

Proyecto Fin de Máster
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Estudio de Alternativas de Rehabilitación y Certificación Energética de un Edificio Terciario

Autor: Alberto Bermudo García

Tutor: José Luis Molina Félix

Departamento de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla

Sevilla, 2020



Proyecto Fin de Máster
Máster Universitario en Ingeniería Industrial

Estudio de Alternativas de Rehabilitación y Certificación Energética de un Edificio Terciario

Autor:
Alberto Bermudo García

Tutor:
José Luis Molina Félix
Catedrático de Universidad

Departamento de Ingeniería Energética
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2020

Autor: Alberto Bermudo García

Tutor: José Luis Molina Félix

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

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2020

El Secretario del Tribunal

A mi familia
A mis amigos
A mis maestros

Alberto Bermudo García
Graduado en Ingeniería de Tecnologías Industriales
Sevilla, 2020

Resumen

En el presente proyecto se mostrará cómo se define en la Herramienta Unificada Líder Calener (HULC) un edificio terciario como es el conjunto de oficinas dispuesto en el Sector II de la Plaza de España de la ciudad de Sevilla.

Se describirá el edificio objeto de estudio, definiendo sus características constructivas e instalaciones, para así poder identificar las deficiencias que pueda tener y proponer todas las mejoras posibles. Los cambios propuestos se implementarán para comprobar cómo evoluciona la eficiencia energética del edificio en su conjunto.

La forma de comprobar la eficiencia energética de las oficinas será creando un modelo en HULC con la ayuda de las características descritas al comienzo, que servirán como datos de partida del problema. Se obtendrán los certificados energéticos iniciales y se evaluarán las mejoras en el propio modelo para comparar las certificaciones.

También se evaluarán las opciones desde el punto de vista económico, ya que el objetivo final será descubrir con esta metodología, cuál será la mejora o conjunto de mejoras que sirvan como elección de compromiso entre aumentar la eficiencia energética e inversión económica de la misma.

Resumen	viii
Índice	ix
Índice de Tablas	xi
Índice de Figuras	xiii
1 Introducción	17
1.1 <i>Presentación</i>	17
1.2 <i>Contexto Histórico</i>	17
1.3.1 Primeros Tiempos (1927-1950)	18
1.3.2. Periodo 1951-1985	19
1.3.3. Periodo 1986-2003	19
1.3.4. Situación Actual	20
1.3 <i>Certificación Energética de un Edificio</i>	20
2 Descripción edificio actual	26
2.1. <i>Geometría Constructiva</i>	26
2.1.1 Forjados	26
2.1.2 Falso Techo	27
2.1.3 Cerramientos, Revestimientos y Tabiquería Interior	27
2.1.4 Cubiertas	28
2.2 <i>Instalación de Climatización</i>	30
2.3 <i>Instalación Eléctrica de Luminarias</i>	32
3 Modelado edificio actual en HULC	34
3.1 <i>Cálculo de Demanda del Edificio</i>	34
3.1.1 Programa de Funcionamiento	34
3.1.2 Condiciones Exteriores de Cálculo. Régimen de Verano e Invierno	36
3.1.3 Condiciones Interiores de Cálculo. Régimen de Verano e Invierno	36
3.1.4 Calidad del Aire Interior y Exterior	36
3.1.5 Distribución de Espacios y Cargas Térmicas	38
3.1.6 Cálculo de Renovaciones/Hora para ventilación	42
3.2 <i>Inventario Energético</i>	43
3.3 <i>Modelado de Geometría Constructiva</i>	44
3.3.1 Declaración Datos Generales	44
3.3.2 Definición de Sectores Térmicos	44
3.3.3 Declaración de Cerramientos, Cubierta y Huecos	47
3.3.4 Declaración Condiciones Operativas de Uso	50
3.4 <i>Verificación CTE HE-1</i>	52
3.5 <i>Modelado Instalación de Climatización en CALENER-GT</i>	54
3.5.1 Dimensionamiento Instalación	55
3.5.2 Definición de Subsistemas Primarios	59
3.5.3 Definición de Subsistemas Secundarios	62
3.5.4 Layout final de la Instalación	64
3.5.5 Resultados CALENER-GT	65
3.6 <i>Verificación CTE HE-0</i>	67

3.7	<i>Resultados de Certificación</i>	68
4	Alternativas de ahorro energético	69
4.1	<i>Posibles Alternativas de Ahorro</i>	69
4.2	<i>Mejoras consideradas respecto a cambios en la envolvente</i>	69
4.2.1	Cambio de Cerramientos Verticales	69
4.2.2	Cambio de Vidrios	72
4.2.3	Cambio de Cubierta	73
4.3	<i>Mejora considerada sobre Luminarias</i>	75
4.4	<i>Mejora considerada del Sistema de Climatización y Ventilación</i>	76
4.4.1	Descripción Sistema de Climatización	76
4.4.2	Descripción Sistema de Ventilación	79
4.4.3	Selección de Equipos por Catálogo	82
5	Modelado de mejora en HULC	84
5.1	<i>Modelado de mejoras en la Envolvente</i>	84
5.1.1	Cumplimiento de Coeficiente Global de Transferencia Térmica	84
5.1.2	Presupuestos	85
5.2	<i>Modelado de mejoras en las Instalaciones</i>	88
5.2.1	Inventario Energético para Cargas Internas	88
5.2.2	Exportación de equipos a Calener-GT desde Calener-BD	91
5.2.3	Adaptación de las características de unidades VRV	91
5.2.4	Adaptación de unidades interiores a sectores térmicos	92
5.2.5	Edición en Calener-GT	93
5.2.6	Resultados Calener-GT	98
5.2.7	Resultados HE-0	101
5.2.8	Presupuesto	102
5.3	<i>Resultados conjunto de las mejoras</i>	104
5.4	<i>Presupuesto Final y Análisis de Resultados Económicos</i>	106
6	Estudio Paramétrico	110
6.1	<i>Mejora del Coeficiente Global de Transferencia</i>	110
6.2	<i>Mejora de Instalaciones</i>	112
7	Planos	118
7.1	<i>Plano 1. Planta Baja del Sector II Plaza de España</i>	118
7.2	<i>Plano 2. Planta Primera y Segunda del Sector II Plaza de España</i>	118
7.3	<i>Plano 3. Planta Tercera del Sector II Plaza de España</i>	118
7.4	<i>Plano 4. Definición Geometría en HULC</i>	118
7.5	<i>Plano 5. Definición Instalaciones del Estado Actual en Calener-GT</i>	118
7.6	<i>Plano 6. Definición Instalaciones VRV Toshiba en Calener-GT</i>	118
7.7	<i>Plano 7. Definición Instalaciones VRV Daikin en Calener-GT</i>	118
8	Anexos	119
8.1	<i>Anexo 1. Presupuestos discretos de las posibles mejoras de envolvente</i>	119
8.2	<i>Anexo 2. Proyecto Instalación VRV de Toshiba</i>	123
8.3	<i>Anexo 3. Distribución de Unidades Interiores y Exteriores Toshiba por plantas</i>	124
8.4	<i>Anexo 4. Distribución de Unidades Interiores y Exteriores Daikin por plantas</i>	126
8.5	<i>Anexo 5. Presupuestos discretos del sistema de climatización Toshiba</i>	129
8.6	<i>Anexo 6. Expedientes Calener-GT y Certificados de Eficiencia Energética</i>	137
8.6.1	Expediente Calener-GT. Estado Inicial	137
8.6.2	Certificado de Eficiencia Energética. Estado Inicial	137
8.6.3	Expediente Calener-GT. Mejora Envolvente (1,2,1) y Sistema VRV Toshiba	137
8.6.4	Certificado de Eficiencia Energética. Mejora Envolvente (1,2,1) y Sistema VRV Toshiba	137
8.6.5	Expediente Calener-GT. Mejora Envolvente (2,2,2) y Sistema VRV Daikin	137
8.6.6	Certificado de Eficiencia Energética. Mejora Envolvente (2,2,2) y Sistema VRV Daikin	137

