actual (mm)	Velocidad (m/s) conducto actual CAUDAL MÁX	Sección conducto de diseño (m²)	Ancho conducto de diseño (mm)	Alto conducto de diseño (mm)	Ancho conducto de diseño ajustada (mm)	Velocidad (m/s) conducto de diseño
NUEVA UTA AULAS ESTE	PB	TRAMO 1	21.780	700	400	21,61	0,76	1.891	400	1.500	10,08
NUEVA UTA AULAS ESTE	PB	TRAMO 2	21.780	700	400	21,61	0,76	1.891	400	1.500	10,08
NUEVA UTA AULAS ESTE	PB	TRAMO 3	16.335	600	400	18,91	0,57	1.418	400	1.500	7,56
NUEVA UTA AULAS ESTE	PB	TRAMO 4	10.890	600	300	16,81	0,38	945	400	950	7,96
NUEVA UTA AULAS ESTE	PB	TRAMO 5	5.445	350	300	14,40	0,19	473	400	500	7,56
NUEVA UTA AULAS ESTE	P1	TRAMO 1	21.780	700	400	21,61	0,76	1.891	400	1.500	10,08
NUEVA UTA AULAS ESTE	P1	TRAMO 2	21.780	700	400	21,61	0,76	1.891	400	1.500	10,08
NUEVA UTA AULAS ESTE	P1	TRAMO 3	16.335	700	350	18,52	0,57	1.418	400	1.500	7,56
NUEVA UTA AULAS ESTE	P1	TRAMO 4	10.890	600	300	16,81	0,38	945	400	950	7,96
NUEVA UTA AULAS ESTE	P1	TRAMO 5	5.445	350	300	14,40	0,19	473	400	500	7,56
NUEVA UTA AULAS ESTE	P2	TRAMO 1	21.780	700	400	21,61	0,76	1.891	400	1.500	10,08
NUEVA UTA AULAS ESTE	P2	TRAMO 2	21.780	700	400	21,61	0,76	1.891	400	1.500	10,08
NUEVA UTA AULAS ESTE	P2	TRAMO 3	16.335	700	350	18,52	0,57	1.418	400	1.500	7,56
NUEVA UTA AULAS ESTE	P2	TRAMO 4	10.890	600	300	16,81	0,38	945	400	950	7,96
NUEVA UTA AULAS ESTE	P2	TRAMO 5	5.445	350	300	14,40	0,19	473	400	500	7,56

Tabla 65. Cálculo de secciones de la climatizadora de las aulas este. Fuente: Elab. propia.

EQUIPO	PLANTA	TRAMO	CAUDAL MAX (m³/h)	Sección conducto de diseño (m²)	Ancho conducto de diseño (mm)	Alto conducto de diseño (mm)	Alto de diseño ajustada (mm)
NUEVA UTA DIM	PB/P1/P2	TRAMO 1	6.570	0,23	750	304	300
NUEVA UTA DIM	PB/P1/P2	TRAMO 2	4.995	0,17	600	289	300
NUEVA UTA DIM	PB/P1/P2	TRAMO 3	3.285	0,11	400	285	300
NUEVA UTA DIM	PB/P1/P2	TRAMO 4	1.575	0,05	200	273	300

Tabla 66. Cálculo de secciones de la climatizadora DIM. Fuente: Elab. propia.

		UTA ACTUAL 39.240 m3/h AULAS: 1.05/1.06/1.07/1.08/1.09/2.05/2.06/2.07/2.08/2.09/2.18/2.19/2.20/2.21/3.06/3.07/3.08/3.09/Sala de juntas 1/Sala de juntas 2/3.10/EDE Lab1/EDE Lab2																					
HORA		SEGUNDO SEMESTRE CURSO 2021/2022								PRIMER SEMESTRE CURSO 2022/2023								TOTAL					
		SEMANA A				SEMANA B				SEMANA A				SEMANA B									
HORA		LUNES 25 ABRIL	MARTES 26 ABRIL	MIERCOLES 27 ABRIL	JUEVES 28 ABRIL	VIERNES 29 ABRIL	LUNES 9 MAYO	MARTES 10 MAYO	MIERCOLES 11 MAYO	JUEVES 12 MAYO	VIERNES 13 MAYO	LUNES 3 OCTUBRE	MARTES 4 OCTUBRE	MIERCOLES 5 OCTUBRE	JUEVES 6 OCTUBRE	VIERNES 7 OCTUBRE	LUNES 17 OCTUBRE	MARTES 18 OCTUBRE	MIERCOLES 19 OCTUBRE	JUEVES 20 OCTUBRE	VIERNES 14 OCTUBRE	MÁXIMO	PORCENTAJE DE VECES SUPERADO CAUDAL MAX UTA
8:00	0	4.538	1.115	5.653	0	0	4.538	1.115	5.653	0	2.481	13.222	13.237	6.611	2.972	13.222	8.233	13.729	7.103	13.729	0,00%		
9:00	13.630	20.827	16.458	19.900	10.789	23.929	16.912	14.719	19.408	11.281	15.343	19.866	18.750	20.083	18.418	19.257	18.750	20.590	17.152	20.275	23.929	0,00%	
10:00	10.207	24.888	18.531	14.862	16.285	20.506	21.466	16.792	14.370	16.777	18.766	26.019	26.019	29.001	27.336	26.103	24.904	21.955	26.070	29.193	29.193	0,00%	
11:00	11.046	24.481	19.675	20.357	12.847	13.977	17.635	19.675	19.866	12.847	16.833	24.203	23.711	25.626	31.972	21.940	23.711	30.406	26.118	29.915	31.972	0,00%	
12:00	9.931	14.212	18.733	21.315	6.251	13.977	10.789	18.733	20.823	6.251	13.487	19.430	18.939	30.399	21.954	16.286	22.361	27.295	30.891	21.954	30.891	0,00%	
13:00	8.732	23.054	14.352	17.793	5.511	25.769	16.208	14.352	17.793	5.511	6.626	15.127	14.635	24.231	14.212	8.934	20.131	8.816	24.722	14.212	25.769	0,00%	
14:00	4.886	19.631	8.449	6.077	3.188	21.923	16.208	8.449	3.346	3.188	13.237	19.548	17.318	23.648	22.204	11.164	25.044	16.660	16.802	22.695	25.044	0,00%	
15:00	12.357	15.545	8.684	21.073	7.351	12.357	8.699	12.107	11.497	6.611	12.612	20.506	18.275	24.404	22.204	12.612	20.506	15.702	24.895	22.695	24.895	0,00%	
16:00	20.333	20.083	15.593	23.838	12.847	23.756	15.545	22.438	23.838	13.339	18.108	23.906	23.756	18.750	9.799	18.108	27.101	22.156	19.242	9.799	27.101	0,00%	
17:00	20.333	20.333	18.967	26.569	12.847	20.333	14.837	21.040	26.569	13.339	18.717	28.467	25.121	21.938	8.684	18.717	28.467	19.473	25.853	8.684	28.467	0,00%	
18:00	18.260	22.438	18.260	26.569	10.991	18.260	20.116	21.940	23.146	11.732	21.275	22.813	21.698	18.025	5.496	15.779	22.813	10.539	14.602	5.496	26.569	0,00%	
19:00	16.187	19.000	16.187	20.333	5.496	16.187	19.000	17.794	16.910	6.236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,00%		
20:00	8.918	11.024	5.496	13.064	5.496	8.918	13.097	6.611	7.568	6.236	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13.097	0,00%	
21:00	0	0	0	0	0	0	0	0	3.423	740	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3.423	0,00%	

Tabla 67. Análisis de simultaneidad de las aulas ventiladas por la climatizadora CL-1 actual. Fuente: Elab. propia.

		NUEVA UTA 50.000 m3/h AULAS LADO ESTE: 0.01/0.02/0.03/0.04/1.01/1.02/1.03/1.04/2.01/2.02/2.03/2.04																					
HORA		SEGUNDO SEMESTRE CURSO 2021/2022								PRIMER SEMESTRE CURSO 2022/2023								TOTAL					
		SEMANA A				SEMANA B				SEMANA A				SEMANA B									
HORA		LUNES 25 ABRIL	MARTES 26 ABRIL	MIERCOLES 27 ABRIL	JUEVES 28 ABRIL	VIERNES 29 ABRIL	LUNES 9 MAYO	MARTES 10 MAYO	MIERCOLES 11 MAYO	JUEVES 12 MAYO	VIERNES 13 MAYO	LUNES 3 OCTUBRE	MARTES 4 OCTUBRE	MIERCOLES 5 OCTUBRE	JUEVES 6 OCTUBRE	VIERNES 7 OCTUBRE	LUNES 17 OCTUBRE	MARTES 18 OCTUBRE	MIERCOLES 19 OCTUBRE	JUEVES 20 OCTUBRE	VIERNES 14 OCTUBRE	MÁXIMO	PORCENTAJE DE VECES SUPERADO CAUDAL MAX UTA
8:00	5.445	5.445	0	5.445	5.445	5.445	0	0	5.445	10.890	10.890	16.335	0	5.445	27.225	10.890	16.335	0	0	0	27.225	0,00%	
9:00	27.225	27.225	38.115	27.225	38.115	27.225	38.115	38.115	21.780	38.115	49.005	49.005	43.560	32.670	32.670	38.115	38.115	43.560	43.560	32.670	49.005	49.005	
10:00	27.225	27.225	38.115	38.115	43.560	27.225	38.115	38.115	32.670	43.560	59.895	38.115	32.670	38.115	32.670	59.895	27.225	32.670	49.005	32.670	59.895	10,00%	
11:00	38.115	43.560	38.115	38.115	43.560	38.115	43.560	38.115	32.670	43.560	59.895	49.005	49.005	43.560	54.450	54.450	38.115	49.005	54.450	54.450	59.895	20,00%	
12:00	38.115	49.005	43.560	43.560	32.670	38.115	43.560	32.670	38.115	32.670	54.450	38.115	59.895	38.115	54.450	49.005	32.670	59.895	38.115	54.450	59.895	25,00%	
13:00	43.560	59.895	43.560	43.560	21.780	43.560	43.560	32.670	38.115	21.780	32.670	27.225	21.780	59.895	38.115	21.780	21.780	59.895	21.780	59.895	59.895	15,00%	
14:00	38.115	59.895	32.670	32.670	10.890	38.115	49.005	16.335	27.225	10.890	0	16.335	5.445	27.225	54.450	0	10.890	5.445	27.225	54.450	54.450	59.895	15,00%
15:00	38.115	54.450	43.560	32.670	32.670	38.115	49.005	43.560	27.225	32.670	43.560	54.450	43.560	49.005	43.560	43.560	54.450	43.560	43.560	43.560	54.450	15,00%	
16:00	32.670	54.450	38.115	32.670	38.115	32.670	54.450	38.115	32.670	32.670	38.115	38.115	49.005	32.670	49.005	38.115	38.115	49.005	32.670	49.005	54.450	10,00%	
17:00	32.670	43.560	43.560	27.225	38.115	32.670	43.560	43.560	27.225	32.670	38.115	38.115	43.560	38.115	49.005	38.115	38.115	43.560	38.115	49.005	49.005	0,00%	
18:00	21.780	38.115	32.670	27.225	21.780	21.780	38.115	32.670	27.225	16.335	38.115	32.670	38.115	32.670	38.115	27.225	32.670	38.115	32.670	27.225	38.115	0,00%	
19:00	16.335	27.225	16.335	16.335	5.445	16.335	27.225	21.780	16.335	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	27.225	0,00%
20:00	0	10.890	10.890	5.445	0	0	10.890	16.335	5.445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16.335	0,00%
21:00	0	0	0	0	0	0	0	5.445	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5.445	0,00%

Tabla 68. Análisis de simultaneidad de las aulas ventiladas por la climatizadora Aulas Este. Fuente: Elab. propia.

ANEXO 9

PRESUPUESTOS

Anexo 9: Presupuestos

1. Tipos de Presupuestos

Tal y como se ha descrito en la memoria, las diferentes soluciones de ventilación propuestas se dividirán en tres alternativas:

1.1 Alternativa nº1: Económica

En esta alternativa se prioriza el precio de la instalación, buscando que sea la inversión más factible de acometer.

En esta alternativa se mantendrá la climatizadora actual de las aulas, y se corregirá el problema de la ventilación añadiendo un bypass al conducto flexible y entubando el circuito de retorno tal y como se describió en la Figura 81. Así, los trabajos que contemplan esta alternativa son:

- **Desmontaje de los conductos flexibles que iban a parar al climatizador/fancoil.** Durante las mediciones se comprobó que estos se encontraban desgastados, por lo que se decide cambiarlos por completo.
- **Montaje de rejillas de retorno.** Como se explicó anteriormente, se conducirá el retorno hasta el conducto del pasillo y para independizar climatización de ventilación se añadirá una nueva rejilla en las aulas.
- **Montaje de los nuevos conductos flexibles.** Unirán el conducto principal del pasillo con la salida del climatizador/fancoil (impulsión) y la rejilla de retorno con el conducto principal del pasillo (retorno).
- **Montaje de válvulas antirretorno.** Se colocarán al final del conducto flexible para impedir que el aire escape por otras vías.

Para asumir el coste de la mano de obra se tendrán en cuenta las horas de trabajo y unidades de montaje descritas en el apartado 2: Precios. Cambiar cada conducto flexible por otro (incluyendo la válvula antirretorno) se estima en un tiempo de duración de 1,5 horas.

Al tratarse de una tarea de complejidad mínima y no especializada, esta podría realizarse por el personal de mantenimiento del centro durante sus horas de trabajo, por lo que en ese caso sólo se consideraría el presupuesto de materiales.

1.2 Alternativa nº2: Intermedia

La alternativa anterior mantiene unos valores de caudal en las aulas actualmente ventiladas por debajo de los límites exigidos por la normativa actual, por lo que en esta alternativa se mantienen los mismos cambios que en la alternativa Nº1, pero se añadirá una nueva climatizadora para las aulas este. Las actividades que engloba esta alternativa, además de las mencionadas en la alternativa nº1:

- **Montaje e instalación de la UTA aulas este.** Aunque el precio de la UTA incluye el transporte, se deberá montar sobre la planta segunda y realizar toda la instalación eléctrica y térmica. Su precio se considerará el 25% del precio de la máquina.
- **Montaje de conductos.** Puesto que ahora circulará más caudal por los conductos principales de cada una de las plantas, se tuvieron que redimensionar algunos conductos, por lo que se debe considerar quitar los conductos no válidos y sustituirlos

por los nuevos. En el caso de los conductos de la UTA este, se deberán cambiar completamente.

- **Válvulas de regulación de caudal.** Dada la simultaneidad de las aulas no siempre están todas ocupadas, por lo que se deberá instalar válvulas de regulación a la entrada del conducto flexible que permitan regular el paso/cierre hacia el aula. Estas estarán controladas por el sensor de CO₂.
- **Sensor de CO₂.** Se utilizará el mismo sensor que los instalados en el programa sensorizar (Aranet4), pero no todas las aulas disponen de momento de él, por lo que los restantes se consideran en el presupuesto.

Para la mano de obra se aplican las horas de trabajo por actividad del apartado 2: Precios. En este caso, al tratarse de actividades específicas como montaje de conductos o instalación de la UTA, debería contratarse una empresa especializada.

1.3 Alternativa nº3 y nº4: Completa

La alternativa anterior permite ventilar adecuadamente las aulas que disponen de ventilación mecánica actual. Sin embargo, existen muchos más espacios en el edificio que deberían ser ventilados. Esta alternativa tiene en cuenta los sistemas de ventilación centralizados (climatizadoras) y descentralizados necesarios para ventilar TODOS los espacios del edificio. Dada la similitud de espacios en el Departamento de Ingeniería Mecánica, se considera para esta alternativa dos presupuestos: 1) Equipos de ventilación descentralizados para el DIM y 2) Climatizadora para DIM. Junto a los trabajos realizados en la alternativa nº2, se añade para la alternativa nº3:

- **Montaje e instalación de la UTA DIM (caso de utilizarse esa opción).** De nuevo, su precio será el 25% del coste de la máquina.
- **Montaje e instalación equipos descentralizados.** Incluye la perforación de la fachada para el montaje del equipo en el falso techo y su instalación eléctrica y programación.
- **Montaje de conductos equipos descentralizados.** Se instalarán conductos rectangulares tanto para impulsión como retorno, incluyendo en este caso la rejilla de retorno y compuertas de regulación de caudal.
- **Montaje de difusores.** En caso de que el caudal disponible en el difusor no sea suficiente para climatizar y ventilar el espacio, se instalará un nuevo difusor rotacional en el falso techo.
- **Montaje de fancoils.** En caso de que no se cumplan las cargas térmicas con la nueva carga de ventilación, se deberá sustituir el climatizador/fancoil por otro de mayor potencia. Incluirá desmontaje y montaje.

Para la mano de obra se aplican las horas de trabajo por actividad del apartado 2: Precios. De nuevo, al tratarse la instalación de tareas específicas se considera que sería necesario contratar una empresa especializada.

2. Precios

Estos se dividirán en precio de materiales y precio de mano de obra:

2.1 Materiales

Los fabricantes/proveedores de los que se han obtenido los precios son:

- **EVAIR**: UTAs (Aulas Este y DIM), equipos de ventilación descentralizados (REVAC y REVEC) y sus controles, y fancoils (FENCKH). Las UTAs se diseñaron personalizadas para el edificio y el resto de equipos son de catálogo.
- **SHACKO**: difusores rotacionales y reguladores de caudal. Se utilizarán los mismos difusores que los ya disponibles en el centro. Para los reguladores de caudal se han seleccionado aquellos que cuentan con actuador con señal externa. Obtenidos del catálogo de tarifas del fabricante.
- **DIRU**: rejillas de retorno. Empresa especializada en equipos de ventilación y climatización. Precio de tarifa del fabricante.
- **NOVATUB**: conductos rectangulares rígidos (con y sin aislamiento) y conductos flexibles. Para los tubos rectangulares, dado que hay varias secciones y el fabricante indica el precio por m^2 cada 1.500 m de conducto, se ha calculado el precio por m^3 de conducto. Obtenido del catálogo de tarifas del fabricante.
- **GONAL**: válvulas antirretorno. Se instalarán al final del conducto flexible. Precio de tarifa del fabricante.
- **ARANET4**: sensores de CO2 y condiciones ambientales. Se utilizarán los mismos que los instalados actualmente en el programa sensorizar. Precio disponible en amazon.

2.2 Mano de obra

A excepción de la UTA, cuyo coste de montaje se ha supuesto en un 25% el precio de la máquina, para el resto de actividades el precio de mano de obra se calculará multiplicando el precio de la mano de obra horario por las horas que se tardan en realizar cada trabajo. El precio de mano de obra horario se ha obtenido de la base de datos generadordeprixos [44] , que establece un total de 2 operarios para cada trabajo (un oficial y un ayudante), con un coste horario total de ambos trabajadores de 39,4 €/h.

La siguiente tabla muestra el tiempo realizado para cada actividad:

Actividad	Ud	hrs
Montaje e instalación equipos de ventilación descentralizados	Ud	6,00
Desmontaje + Montaje nuevos fancoils	Ud	4,00
Montaje e instalación de difusores	Ud	1,00
Montaje de rejillas de retorno	Ud	0,50
Montaje de compuertas de regulación	Ud	0,50
Desmontaje + montaje conductos flexibles (incluye válvula antirretorno)	Ud	1,50
Instalación del equipo de control	Ud	1,00
Desmontaje conductos principales ventilación	m	0,25
Montaje de conductos principales de ventilación	m	0,25
Montaje de conductos equipos de ventilación descentralizados	m	0,25

Tabla 69. Horas de trabajo para las actividades de obra. Fuente: Elab. propia.

3. Presupuestos desglosados

3.1 Alternativa nº1: Económica

PRESUPUESTO ALTERNATIVA Nº1						
Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio/Med (€)	Total (€)
1	Capítulo	Med	REJILLAS DE RETORNO			3.301,20
1.1	Partida	Ud	Rejilla de retorno 600 x 600 mm	35,00	94,32	3.301,20
			Rejilla para toma de aire fabricado en perfil de aluminio extruido. Medidas: 600 x 600 mm. Fabricante: DIRU			
2	Capítulo	Med	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN			1.772,27
2.1	Partida	m	Conducto flexible impulsión y retorno UTAs	362,40	3,80	1.377,12
			Conducto de ventilación, formado por tubo flexible de aluminio, poliéster y cable de acero en espiral, de 300 mm de diámetro. Incluye material auxiliar para conexión a conducto.			
2.2	Partida	Ud	Válvula antiretorno conducto flexible de impulsión	35,00	11,29	395,15
			Válvula antiretorno de PVC especial conducto de ventilación			
3	Capítulo	Med	MANO DE OBRA			4.826,50
3.1	Partida	hrs	Mano de obra	122,50	39,40	4.826,50
			Mano de obra que incluye: - Desmontaje de los antiguos conductos conductos flexibles de las aulas - Montaje de los nuevos conductos flexibles en impulsión y retorno - Montaje de las nuevas rejillas de retorno y válvulas antiretorno			

Tabla 70. Presupuesto Alternativa nº1. Fuente: Elab. propia.

Y el presupuesto desglosado por partidas:

PRESUPUESTO ALTERNATIVA Nº 1		
Nº	Capítulos	Precio (€)
1	REJILLAS DE RETORNO	3.301,20
2	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	1.772,27
3	MANO DE OBRA	4.826,50
PRESUPUESTO (IVA no incl.)		9.899,97

Tabla 71. Presupuesto nº1 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.