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Valores calificación energética viviendas según RD 41/2007	24
Tabla 2. Valores calificación energética otros edificios según RD 41/2007	25
Tabla 3. Ocupación de CHG para cálculos	34
Tabla 4. Condiciones deseadas de T y HR en interior del local	36
Tabla 5. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de edificios	37
Tabla 6. Categorías de calidad del aire exterior	37
Tabla 7. Filtrado previo mínimo dada IDA y ODA	37
Tabla 8. Filtrado final mínimo dada IDA y ODA	38
Tabla 9. Distribución espacios y cargas térmicas de planta baja	39
Tabla 10. Distribución espacios y cargas térmicas de planta primera	40
Tabla 11. Distribución espacios y cargas térmicas de planta segunda	40
Tabla 12. Distribución espacios y cargas térmicas de planta tercera	41
Tabla 13. Cargas Térmicas totales de cada planta	42
Tabla 14. RITE (ITE 1.1.4.2). Caudal de Ventilación por Método Indirecto	42
Tabla 15. Superficies y volúmenes habitables del edificio	42
Tabla 16. Consumos eléctricos instalación existente	43
Tabla 17. Potencia de equipos instalación existente	44
Tabla 18. Condiciones particulares de uso por sectores	51
Tabla 19. Condiciones de temperatura para dimensionamiento	56
Tabla 20. Dimensionamiento de UTAs para vencer CT del local	57
Tabla 21. Dimensionamiento de UTAs para ventilación	57
Tabla 22. Dimensionamiento caudales de baterías y bombas	58
Tabla 23. Dimensionamiento del Consumo de Ventiladores	59
Tabla 24. Rendimientos de equipos TOSHIBA Exteriores por catálogo	77
Tabla 25. Equipos de ventilación proyectados	80
Tabla 26. Resultados de Coeficiente Global de Transferencia, demandas de calefacción, refrigeración y Energía Final	84
Tabla 27. Costes del Ciclo de Vida para mejoras de la envolvente	87
Tabla 28. Consumo eléctrico de instalación proyectada	88
Tabla 29. Potencia de los equipos de la instalación proyectada	89
Tabla 30. Equivalencia unidades exteriores VRV de Toshiba	92
Tabla 31. Equivalencia unidades interiores VRV de Toshiba	92
Tabla 32. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Baja 1. Instalación VRV Toshiba	93

Tabla 33. Presupuesto Instalación VRV proyectada	103
Tabla 34. Presupuesto total de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba	107
Tabla 35. Alternativas con costes de mejoras de envolvente térmica	110
Tabla 36. Características Técnicas de Unidades Exteriores equipos VRV IV DAIKIN	112
Tabla 37. Características Técnicas de Unidades Interiores equipos VRV IV DAIKIN	113
Tabla 38. Presupuesto total de Mejora envolvente (2,2,2) e Instalaciones Daikin	116
Tabla 39. Presupuesto Unitario Mejora Cerramiento 1	119
Tabla 40. Presupuesto Unitario Mejora Cerramiento	120
Tabla 41. Presupuesto Unitario Mejora Vidrio 1	121
Tabla 42. Presupuesto Unitario Mejora Vidrio 2	121
Tabla 43. Presupuesto Unitario Mejora Cubierta 1	122
Tabla 44. Presupuesto Unitario Mejora Cubierta 2	122
Tabla 45. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Baja 2. Instalación VRV Toshiba	124
Tabla 46. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Primera. Instalación VRV Toshiba	124
Tabla 47. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Segunda. Instalación VRV Toshiba	125
Tabla 48. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Tercera. Instalación VRV Toshiba	125
Tabla 49. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta baja 1. Instalación VRV Daikin	126
Tabla 50. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Baja 2. Instalación VRV Daikin	126
Tabla 51. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Primera. Instalación VRV Daikin	127
Tabla 52. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Segunda. Instalación VRV Daikin	127
Tabla 53. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Tercera. Instalación VRV Daikin	128
Tabla 54. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP1206HT8P	129
Tabla 55. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP1406HT8P	130
Tabla 56. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP3816HT8P	130
Tabla 57. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP4416HT8P	131
Tabla 58. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP4616HT8P	132
Tabla 59. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0057MHE	132
Tabla 60. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0077MHE	133
Tabla 61. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0097MHE	134
Tabla 62. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0127MHE	134
Tabla 63. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0157MHE	135
Tabla 64. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0187M	136

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Presentación Real Decreto Ley de creación de CSHG 1927	17
Figura 2. Antigua sede de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	18
Figura 3. Etiqueta de eficiencia energética	21
Figura 4. Etiqueta energética en anuncio de prensa	23
Figura 5. Sección constructiva de forjado unidireccional del Estado Actual	27
Figura 6. Falso techo desmontable planta primera CHG	27
Figura 7. Carpintería de madera con Vidrio simple de 4 mm	28
Figura 8. Fachada CHG desde interior de Plaza de España	28
Figura 9. Estructura de cerchas metálicas bajo tablero y tejas	29
Figura 10. Cubierta a dos aguas con acabado en teja	29
Figura 11. Zona de cubierta transitable en CHG	29
Figura 12. Bombas de calor existentes en cubierta transitable	30
Figura 13. Sala de máquinas con climatizadora existente	30
Figura 14. Equipos Split en diferentes ubicaciones	31
Figura 15. Luminarias por placas de tubos fluorescentes de 4x18 W en sala	32
Figura 16. Luminarias de tubo fluorescente de 1x36 W en pasillo	32
Figura 17. Luminarias dicroicas de 50W en sala de reuniones y salón de actos	33
Figura 18. Definición Horario Anual de Calefacción	35
Figura 19. Definición Horario Anual de Refrigeración	35
Figura 20. Declaración de Datos Generales	44
Figura 21. Plano de Planta Baja	45
Figura 22. Creación mallada de nodos	45
Figura 23. Mallado común de nodos	46
Figura 24. Creación de Sectores Térmicos de Planta Baja	46
Figura 25. Sectores Térmicos de Planta Baja	47
Figura 26. Definición de Muro Exterior	47
Figura 27. Definición de tabiquería interior	48
Figura 28. Definición de Forjado de Cimentación	48
Figura 29. Definición de Forjado para solería entre plantas	49
Figura 30. Definición Cubierta Inclínada a dos aguas	49
Figura 31. Definición de Ventana de vidrio simple	50
Figura 32. Definición de Puerta de madera	50
Figura 33. Definición de Cargas Internas en Condiciones Operacionales	52
Figura 34. Verificación CTE-HE1 del caso inicial	53

Figura 35. Cálculo de demanda del caso inicial	54
Figura 36. Sistema todo aire con UTA y BdC	55
Figura 37. Edición de datos para Bomba Primaria	60
Figura 38. Edición de datos para circuito hidráulico primario del Estado Inicial	61
Figura 39. Edición de datos para Bomba de Calor del Estado Inicial	61
Figura 40. Edición de datos para UTAs del Estado Inicial	62
Figura 41. Edición de datos para zonas de sistema del Estado Inicial	63
Figura 42. Esquema de Sistema Secundario todo aire a caudal constante del Estado Inicial	64
Figura 43. Esquema de principio de Instalación Inicial por Calener-GT del Estado Inicial	65
Figura 44. Consumo energético mensual en Calener-GT del Estado Inicial	65
Figura 45. Indicadores Energéticos Anuales del Estado Inicial	66
Figura 46. Calificación en emisiones (D) del Estado Inicial	66
Figura 47. Verificación CTE HE-0 del Estado Inicial	67
Figura 48. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones del Estado Inicial	68
Figura 49. Resultado de Certificación Energética del Estado Inicial	68
Figura 50. Anejo E. Transmitancia térmica. U [W/m ² K]	70
Figura 51. Simulación cerramiento AISLAM	70
Figura 52. Saltos Térmicos de aislamientos del muro exterior	71
Figura 53. Trasdosado con aislamiento EPS	71
Figura 54. Trasdosado con aislamiento lana de vidrio	72
Figura 55. Doble Acristalamiento Climalit 4+6+6	73
Figura 56. Doble Acristalamiento Climalit 4+10+4 baja emisividad	73
Figura 57. Aislamiento térmico interior para cubierta	74
Figura 58. Aislamiento térmico doble para cubierta	74
Figura 59. Pantalla estanca CoreLine y Foco empotrable Proset	75
Figura 60. Elementos de Instalación de climatización proyectada	76
Figura 61. Esquema de Sistema VRV a 3 tubos	79
Figura 62. Esquema de dimensiones de UTA Systemair proyectada	80
Figura 63. Selección Unidades Exteriores Catálogo Toshiba	82
Figura 64. Tabla de capacidades catálogo Toshiba para Uds. Exteriores	82
Figura 65. Selección Unidades Interiores Cassette 4 vías Catálogo Toshiba	83
Figura 66. Resultados verificación HE-0 del Estado Inicial	86
Figura 67. Condiciones operacionales para edificio proyectado	90
Figura 68. Árbol de sistema VRV seleccionado en Calener BD	91
Figura 69. Sistema de Expansión directa VRV con UTA	94
Figura 70. Edición de datos para Unidad Exterior de sistema VRV	94
Figura 71. Edición completa de Unidad Exterior de VRV por pestañas	95
Figura 72. Edición de Unidad Interior de sistema VRV como zona	96
Figura 73. Edición completa de Unidad Interior de sistema VRV como zona	97

Figura 74. Esquema de Sistema Secundario VRV	98
Figura 75. Consumo energético mensual en Calener-GT de instalación proyectada	99
Figura 76. Indicadores Energéticos Anuales de instalación proyectada	99
Figura 77. Comparativa entre consumos de EF total entre Instalación Inicial e Instalación Proyectada	100
Figura 78. Calificación en emisiones (B) de instalación proyectada	101
Figura 79. Verificación CTE HE-0 Instalación Proyectada	101
Figura 80. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones en Instalación Proyectada	102
Figura 81. Verificación CTE HE-0 de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba	105
Figura 82. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba	106
Figura 83. Certificación Energética de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba	106
Figura 84. Resultados verificación requisitos HE-1 de Mejora envolvente (2,2,2)	111
Figura 85. Demanda de Mejoras envolvente (2,2,2) e Instalaciones Daikin	112
Figura 86. Verificación CTE HE-0 solución Daikin	113
Figura 87. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones en solución Daikin	114

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Presentación

En el presente proyecto se mostrará cómo se define en la Herramienta Unificada Líder Calener (HULC) un edificio terciario como es el conjunto de oficinas dispuesto en el Sector II de la Plaza de España de la ciudad de Sevilla.