3.2 Alternativa nº2: Intermedia

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio/Med (€)	Total (€)
1	Capítulo	Med	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAs)			113.222,00
1.1	Partida	Ud	UTA para aulas zona ESTE	1,00	113.222,00	113.222,00
			Unidad de tratamiento de aire para la zona de las aulas del lado este del edificio. Fabricante EVAIR serie SMART. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 3.332 x 3.742 x 4.409 m. Peso total 4.217 kg. Caudal de impulsión de aire 50.000 m ³ /h. Cuenta con recuperador rotativo de condensación (ef. 73,20%), ventiladores plugfan EC, filtros M6 + F8, baterías de frío y calor de potencia total 220/150 kW. Incluye transporte.			
2	Capítulo	Med	REJILLAS DE RETORNO			3.301,20
2.1	Partida	Ud	Rejilla de retorno 600 x 600 mm	35,00	94,32	3.301,20
			Rejilla para toma de aire fabricado en perfil de aluminio extruido. Medidas: 600 x 600 mm. Fabricante: DIRU			
3	Capítulo	Med	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN			28.721,01
3.1	Partida	m3	Conducto principal de impulsión UTAs	129,10	13,47	1.738,98
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. Incluye aislamiento térmico interior adhesivo de espuma de polietileno de espesor 5 mm.			
3.2	Partida	m3	Conducto principal de retorno UTAs	136,71	9,80	1.339,76
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. No incluye aislamiento térmico.			
3.3	Partida	m	Conducto flexible impulsión y retorno UTAs	362,40	3,80	1.377,12
			Conducto de ventilación, formado por tubo flexible de aluminio, poliéster y cable de acero en espiral, de 300 mm de diámetro. Incluye material auxiliar para conexión a conducto.			
3.4	Partida	m	Válvula antiretorno conducto flexible de impulsión	35,00	11,29	395,15
			Válvula antiretorno de PVC especial conducto de ventilación			
3.5	Partida	m	Regulador de caudal	35,00	682,00	23.870,00
			Reguladores de caudal modelos VRAR (para conductos circulares) y VRAQ (para conductos rectangulares). Cuentan con sistemas de regulación de caudal Vmin (CERRADO) y Vmax (ABIERTO) que pueden accionarse a partir de señales externas.			
4	Capítulo	Med	ACCESORIOS			5.009,34
4.1	Partida	hrs	Sensor de CO2	21,00	238,54	5.009,34
			Sensor de medición de CO2 Aranet4. Permite monitorizar el CO2, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en ambientes interiores. Capaz de transmitir datos a través de forma inalámbrica hasta una plataforma web.			
5	Capítulo	Med	MANO DE OBRA			42.444,58
5.1	Partida	hrs	Mano de obra	358,86	39,40	42.444,58
			Mano de obra que incluye: - Desmontaje de los antiguos conductos conductos flexibles de las aulas - Montaje de los nuevos conductos flexibles en impulsión y retorno - Montaje de las nuevas rejillas de retorno, válvulas antiretorno y compuertas de regulación de caudal - Desmontaje de los antiguos conductos de ventilación en pasillo y montaje de los nuevos - Instalación UTA - Programación del sistema de control			

Tabla 72. Presupuesto Alternativa nº2. Fuente: Elab. propia.

Y el presupuesto desglosado por partidas:

PRESUPUESTO ALTERNATIVA Nº 2		
Nº	Capítulos	Precio (€)
1	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAs)	113.222,00
2	REJILLAS DE RETORNO	3.301,20
3	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	28.721,01
4	ACCESORIOS	5.009,34
5	MANO DE OBRA	42.444,58
PRESUPUESTO (IVA no incl.)		192.698,13

Tabla 73. Presupuesto nº2 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.

3.3 Alternativa nº3: Completa (DIM: descentralizados)

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio/Med (€)	Total (€)
1	Capítulo	Med	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAs)			113.222,00
1.1	Partida	Ud	UTA para aulas zona ESTE	1,00	113.222,00	113.222,00
			Unidad de tratamiento de aire para la zona de las aulas del lado este del edificio. Fabricante EVAIR serie SMART. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 3.332 x 3.742 x 4.409 m. Peso total 4.217 kg. Caudal de impulsión de aire 50.000 m3/h. Cuenta con recuperador rotativo de condensación (ef. 73,20%), ventiladores plugfan EC, filtros M6 + F8, baterías de frío y calor de potencia total 220/150 kW. Incluye transporte.			
2	Capítulo	Med	RECUPERADORES DESCENTRALIZADOS			312.820,00
2.1	Partida	Ud	REVAC-500	10,00	2.235,00	22.350,00
			Recuperador de varias velocidades REVAC-500. Fabricante EVAIR serie REVAC. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 1.100 x 1.050 x 370 mm. Peso 74 kg. Caudal nominal 500 m3/h. Cuenta con un recuperador de calor de placas (ef. 78,2%) y un ventilador de regulación de velocidad AC. Consumo 250 W. No incluye batería de frío/calor.			
2.2	Partida	Ud	REVAC 900	49,00	2.710,00	132.790,00
			Recuperador de varias velocidades REVAC-900. Fabricante EVAIR serie REVAC. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 1.200 x 1.150 x 430 mm. Peso 91 kg. Caudal nominal 900 m3/h. Cuenta con un recuperador de calor de placas (ef. 76,3%) y un ventilador de regulación de velocidad AC. Consumo 500 W. No incluye batería de frío/calor.			
2.3	Partida	Ud	REVEC 950	16,00	3.480,00	55.680,00
			Recuperador de varias velocidades REVEC-950. Fabricante EVAIR serie REVEC. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 1.200 x 1.150 x 430 mm. Peso 90 kg. Caudal nominal 950 m3/h. Cuenta con un recuperador de calor de placas (ef. 76%) y un ventilador de regulación de velocidad EC. Consumo 340 W. No incluye batería de frío/calor.			
2.4	Partida	Ud	Control Avanzado recuperadores	75,00	1.360,00	102.000,00
			Control avanzado para los recuperadores descentralizados. Incluye a parte del control básico: Panel de control con display a color y posible instalación remota, Velocidad de ventiladores ajustable 0-10V externa, Regulación de caudal manual o automática, programación horaria, Posibilidad de incorporar sensores de calidad de aire, CO2, VOC y humedad, Opción de utilizar sistemas de regulación de caudal/presión constante, Posibilidad de desbalancear caudales de impulsión y retorno, ON/OFF externo para control remoto de arranque, Función booster activada mediante contacto externo, solicitud de usuario en display o sensor de presencia, Función antifuego y Alarma de ventiladores, filtros y máquina.			
3	Capítulo	Med	FANCOILS			15.510,00
3.1	Partida	Ud	FANCOIL TECHO FENCKH-11	1,00	860,00	860,00
			Fancoil de conducto a 2 tubos FENCKH-11. Fabricante EVAIR serie FENCKH. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 620 x 900 x 275 mm. Peso 29,5 kg. Caudal nominal 990 m3/h. Potencia frigorífica total 6,68 kW y calorífica 6,42 kW. Cuenta con filtros G3-M1 y un ventilador centrífugo. Consumo 184 W.			
3.2	Partida	Ud	FANCOIL TECHO FENCKH-17	11,00	920,00	10.120,00
			Fancoil de conducto a 2 tubos FENCKH-17. Fabricante EVAIR serie FENCKH. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 620 x 1100 x 275 mm. Peso 36 kg. Caudal nominal 1680 m3/h. Potencia frigorífica total 9,98 kW y calorífica 9,59 kW. Cuenta con filtros G3-M1 y un ventilador centrífugo. Consumo 340 W.			
3.3	Partida	Ud	FANCOIL TECHO FENCKH-32	3,00	1.510,00	4.530,00
			Fancoil de conducto a 2 tubos FENCKH-32. Fabricante EVAIR serie FENCKH. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 620 x 1900 x 275 mm. Peso 65,5 kg. Caudal nominal 2.825 m3/h. Potencia frigorífica total 18,36 kW y calorífica 17,60 kW. Cuenta con filtros G3-M1 y un ventilador centrífugo. Consumo 560 W.			
4	Capítulo	Med	DIFUSORES ROTACIONALES			19.486,52
4.1	Partida	Ud	DIFUSOR SCHAKO DQJ-SQ 500	36,00	345,00	12.420,00
			Difusor rotacional de techo SCHAKO DQJ-SQ 500. Fabricante SCHAKO serie DQJ. Placa frontal cuadrada con disposición cuadrada de lamas especial para utilización bajo falso techo. Dimensiones (longitud x ancho): 498 x 498 mm. Caudal máximo de aire 1.000 m3/h.			
4.2	Partida	Ud	DIFUSOR SCHAKO DRT-620	14,00	177,98	2.491,72
			Difusor rotacional de techo SCHAKO DRT-620. Fabricante SCHAKO serie DRT. Placa frontal cuadrada con disposición cuadrada de lamas especial para utilización bajo falso techo. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 592 x 592 x 351 mm. Caudal máximo de aire 560 m3/h.			
4.3	Partida	Ud	DIFUSOR SCHAKO DRT-630	20,00	228,74	4.574,80
			Difusor rotacional de techo SCHAKO DRT-630. Fabricante SCHAKO serie DRT. Placa frontal cuadrada con disposición cuadrada de lamas especial para utilización bajo falso techo. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 592 x 592 x 351 mm. Caudal máximo de aire 790 m3/h.			
5	Capítulo	Med	REJILLAS DE RETORNO			11.861,18
5.1	Partida	Ud	Rejilla de retorno 600 x 600 mm	35,00	94,32	3.301,20
			Rejilla para toma de aire fabricado en perfil de aluminio extruido. Medidas: 600 x 600 mm. Fabricante: DIRU			
5.2	Partida	Ud	Rejilla de retorno 600 x 300 mm	146,00	58,63	8.559,98
			Rejilla para toma de aire fabricado en perfil de aluminio extruido. Medidas: 600 x 300 mm. Fabricante: DIRU			
6	Capítulo	Med	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN			91.932,57
6.1	Partida	m3	Conducto principal de impulsión UTAs	129,10	13,47	1.738,98
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. Incluye aislamiento térmico interior adhesivo de espuma de polietileno de espesor 5 mm.			
6.2	Partida	m3	Conducto principal de retorno UTAs	136,71	9,80	1.339,76
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. No incluye aislamiento térmico.			
6.3	Partida	m3	Conducto de impulsión equipos de ventilación descentralizados	19,68	13,47	265,09
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. Incluye aislamiento térmico interior adhesivo de espuma de polietileno de espesor 5 mm.			
6.4	Partida	m3	Conducto de retorno equipos de ventilación descentralizados	20,66	9,80	202,47
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. No incluye aislamiento térmico.			
6.5	Partida	m	Conducto flexible impulsión y retorno UTAs	362,40	3,80	1.377,12
			Conducto de ventilación, formado por tubo flexible de aluminio, poliéster y cable de acero en espiral, de 300 mm de diámetro. Incluye material auxiliar para conexión a conducto.			
6.6	Partida	m	Válvula antiretorno conducto flexible de impulsión	35,00	11,29	395,15
			Válvula antiretorno de PVC especial conducto de ventilación			
6.7	Partida	m	Regulador de caudal	127,00	682,00	86.614,00
			Reguladores de caudal modelos VRAR (para conductos circulares) y VRAQ (para conductos rectangulares). Cuentan con sistemas de regulación de caudal Vmin (CERRADO) y Vmax (ABIERTO) que pueden accionarse a partir de señales externas.			

7	Capítulo	Med	ACCESORIOS			44.845,52
7.1	Partida	hrs	Sensor de CO2	188,00	238,54	44.845,52
			Sensor de medición de CO2 Aranet4. Permite monitorizar el CO2, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en ambientes interiores. Capaz de transmitir datos a través de forma inalámbrica hasta una plataforma web.			
8	Capítulo	Med	MANO DE OBRA			81.567,60
8.1	Partida	hrs	Mano de obra	1351,83	39,40	81.567,60
			Mano de obra que incluye:			
			- Desmontaje de los antiguos conductos conductos flexibles de las aulas			
			- Montaje de los nuevos conductos flexibles en impulsión y retorno			
			- Montaje de las nuevas rejillas de retorno, valvulas antirretorno y compuertas de regulación			
			- Desmontaje de los antiguos conductos de ventilación en pasillo y montaje de los nuevos (UTAS y descentralizados)			
			- Instalación UTA			
			- Programación del sistema de control			
			- Instalación de equipos de ventilación descentralizados			
			- Instalación de fancoils y difusores			

Tabla 74. Presupuesto Alternativa nº3. Fuente: Elab. propia.

Y el presupuesto desglosado por partidas:

PRESUPUESTO ALTERNATIVA Nº 3		
Nº	Capítulos	Precio (€)
1	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAs)	113.222,00
2	RECUPERADORES DESCENTRALIZADOS	312.820,00
3	FANCOILS	15.510,00
4	DIFUSORES ROTACIONALES	19.486,52
5	REJILLAS DE RETORNO	11.861,18
6	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	91.932,57
7	ACCESORIOS	44.845,52
8	MANO DE OBRA	81.567,60
PRESUPUESTO (IVA no incl.)		691.245,39

Tabla 75. Presupuesto nº3 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.

3.4 Alternativa nº4: Completa (DIM: climatizadora)

Código	Tipo	Ud	Resumen	Cantidad	Precio/Med (€)	Total (€)
1	Capítulo	Med	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAs)			163.087,00
1.1	Partida	Ud	UTA para aulas zona ESTE	1,00	113.222,00	113.222,00
			Unidad de tratamiento de aire para la zona de las aulas del lado este del edificio. Fabricante EVAIR serie SMART. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 3.332 x 3.742 x 4.409 m. Peso total 4.217 kg. Caudal de impulsión de aire 50.000 m3/h. Cuenta con recuperador rotativo de condensación (ef. 73,20%), ventiladores plugfan EC, filtros M6 + F8, baterías de frío y calor de potencia total 220/150 kW. Incluye transporte.			
1.2	Partida	Ud	UTA para aulas zona DIM	1,00	49.865,00	49.865,00
			Unidad de tratamiento de aire para la zona de los Departamentos de Ingeniería Mecánica (Laboratorios y Despachos PB, P1 y P2). Fabricante EVAIR serie SMART. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 3.182 x 2.682 x 2.582 m. Peso total 1.874 kg. Caudal de impulsión de aire 20.000 m3/h. Cuenta con recuperador rotativo de condensación (ef. 74%), ventiladores plugfan EC, filtros M6 + F8, baterías de frío y calor de potencia total 85/59 kW. Incluye transporte.			
2	Capítulo	Med	RECUPERADORES DESCENTRALIZADOS			193.570,00
2.1	Partida	Ud	REVAC-500	4,00	2.235,00	8.940,00
			Recuperador de varias velocidades REVAC-500. Fabricante EVAIR serie REVAC. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 1.100 x 1.050 x 370 mm. Peso 74 kg. Caudal nominal 500 m3/h. Cuenta con un recuperador de calor de placas (ef. 78,2%) y un ventilador de regulación de velocidad AC. Consumo 250 W. No incluye batería de frío/calor.			
2.2	Partida	Ud	REVAC 900	25,00	2.710,00	67.750,00
			Recuperador de varias velocidades REVAC-900. Fabricante EVAIR serie REVAC. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 1.200 x 1.150 x 430 mm. Peso 91 kg. Caudal nominal 900 m3/h. Cuenta con un recuperador de calor de placas (ef. 76,3%) y un ventilador de regulación de velocidad AC. Consumo 500 W. No incluye batería de frío/calor.			
2.3	Partida	Ud	REVEC 950	16,00	3.480,00	55.680,00
			Recuperador de varias velocidades REVEC-950. Fabricante EVAIR serie REVEC. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 1.200 x 1.150 x 430 mm. Peso 90 kg. Caudal nominal 950 m3/h. Cuenta con un recuperador de calor de placas (ef. 76%) y un ventilador de regulación de velocidad EC. Consumo 340 W. No incluye batería de frío/calor.			
2.6	Partida	Ud	Control Avanzado recuperadores	45,00	1.360,00	61.200,00
			Control avanzado para los recuperadores descentralizados. Incluye a parte del control básico: Panel de control con display a color y posible instalación remota, Velocidad de ventiladores ajustable 0-10V externa, Regulación de caudal manual o automática, programación horaria, Posibilidad de incorporar sensores de calidad de aire, CO2, VOC y humedad, Opción de utilizar sistemas de regulación de caudal/presión constante, Posibilidad de desbalancear caudales de impulsión y retorno, ON/OFF externo para control remoto de arranque, Función booster activada mediante contacto externo, solicitud de usuario en display o sensor de presencia, Función antifuego y Alarma de ventiladores, filtros y máquina.			
3	Capítulo	Med	FANCOILS			15.510,00
3.1	Partida	Ud	FANCOIL TECHO FENCKH-11	1,00	860,00	860,00
			Fancoil de conducto a 2 tubos FENCKH-11. Fabricante EVAIR serie FENCKH. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 620 x 900 x 275 mm. Peso 29,5 kg. Caudal nominal 990 m3/h. Potencia frigorífica total 6,68 kW y calorífica 6,42 kW. Cuenta con filtros G3-M1 y un ventilador centrífugo. Consumo 184 W.			
3.2	Partida	Ud	FANCOIL TECHO FENCKH-17	11,00	920,00	10.120,00
			Fancoil de conducto a 2 tubos FENCKH-17. Fabricante EVAIR serie FENCKH. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 620 x 1100 x 275 mm. Peso 36 kg. Caudal nominal 1680 m3/h. Potencia frigorífica total 9,98 kW y calorífica 9,59 kW. Cuenta con filtros G3-M1 y un ventilador centrífugo. Consumo 340 W.			
3.3	Partida	Ud	FANCOIL TECHO FENCKH-32	3,00	1.510,00	4.530,00
			Fancoil de conducto a 2 tubos FENCKH-32. Fabricante EVAIR serie FENCKH. Dimensiones (longitud x ancho x alto) 620 x 1900 x 275 mm. Peso 65,5 kg. Caudal nominal 2.825 m3/h. Potencia frigorífica total 18,36 kW y calorífica 17,60 kW. Cuenta con filtros G3-M1 y un ventilador centrífugo. Consumo 560 W.			
4	Capítulo	Med	DIFUSORES ROTACIONALES			14.072,58
4.1	Partida	Ud	DIFUSOR SCHAKO DQJ-SQ 500	36,00	345,00	12.420,00
			Difusor rotacional de techo SCHAKO DQJ-SQ 500. Fabricante SCHAKO serie DQJ. Placa frontal cuadrada con disposición cuadrada de lamas especial para utilización bajo falso techo. Dimensiones (longitud x ancho): 498 x 498 mm. Caudal máximo de aire 1.000 m3/h.			
4.2	Partida	Ud	DIFUSOR SCHAKO DRT-620	8,00	177,98	1.423,84
			Difusor rotacional de techo SCHAKO DRT-620. Fabricante SCHAKO serie DRT. Placa frontal cuadrada con disposición cuadrada de lamas especial para utilización bajo falso techo. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 592 x 592 x 351 mm. Caudal máximo de aire 560 m3/h.			
4.3	Partida	Ud	DIFUSOR SCHAKO DRT-630	1,00	228,74	228,74
			Difusor rotacional de techo SCHAKO DRT-630. Fabricante SCHAKO serie DRT. Placa frontal cuadrada con disposición cuadrada de lamas especial para utilización bajo falso techo. Dimensiones (longitud x ancho x alto): 592 x 592 x 351 mm. Caudal máximo de aire 790 m3/h.			
5	Capítulo	Med	REJILLAS DE RETORNO			11.861,18
5.1	Partida	Ud	Rejilla de retorno 600 x 600 mm	35,00	94,32	3.301,20
			Rejilla para toma de aire fabricado en perfil de aluminio extruido. Medidas: 600 x 600 mm. Fabricante: DIRU			
5.2	Partida	Ud	Rejilla de retorno 600 x 300 mm	146,00	58,63	8.559,98
			Rejilla para toma de aire fabricado en perfil de aluminio extruido. Medidas: 600 x 300 mm. Fabricante: DIRU			

6	Capítulo	Med	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN				103.031,65
6.1	Partida	m3	Conducto principal de impulsión UTAs	164,00	13,47	2.209,08	
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. Incluye aislamiento térmico interior adhesivo de espuma de polietileno de espesor 5 mm.				
6.2	Partida	m3	Conducto principal de retorno UTAs	174,02	9,80	1.705,40	
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. No incluye aislamiento térmico.				
6.1	Partida	m3	Conducto de impulsión equipos de ventilación descentralizados	10,92	13,47	147,09	
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. Incluye aislamiento térmico interior adhesivo de espuma de polietileno de espesor 5 mm.				
6.2	Partida	m3	Conducto de retorno equipos de ventilación descentralizados	11,47	9,80	112,41	
			Conducto de chapa galvanizada de 0,6 mm de espesor y juntas transversales con vaina deslizante tipo bayoneta. No incluye aislamiento térmico.				
6.3	Partida	m	Conducto flexible impulsión y retorno UTAs	605,40	3,80	2.300,52	
			Conducto de ventilación, formado por tubo flexible de aluminio, poliéster y cable de acero en espiral, de 300 mm de diámetro. Incluye material auxiliar para conexión a conducto.				
6.4	Partida	m	Válvula antiretorno conducto flexible de impulsión	35,00	11,29	395,15	
			Válvula antiretorno de PVC especial conducto de ventilación				
6.5	Partida	m	Regulador de caudal	141,00	682,00	96.162,00	
			Reguladores de caudal modelos VRAR (para conductos circulares) y VRAQ (para conductos rectangulares). Cuentan con sistemas de regulación de caudal Vmin (CERRADO) y Vmax (ABIERTO) que pueden accionarse a partir de señales externas.				
7	Capítulo	Med	ACCESORIOS				44.845,52
7.1	Partida	hrs	Sensor de CO2	188,00	238,54	44.845,52	
			Sensor de medición de CO2 Aranet4. Permite monitorizar el CO2, temperatura, humedad relativa y presión atmosférica en ambientes interiores. Capaz de transmitir datos a través de forma inalámbrica hasta una plataforma web.				
8	Capítulo	Med	MANO DE OBRA				86.357,94
8.1	Partida	hrs	Mano de obra	1157,01	39,40	86.357,94	
			Mano de obra que incluye: - Desmontaje de los antiguos conductos conductos flexibles de las aulas - Montaje de los nuevos conductos flexibles en impulsión y retorno - Montaje de las nuevas rejillas de retorno, válvulas antirretorno y compuertas de regulación - Desmontaje de los antiguos conductos de ventilación en pasillo y montaje de los nuevos (UTAS y descentralizados) - Instalación UTA - Programación del sistema de control - Instalación de equipos de ventilación descentralizados - Instalación de fancoils y difusores				

Tabla 76. Presupuesto Alternativa nº4. Fuente: Elab. propia.

Y el presupuesto desglosado por partidas:

PRESUPUESTO ALTERNATIVA Nº 4		
Nº	Capítulos	Precio (€)
1	UNIDADES DE TRATAMIENTO DE AIRE (UTAs)	163.087,00
2	RECUPERADORES DESCENTRALIZADOS	193.570,00
3	FANCOILS	15.510,00
4	DIFUSORES ROTACIONALES	14.072,58
5	REJILLAS DE RETORNO	11.861,18
6	CONDUCTOS DE VENTILACIÓN	103.031,65
7	ACCESORIOS	44.845,52
8	MANO DE OBRA	86.357,94
PRESUPUESTO (IVA no incl.)		632.335,87

Tabla 77. Presupuesto nº4 desglosado por partidas. Fuente: Elab. propia.

ANEXO 10

FICHAS TÉCNICAS DE LAS CLIMATIZADORAS

Anexo 10: Fichas técnicas de las climatizadoras

- Ficha técnica 1: UTA actual de las aulas
- Ficha técnica 2: UTA aulas zona este
- Ficha técnica 3: UTA del Departamento de Ingeniería Mecánica (DIM)

EVAIR SMART AIR SOLUTIONS Evair Technical-Commercial Department Buenos Aires, 8 ES 50198 La Muela (Zaragoza) Tel.: +34 976 909 868	Propuesta	PRY_1489_21
	Fecha	09/09/2021
	Proyecto	UTA CLASES BETANCOURT
	Posición	CL-01-OLD
	LV-Posición	CON VENTILADORES VIEJOS
	Cantidad	1
	Fecha de impr	09/09/2021
	Colaborador	www.evair.es
	Oficina / Conta	Info@evair.es
		Versión de Soft. 3.20.200



INFORMACIÓN GENERAL

Serie SMART

CARACTERÍSTICAS MB (EN-1886)

Resist. mecánica (-1000/+1000 Pa) D2/D2(M)

Estanqueidad (-400/+700 Pa) L1/L1(M)

Derivación en filtros F9

Transmitancia térmica T2

Puente térmico TB4

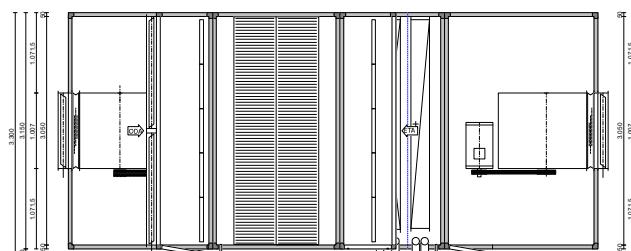
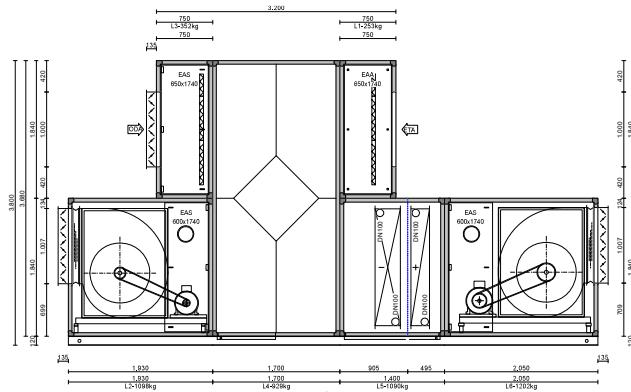


Densidad del aire [kg/m³]	1,20
SFPint (Vent. Comp.) [w/(m³/s)]	934
Peso total [kg]	-4.924
Temp. de diseño exterior (invierno) [°C]	-3,00
Ratio de mezcla (RCA/SUP)	
Unidad (Reglamento UE 1253/2014)	NRVU;BVU
Tipo de accionamiento	-
Max. SFP int. [w/(m³/s)]	610
Min. Thermal efficiency [%]	73
Min./Max. Temperatura-Humedad Relativa [°C-%]	-20-0/40-50
Specific fan power rating, SFPv [w/(m³/s)]	3,089



* Según Configuración Base. (Reg. 1253/2014)

**Energy label class designed for wet conditions.



La pérdida de carga de filtros en este informe se fija según norma UNE 13053. La pérdida de carga final (mostrada) ha de ser respetada para asegurar el rendimiento y la eficiencia energética de la unidad.

Projecto Nr.:	PRY_1489_21
Dibujo:	CL-01-OLD
Posición:	CL-01-OLD
Responsable:	
Pieza:	6
Fecha:	15/09/2021
Página:	2 / 8

Aire de impulsión

Definición de la unidad						
Presión externa [Pa]	500	Espesor	Mineralwool 50	45,0 mm	Largo [mm]	5.900,0
Presión total [Pa]	1.451	Panel interno	Galvanizado	0,50 mm	Ancho [mm]	3.150,0
Class DIN EN 13053	V3	Panel externo	Galvanizado pintado	1,00 mm	Altura [mm]	1.840,0
Ext. leakage -400 Pa (RU-EN 1886) [%]	L3(R)	Panel interno (suelo)	Galvanizado	1,00 mm	Peso [kg]	~3.573,0
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	L3(R)	Perfiles	Aluminio			
Max. Fuga interna [%]	0,10	Mat. Interior	Galvanizado			
Construcción de la unidad P 150-45						

Filtro	Aire de impulsión	750,0 mm	10,23 m2	352,00 kg	133 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	48,0		
Tipo	ECOPLEAT-M5-48	Superficie de filtro [m2]	66,00		
Clase	M5	Celdas Pzs x Tamaño	10 x 592,0 x 592,0		
PdC Limpio [Pa]	74		5 x 592,0 x 292,0		
PdC Diseño [Pa]	124				
PdC Sucio [Pa]	174				
Caudal [m³/h]	36.000				
Clasif. energética de filtro					
Filter class (EN-16890)	ePM10 60%				
Puerta con bisagras y cierres		Dimensiones [mm]	650,0 x 1.740,0		
Compuerta		Dimensiones [mm]	3.050,0 x 1.000,0 x 135,0		
Accionamiento por	Eje libre				
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	3,28		
Torque [Nm]	14,950	Pérdida de carga [Pa]	9		
				Marco Aluminio	
				Lamas Aluminio	
				Tipo Class 3 - Al	
Toma de medición	1	Set			



Projecto Nr.: PRY_1489_21
 Dibujo: CL-01-OLD
 Posición: CL-01-OLD
 Responsable:
 Pieza: 6
 Fecha: 15/09/2021
 Página: 3 / 8

Recuperador de placas - Diagonal		Aire de impulsión	1.700,0 mm	23,22 m2	929,00 kg	357 Pa
Modelo FE AL 08 N 1520 C 1 AE SM X2						
Modo de calentamiento Modo de enfriamiento						
Impulsión [m³/h]	36.000	Dp [Pa]	314	Impulsión [m³/h]	36.000	Dp [Pa] 357
Entrada [°C]	-3,00	Humed. [%]	89,0	Entrada [°C]	36,20	Humed. [%] 28,4
Salida [°C]	9,50	Humed. [%]	36,0	Salida [°C]	30,60	Humed. [%] 39,0
Extracción [m³/h]	27.300	Dp [Pa]	205	Extracción [m³/h]	27.300	Dp [Pa] 216
Entrada [°C]	21,00	Humed. [%]	50,0	Entrada [°C]	24,00	Humed. [%] 50,0
Salida [°C]	8,20	Humed. [%]	94,0	Salida [°C]	31,40	Humed. [%] 32,0
Capacidad [kW]	150,63	Capacidad [kW]		67,67		
Acua condensada [kg/h]	45,25					
Ef. en Temp. Flujo seco balanceado [	52,40	Número de int.	1			
Ef. en Temperatura, EN 308 [%]	52,40	Bypass	Sin			
Ef. en Temp. Seco (Calor) [%]	60,7	Temp. de congelación [°C]	0,00			
Ef. en Temp. Humedo (Calor) [%]	68,7	Clase energética	H4			
Ef. en Temp. Seco (Frio) [%]	60,7	Material exchanger	AL			
Ef. en Temp. Húmedo (Frio) [%]	60,7					
Bandeja de condensados		Calidad	Galvanizado	Conexión de drenaje 1 0/0"		
Los módulos de dimensión superior a 2500 mm serán suministrados en varias secciones						

Enfriamiento		Aire de impulsión	905,0 mm	9,03 m2	670,00 kg	197 Pa		
H2O / Glicol								
Caudal [m³/h]	36.000			Fluido	Agua			
Velocidad del aire [m/s]	2,29			Caudal de fluido [l/s]	13,4300			
Aire de entrada [°C]	30,60	Humedad [%]	39,0	Velocidad del fluido [m/s]	1,03			
Aire de salida [°C]	12,98	Humedad [%]	92,5	Fluido de entrada [°C]	7,00			
Capacidad total [kW]	281,90			Fluido de salida [°C]	12,00			
Capacidad sensible [kW]	214,24			Pérdida de carga del fluido [kPa]	22,59			
Perda de pres.del aire [Pa]	197	Seco [Pa]	138	Volumen Int. [l]	186,000			
				SHR	0,76			
Cu-Al-FeZn P40AR 7R-39T-2800A-2.0pa 68C 4" (.11-.4-2)		Materiales:						
Filas	7	Aletas		Aluminio				
Circuitos	68	Filas		Cobre				
Separación de aletas [mm]	2,00	Colector		Cobre				
Conexión entrada	DN 100	Marco		Galvanizado				
Conexión salida	DN 100	Protección de la aleta		-				
Bandeja de condensados		Calidad	Acero inoxidable 304	Conexión de drenaje 1 0/0"				

Calentamiento		Aire de impulsión	495,0 mm	4,94 m2	420,00 kg	58 Pa		
H2O / Glicol								
Caudal [m³/h]	36.000			Fluido	Agua			
Velocidad del aire [m/s]	2,30			Caudal de fluido [l/s]	13,7900			
Aire de entrada [°C]	9,50	Humedad [%]		Velocidad del fluido [m/s]	1,10			
Aire de salida [°C]	33,00	Humedad [%]		Fluido de entrada [°C]	45,00			
Potencia [kW]	285,45			Fluido de salida [°C]	40,00			
Perda de pres.del aire [Pa]	58			Pérdida de carga del fluido [kPa]	11,42			
				Volumen Int. [l]	131,600			
Cu-Al-FeZn P60AC 5R-26T-2785A-2.0pa 65C 2x4" (.11-.4-1.5)		Materiales:						
Filas	5	Circuitos		Aluminio				
Separación de aletas [mm]	2,00	Filas		Cobre				
Conexión entrada	DN 100	Colector		Cobre				
Posición de la conexión	Straight, standard		Marco	Galvanizado				
Número de int. Alt/Anch	1 / 1			-				
Bandeja de condensados		Calidad	Acero inoxidable 304	Conexión de drenaje 1 0/0"				



Projecto Nr.: PRY_1489_21
 Dibujo: CL-01-OLD
 Posición: CL-01-OLD
 Responsable:
 Pieza: 6
 Fecha: 15/09/2021
 Página: 5 / 8

Ventilador accionado por poleas		Aire de impulsión	2.050,0 mm	25,24 m ²	1.202,00 kg	206 Pa					
INFORMACIÓN DEL VENTIL											
Ventilador	1xRDH 800 K	Motor	1xM3BP180MLB3GBP-4								
Proveedor	Nicotra/Gebhardt	Protección	IP55								
Caudal [m ³ /h]	36.000	Clase de aislamiento	F								
Internal pressure [Pa]	745	Potencia [kW]	22,000								
Presión adicional [Pa]	104	RPM [1/min]	1.480								
Presión externa [Pa]	500	Corriente +5% [A]	41,50								
Presión dinámica [Pa]	102	Tensión	3x400 V / 50 Hz / D								
Presión estática total	1245	Eficiencia	93,3								
Presión total [Pa]	1.451										
RPM [1/m]	1.186										
Eficiencia del ventilador [%]	82										
Potencia en el eje [kW]	1x17,700	El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador									
INFORMACIÓN DEL SISTEM											
Potencia absorbida (Selección) [kW]	20,180	Ventilador con pol	SPB250	Conector	3020-50						
Potencia específica (Selección) [w/(m ³ /s)]	2.018 SFP4	Polea del motor	SPB200	Conector	2517-48						
Potencia absorbida (Validación) [kW]	18,060	Correa [mm]	3 x 2.650,0								
Potencia específica (Validación) [w/(m ³ /s)]	1.806 SFP4	Distancia del eje [	972,0							
Banda de octavas. Nivel de potencia sonora [dB]											
Frc. Hz	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000										
Aspiración	93,0 92,0 96,0 89,0 85,0 82,0 76,0 72,0										
Salida	95,0 94,0 95,0 93,0 90,0 84,0 77,0 72,0										
Potencia sonora [dB(A)]	94,6										
Puerta con bisagras y cierres		Dimensiones [mm]		600,0 x 1.740,0							
Compuerta											
Accionamiento por		Eje libre		Dimensiones [mm]							
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	9,86	Marco	Aluminio						
Torque [Nm]	5,040	Pérdida de carga [Pa]		Lamas	Aluminio						
Mirilla		Circular		Tipo							
		Diámetro [mm]		Class 3 - AI							
Cálculo del nivel sonoro											
Potencia sonora [dB]											
Frc. Hz	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000										
				Suma [dB(A)]							
Aspiración	93,0 88,0 79,0 72,0 66,0 58,0 46,0 46,0			76,4							
Salida	95,0 94 95 93,0 90,0 84,0 77,0 72,0			94,6							
Carcasa	87,0 77,0 74,0 64,0 61,0 59,0 53,0 40,0			69,9							
Nivel de presión sonora [dB]											
Frc. Hz	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000			Suma [dB(A)]	Punto de medición	2 m Distancia					
Aspiración	79,0 74,0 65,0 58,0 52,0 44,0 32,0 32,0			62,4							
Salida	81,0 80,0 81,0 79,0 76,0 70,0 63,0 58,0			80,6							
Carcasa	73,0 63,0 60,0 50,0 47,0 45,0 39,0 26,0			55,9							
Tolerancia +/- 4 dB											

Projecto Nr.: PRY_1489_21	Dibujo: CL-01-OLD	Posición: CL-01-OLD	Responsable:	Pieza: 6	Fecha: 15/09/2021	Página: 6 / 8
Aire de extracción						

Definición de la unidad						
Presión externa [Pa]	500	Espesor	Mineralwool 50	45,0 mm	Largo [mm]	4.380,0
Presión total [Pa]	943	Panel interno	Galvanizado	0,50 mm	Ancho [mm]	3.150,0
Class DIN EN 13053	V1	Panel externo	Galvanizado pintado	1,00 mm	Altura [mm]	1.840,0
Ext. leakage -400 Pa (RU-EN 1886) [%]	L3(R)	Panel interno (suelo)	Galvanizado	1,00 mm	Peso [kg]	~1.351,0
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	L3(R)	Perfiles	Aluminio			
Max. Fuga interna [%]	0,10	Mat. Interior	Galvanizado			
Construcción de la unidad P 150-45						
Filtro	Aire de extracción	750,0 mm	10,23 m ²	253,00 kg	108 Pa	
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]		48,0		
Tipo	ECOPLEAT-M5-48	Superficie de filtro [m ²]		66,00		
Clase	M5	Celdas Pzs x Tamaño		10 x 592,0 x 592,0		
PdC Limpio [Pa]	58	5 x 592,0 x 292,0				
PdC Diseño [Pa]	108					
PdC Sucio [Pa]	158					
Caudal [m ³ /h]	27.300					
Clasif. energética de filtro						
Filter class (EN-16890)	ePM10 60%					
Puerta extraíble		Dimensiones [mm]		650,0 x 1.740,0		
Toma de medición		1 Set				
Recuperador de placas - Diagonal		Aire de extracción	1.700,0 mm	23,22 m ²	929,00 kg	357 Pa



Projecto Nr.: PRY_1489_21
 Dibujo: CL-01-OLD
 Posición: CL-01-OLD
 Responsable:
 Pieza: 6
 Fecha: 15/09/2021
 Página: 7 / 8

Ventilador accionado por poleas		Aire de extracción	1.930,0 mm	24,04 m ²	1.098,00 kg	119 Pa														
INFORMACIÓN DEL VENTIL																				
INFORMACIÓN DE MOTOR																				
Ventilador	1xRDH 800 K	Motor	1xM3BP160MLA3GBP-4																	
Proveedor	Nicotra/Gebhardt	Protección	IP55																	
Caudal [m ³ /h]	27.300	Clase de aislamiento	F																	
Internal pressure [Pa]	324	Potencia [kW]	11,000																	
Presión adicional [Pa]	61	RPM [1/min]	1.473																	
Presión externa [Pa]	500	Corriente +5% [A]	20,40																	
Presión dinámica [Pa]	58	Tensión	3x400 V / 50 Hz / D																	
Presión estática total	824	Eficiencia	92,2																	
Presión total [Pa]	943																			
RPM [1/m]	949																			
Eficiencia del ventilador [%]	81																			
Potencia en el eje [kW]	1x8,810																			
El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador																				
INFORMACIÓN DEL SISTEM																				
Potencia absorbida (Selección) [kW]	10,390	Ventilador con pol	SPZ160	Conector	2517-50															
Potencia específica (Selección) [w/(m ³ /s)]	1.370	Polea del motor	SPZ100	Conector	2012-42															
Potencia absorbida (Validación) [kW]	9,730	Correa [mm]	5 x 2.360,0																	
Potencia específica (Validación) [w/(m ³ /s)]	1.283	Distancia del eje [	975,0																
Banda de octavas. Nivel de potencia sonora [dB]																				
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000												
Aspiración	89,0	90,0	89,0	83,0	80,0	76,0	70,0	66,0												
Salida	90,0	90,0	90,0	88,0	83,0	77,0	71,0	66,0												
Potencia sonora [dB(A)]	88,8																			
Puerta con bisagras y cierres			Dimensiones [mm]				600,0 x 1.740,0													
Compuerta			Dimensiones [mm]				1.007,0 x 1.007,0 x 135,0													
Accionamiento por	Eje libre		Velocidad del aire [m/s]		7,48		Marco	Aluminio												
Ctd. Cierres	1		Pérdida de carga [Pa]				Lamas	Aluminio												
Torque [Nm]	5,040						Tipo	Class 3 - AI												
Minilla	Circular		Diámetro [mm]				218,0													
Cálculo del nivel sonoro																				
Potencia sonora [dB]																				
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]											
Aspiración	89,0	86,0	72,0	68,0	65,0	58,0	42,0	44,0	73,2											
Salida	90,0	90	90	88,0	83,0	77,0	71,0	66,0	88,8											
Carcasa	82,0	73,0	68,0	59,0	54,0	52,0	47,0	34,0	64,2											
Nivel de presión sonora [dB]																				
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición										
Aspiración	75,0	72,0	58,0	54,0	51,0	44,0	28,0	30,0	59,2	2 m										
Salida	76,0	76,0	76,0	74,0	69,0	63,0	57,0	52,0	74,8	Distancia										
Carcasa	68,0	59,0	54,0	45,0	40,0	38,0	33,0	20,0	50,2											
Tolerancia +/- 4 dB																				

EVAIR SMART AIR SOLUTIONS	EUROVENT CERTIFIED PERFORMANCE	Projecto Nr.: PRY_1489_21
AHU Nº 14.12.003	Rango: SMART	Dibujo: CL-01-OLD
www.eurovent-certification.com		Posición: CL-01-OLD
		Responsable: 6

Bancada	0420	Material	Galvanizado	Aislado	No
Agujeros [mm]	40,0	Altura [mm]	120,0	Soldado	No
Interruptor de corte					
1 Uni.					
Los componentes que aparecen en este informe pueden ser reemplazados por marcas equivalentes en función del stock existente y el tiempo de entrega requeridos para esta unidad.					
Módulos para transporte					
	Nr	Ancho	Altura	Largo	Peso
A confirmar.	1	3.150,0	1.840,0	750,0	253,00
A confirmar.	2	3.150,0	1.840,0	1.930,0	1.098,00
A confirmar.	3	3.150,0	1.840,0	750,0	352,00
A confirmar.	4	3.150,0	3.680,0	1.700,0	929,00
A confirmar.	5	3.150,0	1.840,0	1.400,0	1.090,00
A confirmar.	6	3.150,0	1.840,0	2.050,0	1.202,00



EVAIR SMART AIR SOLUTIONS Evair Technical-Commercial Department Buenos Aires, 8 ES 50198 La Muela (Zaragoza) Tel.: +34 976 909 868	Propuesta	PRY_1489_21_V2
	Fecha	09/09/2021
	Proyecto	UTA CLASES BETANCOURT
	Posición	CL-03
	LV-Posición	CL-03
	Cantidad	1
	Fecha de impr	14/10/2022
	Colaborador	www.evair.es
	Oficina / Conta	Info@evair.es
	Versión de Soft.	3.20.213



INFORMACIÓN GENERAL		ErP 2018	Densidad del aire [kg/m³]	1,20
Serie	SMART	Ready	SFPint (Vent. Comp.) [w/(m³/s)]	787
			Peso total [kg]	~4.217
			Temp. de diseño exterior (invierno) [°C]	-1,10
			Ratio de mezcla (RCA/SUP)	
			Unidad (Reglamento UE 1253/2014)	NRVU:BVU
			Tipo de accionamiento	Variable Speed
			Max. SFP int. [w/(m³/s)]	809
			Min. Thermal efficiency [%]	73
			Min./Max. Temp.-Hum. Rel. [°C-%]	-20-0/40-50
			Specific fan power rating, SFPv [w/(m³/s)]	1.944


CARACTERÍSTICAS MB (EN-1886)

Resist. mecánica (-1000/+1000 Pa) D1/D1(M)

Estanqueidad (-400/+700 Pa) L1/L1(M)

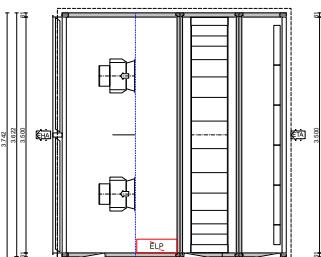
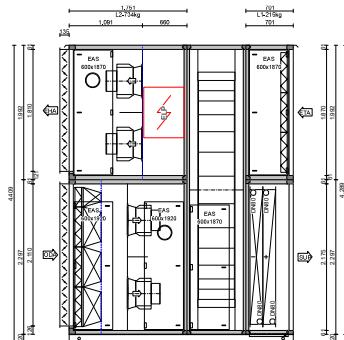
Derivación en filtros F9

Transmitancia térmica T2

Puente térmico TB2

Modelo	Caudal [m³/h]	Velocidad Air [m/s]	Presión Externa [Pa]	Pot. Abs. [kW]	Ef. Estática (Sistema)* [%]	Config. Base	Pérd. de carga * [Pa]
Impulsión SMART 9.8	50.000	1,82	300	16,440	66,32	225	
Retorno SMART 9.8	50.000	2,12	300	14,560	59,62	267	

* Según Configuración Base. (Reg. 1253/2014)



La pérdida de carga de filtros en este informe se fija según norma UNE 13053. La pérdida de carga final (mostrada) ha de ser respetada para asegurar el rendimiento y la eficiencia energética de la unidad.