Se describirá el edificio objeto de estudio, definiendo sus características constructivas e instalaciones, para así poder identificar las deficiencias que pueda tener y proponer todas las mejoras posibles. Los cambios propuestos se implementarán para comprobar cómo evoluciona la eficiencia energética del edificio en su conjunto.

La forma de comprobar la eficiencia energética de las oficinas será creando un modelo en HULC con la ayuda de las características descritas al comienzo, que servirán como datos de partida del problema. Se obtendrá los certificados energéticos iniciales y se evaluarán las mejoras en el propio modelo para comparar las certificaciones.

También se evaluarán las opciones desde el punto de vista económico, ya que el objetivo final será descubrir con esta metodología cual será la mejora que se sirva como elección de compromiso entre mejora de la eficiencia energética e inversión económica.

Cuando se haya alcanzado una solución óptima del proceso de certificación, es decir, una combinación de mejoras de la envolvente térmica del edificio junto con una instalación eléctrica y de climatización, que cumplan con el Reglamento de Instalaciones Térmicas en la Edificación y con el Código Técnico de la Edificación, se realizará un estudio paramétrico. Este estudio servirá para comprobar si intercambiando las instalaciones o las mejoras constructivas, por otras de mejor calidad, se obtienen resultados lo suficientemente superiores que justifiquen un incremento en el presupuesto total de obra.

La motivación principal de este proyecto proviene del compromiso adquirido durante el propio ejercicio profesional del último año en el sector de las instalaciones. Nace del aprendizaje adquirido durante los años de estudio sobre la ingeniería, más concretamente en el sector de la energía, donde el objetivo principal se focaliza en la mejora de la eficiencia y la eficacia de los sistemas térmicos, ya sea en la edificación o en cualquier aplicación industrial.

1.2 Contexto Histórico

Las Confederaciones Hidrográficas correspondían a criterios de descentralización institucional y tenían por objeto, sobre la base de un río principal, confederar todos los aprovechamientos existentes en él y en sus afluentes, cualesquiera que fuese la forma de los aprovechamientos, su importancia y el destino que tuvieran las aguas utilizadas.



Figura 1. Presentación Real Decreto Ley de creación de CSHG 1927

Las Confederaciones Hidrográficas se denotaban como pequeños Ministerios de Fomento a través de los cuales se buscaba llevar a cabo una auténtica acción de desarrollo económico de toda la cuenca.

La primera Confederación que se construyó fue la del Ebro, creada en el año 1926, a la que pronto siguió la del Guadalquivir, constituida por Real Decreto-Ley de 22 de Septiembre de 1927, siendo el primer Delegado de Gobierno el Sr. D. Carlos Cañal Migolla, y su primer Director el Sr. D. Justo Gonzalo Garrido. Dando lugar a la presentación según la Figura 1.

1.3.1 Primeros Tiempos (1927-1950)

Esta etapa se corresponde con los años previos a la Guerra Civil y los problemáticos años de la postguerra, caracterizados por la gran depresión económica de la población española en todos los sentidos.

Tras la constitución de la II República en España, se sustituye el nombre de “Confederaciones Hidrográficas” por el de “Mancomunidades Hidrográficas”. Tras este simbólico cambio de denominación, se escondía una reforma más profunda derivada de las conclusiones de una Comisión para el estudio de los planes de obra, plazos de ejecución y medios económicos referentes a Confederaciones Sindicales Hidrográficas, prevista en la Ley de Presupuestos de ese mismo año.

Años más tarde, en 1934, gracias al Decreto de 19 de Febrero, comienza el proceso de reorganización de las Confederaciones Hidrográficas. Una vez superada la Guerra Civil, se cancela cualquier rastro de representatividad en los órganos de gobierno de las Confederaciones, y se convierten en organismos funcionariales, quedando reducidas sus funciones al proyecto, ejecución y explotación de las obras hidráulicas.

La primera sede de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en la ciudad de Sevilla, estuvo en el edificio existente en la confluencia de la calle Reyes Católicos con el Paseo de Colón, con entrada por el nº23 de la citada calle Reyes Católicos. El edificio era el mostrado en la Figura 2.



Figura 2. Antigua sede de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

En los años 40, la Confederación trasladó sus oficinas al edificio de la Plaza de España debido a la Exposición Universal de 1929, ocupando en él una zona amplia del Sector III, formada por una planta semisótano de 1900 m^2 , y de dos plantas de oficinas con una superficie total de 3000 m^2 , además de una zona en la planta alta del Sector III, con unos 450 m^2 .

Los proyectos que se llevaron a cabo en este periodo fueron la construcción de ocho presas:

- El pintado y Torres del águila, en Sevilla.
- Tranco de Beas, Rumbar, Encinarejo y Jándula, en Jaén.
- La Breña y Guadalmellato, en Córdoba.

Además, se dio comienzo a las obras de las presas de Bermejales y Cubillas en Granada, y Guadalén en Jaén. Se prosiguió con la explotación de la presa de Guadalcaín, cuya construcción finalizó en 1922, y antes de los problemas económicos que atravesó la provincia de Sevilla, se finalizaron las obras de la Presa de La Minilla, promovidas por el propio Ayuntamiento.

1.3.2. Periodo 1951-1985

En este periodo, España experimentó una creciente mejoría económica, lo que permitió incrementar las dotaciones económicas para infraestructuras hidráulicas, sobretudo en la década de los 60.

En esta época se persiguió aumentar los recursos hidráulicos utilizables mediante la construcción de presas de embalse, a la promoción de puesta en riego y a la atención al abastecimiento de poblaciones de la periferia de los municipios, dando preferencia a la necesidad prioritaria “agua para beber”.

En los últimos años de este periodo se refuerza la atención al saneamiento y se inician importantes actuaciones en materia de depuración de aguas residuales.

Los proyectos que se llevaron a cabo en estos 34 años fueron relevantes, ya que se construyeron más de veinte presas de todo tipo; la mayoría de Gravedad, como las de Guadalén, Bornos, Bembézar, Los Hurones, Iznájar o Guadalmena; de Contrafuerte como Aracena; de Bóveda como Quiebrajano y Quéntar; o de Materiales Suelos como Cubillas y Boyera.

En los años 70 se abordó un ambicioso proyecto de modernización de las oficinas de la Plaza de España, que se ejecutó en dos fases. La primera consistió en la creación de una entreplanta aprovechando la gran altura de los techos mediante una reforma estructural importante que permitió ganar una superficie de 1400 m^2 de nuevas oficinas. La segunda fase consistió en la reordenación y tratamiento de los espacios disponibles, que aunaban entre todos 4350 m^2 , para conseguir unas oficinas modernas y confortables.

1.3.3. Periodo 1986-2003

Entró en vigor la nueva Ley de Aguas de 2 de Agosto de 1985, que supuso para las Confederaciones cambios cualitativos de gran importancia. Incrementaron significativamente sus competencias y responsabilidades, entre las que destacan:

- Las aguas subterráneas, declaradas de dominio público, pasan a ser competencia del Organismo de Cuenca.
- La calidad del agua pasa a ser prioridad y la Comisaría de Aguas entra a formar parte del Organismo de Cuenca.
- La planificación Hidrológica adquiere gran importancia.

En el aspecto constructivo, destaca este periodo por la construcción de veintiuna presas repartidas de la siguiente forma:

- Canales, San Clemente, Colomera, Francisco Abellán y El Portillo, en la provincia de Granada.
- Las presas de La Fernandina y Giribaile, así como Víboras, en la provincia de Jaén.
- Martín Gonzalo, Yeguas y San Rafael de Navalla, en la provincia de Córdoba.
- Las presas de Zahara-El Gastor, Barbate y Guadalcaín 2, en la provincia de Cádiz.
- La presa de Zufren, en la provincia de Huelva.

En el año 1986 se realizaron obras de acondicionamiento de las oficinas situadas en el Sector III, donde estaban ubicados los Servicios de Aplicaciones.