Projecto Nr.:	PRY_1489_21_V2
Dibujo:	CL-03
Posición:	CL-03
Responsable:	
Pieza:	5
Fecha:	14/10/2022
Página:	2 / 8

Aire de impulsión						
Definición de la unidad						
Presión externa [Pa]	300	Espesor	Poliuretano	50,0 mm	Largo [mm]	3.332,0
Presión total [Pa]	821	Panel interno	Galvanizado pintado	White 0,50 mm	Ancho [mm]	3.622,0
Class DIN EN 13053	V3	Panel externo	Galvanizado pintado	White 0,50 mm	Altura [mm]	2.297,0
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,06	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	White 0,50 mm	Peso [kg]	~3.268,0
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,02	Perfiles	Aluminio			
Max. Fuga interna [%]	1,10	Mat. Interior	Galvanizado			
Construcción de la unidad P 160-50 PS TB P						

Filtro bolsas con pre-filtro	Aire de impulsión	481,0 mm	5,69 m2	317,00 kg	247 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0		
Tipo	ECOPLEAT-M6-98	Superficie de filtro [m2]	209,80		
Clase	M6	Celdas Pzs x Tamaño	15 x 592,0 x 592,0		
PdC Limpio [Pa]	76		3 x 292,0 x 592,0		
PdC Diseño [Pa]	126		5 x 592,0 x 292,0		
PdC Sucio [Pa]	176				
Caudal [m³/h]	50.000				
Clasif. energética de filtro	G				
Filter class (EN-16890)	ePM10 70%				

	Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	292,0
	Tipo	OPACKFIL-F8-296	Superficie de filtro [m2]	342,00
	Clase	F8	Celdas Pzs x Tamaño	15 x 592,0 x 592,0
	PdC Limpio [Pa]	68		3 x 292,0 x 592,0
	PdC Diseño [Pa]	118		5 x 592,0 x 292,0
	PdC Sucio [Pa]	168		
	Caudal [m³/h]	50.000		
	Extracción de filtro	Lateral		
	Clasif. energética de filtro	A+		
	Filter class (EN-16890)	ePM1 70%		

Puerta con bisagras y cierres	Dimensiones [mm]	600,0 x 1.920,0
Compuerta	Dimensiones [mm]	3.500,0 x 2.110,0 x 135,0
Accionamiento por		
Ctd. Cierres	Eje libre	
Torque [Nm]	1	
	Velocidad del aire [m/s]	1,88
	Perdida de carga [Pa]	3
	Marco	Aluminio
	Lamas	Aluminio



Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
 Dibujo: CL-03
 Posición: CL-03
 Responsable:
 Pieza: 5
 Fecha: 14/10/2022
 Página: 3 / 8

Plugfan	Aire de impulsión	1.270,0 mm	15,03 m ²	732,00 kg	Pa			
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR								
INFORMACIÓN DE MOTOR								
Ventilador	6xGR45I-ZID.GG.CR	Motor	6xEcblue-IE5-50-152-0-3.					
Proveedor	Ziehl-Abegg	Protección	IP55					
Caudal [m ³ /h]	50.000	Clase de aislamiento	F					
Internal pressure [Pa]	485	Potencia [kW]	6x3,400					
Presión adicional [Pa]		RPM [1/min]	2.300					
Presión externa [Pa]	300	Corriente +5% [A]	6x5,40					
Presión dinámica [Pa]	36	Eficiencia	IE5					
Presión estática total [Pa]	785	Tensión	3x400 V / 50 Hz					
Presión total [Pa]	821	Tipo de motor	EC					
RPM [1/min]	2.140							
El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador								
INFORMACIÓN DEL SISTEMA								
Potencia absorbida (Selección) [kW]	16,440	Señal de Control (0-10V)	9,30					
Potencia específica (Selección) [w/(m ³ /s)]	1.184	SFP2	K factor 220					
Potencia absorbida (Validación) [kW]	13,580	SFP1	qv [m ³ /s]					
Potencia específica (Validación) [w/(m ³ /s)]	978		psf [Pa]					
Max. temperature increase [°C]	0,84		q [m ³ /h]					
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB								
Ot. Frq. Hz	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000							
Aspiración	81,0 78,0 80,0 77,0 71,0 69,0 67,0 69,0							
Salida	82,0 83,0 85,0 83,0 82,0 82,0 78,0 75,0							
Potencia sonora [dB (A)]	87,7							
Toma de presión en el oído		1 Set						
Armario eléctrico Fanwall (Int.Corte + Magnetotérmicos + Conexiones)		1 Set						
Puerta con bisagras y cierres	Dimensiones [mm]	600,0 x 1.920,0						
Mirilla	Circular	Diámetro [mm]	218,0					

Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2	Dibujo: CL-03	Posición: CL-03	Responsable:	Pieza: 5	Fecha: 14/10/2022	Página: 4 / 8					
Recuperador rotativo											
Aire de impulsión	880,0 mm	13,93 m ²	1.571,00 kg								
Modelo	RRS-P-E18-3490/3490-3250 (Condensación)										
Modo de calentamiento	Modo de enfriamiento										
Impulsión [m ³ /h]	50.000	Dp [Pa]	157	Impulsión [m ³ /h]	50.000	Dp [Pa]					
Entrada [°C]	-1,10	Humed. [%]	89,0	Entrada [°C]	34,50	Humed. [%]					
Salida [°C]	15,10	Humed. [%]	47,0	Salida [°C]	27,20	Humed. [%]					
Extracción [m ³ /h]	50.000	Dp [Pa]	180	Extracción [m ³ /h]	50.000	Dp [Pa]					
Entrada [°C]	21,00	Humed. [%]	50,0	Entrada [°C]	24,00	Humed. [%]					
Salida [°C]	5,70	Humed. [%]	95,0	Salida [°C]	31,30	Humed. [%]					
Capacidad de recup. tot. [kW]	354,55 Capacidad de recup. tot. [kW]					124,22					
Capacidad sensible [kW]	273,49 Capacidad sensible [kW]					124,22					
Dp S/E Dry Den 1,2 kg/m ³	179 / 179										
Ef. en Temp. Flujo seco balanceado [	73,20	RPM rotor [RPM]		Ef. en Temperatura. EN 308 [%]	73,30	Clase energética				
Ef. en Temperatura. EN 308 [%]	73,30		H2	Ef. en temperatura (Calor) [%]	73,3	Regulación					
Ef. en humedad (Calor) [%]	41,8	Potencia Nom. [kW]	0,370	Ef. en humedad (Frio) [%]	69,8	Corriente nominal [A]					
Ef. en temperatura (Frio) [%]	69,8	Tensión nominal [V]	3x400	Ef. en humedad (Frio) [%]							
Puerta con bisagras y cierres	600,0 x 1.870,0										
Connection box for wheel motor	1 Set										
Los módulos de dimensión superior a 2500 mm serán suministrados en varias secciones											



Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
 Dibujo: CL-03
 Posición: CL-03
 Responsable:
 Pieza: 5
 Fecha: 14/10/2022
 Página: 5 / 8

Enfriamiento + calentamiento		Aire de impulsión	701,0 mm	8,3 m2	648,00 kg	43 Pa
H2O / Glicol						
Caudal [m³/h]	50.000	Fluido	Aqua			
Velocidad del aire [m/s]	2,12	Caudal de fluido [l/s]	10,4900			
Aire de entrada [°C]	34,50	Velocidad del fluido [m/s]	1,09			
Aire de salida [°C]	22,00	Fluido de entrada [°C]	7,00			
Capacidad total [kW]	220,18	Fluido de salida [°C]	12,00			
Capacidad sensible [kW]	211,37	Pérdida de carga del fluido [kPa]	17,81			
Perda de pres.del aire [Pa]	19	Volumen Int. [l]	91,200			
		SHR	0,96			
Cu-Al-FeZn P40AR 2R-50T-3275A-2.0pa 50C 3" (.11-.4-2)		Materiales:				
Filas	2	Aletas	Aluminio			
Circuitos	50	Filas	Cobre			
Separación de aletas [mm]	2,00	Colector	Cobre			
Conexión entrada	DN 80	Marco	Galvanizado			
Conexión salida	DN 80	Protección de la aleta	-			
H2O / Glicol		Materiales:				
Caudal [m³/h]	50.000	Fluido	Aqua			
Velocidad del aire [m/s]	2,12	Caudal de fluido [l/s]	7,2900			
Aire de entrada [°C]	15,10	Velocidad del fluido [m/s]	0,76			
Aire de salida [°C]	24,00	Fluido de entrada [°C]	45,00			
Potencia [kW]	150,79	Fluido de salida [°C]	40,00			
Perda de pres.del aire [Pa]	24	Pérdida de carga del fluido [kPa]	8,70			
		Volumen Int. [l]	91,200			
Cu-Al-FeZn P40AC 2R-50T-3275A-4.0pa 50C 3" (.11-.4-2)		Materiales:				
Filas	2	Aletas	Aluminio			
Separación de aletas [mm]	4,00	Filas	Cobre			
Conexión entrada	DN 80	Colector	Cobre			
Posición de la conexión	Straight, standard	Marco	Galvanizado			
Número de int. Alt/Anch	1 / 1	Protección de la aleta	-			
Bandeja de condensados		Calidad	Aero inoxidable 304	Conexión de drenaje	1 0/0"	

Cálculo del nivel sonoro										
Potencia sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Aspiración	88,8	85,8	87,8	84,8	78,8	76,8	74,8	76,8	86,6	
Salida	89,8	90,8	92,8	88,8	85,8	83,8	83,8	78,8	92,3	
Carcasa	81,8	79,8	77,8	80,8	81,8	68,8	53,8	39,8	83,6	
Nivel de presión sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición
Aspiración	74,8	71,8	73,8	70,8	64,8	62,8	60,8	62,8	72,6	2 m
Salida	75,8	76,8	78,8	74,8	71,8	69,8	69,8	64,8	78,3	Distancia
Carcasa	67,8	65,8	63,8	66,8	67,8	54,8	39,8	25,8	69,6	
Tolerancia +/- 4 dB										

		Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
Dibujo:	CL-03	Dibujo:
Posición:	CL-03	Posición:
Responsable:		Responsable:
Pieza:	5	Pieza:
Fecha:	14/10/2022	Fecha:
Página:	5 / 8	Página:

Aire de extracción							
Definición de la unidad							
Presión externa [Pa]	300	Espesor	Poliuretano	50,0 mm	Largo [mm]	3.332,0	
Presión total [Pa]	678	Panel interno	Galvanizado pintado	0,50 mm	Ancho [mm]	3.622,0	
Class DIN EN 13053	V4	Panel externo	Galvanizado pintado	0,50 mm	Altura [mm]	1.992,0	
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,06	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	0,50 mm	Peso [kg]	~949,00	
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,02	Perfiles	Aluminio				
Max. Fuga interna [%]	1,10	Mat. Interior	Galvanizado				
Construcción de la unidad P 160-50 PS TB P							

Filtro	Aire de extracción	701,0 mm	7,87 m2	215,00 kg	137 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0		
Tipo	ECOPLEAT-M6-98	Superficie de filtro [m2]	181,80		
Clase	M6	Celdas Pzs x Tamaño	15 x 592,0 x 592,0		
PdC Limpio [Pa]	87		3 x 292,0 x 592,0		
PdC Diseño [Pa]	137				
PdC Sucio [Pa]	187				
Caudal [m³/h]	50.000				
Clasif. energética de filtro	G				
Filter class (EN-16890)	ePM10 70%				
Puerta con bisagras y cierres		Dimensiones [mm]			
		600,0 x 1.870,0			
Toma de medición		1 Set			
Recuperador rotativo		Aire de extracción	880,0 mm	13,93 m2	1.571,00 kg
Módulo vacío		Aire de extracción	660,0 mm	7,41 m2	100,00 kg
CONTROL SYSTEM / ELECTRIC PANEL:					
La especificación de control no se incluye en este documento técnico.					
El precio del control no está incluido en el precio de la unidad, se ha de incluir de forma adicional en el presupuesto.					



Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
 Dibujo: CL-03
 Posición: CL-03
 Responsable:
 Pieza: 5
 Fecha: 14/10/2022
 Página: 7 / 8

Plugfan	Aire de extracción	1.091,0 mm	12,25 m ²	634,00 kg	4 Pa			
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR								
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR			INFORMACIÓN DE MOTOR					
Ventilador	4xGR50I-ZID.GL.CR	Motor	4xEcblue-IE5-50-152-0-4.					
Proveedor	Ziehl-Abegg	Protección	IP55					
Caudal [m ³ /h]	50.000	Clase de aislamiento	F					
Internal pressure [Pa]	325	Potencia [kW]	4x4,600					
Presión adicional [Pa]		RPM [1/min]	2.150					
Presión externa [Pa]	300	Corriente +5% [A]	4x7,40					
Presión dinámica [Pa]	53	Eficiencia	IE5					
Presión estática total [Pa]	625	Tensión	3x400 V / 50 Hz					
Presión total [Pa]	678	Tipo de motor	EC					
RPM [1/min]	2.045							
El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador								
INFORMACIÓN DEL SISTEMA								
Potencia absorbida (Selección) [kW]	14,560	Señal de Control (0-10V)	9,50					
Potencia específica (Selección) [w/(m ³ /s)]	1.048	SFP2	K factor					
Potencia absorbida (Validación) [kW]	13,420	SFP2	280					
Potencia específica (Validación) [w/(m ³ /s)]	966		qv [m ³ /s]					
Max. temperature increase [°C]	0,74		psF [Pa]					
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB								
Ot. Frq. Hz	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000		qv [m ³ /h]					
Aspiración	84,0 85,0 85,0 81,0 75,0 72,0 69,0 77,0		psF [Pa]					
Salida	85,0 89,0 88,0 88,0 85,0 82,0 78,0 80,0		qv [m ³ /h]					
Potencia sonora [dB (A)]	90,2		qv [m ³ /h]					
Toma de presión en el oido	1	Set	qv [m ³ /h]					
Armario eléctrico Fanwall (Int.Corte + Magnetotérmicos + Conexiones)	1	Set	qv [m ³ /h]					
Puerta con bisagras y cierres	Dimensiones [mm]		600,0 x 1.870,0					
Compuerta	Dimensiones [mm]		600,0 x 1.810,0 x 135,0					
Accionamiento por	Eje libre		600,0 x 1.810,0 x 135,0					
Ctd. Cierres	1	Velocidad del aire [m/s]	600,0 x 1.810,0 x 135,0					
Torque [Nm]	30,960	Pérdida de carga [Pa]	600,0 x 1.810,0 x 135,0					
Mirilla	Circular	Diámetro [mm]	600,0 x 1.810,0 x 135,0					

EVAIR SMART AIR SOLUTIONS	EUROVENT CERTIFIED PERFORMANCE	Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
AHU N° 14.12.003 Range: SMART	AHU N° 14.12.003 Range: SMART	Dibujo: CL-03
www.eurovent-certification.com	www.eurovent-certification.com	Posición: CL-03
		Responsable:
		Pieza: 5
		Fecha: 14/10/2022
		Página: 8 / 8

Cálculo del nivel sonoro									
Frc. Hz	Potencia sonora [dB]								Suma [dB(A)]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Aspiración	90,0	90,0	84,0	81,0	77,0	73,0	64,0	75,0	83,5
Salida	91,0	95	94	94,0	91,0	88,0	84,0	86,0	96,4
Carcasa	83,0	84,0	79,0	84,0	83,0	67,0	52,0	43,0	85,4
Nivel de presión sonora [dB]									
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]
Aspiración	76,0	76,0	70,0	67,0	63,0	59,0	50,0	61,0	69,5
Salida	77,0	81,0	80,0	80,0	77,0	74,0	70,0	72,0	82,4
Carcasa	69,0	70,0	65,0	70,0	69,0	53,0	38,0	29,0	71,4
Tolerancia +/- 4 dB									

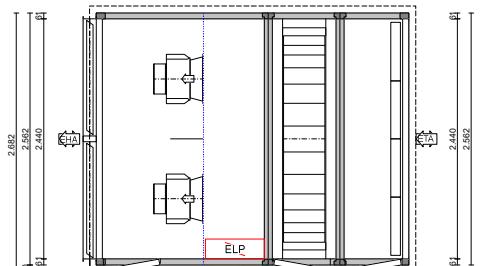
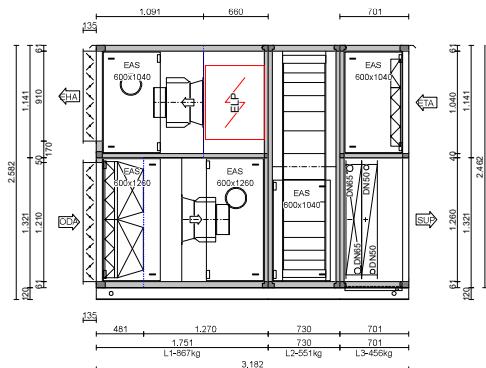
Bancada	0420	Material	Galvanizado	Aislado	No
Agujeros [mm]	40,0	Altura [mm]	120,0	Soldado	No
tejadillo		1	Set		
Los componentes que aparecen en este informe pueden ser reemplazados por marcas equivalentes en función del stock existente y el tiempo de entrega requeridos para esta unidad.					
Módulos para transporte					
Nr	Ancho	Altura	Largo	Peso	
1	3.622,0	1.992,0	701,0	215,00	
2	3.622,0	1.992,0	1.751,0	734,00	
3	3.622,0	2.297,0	1.751,0	1.049,00	
4	3.622,0	4.289,0	880,0	1.571,00	
5	3.622,0	2.297,0	701,0	648,00	

EVAIR SMART AIR SOLUTIONS Evair Technical-Commercial Department Buenos Aires, 8 ES 50198 La Muela (Zaragoza) Tel.: +34 976 909 868	Propuesta	PRY_1489_21_V2
	Fecha	09/09/2021
	Proyecto	UTA CLASES BETANCOURT
	Posición	CL-04
	LV-Posición	CL-04
	Cantidad	1
	Fecha de impr	14/10/2022
	Colaborador	www.evair.es
	Oficina / Conta	Info@evair.es
	Versión de Soft.	3.20.213



INFORMACIÓN GENERAL		ErP 2018	Densidad del aire [kg/m³]	1,20
Serie	SMART	Ready	SFPint (Vent. Comp.) [w/(m³/s)]	757
			Peso total [kg]	~1.874
			Temp. de diseño exterior (invierno) [°C]	-1,10
			Ratio de mezcla (RCA/SUP)	
			Unidad (Reglamento UE 1253/2014)	NRVU:BVU
			Tipo de accionamiento	Variable Speed
			Max. SFP int. [w/(m³/s)]	833
			Min. Thermal efficiency [%]	73
			Min./Max. Temp.-Hum. Rel. [°C-%]	-20/40-50
			Specific fan power rating, SFPv [w/(m³/s)]	1.920
			Ref. city: ZARAGOZA AB	
Modelo	Caudal [m³/h]	Velocidad Air [m/s]	Presión Externa [Pa]	Pot. Abs. [kW]
Impulsión SMART 7.5	20.000	1,81	300	6,900
Retorno SMART 7.5	20.000	2,19	300	5,300

* Según Configuración Base. (Reg. 1253/2014)



La pérdida de carga de filtros en este informe se fija según norma UNE 13053. La pérdida de carga final (mostrada) ha de ser respetada para asegurar el rendimiento y la eficiencia energética de la unidad.

Projecto Nr.:	PRY_1489_21_V2
Dibujo:	CL-04
Posición:	CL-04
Responsable:	
Pieza:	3
Fecha:	14/10/2022
Página:	2 / 8

Aire de impulsión						
Definición de la unidad						
Presión externa [Pa]	300	Espesor	Poliuretano	50,0 mm	Largo [mm]	3.182,0
Presión total [Pa]	814	Panel interno	Galvanizado pintado	White 0,50 mm	Ancho [mm]	2.562,0
Class DIN EN 13053	V3	Panel externo	Galvanizado pintado	White 0,50 mm	Altura [mm]	1.382,0
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,08	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	White 0,50 mm	Peso [kg]	~1.874,0
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,02	Perfiles	Aluminio			
Max. Fuga interna [%]	1,14	Mat. Interior	Galvanizado			
Construcción de la unidad P 160-50 PS TB P						

Filtro bolsas con pre-filtro		Aire de impulsión	481,0 mm	2,5 m2	141,00 kg	239 Pa
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0			
Tipo	ECOPLEAT-M6-98	Superficie de filtro [m2]	88,00			
Clase	M6	Celdas Pzs x Tamaño	8 x 592,0 x 592,0			
PdC Limpio [Pa]	72					
PdC Diseño [Pa]	122					
PdC Sucio [Pa]	172					
Caudal [m³/h]	20.000					
Clasif. energética de filtro	G					
Filter class (EN-16890)	ePM10 70%					

	Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	292,0
	Tipo	OPACKFIL-F8-296	Superficie de filtro [m2]	144,00
	Clase	F8	Celdas Pzs x Tamaño	8 x 592,0 x 592,0
	PdC Limpio [Pa]	64		
	PdC Diseño [Pa]	114		
	PdC Sucio [Pa]	164		
	Caudal [m³/h]	20.000		
	Extracción de filtro	Lateral		
	Clasif. energética de filtro	A+		
	Filter class (EN-16890)	ePM1 70%		

Puerta con bisagras y cierres	Dimensiones [mm]	600,0 x 1.260,0	
Compuerta	Dimensiones [mm]	2.440,0 x 1.210,0 x 135,0	
Accionamiento por			
Ctd. Cierres	Eje libre		
Torque [Nm]	1	Velocidad del aire [m/s]	1,88
	14,280	Pérdida de carga [Pa]	3
		Marco	Aluminio
		Lamas	Aluminio



Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
 Dibujo: CL-04
 Posición: CL-04
 Responsable:
 Pieza: 3
 Fecha: 14/10/2022
 Página: 3 / 8

Plugfan	Aire de impulsión	1.270,0 mm	6,61 m ²	294,00 kg	Pa
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR					
INFORMACIÓN DE MOTOR					
Ventilador	2xGR45i-ZID.GG.CR	Motor	2xEcblue-IE5-50-152-0-5		
Proveedor	Ziehl-Abegg	Protección	IP55		
Caudal [m ³ /h]	20.000	Clase de aislamiento	F		
Internal pressure [Pa]	462	Potencia [kW]	2x5,000		
Presión adicional [Pa]		RPM [1/min]	2.620		
Presión externa [Pa]	300	Corriente +5% [A]	2x8,00		
Presión dinámica [Pa]	52	Eficiencia	IE5		
Presión estática total [Pa]	762	Tensión	3x400 V / 50 Hz		
Presión total [Pa]	814	Tipo de motor	EC		
RPM [1/min]	2.359				
El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador					
INFORMACIÓN DEL SISTEMA					
Señal de Control (0-10V) 9,00					
Potencia absorbida (Selección) [kW]	6,900	K factor	220		
Potencia específica (Selección) [w/(m ³ /s)]	1.242	SFP2			
Potencia absorbida (Validación) [kW]	5,770	SFP1			
Potencia específica (Validación) [w/(m ³ /s)]	1.039				
Max. temperature increase [°C]	0,88				
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB					
Ot. Frq. Hz	63 125 250 500 1000 2000 4000 8000				
Aspiración	84,0 83,0 84,0 81,0 74,0 72,0 71,0 76,0				
Salida	84,0 86,0 88,0 87,0 85,0 84,0 81,0 81,0				
Potencia sonora [dB (A)]	90,9				
Toma de presión en el oído	1 Set				
Caja de Conexiones para Motor EC	1 Set				
Interruptor de Corte	1 Set				
Puerta con bisagras y cierres	Dimensiones [mm]	600,0 x 1.260,0			
Mirilla	Circular	Diámetro [mm]	218,0		

Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2	Dibujo: CL-04	Posición: CL-04	Responsable:	Pieza: 3	Fecha: 14/10/2022	Página: 4 / 8
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR						
Modelo	RRS-P-E18-2260/2260-2100 (Condensación)					
Modo de calentamiento			Modo de enfriamiento			
Impulsión [m ³ /h]	20.000	Dp [Pa]	150	Impulsión [m ³ /h]	20.000	Dp [Pa]
Entrada [°C]	-1,10	Humed. [%]	89,0	Entrada [°C]	34,50	Humed. [%]
Salida [°C]	15,30	Humed. [%]	47,0	Salida [°C]	27,10	Humed. [%]
Extracción [m ³ /h]	20.000	Dp [Pa]	172	Extracción [m ³ /h]	20.000	Dp [Pa]
Entrada [°C]	21,00	Humed. [%]	50,0	Entrada [°C]	24,00	Humed. [%]
Salida [°C]	5,60	Humed. [%]	95,0	Salida [°C]	31,40	Humed. [%]
Capacidad de recup. tot. [kW]			143,60	Capacidad de recup. tot. [kW]		50,24
Capacidad sensible [kW]			110,57	Capacidad sensible [kW]		50,24
Dp S/E Dry Den 1.2 kg/m ³			171 / 171			
Ef. en Temp. Flujo seco balanceado [	74,00	RPM rotor [RPM]				
Ef. en Temperatura. EN 308 [%]	74,10	Clase energética	H1			
Ef. en temperatura (Calor) [%]	74,1	Regulación				
Ef. en humedad (Calor) [%]	42,6	Potencia Nom. [kW]	0,180			
Ef. en temperatura (Frio) [%]	70,6	Corriente nominal [A]	0,63			
Ef. en humedad (Frio) [%]		Tensión nominal [V]	3x400			
Puerta con bisagras y cierres	Dimensiones [mm]	600,0 x 1.040,0				
Connection box for wheel motor	1 Set					
Los módulos de dimensión superior a 2500 mm serán suministrados en varias secciones						



Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
 Dibujo: CL-04
 Posición: CL-04
 Responsable:
 Pieza: 3
 Fecha: 14/10/2022
 Página: 5 / 8

Enfriamiento + calentamiento		Aire de impulsión	701,0 mm	3,65 m2	288,00 kg	37 Pa
H2O / Glicol						
Caudal [m³/h]	20.000		Fluido	Aqua		
Velocidad del aire [m/s]	2,21		Caudal de fluido [l/s]	4,0900		
Aire de entrada [°C]	34,50	Humedad [%]	32,0		0,76	
Aire de salida [°C]	22,00	Humedad [%]	66,3		7,00	
Capacidad total [kW]	85,74		Fluido de entrada [°C]	12,00		
Capacidad sensible [kW]	85,74		Fluido de salida [°C]	12,00		
Perda de pres.del aire [Pa]	11		Pérdida de carga del fluido [kPa]	6,89		
			Volumen Int. [l]	36,700		
			SHR	1		
Cu-Al-FeZn P40AR 2R-28T-2245A-2.0pa 28C 2 1/2" (.11-.4- 1.5)		Materiales:				
Filas	2		Aletas	Aluminio		
Circuitos	28		Filas	Cobre		
Separación de aletas [mm]	2,00		Colector	Cobre		
Conexión entrada	DN 65		Marco	Galvanizado		
Conexión salida	DN 65		Protección de la aleta	-		
H2O / Glicol						
Caudal [m³/h]	20.000		Fluido	Aqua		
Velocidad del aire [m/s]	2,21		Caudal de fluido [l/s]	2,8500		
Aire de entrada [°C]	15,30	Humedad [%]	47,0		1,06	
Aire de salida [°C]	24,00	Humedad [%]	27,3		45,00	
Potencia [kW]	58,97		Fluido de entrada [°C]	40,00		
Perda de pres.del aire [Pa]	26		Fluido de salida [°C]	13,03		
			Pérdida de carga del fluido [kPa]	32,800		
Cu-Al-FeZn P40AC 2R-28T-2245A-4.0pa 14C 2" (.11-.4- 1.5)		Materiales:				
Filas	2	Circuitos 14	Aletas	Aluminio		
Separación de aletas [mm]	4,00		Filas	Cobre		
Conexión entrada	DN 50	Conexión salida DN 50	Colector	Cobre		
Posición de la conexión	Straight, standard		Marco	Galvanizado		
Número de int. Alt/Anch	1 / 1		Protección de la aleta	-		
Bandeja de condensados		Calidad	Acero inoxidable 304	Conexión de drenaje	1 0/0"	

Cálculo del nivel sonoro										
Potencia sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	
Aspiración	87,0	86,0	87,0	84,0	77,0	75,0	74,0	79,0	85,9	
Salida	87,0	89	91	88,0	84,0	81,0	82,0	80,0	90,8	
Carcasa	79,0	78,0	76,0	80,0	80,0	66,0	52,0	41,0	82,1	
Nivel de presión sonora [dB]										
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]	Punto de medición
Aspiración	73,0	72,0	73,0	70,0	63,0	61,0	60,0	65,0	71,9	2 m
Salida	73,0	75,0	77,0	74,0	70,0	67,0	68,0	66,0	76,8	
Carcasa	65,0	64,0	62,0	66,0	66,0	52,0	38,0	27,0	68,1	Distancia
Tolerancia +/- 4 dB										

		Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
Dibujo:	CL-04	Dibujo:
Posición:	CL-04	Posición:
Responsable:		Responsable:
Pieza:	3	Pieza:
Fecha:	14/10/2022	Fecha:
Página:	5 / 8	Página:

Aire de extracción						
Definición de la unidad						
Presión externa [Pa]	300	Espesor	Poliuretano	50,0 mm	Largo [mm]	3.182,0
Presión total [Pa]	660	Panel interno	Galvanizado pintado	0,50 mm	Ancho [mm]	2.562,0
Class DIN EN 13053	V4	Panel externo	Galvanizado pintado	0,50 mm	Altura [mm]	1.162,0
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,08	Panel interno (suelo)	Galvanizado pintado	0,50 mm	Peso [kg]	~
Ext. leakage +400 Pa (RU-EN 1886) [%]	0,02	Perfiles	Aluminio			
Max. Fuga interna [%]	1,14	Mat. Interior	Galvanizado			
Construcción de la unidad P 160-50 PS TB P						
Filtro	Aire de extracción	701,0 mm	5,2 m2	168,00 kg	146 Pa	
Fabricante	Camfil	Longitud del filtro [mm]	98,0			
Tipo	ECOPLEAT-M6-98	Superficie de filtro [m2]	66,40			
Clase	M6	Celdas Pzs x Tamaño	4 x 592,0 x 592,0			
PdC Limpio [Pa]	96		4 x 592,0 x 292,0			
PdC Diseño [Pa]	146					
PdC Sucio [Pa]	196					
Caudal [m³/h]	20.000					
Clasif. energética de filtro	G					
Filter class (EN-16890)	ePM10 70%					
Puerta con bisagras y cierres		Dimensiones [mm]	600,0 x 1.040,0			
Toma de medición		1	Set			
Recuperador rotativo		Aire de extracción	730,0 mm	7,33 m2	551,00 kg	
Módulo vacío		Aire de extracción	660,0 mm	4,89 m2	89,00 kg	Pa
CONTROL SYSTEM / ELECTRIC PANEL:						
La especificación de control no se incluye en este documento técnico.						
El precio del control no está incluido en el precio de la unidad, se ha de incluir de forma adicional en el presupuesto.						



Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
 Dibujo: CL-04
 Posición: CL-04
 Responsable:
 Pieza: 3
 Fecha: 14/10/2022
 Página: 7 / 8

Plugfan	Aire de extracción	1.091,0 mm	8,08 m ²	343,00 kg	5 Pa				
INFORMACIÓN DEL VENTILADOR									
INFORMACIÓN DE MOTOR									
Ventilador	2xGR50I-ZID.GG.CR	Motor	2xEcblue-IE5-50-152-0-3.						
Proveedor	Ziehl-Abegg	Protección	IP55						
Caudal [m ³ /h]	20.000	Clase de aislamiento	F						
Internal pressure [Pa]	326	Potencia [kW]	2x3,500						
Presión adicional [Pa]		RPM [1/min]	1.950						
Presión externa [Pa]	300	Corriente +5% [A]	2x5,60						
Presión dinámica [Pa]	34	Eficiencia	IE5						
Presión estática total [Pa]	626	Tensión	3x400 V / 50 Hz						
Presión total [Pa]	660	Tipo de motor	EC						
RPM [1/min]	1.791								
El efecto del sistema está considerado en el rendimiento del ventilador									
INFORMACIÓN DEL SISTEMA									
Potencia absorbida (Selección) [kW]	5,300	Señal de Control (0-10V)		9,20					
Potencia específica (Selección) [w/(m ³ /s)]	954	K factor		280					
Potencia absorbida (Validación) [kW]	4,890								
Potencia específica (Validación) [w/(m ³ /s)]	881								
Max. temperature increase [°C]	0,68								
Nivel sonoro. Banda de octavas del ventilador Lw / dB Ot. Frq. Hz 63 125 250 500 1000 2000 4000 8000 Aspiración 81,0 81,0 79,0 74,0 70,0 67,0 65,0 67,0 Salida 81,0 86,0 82,0 83,0 80,0 77,0 74,0 73,0 Potencia sonora [dB (A)] 85,3									
Toma de presión en el oído 1 Set									
Caja de Conexiones para Motor EC 1 Set									
Puerta con bisagras y cierres Dimensiones [mm] 600,0 x 1.040,0									
Compuerta Dimensiones [mm] 2.440,0 x 910,0 x 135,0									
Accionamiento por Eje libre		Marco	Aluminio						
Ctd. Cierres 1	Velocidad del aire [m/s] 2,50	Lamas	Aluminio						
Torque [Nm] 10,710	Pérdida de carga [Pa] 5								
Mirilla Circular	Diámetro [mm] 218,0								

EVAIR SMART AIR SOLUTIONS	EUROVENT CERTIFIED PERFORMANCE	Projecto Nr.: PRY_1489_21_V2
AHU Nº 14.12.003	Range: SMART	Dibujo: CL-04
www.eurovent-certification.com		Posición: CL-04

Cálculo del nivel sonoro									
Frc. Hz	Potencia sonora [dB]								Suma [dB(A)]
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Aspiración	84,0	83,0	75,0	71,0	69,0	65,0	57,0	62,0	74,8
Salida	84,0	89	85	86,0	83,0	80,0	77,0	76,0	88,3
Carcasa	76,0	78,0	70,0	76,0	75,0	59,0	45,0	33,0	77,4
Nivel de presión sonora [dB]									
Frc. Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Suma [dB(A)]
	70,0	69,0	61,0	57,0	55,0	51,0	43,0	48,0	
Aspiración	70,0	75,0	71,0	72,0	69,0	66,0	63,0	62,0	74,3
Salida	62,0	64,0	56,0	62,0	61,0	45,0	31,0	19,0	63,4
Tolerancia +/- 4 dB									

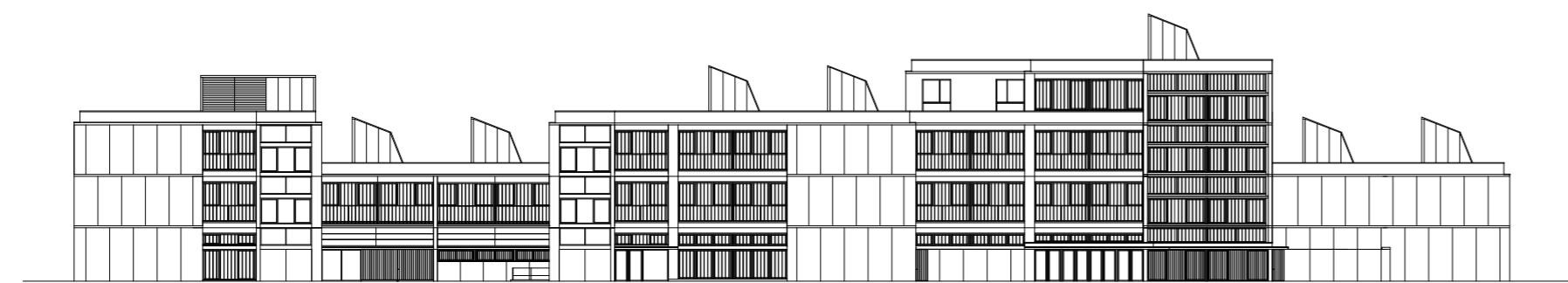
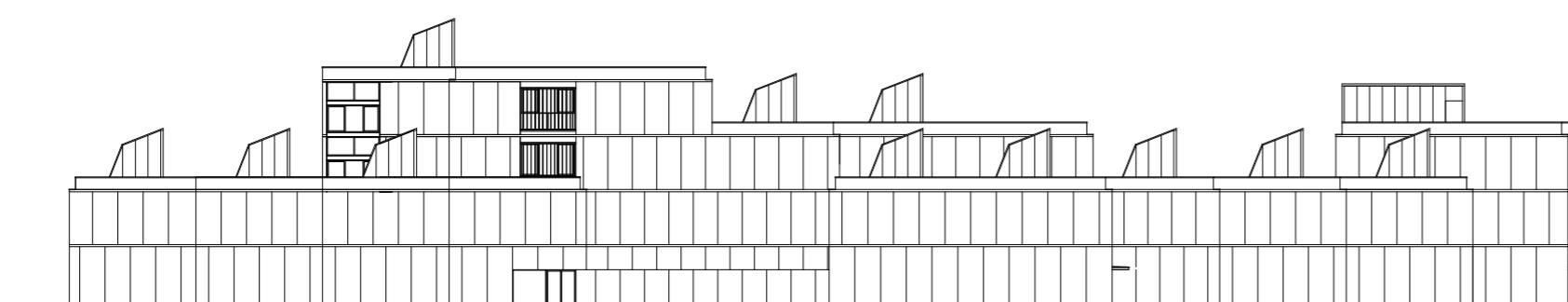
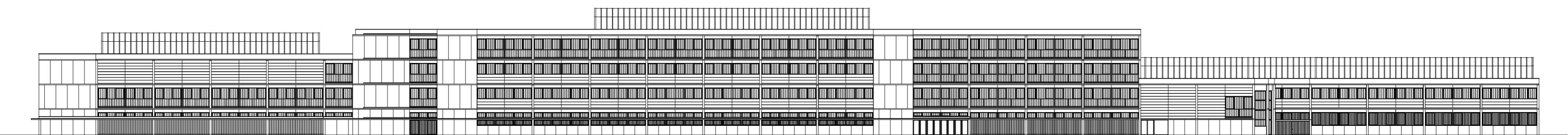
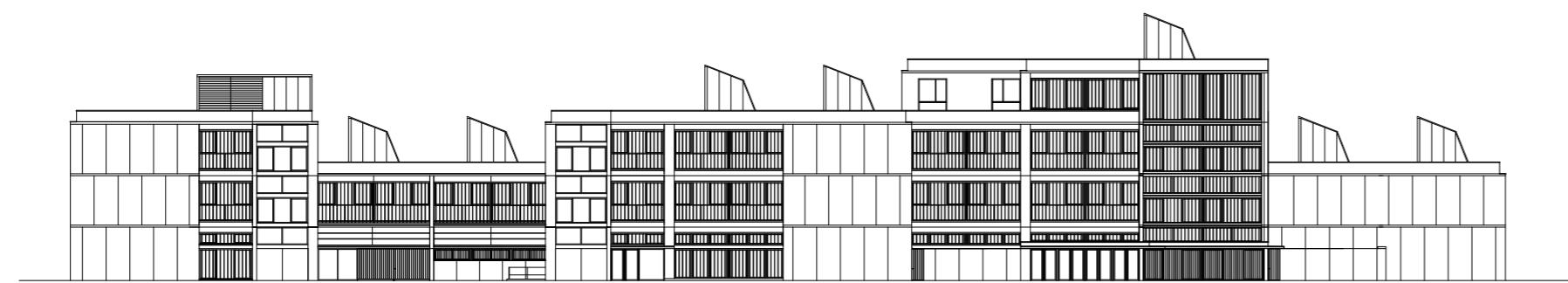
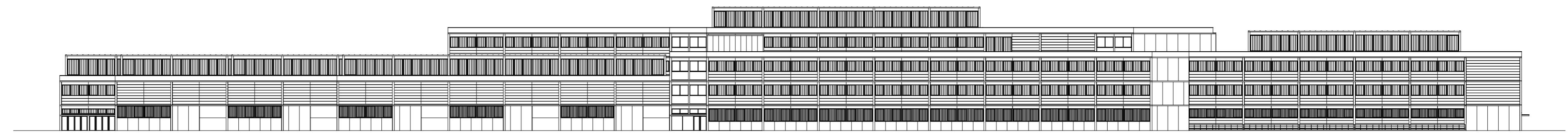
Bancada	0420	Material	Galvanizado	Aislado	No					
Agujeros [mm]	40,0	Altura [mm]	120,0	Soldado	No					
tejadillo	1 Set									
Los componentes que aparecen en este informe pueden ser reemplazados por marcas equivalentes en función del stock existente y el tiempo de entrega requeridos para esta unidad.										
Módulos para transporte										
Nr	Ancho	Altura	Largo	Peso						
A confirmar.	1	2.562,0	2.462,0	1.751,0	867,00					
A confirmar.	2	2.562,0	2.462,0	730,0	551,00					
A confirmar.	3	2.562,0	2.462,0	701,0	456,00					

ANEXO 11

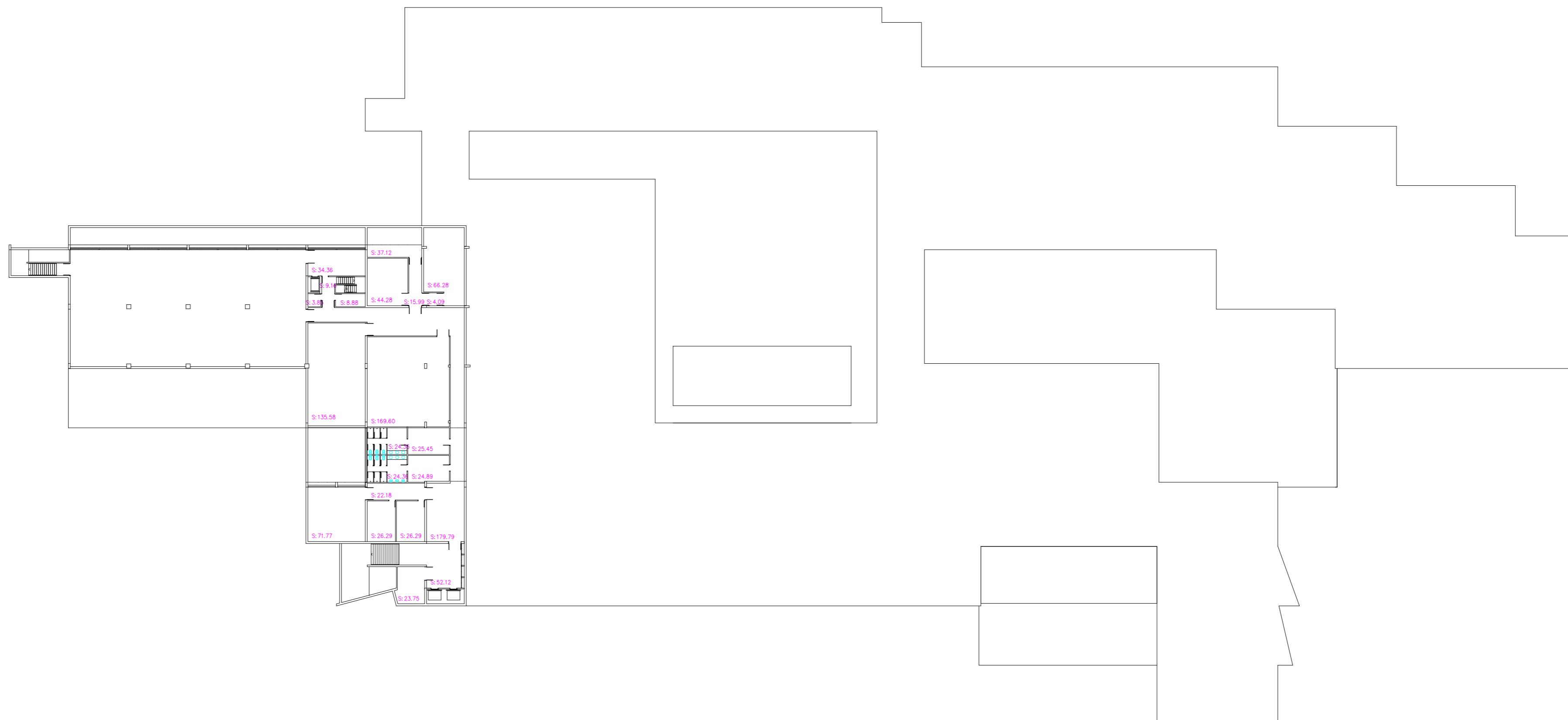
PLANOS

Anexo 11: Planos

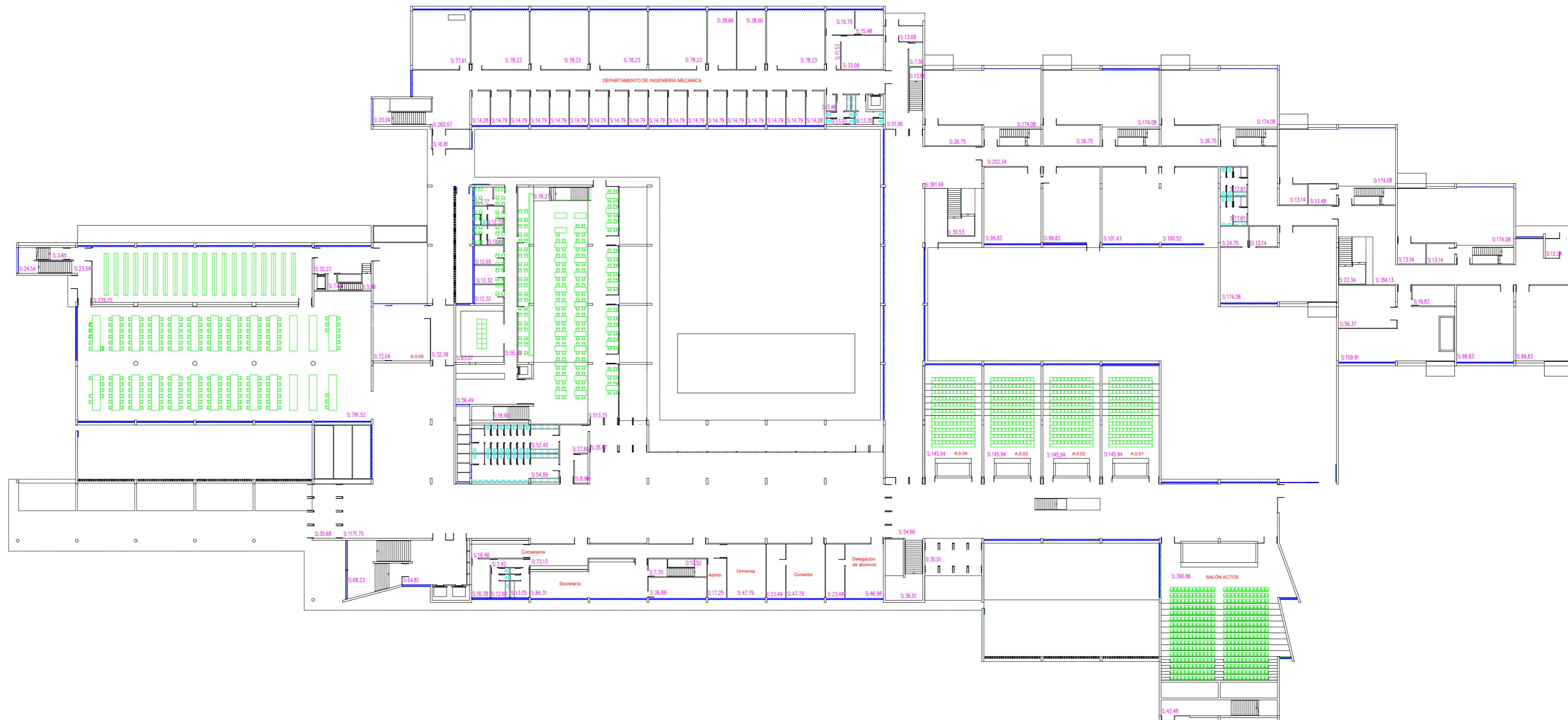
- Plano 1: Plano de las fachadas
- Plano 2: Plano de la Planta Sótano
- Plano 3: Plano de la Planta Baja
- Plano 4: Plano de la Planta Primera
- Plano 5: Plano de la Planta Segunda
- Plano 6: Plano de la Planta Tercera
- Plano 7: Plano de los Materiales
- Plano 8: Plano de la Planta Sótano: Climatización
- Plano 9: Plano de la Planta Baja: Climatización
- Plano 10: Plano de la Planta Primera: Climatización
- Plano 11: Plano de la Planta Segunda: Climatización
- Plano 12: Plano de la Planta Tercera: Climatización
- Plano 13: Plano de la Planta Baja: Soluciones
- Plano 14: Plano de la Planta Primera: Soluciones
- Plano 15: Plano de la Planta Segunda: Soluciones
- Plano 16: Plano de la Planta Tercera: Soluciones
- Plano 17: Plano de DIM: Soluciones descentralizadas