En el año 1992, y como consecuencia de la nueva estructura del Organismo de Cuenca establecido por la nueva Ley de Aguas que unía en un solo Organismo a la comisaría de Aguas y a la Confederación Hidrográfica, se hizo necesario modificar las oficinas e incorporar adecuadas instalaciones eléctricas, climatización, instalaciones contraincendios y nuevo sistema de comunicación.

A mediados de la década de los 90, y ante la necesidad de instalar un nuevo sistema de control informatizado

de los parámetros hidrológicos de la Cuenca, se hicieron importantes obras en la planta baja, donde, además de ubicar el Centro de Proceso de la Cuenca, se instalaron Servicios de control de accesos, atención al público y registro administrativo.

1.3.4. Situación Actual

En la actualidad, la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (CHG) es el Organismo responsable de la gestión del agua en la demarcación hidrográfica del Guadalquivir, así como en las demarcaciones hidrográficas de Cautia y de Melilla.

A efectos administrativos, está adscrita al Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, del que dependen como Organismo Autónomo con plena autonomía funcional.

Sus funciones principales son:

- La elaboración del plan hidrológico de cuenca, así como su seguimiento y revisión.
- La administración y control del dominio público hidráulico.
- La administración y control de los aprovechamientos de interés general o que afecten a más de una Comunidad Autónoma.
- El proyecto, construcción y explotación de las obras realizadas con cargo a los fondos propios del organismo, y las que les sean encomendadas por el Estado.
- Las que se deriven de los convenios con Comunidades Autónomas, corporaciones locales y otras entidades públicas o privadas, o de los suscritos con los particulares.

La demarcación hidrográfica del Guadalquivir comprende el territorio de la cuenca hidrográfica del río Guadalquivir, así como las cuencas hidrográficas que vierten al océano Atlántico desde el límite entre los términos municipales de Palos de la Frontera y Lucena del Puerto hasta la desembocadura del Guadalquivir, junto con sus aguas de transición. La cuenca hidrográfica del río Guadalquivir tiene una extensión de 57.527 km² y se extiende por 12 provincias pertenecientes a cuatro comunidades autónomas, de las que Andalucía representa más del 90% de la superficie de la demarcación.

1.3 Certificación Energética de un Edificio

Con el objetivo de promover el ahorro y la mejora de la eficiencia energética de los edificios, en el año 2002 se exigió a los países Europeos el establecimiento de una certificación para conocer el consumo energético real de las edificaciones como informes objetivos de los mismos. El estudio del consumo energético de los edificios proporciona una **calificación energética** y se representa con **una etiqueta de eficiencia**.

La calificación energética no es más que la expresión de la eficiencia de un edificio, que se rige de acuerdo a una metodología de cálculo y se expresa con indicadores energéticos mediante la etiqueta energética.

Esta etiqueta es un adhesivo que recoge, de forma resumida, el nivel de calificación energética obtenido tras someter al edificio al estudio energético dispuesto por normativa.

La interpretación y características de la etiqueta de eficiencia energética se resumen en los siguientes puntos:

1. Se representa el modelo de dicha etiqueta en la Figura 3, la cual es la que se utiliza en territorio español.

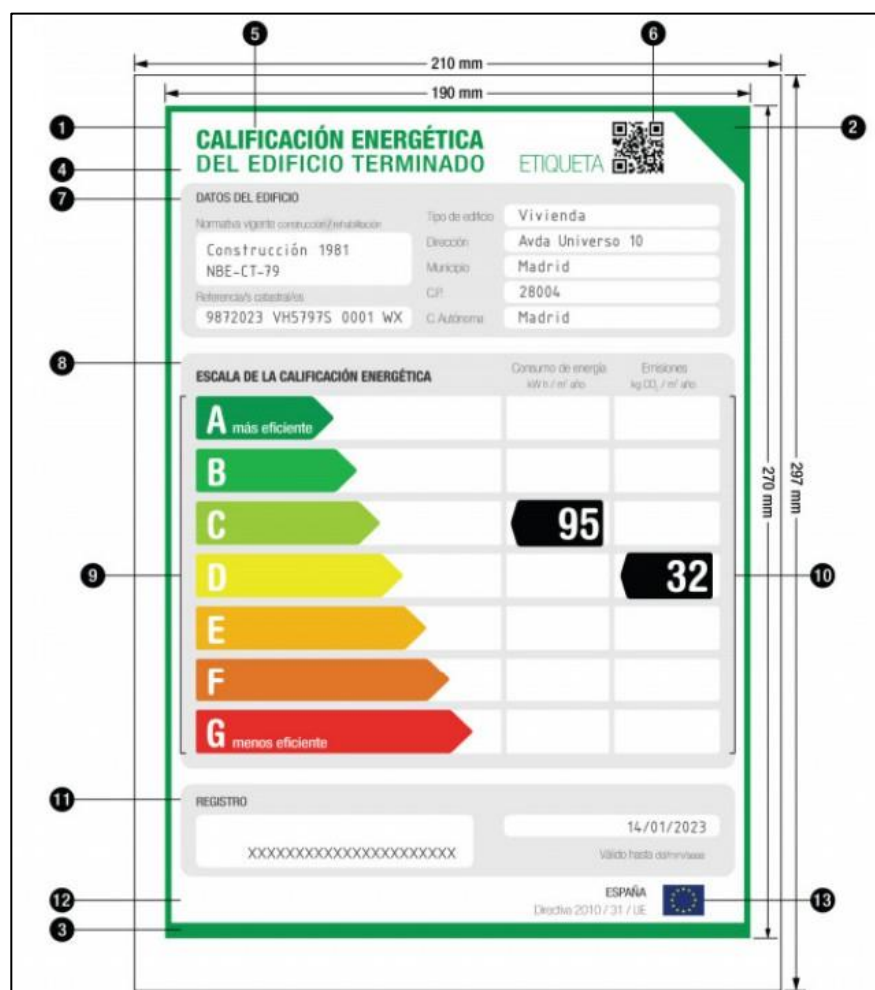


Figura 3. Etiqueta de eficiencia energética

2. Se tendrán en cuenta las siguientes precisiones con respecto al dimensionado y acabados de la etiqueta.
 - I. La etiqueta tendrá unas dimensiones mínimas de 190 mm de ancho y 270 mm de alto. Se deberá mantener la proporcionalidad de estas medidas en caso de ser impresa en un formato mayor.
 - II. El fondo de la etiqueta será blanco.
 - III. Los colores serán CMYK (cian, magenta, amarillo y negro) con arreglo al ejemplo siguiente: 00-70-X-00: Cian 0%, magenta 70%, amarillo 100% y negro 0%.
 - IV. Serán válidas todas las lenguas oficiales del Estado Español.
 - V. La etiqueta cumplirá todos los requisitos siguientes (los números se refieren a los marcados en la Figura 3).
 1. **Reborde de la etiqueta:** Trazo de 2 mm en borde izquierdo, superior y derecho. Trazo de 4 mm en el borde inferior. **Color:** para *edificios terminados* **verde** (85-15-95-30), y para *proyectos* **naranja** (10-65-100-10).
 2. **Esquina de la etiqueta:** Chaflán de 20 mm. **Color:** para *edificios terminados* **verde** (85-15-95-30), y para *proyectos* **naranja** (10-65-100-10).
 3. **Borde inferior de la etiqueta:** Trazo de 4 mm en borde inferior.
 4. **Cabecera de la etiqueta.**

5. **Título de la etiqueta:** Ancho de 180 mm y alto de 200 mm, fondo de color 00-00-00-00.
 - a. 1ª Línea: “CALIFICACIÓN ENERGÉTICA” con fuente: Helvética Condensed Heavy 24pt.
 - b. 2ª Línea: “DEL EDIFICIO TERMINADO” o “DEL PROYECTO” con fuente: Helvética Condensed Medium 24 pt.
 - c. Color: Para *edificios terminados* verde (85-15-95-30), y para *proyectos* naranja (10-65-100-10).
6. **Código DIBI:** Con ancho de 18mm y 18 mm de alto.
 - a. Título “ETIQUETA” con fuente: Helvética Condensed Tina 24 pt. Color: para *edificios terminados* verde (85-15-95-30), y para *proyectos* naranja (10-65-100-10).
7. **Datos del edificio**
 - a. Área rectangular: Con ancho de 180 mm y alto de 50mm. Esquinas redondeadas con radio de 4 mm. Color 00-00-00-10.
 - b. Título “DATOS DEL EDIFICIO” con fuente: Helvética Condensed Roman 13 pt. Color 00-00-00-X.
 - c. Texto descriptivo de las casillas de formulario con fuente: Helvética Condensed Thin 13 pt. Color 00-00-00-55.
 - d. Casillas de formulario con ancho variable, alto de 17 a 7 mm y color 00-00-00-00.
 - e. Texto a introducir en las casillas de formulario: Fuente Arial Normal 9-13 pt y color 00-00-00-X.
8. **Escala de la clasificación energética:** Ancho de 180 mm, alto de 135 mm, esquinas redondeadas con radio de 4 mm y color 00-00-00-X.
 - a. Título “ESCALA DE LA CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA” con fuente: Helvética Condensed Heavy 13 pt. Color 00-00-00-X.
 - b. Texto descriptivo de las casillas de formulario con fuente Helvética Condensed Thin 13 pt y color 00-00-00-55.
9. **Escala de A (más eficiente) a G (menos eficiente).**
 - a. Flecha. Ancho de 45 mm para clase A, y 90 mm para clase G. Alto de 14 mm, con espacio de 3 mm y colores según clase:
 - Clase A: 85-15-95-30.
 - Clase B: 80-00-X-00.
 - Clase C: 45-00-X-00.
 - Clase D: 10-00-95-00.
 - Clase E: 05-30-X-00.
 - Clase F: 10-65-X-00.
 - Clase G: 05-95-95-00.
 - b. Texto “A” – “G” con fuente: Helvética Rounded Condensed Bold 35 pt y color 00-00-00-00.
 - c. Texto “más eficiente” y “menos eficiente” con fuente: Helvética Condensed Medium 15 pt, con color 00-00-00-00.
10. **Calificación energética**
 - a. Flecha: Ancho de 30 mm y 15 mm de alto. Colores 00-00-00-X.

- b. Valor: Fuente Helvética Rounded Condensed Bold 45 pt, color 00-00-00-00.

11. Registro

- a. Área Rectangular: Ancho de 180 mm y 30 mm de alto. Equinas Redondeadas con radio de 4 mm y color 00-00-00-10.
- b. Título “REGISTRO” con fuente Helvética Condensed Roman 13 pt y color 00-00-00-X.
- c. Texto descriptivo de las casillas de formulario con fuente Helvética Condensed Thin 13 pt y color 00-00-00-55.
- d. Casillas de formulario con ancho variable y alto de 17 a 7 mm. Color 00-00-00-00.
- e. Texto a introducir en las casillas de formulario con fuente Arial Normal 9-13 pt y color 00-00-00-X.

12. Pie de etiqueta con ancho de 180 mm, alto 20 mm y fondo 00-00-00-00.

- a. Texto “ESPAÑA” con fuente Helvética Condensed Roman 13 pt y color 00-00-00-X.
- b. Texto “Directiva 2010/31/UE” con fuente Helvética Condensed Thin 13 pt con color 00-00-00-55.

13. Logotipo de la Unión Europea. Con ancho de 14 mm y 10 m de alto.

3. Casos particulares en los que se permite una variación del modelo o información prescindible de la etiqueta de eficiencia.
 - I. En la publicación de un edificio en venta o alquiler, a través de la propaganda emitida por parte de una inmobiliaria, está permitido que se manipulen las dimensiones de la etiqueta. Siempre y cuando se mantenga el formato de la información contenida y dicha información sea legible.
 - II. Un caso particular de lo mencionado anteriormente, permite exponer únicamente el apartado de la etiqueta denominado como “*ESCALA DE LA CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA*” junto con sus valores. Es el caso de anuncios de prensa.



Figura 4. Etiqueta energética en anuncio de prensa

- III. En los casos en que se haga propaganda mediante carteles de venta o alquiler, que contengan un teléfono de contacto escrito, no será necesario mostrar la clasificación energética.

4. Escala con los niveles de clasificación energética para edificios.

En este apartado se debe diferenciar entre edificios de viviendas y edificios terciarios. En el caso de edificios de viviendas regulados se clasificarán los niveles energéticos de acuerdo a los rangos de la Tabla 1, extraídos

del Real Decreto 41/2007.

Edificio de viviendas	
Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C1 < 0,15$
B	$0,15 < C1 < 0,50$
C	$0,50 < C1 < 1,00$
D	$1,00 < C1 < 1,75$
E	$C1 > 1,75$ y $C2 < 1,00$
F	$C1 > 1,75$ y $1,00 < C2 < 1,5$
G	$C1 > 1,75$ y $1,50 < C2$

Tabla 1. Valores calificación energética viviendas según RD 41/2007

Estos valores C1 y C2 son índices de calificación de eficiencia energética, y se obtienen con las siguientes formulaciones:

$$C1 = \frac{\left(\frac{I_o}{\bar{I}r}\right)R - 1}{2(R - 1)} + 0.6$$

$$C2 = \frac{\left(\frac{I_o}{\bar{I}s}\right)R' - 1}{2(R' - 1)} + 0.5$$

Donde:

- I_o : Es el calor que recoge las emisiones anuales de CO_2 ó el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio objeto, calculadas de acuerdo con la metodología descrita en el documento reconocido de especificaciones técnicas de la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética y limitadas a los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria.
- $\bar{I}r$: Corresponde al valor medio de las emisiones anuales de CO_2 ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados del Documento Básico de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, aprobado mediante el RD 314/2006 con excepción de la aportación solar fotovoltaica.
- R : Se refiere al ratio entre el valor de $\bar{I}r$ y el valor de emisiones anuales de CO_2 ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10% de los edificios nuevos de viviendas que cumplen estrictamente con los apartados del Documento Básico de Ahorro de energía del Código Técnico de la Edificación, aprobado mediante el RD 314/2006.
- $\bar{I}s$: Corresponde al valor medio de las emisiones anuales de CO_2 ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, para el parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.
- R' : Es el ratio entre el valor de $\bar{I}s$ y el valor de emisiones anuales de CO_2 ó el consumo anual de energía primaria no renovable de los servicios de los servicios de calefacción, refrigeración y agua caliente sanitaria, correspondiente al percentil del 10% del parque existente de edificios de viviendas en el año 2006.

Los valores de $\bar{I}r$, $\bar{I}s$, R y R' correspondientes a las diferentes capitales de provincia, se incluyen en el documento reconocido “Escala de calificación energética”. En este documento se describe el procedimiento para obtenerlos en localidades que no sean capitales de provincia.

5. Escala de eficiencia energética para edificios destinados a otros usos.

Los edificios regulados por el Procedimiento básico, destinados a otros usos que no sean vivienda, se clasifican energéticamente de acuerdo a los valores de la Tabla 2.

Edificios de uso diferente a viviendas	
Calificación de eficiencia energética del edificio	Índices de calificación de eficiencia energética
A	$C < 0,40$
B	$0,40 < C < 0,65$
C	$0,65 < C < 1,00$
D	$1,00 < C < 1,3$
E	$1,3 < C < 1,6$
F	$1,6 < C < 2$
G	$2 < C$

Tabla 2. Valores calificación energética otros edificios según RD 41/2007

El índice de calificación energética C que se define en la Tabla 2 es el resultado de dividir las emisiones anuales de CO_2 ó el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio a certificar, y las emisiones de CO_2 ó el consumo anual de energía primaria no renovable del edificio de referencia, según corresponda en cada caso.

En el “Documento reconocido de especificaciones técnicas de la metodología de cálculo de la calificación de eficiencia energética” se definen cada uno de los tipos de edificio que se emplean como referencia. Estos cálculos engloban el consumo de los servicios de calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria e iluminación.

2 DESCRIPCIÓN EDIFICIO ACTUAL

En este apartado se procederá a describir exhaustivamente las características del edificio de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, cuyas oficinas se encuentran localizadas en el recinto de la Plaza de España.

En este apartado se definirán tanto la geometría constructiva de la envolvente y el interior del edificio, como las características de las instalaciones mecánicas y eléctricas del mismo.

2.1. Geometría Constructiva

El edificio objeto de proyecto rodea a la conocida Plaza de España de la ciudad de Sevilla y fue construido para la exposición Iberoamericana del año 1929, con forma semielíptica, flanqueado por dos torres y que ha sido declarado Bien de Interés Cultural.

La estructura del edificio es de muros de carga de ladrillo, arriostrados por muros de carga perpendiculares que dividen cada uno de los sectores, según la secuencia alterna de mayores y menores dimensiones

El edificio consta de cuatro alturas, planta baja más tres plantas y cubierta, y la distribución interior se articula por pasillo central siguiendo la forma semielíptica con despachos o zonas de oficina a ambos lados. En planta baja se encuentra el vestíbulo y acceso a cocheras, distintas dependencias y el salón de actos. Esta planta baja es la única zona del edificio considerada de uso público, el resto de las plantas son de uso restringido, para trabajadores de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Por este motivo, el acceso al establecimiento está controlado en planta baja mediante barreras físicas y por personal fijo en la zona de recepción.