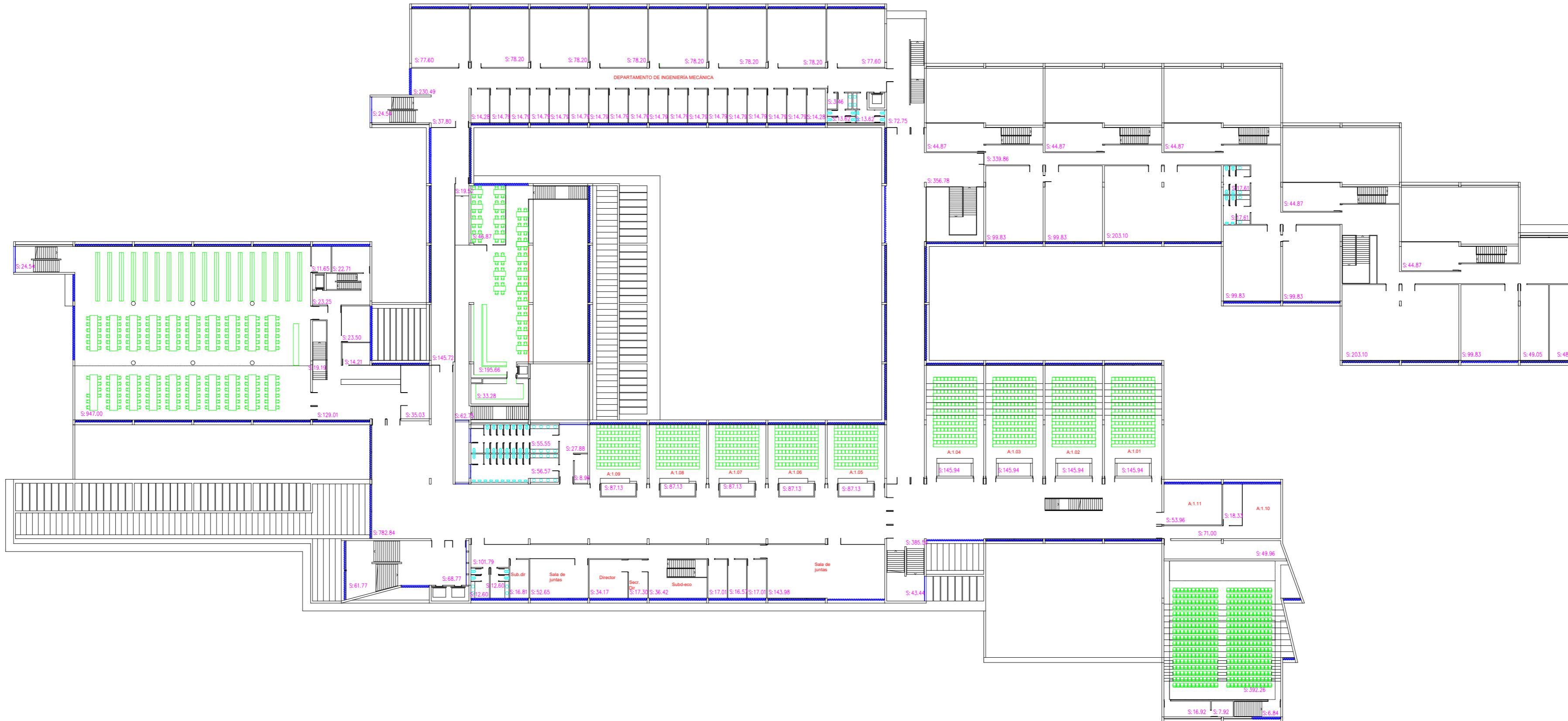
Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza 1542
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
Escala	Título	Plano N°	
1:500	Edificio Agustín de Betancourt Plano de las Fachadas	1	Plano de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
Proyecto			
Hoja			A2



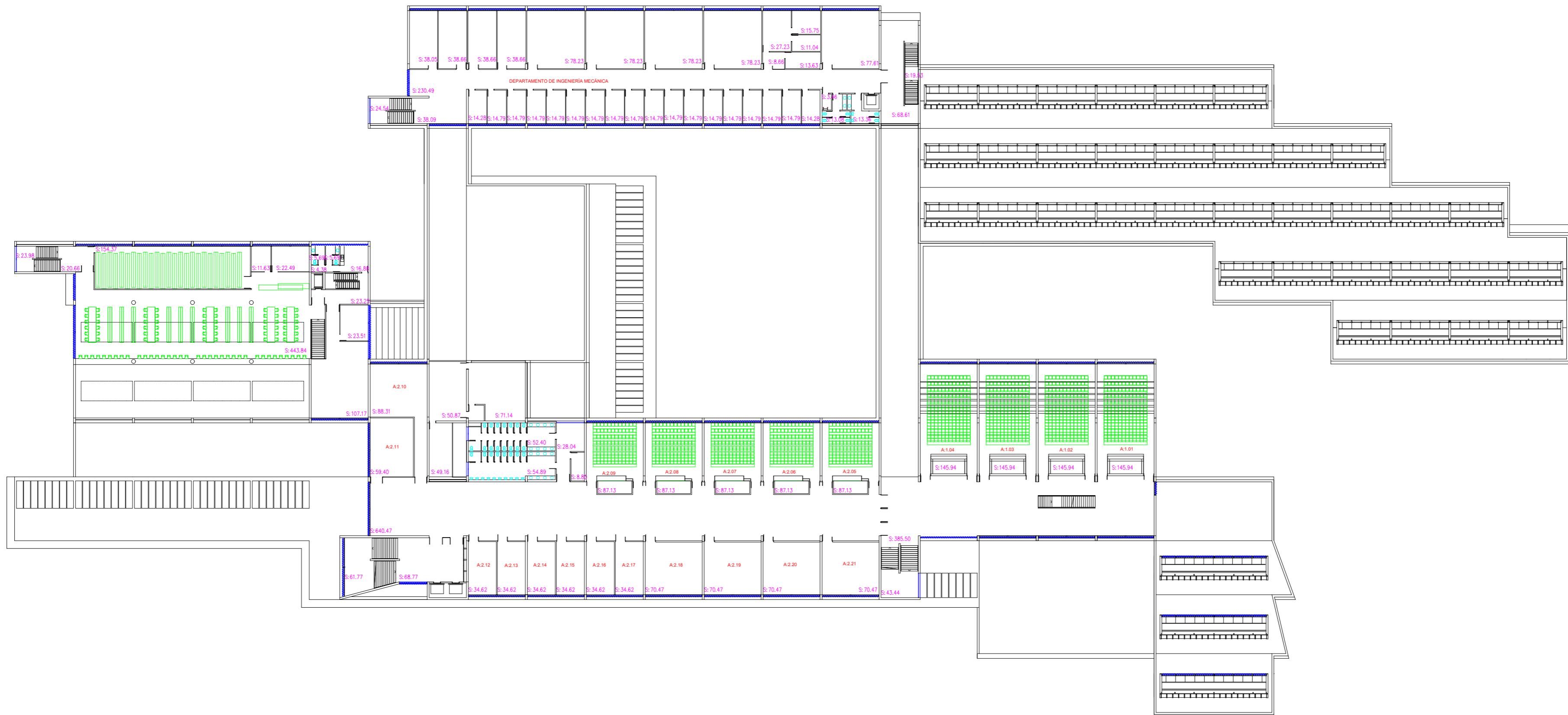
Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza <small>1542</small>
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
Escala	Título	Plano N°	2
1:500	Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Sótano	Proyecto	Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
		Hoja	A2



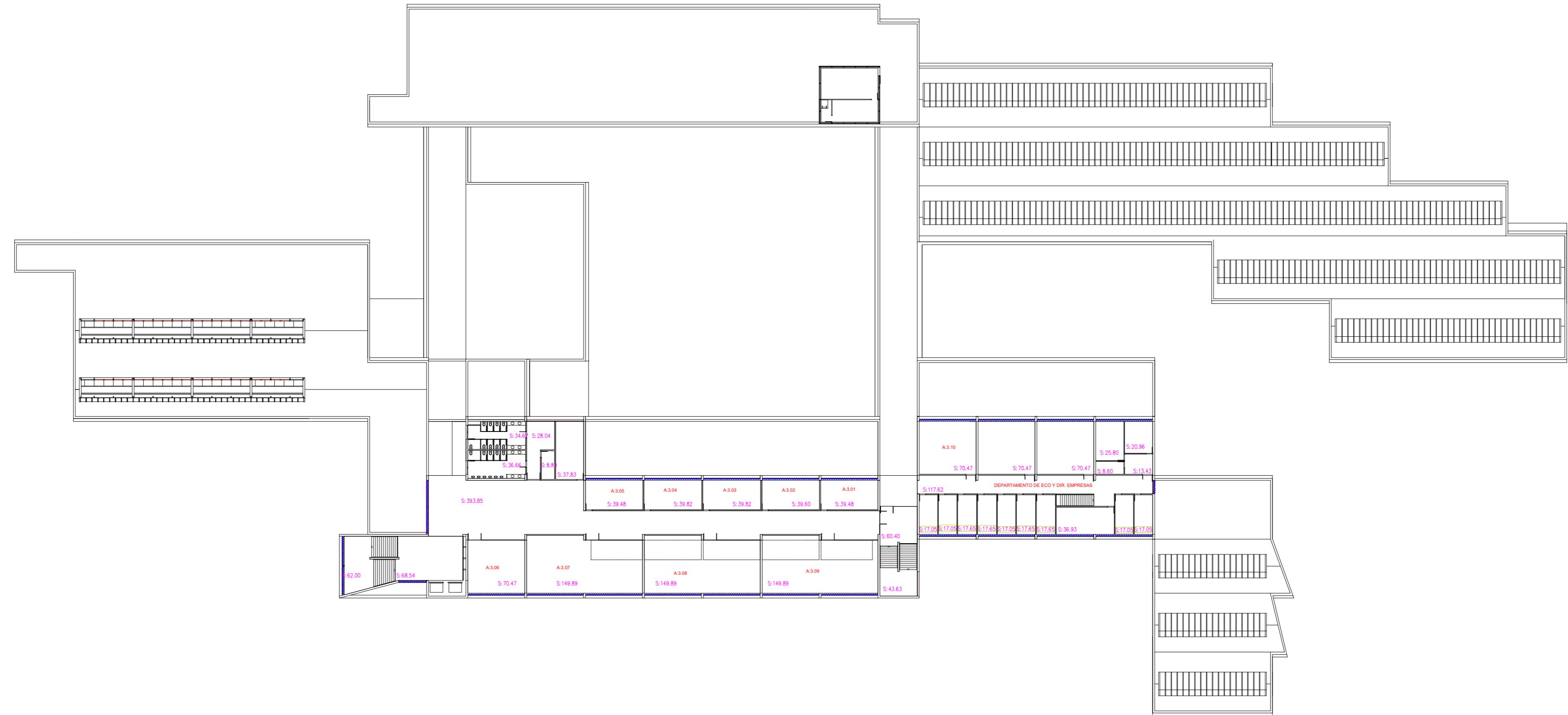
Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
<i>Escala</i> 1:500	<i>Título</i> Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Baja	<i>Plano N°</i> 3 <i>Proyecto</i> Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt	<i>Hoja</i> A2



Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
Escala	Título	Plano N°	4
1:500	Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Primera	Plano	4
Proyecto		Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt	
Hoja		A2	



Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
<i>Escala</i> 1:500	<i>Título</i> Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Segunda	<i>Plano Nº</i> 5 <i>Proyecto</i> Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt	<i>Hoja</i> A2



Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza 1542
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
Escala	Titulo	Plano N°	
1:500	Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Tercera	6	
Proyecto		Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt	
Hoja		A2	

FACHADA EXTERIOR - ALUCOBOND						
Material	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	Kg (W/m ²)	U_RTS (W/m ²)		
Placa de cartón-yeso (pladur)	10	15	0,54	0,51		
Bloque de arlita	200	157				
Poliestireno extrusionado	40	15				
Cámara de aire	126	0				
Lámina de aluminio	0,5	5,6				
Polietileno	3					
Lámina de aluminio	0,5					
TOTAL	380	192,6				

FACHADA EXTERIOR - HORMIGÓN				
Material	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	Kg (W/m ²)	U_RTS (W/m ²)
Placa de cartón-yeso (pladur)	15	15	1,017	0,99
Bloque de arlita	80	86		
Muro de hormigón armado	200	480		
TOTAL	295	581		

PARTICIONES INTERIORES				
Material	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	Kg (W/m ²)	U_RTS (W/m ²)
Enlucido de yeso	15	20	0,81	0,8
Bloque de arlita	300	133		
Enlucido de yeso	15	20		
TOTAL	330	173		

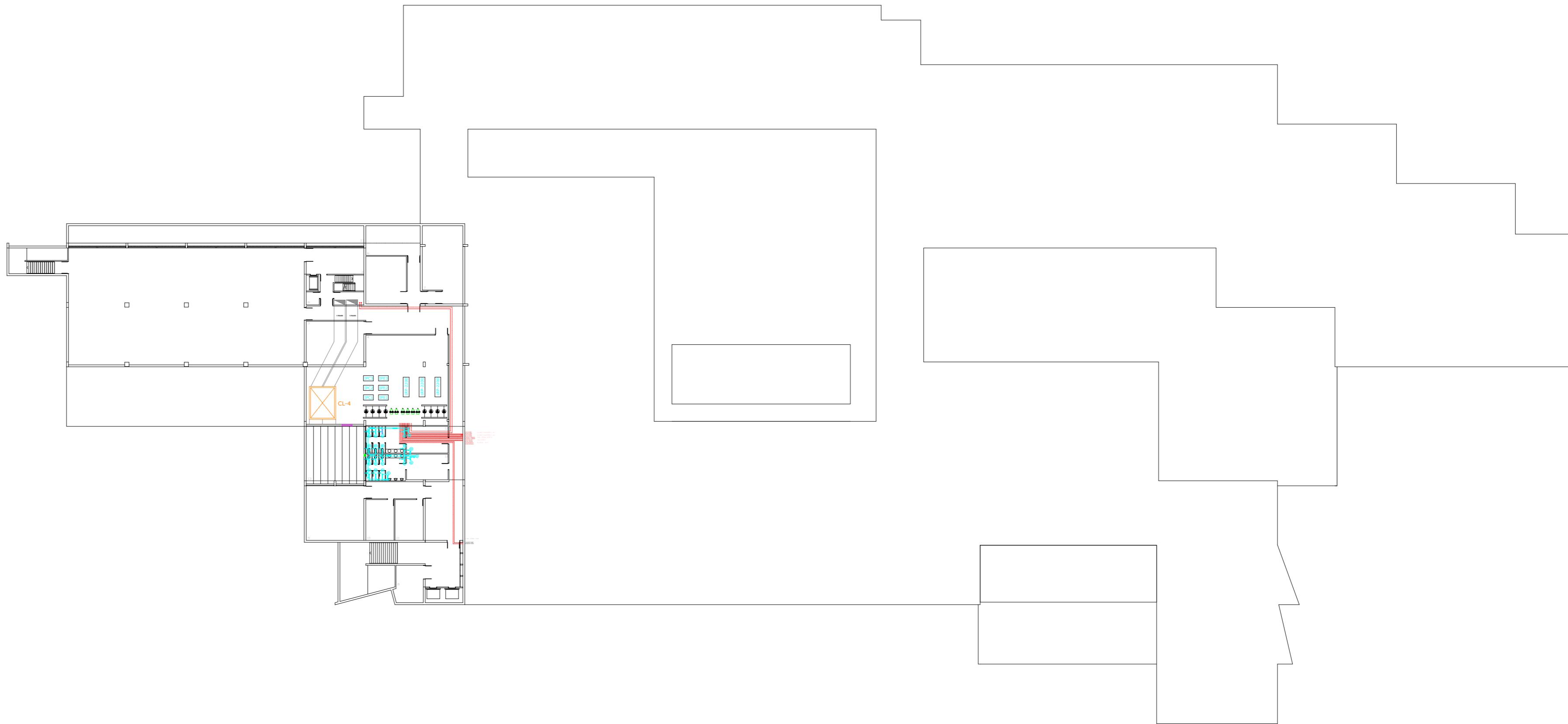
FORJADOS INTERIORES				
Material	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	Kg (W/m ²)	U_RTS (W/m ²)
Cielorraso acústico	15	20	0,76	0,76
Cámara de aire	435	0		
Forjado hormigón H-360	400	435		
Capa de mortero y arena	40	60		
Pavimento de terrazo	30	45		
TOTAL	920	560		

CUBIERTAS				
Material	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	Kg (W/m ²)	U_RTS (W/m ²)
Cielorraso acústico	15	20	0,45	0,47
Cámara de aire	435	0		
Forjado hormigón H-350	400	435		
Capa de mortero y arena	40	60		
Árido rodado	30	48		
TOTAL	920	563		

SOLERAS PB				
Material	Espesor (mm)	Masa (kg/m ²)	Kg (W/m ²)	U_RTS (W/m ²)
Pavimento de terrazo	30	45	1,5	1,49
Capa de mortero y arena	40	60		
Capa de hormigón H-200	150			
Encanchado de grava	300			
TOTAL	520	105		

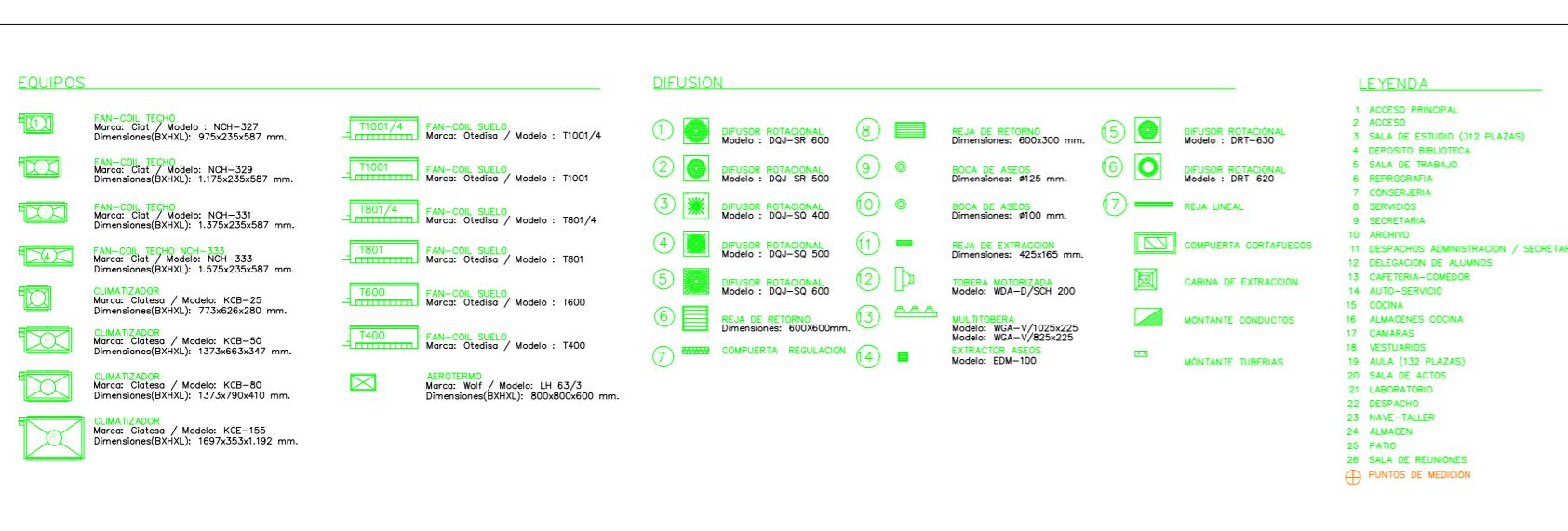
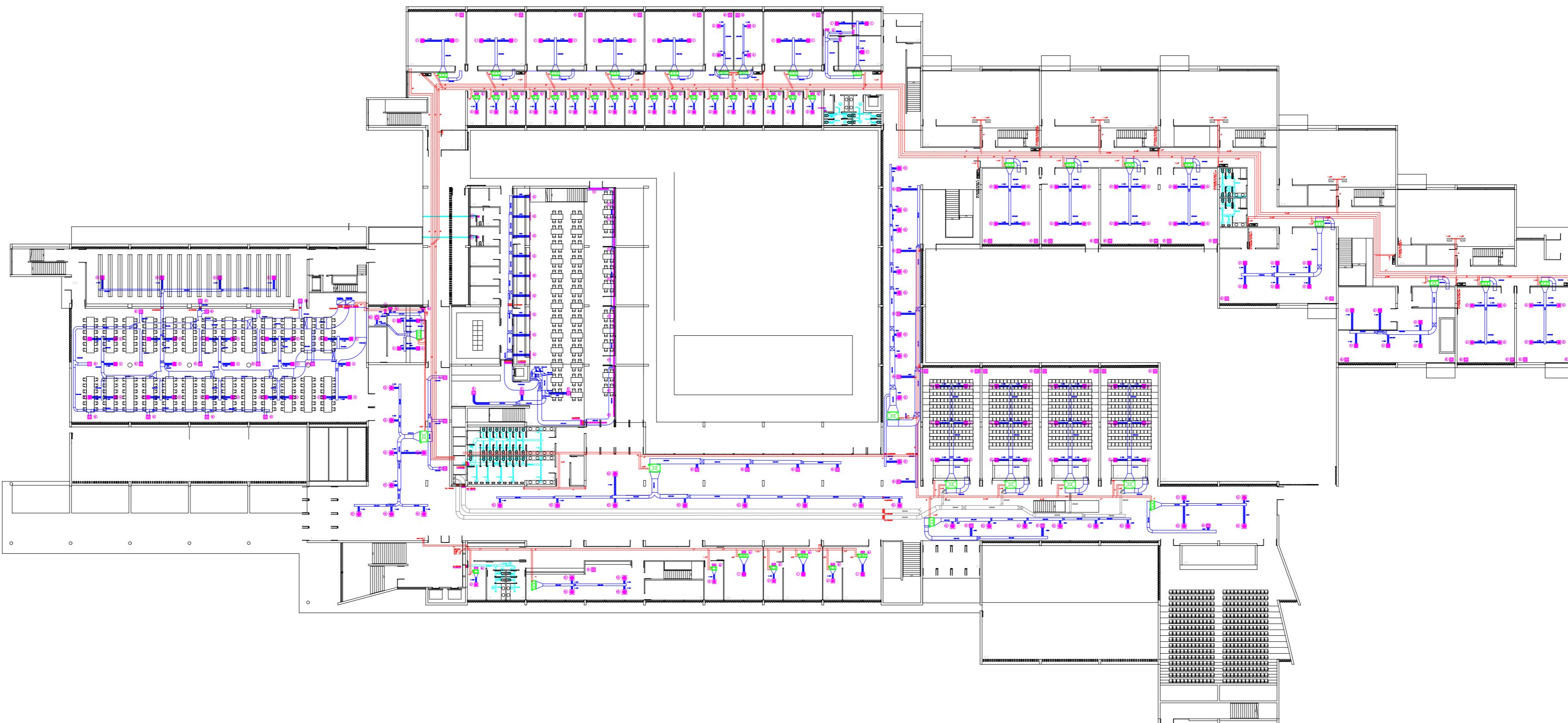
VENTANAS				
Material	Espesor (mm)	Kg (W/m ²)	U_RTS (W/m ²)	
Vidrio	8	3,4	3,3	
Cámara de aire	6			
Vidrio	8			
TOTAL	22			

Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza 1542
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	Plano N° 7 Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
Escala	Título	Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Materiales	
-			Proyecto Hoja A3

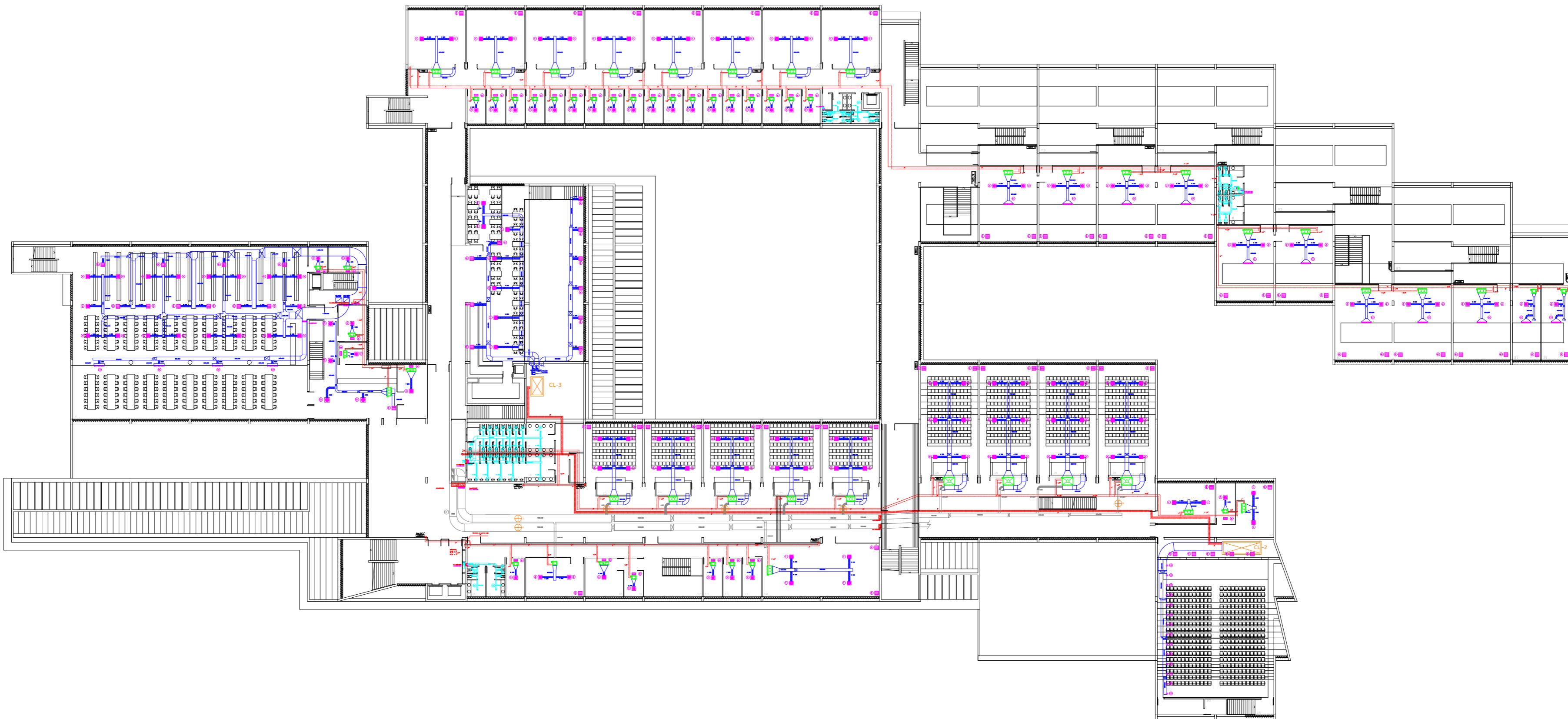


EQUIPOS		DIFUSION		LEYENDA	
 1	FAN-COIL TECHO Marca: Clat / Modelo : NCH-327 Dimensiones(BxHxL): 975x235x587 mm.	 1	FAN-COIL SUELO Marca: Otedisa / Modelo : T1001/4	 1	DIFUSOR ROTACIONAL Modelo: DQJ-SR 600
 2	FAN-COIL TECHO Marca: Clat / Modelo : NCH-329 Dimensiones(BxHxL): 1.175x235x587 mm.	 2	FAN-COIL SUELO Marca: Otedisa / Modelo : T1001	 2	DIFUSOR ROTACIONAL Modelo: DQJ-SR 500
 3	FAN-COIL TECHO Marca: Clat / Modelo : NCH-331 Dimensiones(BxHxL): 1.375x235x587 mm.	 3	FAN-COIL SUELO Marca: Otedisa / Modelo : T801/4	 3	DIFUSOR ROTACIONAL Modelo: DQJ-SQ 400
 4	FAN-COIL TECHO NCH-333 Marca: Clat / Modelo: NCH-333 Dimensiones(BxHxL): 1.575x235x587 mm.	 4	FAN-COIL SUELO Marca: Otedisa / Modelo : T801	 4	DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DQJ-SQ 500
 5	CALMATIZADOR Marca: Clatesa / Modelo: KCB-25 Dimensiones(BxHxL): 773x626x280 mm.	 5	FAN-COIL SUELO Marca: Otedisa / Modelo : T600	 5	DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DQJ-SQ 600
 6	CALMATIZADOR Marca: Clatesa / Modelo: KCB-50 Dimensiones(BxHxL): 1373x663x347 mm.	 6	FAN-COIL SUELO Marca: Otedisa / Modelo : T400	 6	REJA DE RETORNO Dimensiones: 600x600mm.
 7	CALMATIZADOR Marca: Clatesa / Modelo: KCB-80 Dimensiones(BxHxL): 1373x790x410 mm.	 7	AEROTERMO Marca: Wolf / Modelo: LH 63/3 Dimensiones(BxHxL): 800x800x600 mm.	 7	COMPUERTA REGULACION
 8	CALMATIZADOR Marca: Clatesa / Modelo: KCE-155 Dimensiones(BxHxL): 1697x353x192 mm.			 8	REJA DE RETORNO Dimensiones: 600x300 mm.
 9				 9	BOCA DE ASEOS Dimensiones: ø125 mm.
 10				 10	BOCA DE ASEOS Dimensiones: ø100 mm.
 11				 11	REJA DE EXTRACCION Dimensiones: 425x165 mm.
 12				 12	TOBERA MOTORIZADA Modelo: MDA-D/SCH 200
 13				 13	MULTITOBERA Modelo: WGA-V/1025x225 Modelo: WGA-V/B25x225
 14				 14	EXTRACTOR ASEOS Modelo: EDM-100
 15				 15	DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DRT-630
 16				 16	DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DRT-620
 17				 17	REJA LINEAL
 18				 18	COMPUERTA CORTAFUEGOS
 19				 19	CABINA DE EXTRACCION
 20				 20	MONTANTE CONDUCTOS
 21				 21	MONTANTE TUBERIAS
 22				 22	PUNTOS DE MEDICION

Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
<i>Escala</i> 1:500	<i>Título</i> Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Sotano: Climatización	<i>Plano N°</i> 8 <i>Proyecto</i> Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt	<i>Hoja</i> A2



Proyecto	Fecha	Nombre/Institución
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo
Escala	Título	
1:500	Edificio Agustín de Betancourt	Plano de la Planta Baja: Climatización

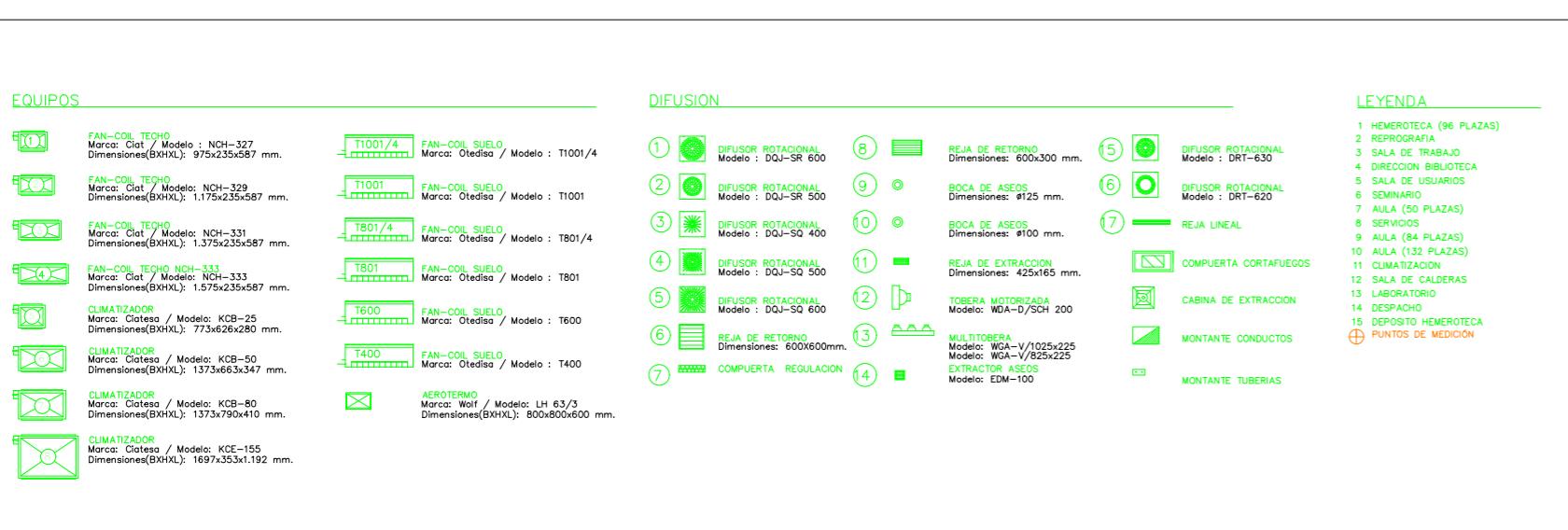
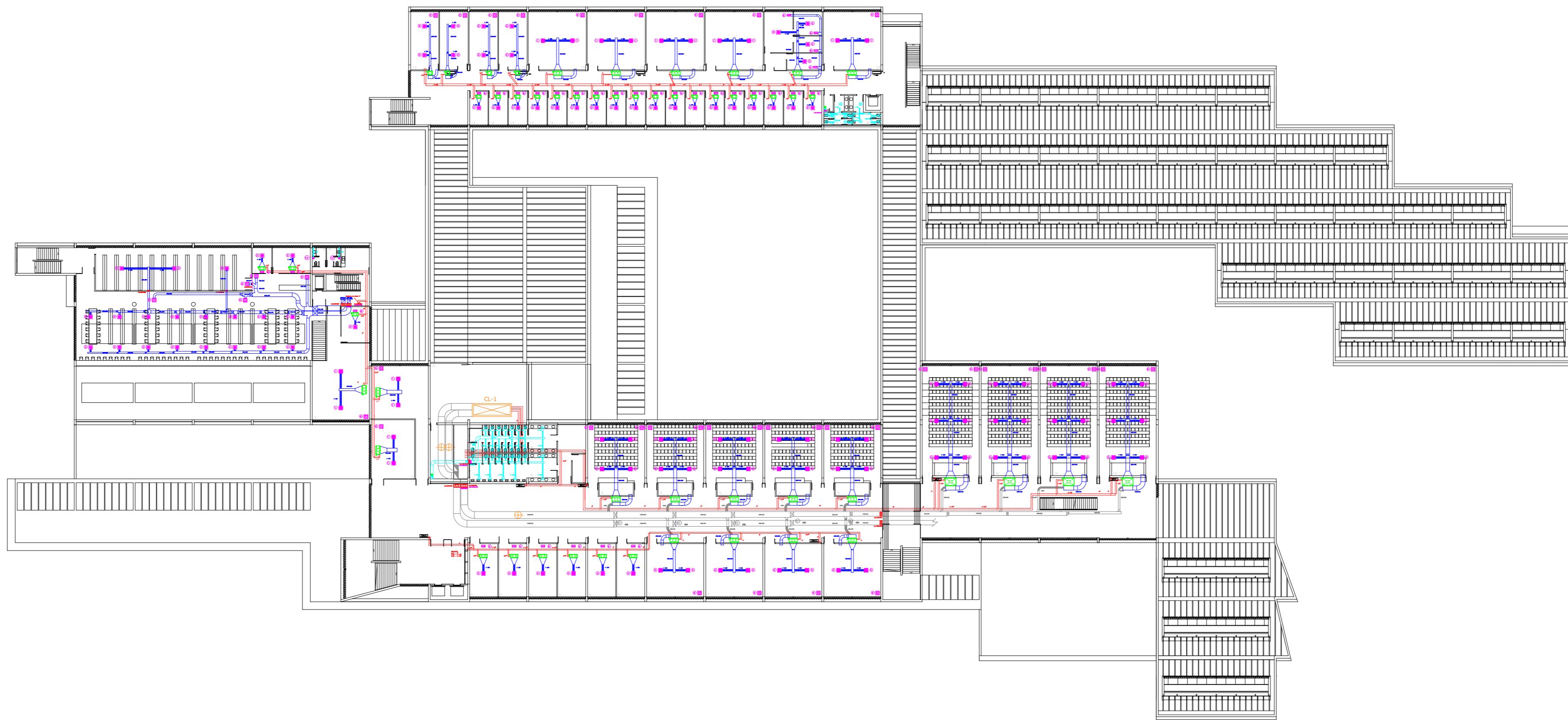


EQUIPOS		DIFUSIÓN		LEYENDA	
	FAN-COL. TECHO Marco: Clat / Modelo: NCH-327 Dimensiones(BxHxL): 970x235x587 mm.		T1001/4 FAN-COL. SUELO / Modelo: T1001/4		1. BIBLIOTECA PRESTAMO/CONTROL
	FAN-COL. TECHO Marco: Clat / Modelo: NCH-329 Dimensiones(BxHxL): 1.170x235x587 mm.		T1001 FAN-COL. SUELO / Modelo: T1001		2. REPROPIRATORIA
	FAN-COL. TECHO Marco: Clat / Modelo: NCH-331 Dimensiones(BxHxL): 1.374x235x587 mm.		T801/4 FAN-COL. SUELO / Modelo: T801/4		3. CONSULTA B.I.
	FAN-COL. TECHO Marco: Clat / Modelo: NCH-333 Dimensiones(BxHxL): 1.575x235x587 mm.		T801 FAN-COL. SUELO / Modelo: T801		4. SALA DE LECTURA (240 PLAZAS)
	CALIMATIZADOR Marco: Clat / Modelo: KCB-25 Dimensiones(BxHxL): 773x26x280 mm.		T600 FAN-COL. SUELO / Modelo: T600		5. SALA DE TRABAJO
	CALIMATIZADOR Marco: Clat / Modelo: KCB-50 Dimensiones(BxHxL): 1.373x6x3x47 mm.		T400 FAN-COL. SUELO / Modelo: T400		6. COOK
	CALIMATIZADOR Marco: Clat / Modelo: KCB-80 Dimensiones(BxHxL): 1.373x79x410 mm.		AEROTERMO Marco: Wal / Modelo: LH 63/3 Dimensiones(BxHxL): 800x80x460 mm.		7. CAFETERIA-COMEDOR
	CALIMATIZADOR Marco: Clat / Modelo: KCB-155 Dimensiones(BxHxL): 1.097x353x192 mm.				8. SERVICIOS

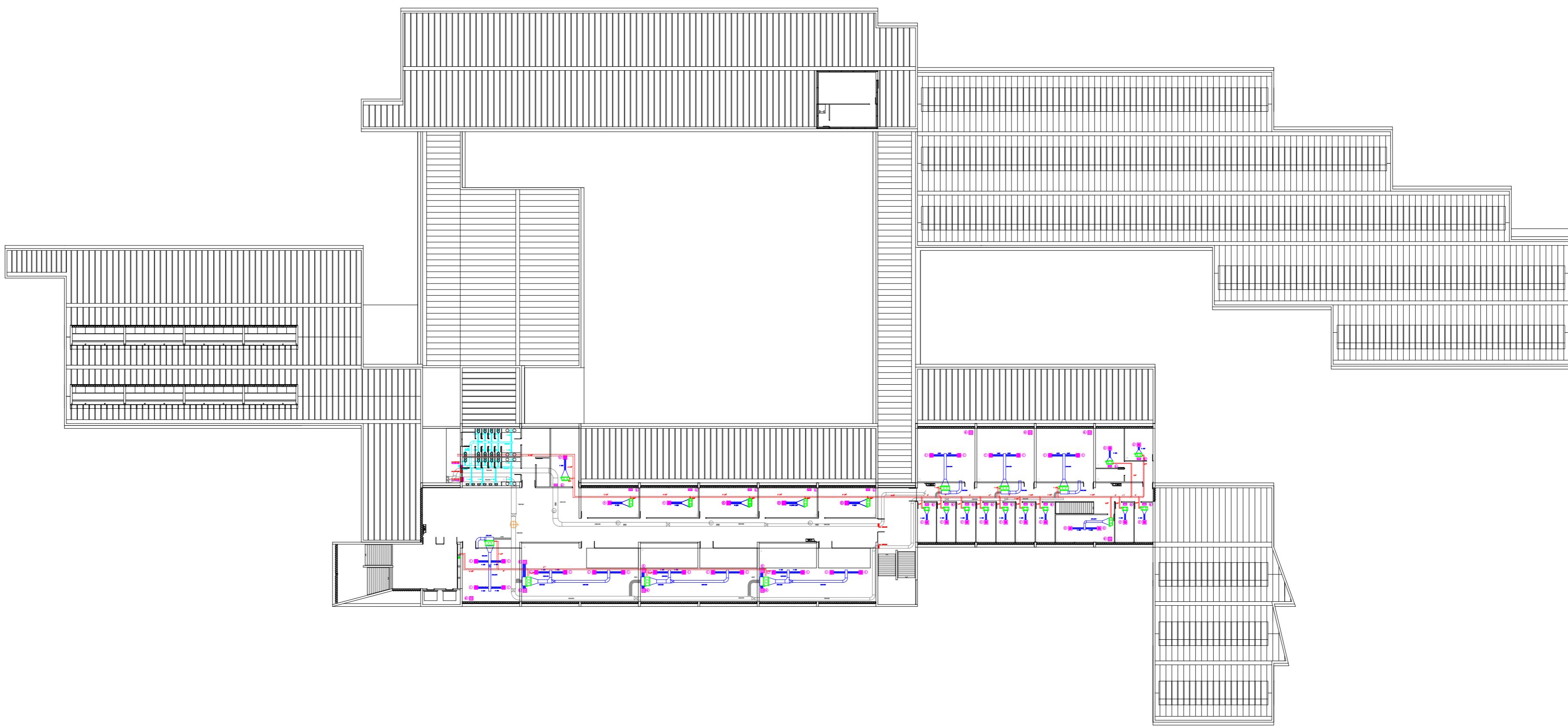
LEYENDA

- ① DIFUSOR ROTACIONAL
Modelo: DQJ-SR 600
- ② DIFUSOR ROTACIONAL
Modelo: DQJ-SR 500
- ③ DIFUSOR ROTACIONAL
Modelo: DQJ-SQ 400
- ④ DIFUSOR ROTACIONAL
Modelo: DQJ-SQ 500
- ⑤ DIFUSOR ROTACIONAL
Modelo: DQJ-SQ 600
- ⑥ REJA DE RETORNO
Dimensiones: #100 mm.
- ⑦ REJA LINEAL
- ⑧ REJA DE EXTRACCION
Dimensiones: 425x165 mm.
- ⑨ BOCA DE AIRE
Dimensiones: #125 mm.
- ⑩ BOCA DE AIRE
Dimensiones: #100 mm.
- ⑪ REJA DE EXTRACCION
Dimensiones: 425x165 mm.
- ⑫ TOBERA MOTORIZADA
Modelo: WDA-D-SCH 200
- ⑬ CABINA DE EXTRACCION
- ⑭ MONTANTE CONDUCTOS
- ⑮ MONTANTE TUBERIAS
- ⑯ COMPARTIMENTACION / TRADUCCIONES
- ⑰ EXTRACTOR ASOS
Modelo: EZM-100
- ⑱ PUNTOS DE MEDICION

Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	Plano N°	10
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza		
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo		
Escala	Título	1:500	Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Primera: Climatización	A2
1:500				