Los usos del edificio por plantas son:

- Planta Baja: acceso, zona de recepción, salón de actos, despachos, aseos y zonas comunes de paso.
- Planta Primera: despachos, oficina común, aseos y zonas comunes de paso.
- Planta Segunda: despachos, oficina común, aseos y zonas comunes de paso.
- Planta Tercera: despachos, oficina común, sala de juntas, aseos y zonas comunes de paso.
- Planta Cuarta/Cubierta: la cubierta es de teja, siendo parte de esta, cubierta transitable, en la que se localizan las bombas de calor de la instalación de climatización existentes.

A continuación se describirán las características de los dos tipos de forjados existentes, el falso techo del interior, el conjunto interrelacionado de cerramientos, revestimientos, fachadas y paredes, y por último, la cubierta.

2.1.1 Forjados

Los forjados son de viguería metálica y revoltón de ladrillo. Existen dos tipologías a consecuencia de la última reforma estructural realizada. Varían según sean los originales, que se encuentran en la mayor parte de la edificación, o si nos referimos al nivel intermedio, donde se produjo la reforma.

- F1: Formado por vigas metálicas y revoltón de ladrillo, provocando por tanto un espesor variable.
- F2: Compuesto por vigas metálicas y bovedilla de hormigón en forjado plano.

A continuación se puede observar en la Figura 5 un esquema de la sección constructiva de un forjado unidireccional compuesto de viguetas metálicas y bovedilla de revoltón de ladrillo. Este tipo de forjado no se emplea actualmente en la construcción, dada la evolución de las nuevas técnicas, por lo que para este proyecto ha sido fundamental la investigación de este forjado tan característico.

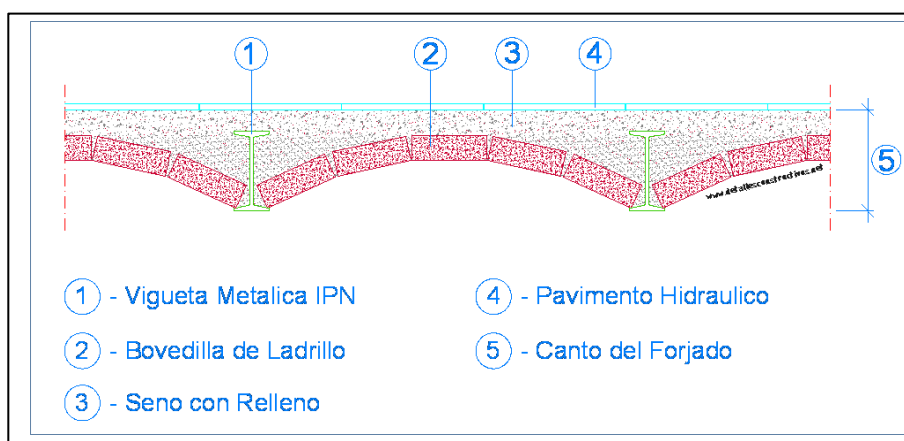


Figura 5. Sección constructiva de forjado unidireccional del Estado Actual

2.1.2 Falso Techo

El edificio cuenta con falso techo desmontable de aluminio en la mayoría de las dependencias u oficinas de las plantas primera, segunda y tercera. Tanto la perfilería como los paneles se encuentran en buenas condiciones. En algunas zonas; como por ejemplo la oficina de recaudación en planta segunda, presidencia y secretaría de presidencia en tercera planta, en lugar de falso techo desmontable, se convive con placas de techo de escayola con mayor antigüedad y en estado deteriorado.

En la Figura 6 se puede apreciar el tipo de falso techo anteriormente descrito.

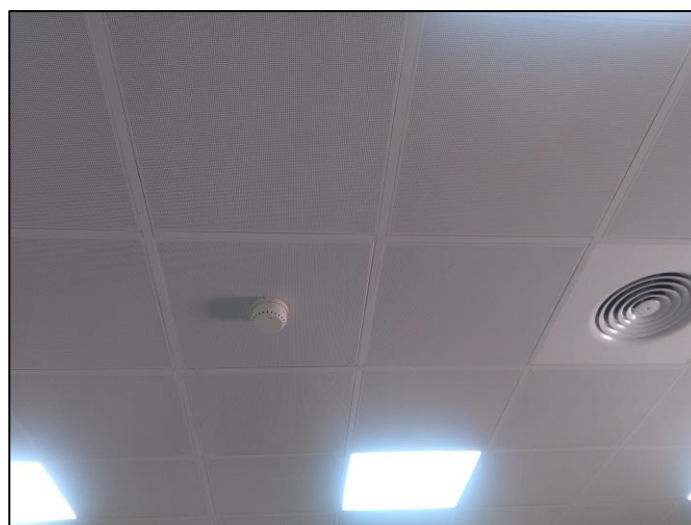


Figura 6. Falso techo desmontable planta primera CHG

2.1.3 Cerramientos, Revestimientos y Tabiquería Interior

Las carpinterías exteriores son de madera con vidrio simple de 4mm de espesor, tal y como se observa en la Figura 7. Se comenta esta información para destacar el la imposibilidad de cambiar el marco de las carpinterías debido al carácter histórico del edificio. La única solución que podría contemplarse sería mantener los marcos y cambiar los vidrios por otros con menor coeficiente de transmitancia térmica.

En el caso hipotético de haber tenido las ventanas construidas en la cara exterior del muro, podría haberse colocado otra carpintería adicional por la cara interior, consiguiendo un aislamiento mucho más efectivo. Pero esta alternativa queda descartada al encontrarse la carpintería original por la cara interior del muro.



Figura 7. Carpintería de madera con Vidrio simple de 4 mm

Las fachadas están realizadas con muros de carga de ladrillo macizo con un espesor total de 60 cm con grandes ventanales, tanto en cara delantera como en la posterior, de carpintería de madera. Se representa la fachada principal del edificio, vista desde el interior de la Plaza de España, con las características descritas en la Figura 8.



Figura 8. Fachada CHG desde interior de Plaza de España

2.1.4 Cubiertas

Las cubiertas se encuentran construidas a dos aguas, con estructura de cerchas metálicas bajo tableros y acabado en teja. Existen dos cubiertas diferenciadas:

- C1: Compuesta por un forjado de vigas de madera y cañizo, al que se le ha proyectado aislante. La estructura es de cerchas metálicas que soportan el entrevigado de revoltón de ladrillo culminado con teja. En la Figura 9 se puede ver la estructura de cerchas bajo cubierta, y en la Figura 10, el acabo exterior a dos aguas con acabado en teja con su característica decoración.
- C2: Compuesta por una terraza transitable con acabado cerámico sin aislante donde se ubican algunos de los equipos de climatización del edificio sobre sus correspondientes bancadas. Es significativo señalar que esta zona de cubierta no intervendrá a efectos de cálculo energético, ya que no corresponde con la zona de oficinas que se incluye en el alcance del proyecto. Se representa en la Figura 11.



Figura 9. Estructura de cerchas metálicas bajo tablero y tejas



Figura 10. Cubierta a dos aguas con acabado en teja



Figura 11. Zona de cubierta transitable en CHG

2.2 Instalación de Climatización

El edificio cuenta con una instalación de climatización compuesta por bomba de calor, dispuesta en planta de cubierta y conectada con climatizadores en sala de máquinas de cada una de las plantas. La distribución desde las salas de máquinas de cada planta hacia las zonas de trabajo, despachos, oficinas y zonas comunes, se realiza mediante difusores.

Las bombas de calor aire-agua existentes son de la marca McCUAY modelo HPI SE1 03STB01, de 379 kW frigoríficos y 365 kW caloríficos. En la Figura 12 se muestran las bombas de calor localizadas en la cubierta.



Figura 12. Bombas de calor existentes en cubierta transitable

Los climatizadores se alojan individualmente en diferentes salas de máquinas. El edificio cuenta con dos salas en planta baja, y una en cada una de las plantas restantes, primera, segunda y tercera. Por tanto, hacen un total de cinco salas de máquinas con sus respectivas climatizadoras. Un ejemplo de una de las climatizadoras es la que aparece en la Figura 13.



Figura 13. Sala de máquinas con climatizadora existente

Las salas de máquinas están situadas una por planta junto a escalera principal, accediéndose desde segundo o primer rellano de ésta, según planta. Es por esta circunstancia que las dimensiones de las puertas de acceso a

las salas de máquinas son reducidas, debiéndose tener en cuenta que las modulaciones de las climatizadoras, en planta tercera, será de 165 x 74 cm, en segunda 142 x 74 cm, en primera 165 x 74cm, y en baja 189 x 72 cm. Refiriéndose las modulaciones a la distribución en módulos de las climatizadoras, que se introducirán en las salas de máquinas de espacio reducido. En cada módulo se encontrarán distintos elementos de la unidad, como podrían ser las baterías, grupo de filtrado, o la caja de mezclas. Esta facilidad constructiva permite introducir la unidad en el espacio que haya disponible, agrupada geométricamente en la posición más conveniente.

Las dos salas de la planta baja se encuentran una de ellas junto a la zona de garaje, dando servicio a las oficinas SAICA y SAIH, y una segunda ubicada en la sala de máquinas junto a la entrada del edificio por Avda. de Portugal, que da servicio al vestíbulo general, registro y salón de actos. Las salas de las plantas primera, segunda y tercera se encuentran alineadas en la misma vertical, junto a los tramos de escalera. Cada una de estas tres climatizadoras posee entrada y salida de aire y se encargan de la ventilación de sus respectivas plantas.

El retorno de aire a los climatizadores se realiza por falso techo y de manera conducida en oficinas comunes, sala de juntas y despachos. El aire tratado en las climatizadoras es distribuido por medio de conductos de chapa de acero galvanizado con aislamiento de fibra de vidrio o conductos de aluminio flexible y rejillas. Estos climatizadores cuentan con una sección de retorno de aire, una sección de filtro, baterías para enfriamiento y una sección de ventilador.

Las dimensiones de toma de aire del exterior en tercera planta 105 x130 cm, en segunda 160 x 86cm, salida de 175 x63 cm. En primer, toma de 106 x 160 cm, salida de 80 x174 cm. En baja, toma de 130x170 cm y salida de 130x170 cm. La mejor dimensión de estas salas de máquinas es de 300cm

El caudal de aire en los despachos lo regulan los difusores del techo.

Para la distribución del agua se utilizan tuberías de acero negro DIN 2440 aislado con coquilla de fibra de vidrio, tanto en impulsión como en retorno. El sistema de agua enfriada cuenta con dos bombas centrífugas en línea para la impulsión del agua, una de ellas funcionando y la otra mantenida para reserva.

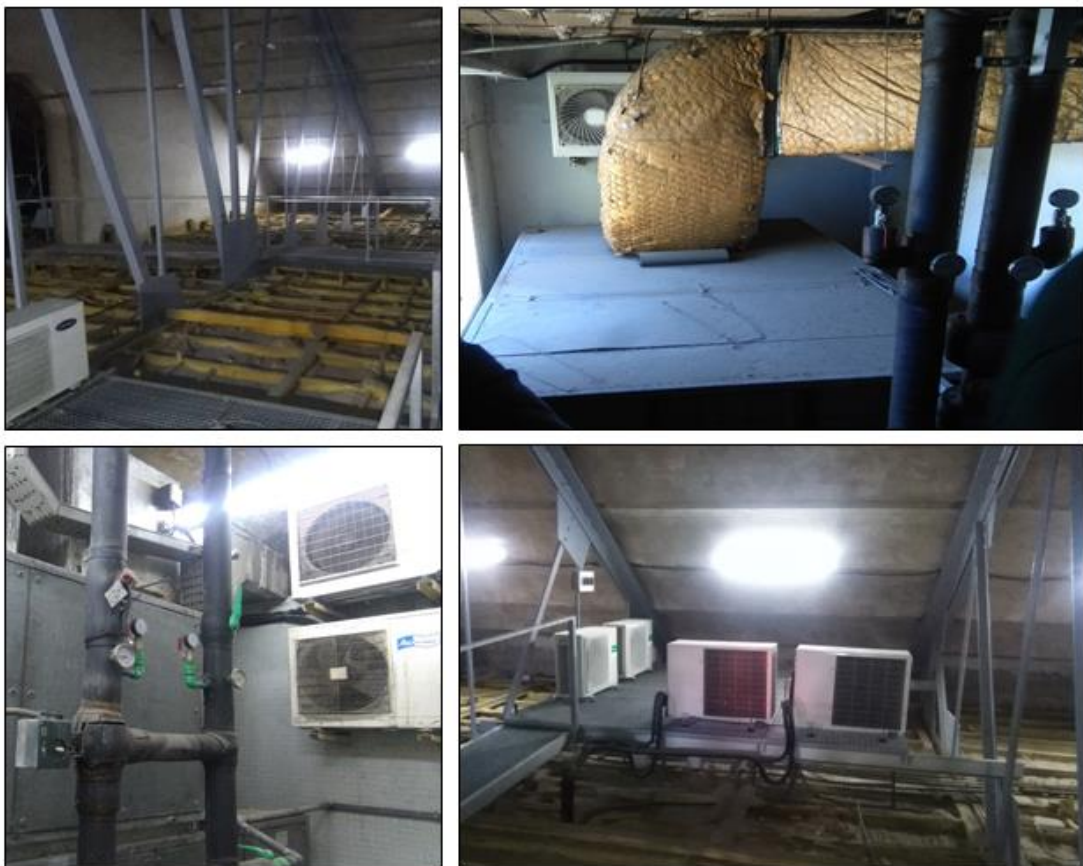


Figura 14. Equipos Split en diferentes ubicaciones

El control de la instalación de climatización es todo o nada, no son equipos inverter con sondas de temperatura en los despachos, que envíen datos al sistema de control y este actúe sobre las bombas para regular los caudales.

Además del equipo de bomba de calor aire-agua situada en cubierta, existen una serie de equipos Split distribuidos en algunos de los despachos del edificio. La inclusión de estos equipos fue el resultado de un incremento progresivo de la demanda energética del edificio, entendiéndose como un soporte extra para zonas críticas del edificio que la bomba de calor aire-agua no podía satisfacer. En la Figura 14 se muestran algunos ejemplos de los equipos Split que se están distribuidos por diferentes estancias del edificio.

En total son 16 unidades que se dividen en dos modelos diferentes de CARRIER. Todos funcionan con R-22 y tienen entre 3.87 y 4.79 kW de potencia frigorífica, y entre 4.66 y 5.1 kW de potencia calorífica.

2.3 Instalación Eléctrica de Luminarias

La principal fuente de consumo de energía eléctrica, excluyendo a los elementos que constituyen la instalación de climatización definida en el apartado anterior, es la instalación de iluminación del edificio.

La instalación de iluminación en las zonas de oficina está formada por pantallas de tubos fluorescentes de distintas tipologías; 4x18W, 2x58W y 3x58W. En las zonas de pasillos la iluminación se realiza por luminaria de tubo fluorescente de 1x36 W y 1x54W. En la Figura 15 y en la Figura 16 se aprecian las dos tipologías de luminaria descritas.



Figura 15. Luminarias por placas de tubos fluorescentes de 4x18 W en sala



Figura 16. Luminarias de tubo fluorescente de 1x36 W en pasillo

Es significativo señalar que observando las cifras de consumo eléctrico del edificio, el responsable de

prácticamente el 75% del consumo total es la instalación de climatización y ventilación, mientras que la instalación de iluminación supone aproximadamente el 25%.

En algunas zonas se pueden encontrar luminarias dicroicas de 50 W, como por ejemplo en el interior del salón de actos de planta baja, salas de reuniones o algunos tramos de escalera. En la Figura 17 aparecen ejemplos de estas luminarias encontradas en una sala de reuniones y en el salón de actos.



Figura 17. Luminarias dicroicas de 50W en sala de reuniones y salón de actos

3 MODELADO EDIFICIO ACTUAL EN HULC

3.1 Cálculo de Demanda del Edificio

Dado que el objeto del presente proyecto se centra en proyectar una serie de mejoras energéticas del edificio, tanto a nivel constructivo modificando la epidermis del edificio, como implantando un sistema diferente de climatización y de iluminación, será necesario conocer los datos de consumo que posee el edificio actual para poder proyectar estas nuevas instalaciones.

Por tanto, este apartado se centrará en recopilar todos los datos de partida necesarios para el diseño de nuevas alternativas que puedan ser implementadas para conocer su repercusión a nivel energético. Estos datos de partida son el horario de funcionamiento, las condiciones ambientales en el exterior e interior, la distribución de espacios, la calidad del aire que se demanda en el interior y las cargas térmicas del edificio.

3.1.1 Programa de Funcionamiento

El edificio proyectado es de tipo administrativo por lo que debe considerarse un programa de funcionamiento con horarios y una ocupación acorde a las actividades del mismo.

En el edificio se distinguen principalmente dos usos bastante diferenciados, el uso de oficinas y el uso del salón de conferencias.

El horario de funcionamiento general del edificio estará comprendido entre las 7:30 y las 15:30 horas de lunes a viernes con una ocupación de acuerdo a los puestos de trabajos que existen actualmente. La ocupación aproximada por plantas es la que aparece en la Tabla 3.

OCUPACIÓN APROXIMADA	
PLANTA	Nº PERSONAS
PLANTA BAJA - SALÓN DE ACTOS	140
PLANTA BAJA - OFICINAS	37
PLANTA PRIMERA	69
PLANTA SEGUNDA	66
PLANTA TERCERA	60
TOTAL	372

Tabla 3. Ocupación de CHG para cálculos

Por tanto, en una franja temporal incluida en el horario de trabajo comentado anteriormente, y en el que el salón de actos estuviese siendo utilizado simultáneamente, **la ocupación máxima** del edificio será de **372 personas**.