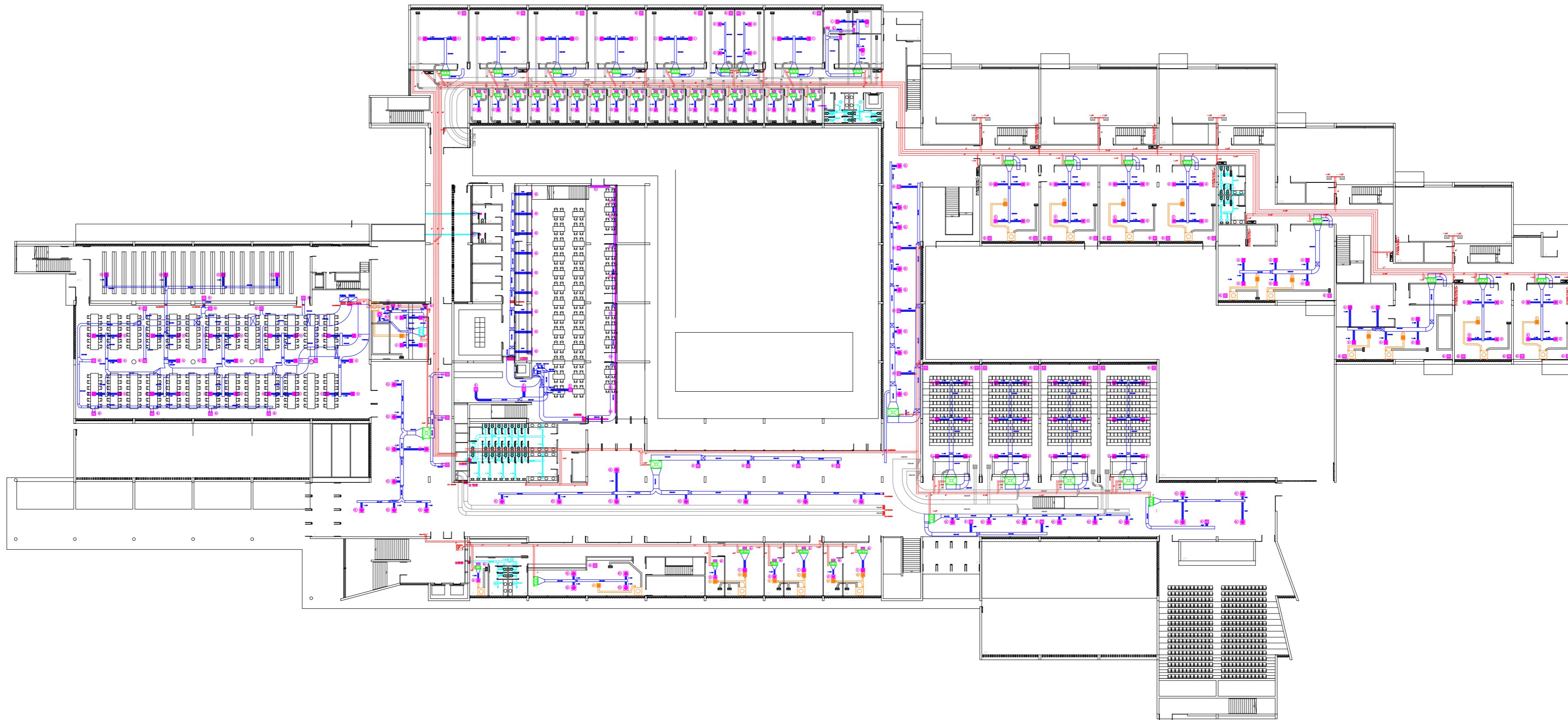


Proyecto	Fecha	Nombre/Institución
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo
Escala	Título	
1:500	Edificio Agustín de Betancourt	
	Plano de la Planta Segunda: Climatización	

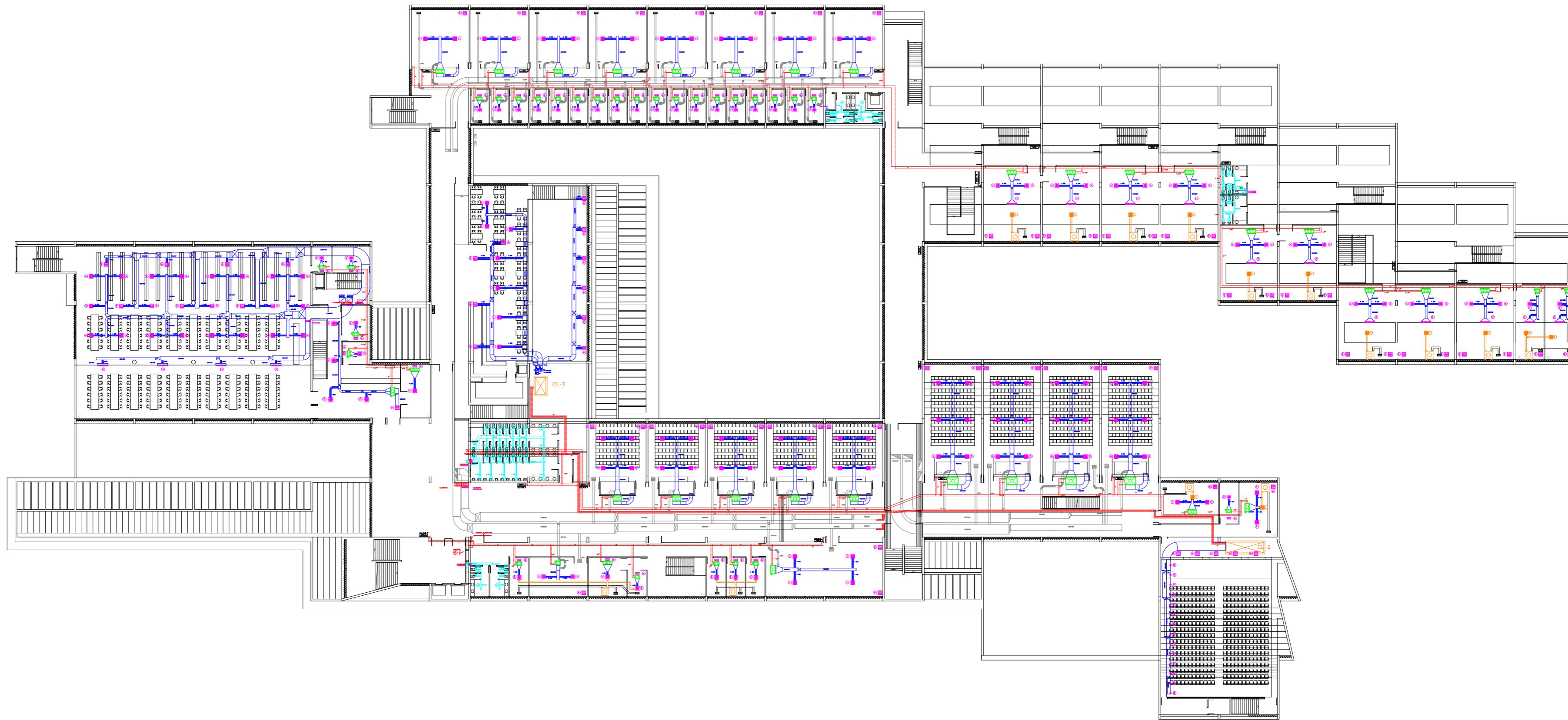


EQUIPOS		DIFUSION		LEYENDA	
	FAN-COIL TECHO Marca: Ciat / Modelo : NCH-327 Dimensiones(BXHXL): 975x235x587 mm.		FAN-COIL SUELTO / Modelo : T1001/4 Marca: Otediso / Modelo : T1001/4		DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DQJ-SR 600
	FAN-COIL TECHO Marca: Ciat / Modelo : NCH-329 Dimensiones(BXHXL): 1.175x235x587 mm.		FAN-COIL SUELTO / Modelo : T1001 Marca: Otediso / Modelo : T1001		DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DQJ-SR 500
	FAN-COIL TECHO Marca: Ciat / Modelo : NCH-331 Dimensiones(BXHXL): 1.375x235x587 mm.		FAN-COIL SUELTO / Modelo : T801/4 Marca: Otediso / Modelo : T801/4		DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DQJ-SQ 400
	FAN-COIL TECHO NCH-333 Marca: Ciat / Modelo : NCH-333 Dimensiones(BXHXL): 1.575x235x587 mm.		FAN-COIL SUELTO / Modelo : T801 Marca: Otediso / Modelo : T801		DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DQJ-SQ 500
	CLIMATIZADOR / Modelo: KCB-25 Marca: Ciatesa / Modelo: KCB-25 Dimensiones(BXHXL): 773x626x280 mm.		FAN-COIL SUELTO / Modelo : T600 Marca: Otediso / Modelo : T600		DIFUSOR ROTACIONAL Modelo : DQJ-SR 600
	CLIMATIZADOR / Modelo: KCB-50 Marca: Ciatesa / Modelo: KCB-50 Dimensiones(BXHXL): 1.373x663x347 mm.		FAN-COIL SUELTO / Modelo : T400 Marca: Otediso / Modelo : T400		REJA DE RETORNO Dimensiones: 600x600mm.
	CLIMATIZADOR / Modelo: KCB-80 Marca: Ciatesa / Modelo: KCB-80 Dimensiones(BXHXL): 1.373x790x410 mm.		AEROTERMO Marca: Wolf / Modelo: LH 63/3 Dimensiones(BXHXL): 800x800x600 mm.		REJA DE EXTRACCION Dimensiones: 425x165 mm.
	CLIMATIZADOR / Modelo: KCE-155 Marca: Ciatesa / Modelo: KCE-155 Dimensiones(BXHXL): 1697x353x1.192 mm.				TOBERA MOTORIZADA Modelo: WDA-D/SCH 200
					MULTITUBERA Modelo: WGA-V/1025x225 Modelo: WGA-V/825x225
					EXTRACTOR ASEOS Modelo: EDM-100
					MONTANTE CONDUCTOS
					MONTANTE TUBERIAS

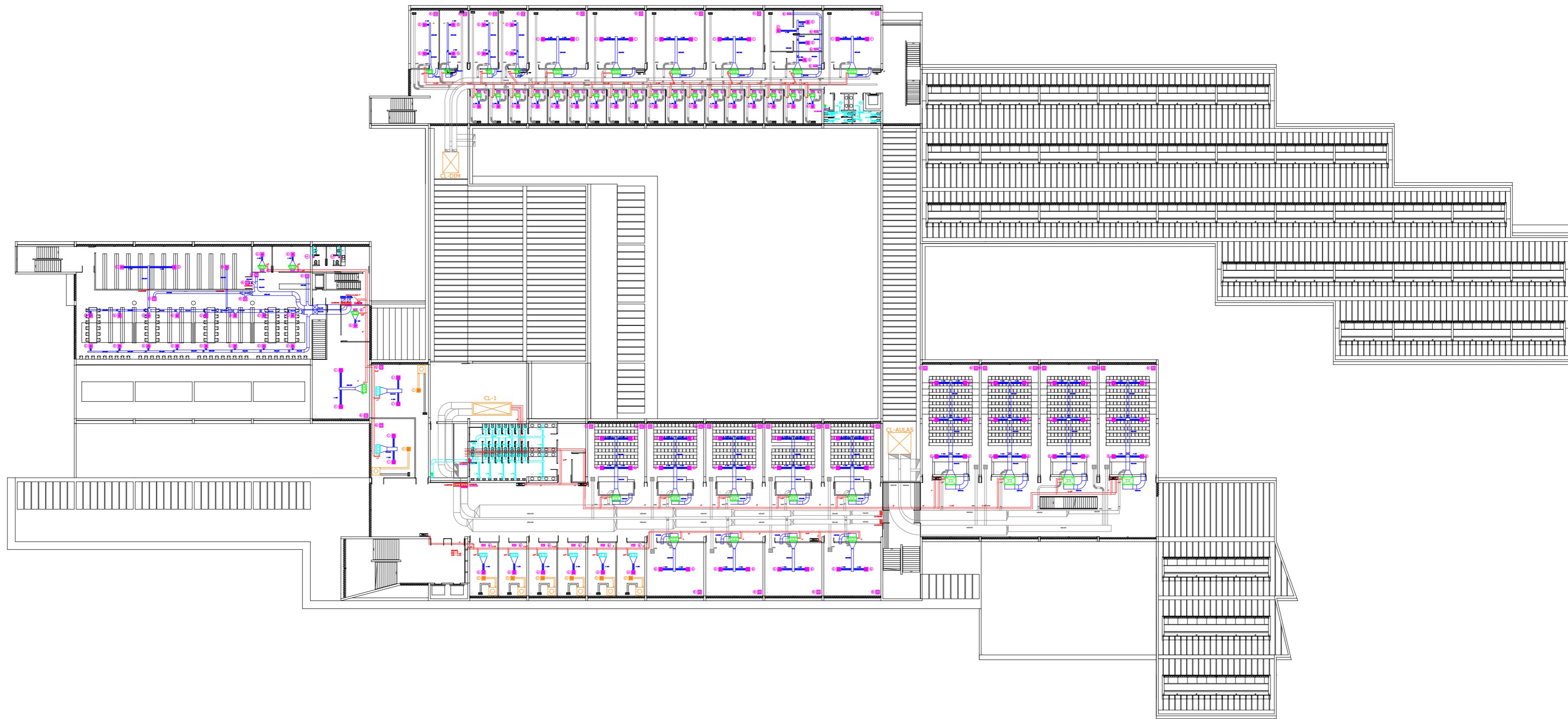
Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza <small>1542</small>
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
<i>Escala</i> 1:500	<i>Título</i> Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Tercera: Climatización	<i>Plano N°</i> 12	<i>Proyecto</i> Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
		<i>Hoja</i> A2	



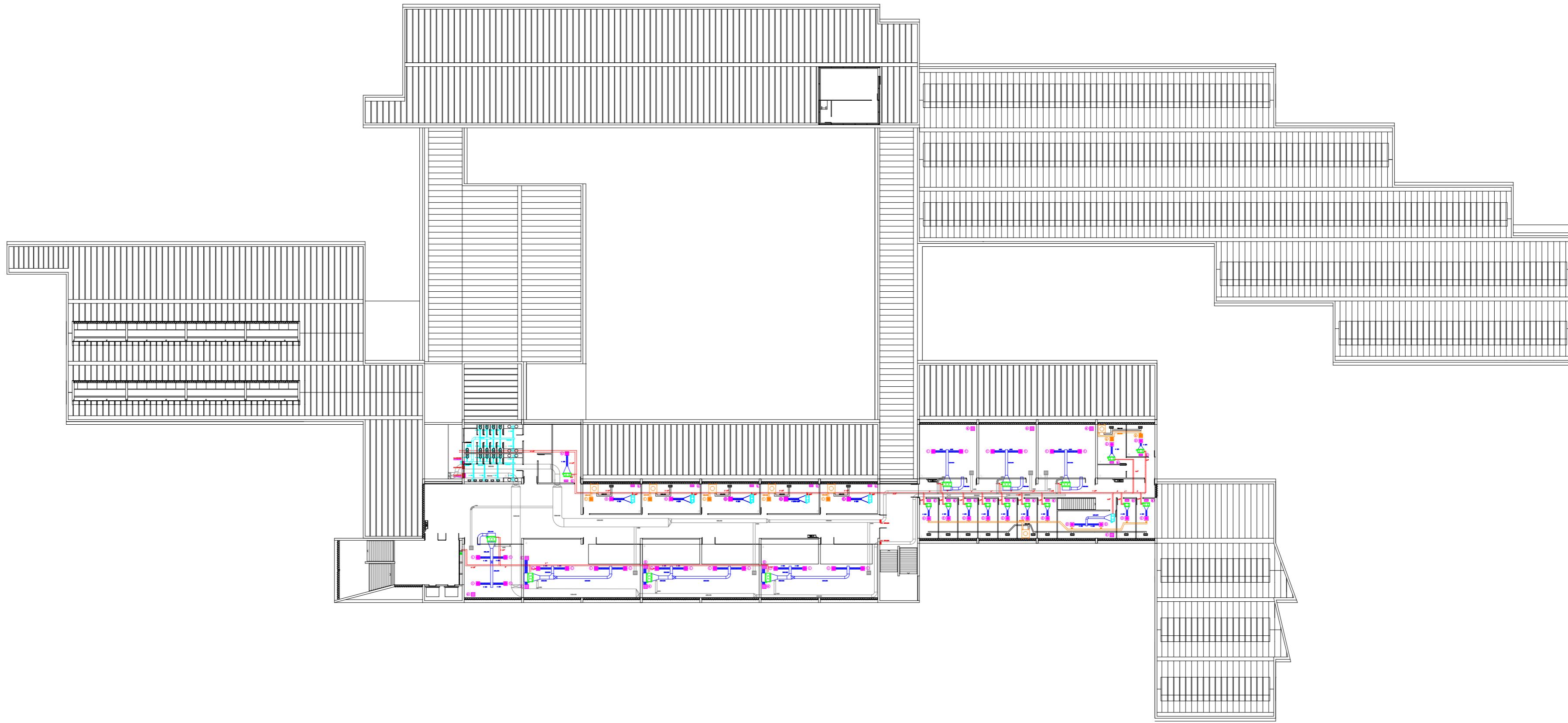
Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	Plano N°	13
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	Proyecto	Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	Hoja	A2
Escala	Título	Edificio Agustín de Betancourt		
1:500	Plano de la Planta Baja: Soluciones			



Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
<i>Escala</i> 1:500	<i>Título</i> Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Primera: Soluciones	<i>Plano N°</i> 14	<i>Proyecto</i> Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
		<i>Hoja</i> A2	

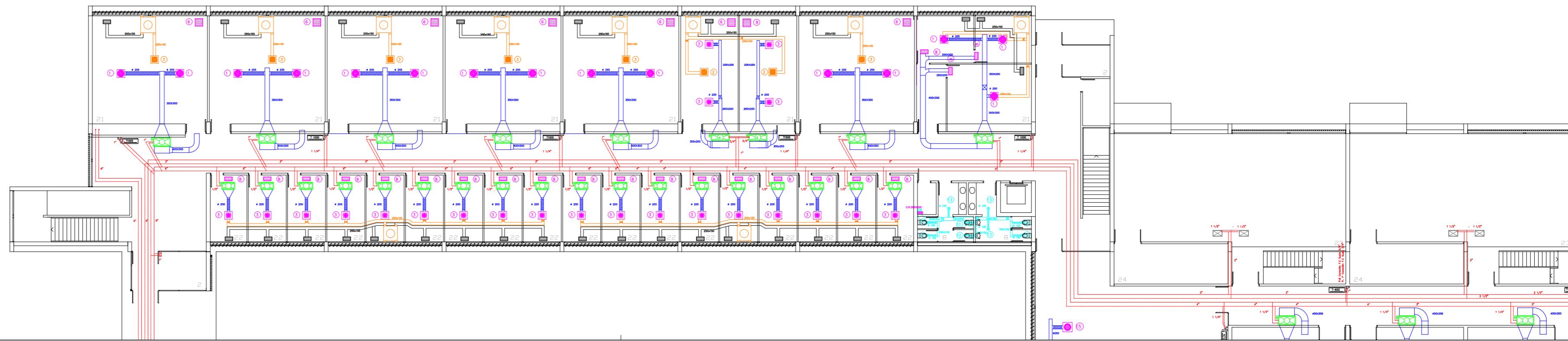


Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
Escala 1:500	Título Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Segunda: Soluciones	Plano Nº 15	Proyecto Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
		Hoja A2	

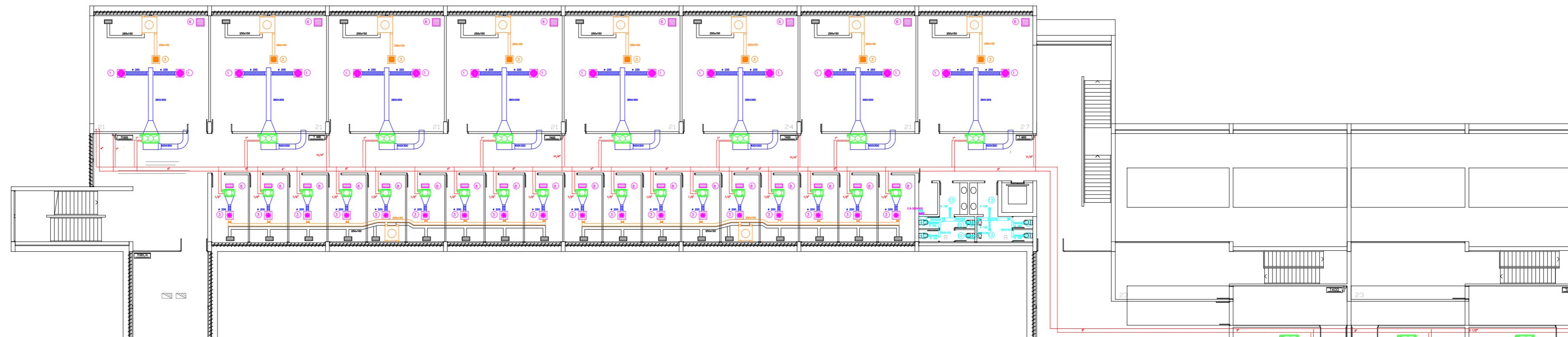


Proyecto	Fecha	Nombre/Institución	
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza	 Escuela de Ingeniería y Arquitectura Universidad Zaragoza
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo	
Escala	Título		Plano N° 16
1:500	Edificio Agustín de Betancourt Plano de la Planta Tercera: Soluciones		Proyecto Sistema de Ventilación del edificio Agustín de Betancourt
			Hoja A2

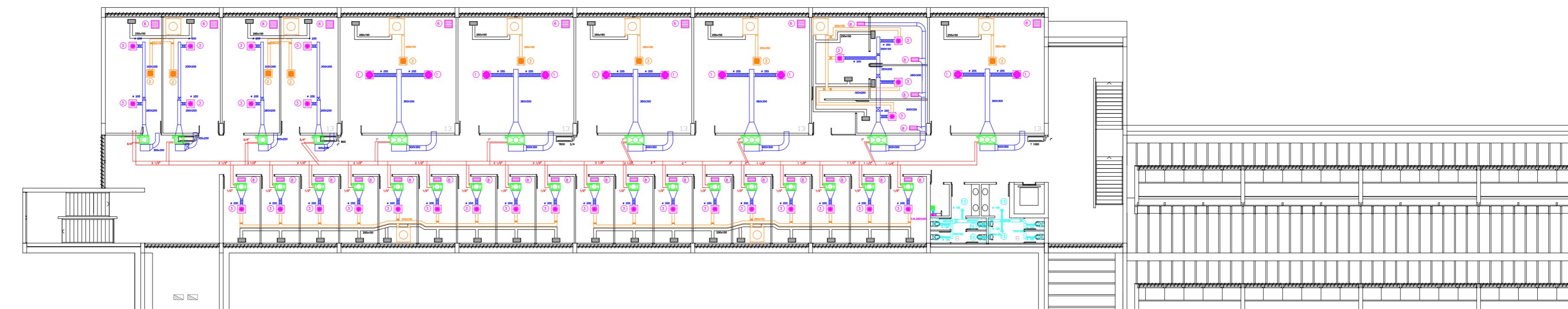
PB



P1



P2



DISEÑO ORIGINAL		SOLUCIONES	
COPIAS	DETALLOS	COPIAS	DETALLOS

LEGENDA

COPIAS	DETALLOS
--------	----------

Proyecto	Fecha	Nombre/Institución
Original	26/07/2001	Universidad de Zaragoza
Revisado	20/08/2022	Antonio Carnicer Salvo
Escala	Título	Plano N°
1:250	Edificio Agustín de Betancourt	17
	Plano de DIM: Soluciones descentralizadas	Proyecto
		Sistema de Ventilación del edificio
		Agustín de Betancourt
		Hoja
		A2