Una vez cuantificada la ocupación máxima, se definen como parte de las condiciones operacionales, los horarios de funcionamiento de los equipos. Resulta fundamental definir dos horarios anuales de funcionamiento para establecer los periodos disponibles de calefacción y refrigeración.

Tal y como se ha señalado en los párrafos anteriores, el edificio se encuentra operativo desde las 7:30 hasta de 15:30. De cara a mejorar el confort climático del edificio en el horario de trabajo, se estima que la instalación comience a funcionar unos 30 minutos antes de comenzar la jornada, con el objetivo de vencer las inercias térmicas de haber tenido la instalación parada durante la tarde y noche del día anterior. También retrasar el apagado de la disponibilidad de los equipos 30 minutos después para garantizar el confort térmico de aquellos ocupantes que no hayan salido del edificio. Por tanto, la instalación se pondrá en funcionamiento a la 7:00

horas y se apagará a las 16:00 de lunes a viernes.

Para la correcta definición de las condiciones operativas de funcionamiento de los equipos de climatización, son necesarios la creación de dos horarios diferentes, uno para el uso de calefacción y otro para el de refrigeración.

- Horario de Calefacción

Estará disponible en dos tramos del año, el primero comprendido entre el 03 de Enero y el 16 de Febrero, y el segundo desde el 15 de Octubre hasta el 28 de Diciembre. Se denomina “HA_Calefacción”. Su edición está reflejada en la Figura 18.

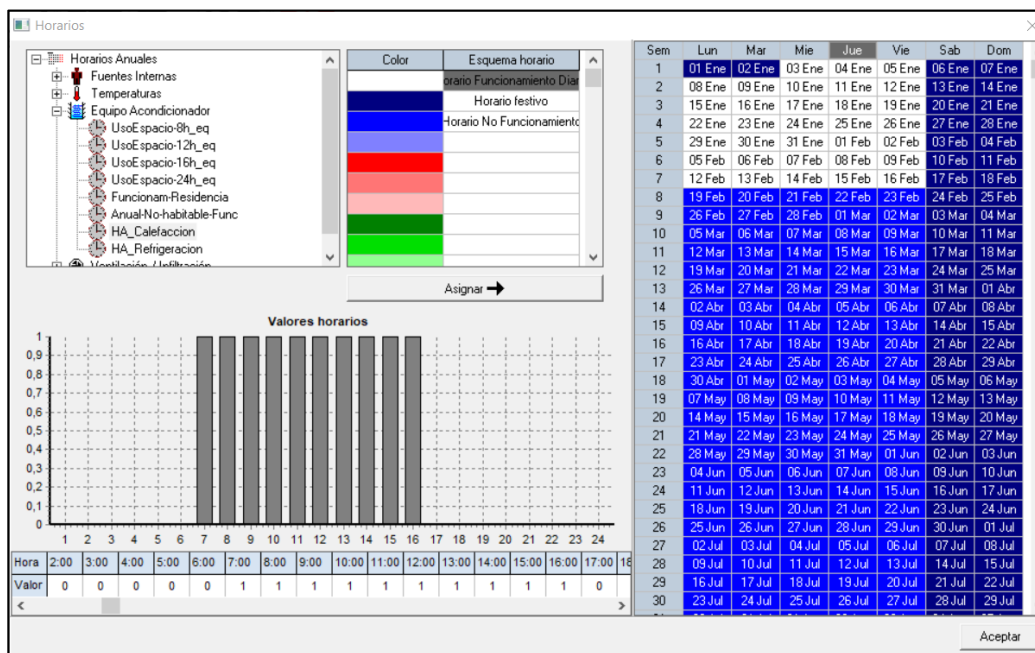


Figura 18. Definición Horario Anual de Calefacción

- Horario de Refrigeración

Estará disponible durante un único tramo del año comprendido desde el 02 de Abril hasta el 07 de Septiembre. Se denomina “HA_Refrigeración”. Su definición se muestra en la Figura 19.

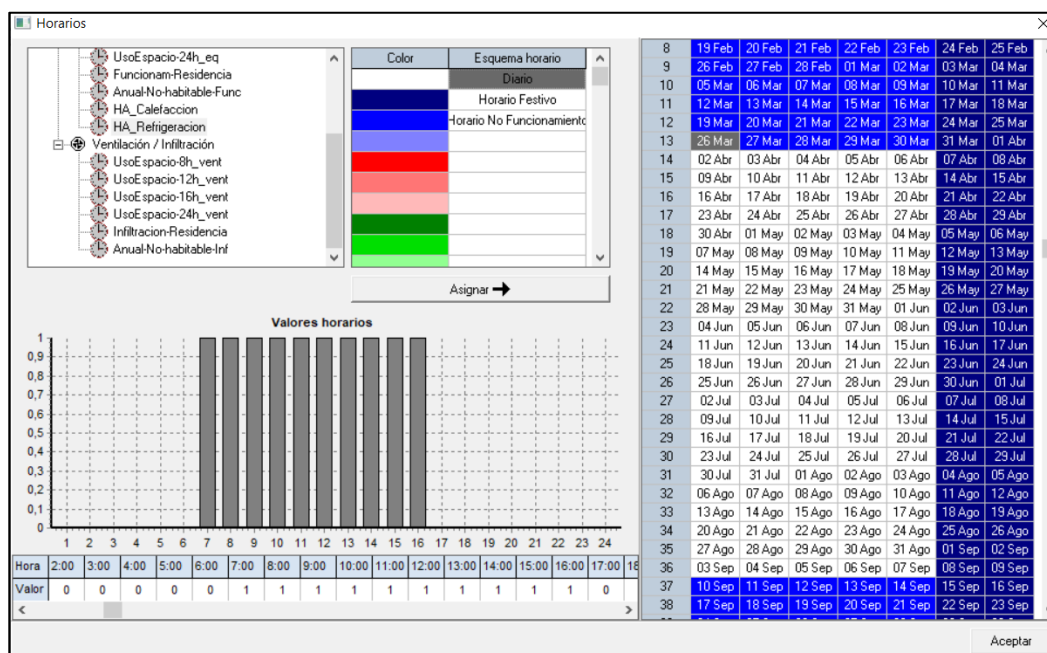


Figura 19. Definición Horario Anual de Refrigeración

3.1.2 Condiciones Exteriores de Cálculo. Régimen de Verano e Invierno

La situación de la edificación se encuentra en Sevilla a 37° 25' Latitud Norte y a 20 m sobre el nivel del mar. Según la Norma UNE 100014 y dada la tipología, el tipo de instalación y el régimen de funcionamiento del edificio, se ha estimado que el 2.5% del tiempo que la instalación está funcionando se supera la temperatura media exterior en régimen de verano, y resultan inferiores a las del régimen de invierno..

La temperatura seca exterior de diseño en verano es de 37.20°C. La temperatura húmeda más probable en régimen de verano es de 22.80°C. Por lo que fijamos la temperatura seca de diseño para el dimensionado de los equipos frigoríficos condensados por aire en 40°C.

La temperatura seca exterior de diseño en invierno es de 1.9°C.

3.1.3 Condiciones Interiores de Cálculo. Régimen de Verano e Invierno

Para obtener las condiciones de temperatura y Humedad Relativa interiores del edificio se debe consultar La Instrucción Técnica IT 1. Diseño y Dimensionado, más concretamente IT 1.1.4.1.2. Temperatura operativa y humedad relativa. Esta instrucción define las dichas condiciones en base a la actividad metabólica de las personas, su grado de vestimenta y el porcentaje estimado de insatisfechos (PPD).

La situación que encontramos en el edificio objeto de estudio son personas con actividad metabólica sedentaria de 1.2 met, con grado de vestimenta de 0.5 clo en verano y 1 clo en invierno y un PPD entre el 10 y el 15%, ya que el personal que estudiamos son generalmente cargos de oficina. Las condiciones son las de la Tabla 4.

CONDICIONES DE T Y HR EN INTERIOR DEL LOCAL		
ESTACIÓN	TEMPERATURA [°C]	HUMEDAD RELATIVA [%]
VERANO	23 a 25	45 a 60
INVIERNO	21 a 23	40 a 60

Tabla 4. Condiciones deseadas de T y HR en interior del local

3.1.4 Calidad del Aire Interior y Exterior

Es exigencia del RITE asegurar una calidad del aire interior (IDA) en función del tipo de edificación de la que se trate. El Reglamento especifica en su Instrucción Técnica 1, apartado IT 1.1.4.2.2. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de los edificios, que para un edificio de oficinas de estas características debe ser IDA2, que equivale a un aire de buena calidad. En la Tabla 5 se recoge esta información descrita extraída directamente de la Instrucción Técnica del RITE.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN	USO	CAUDAL MÍN. EXTERIOR PARA ASEGURAR VENTILACIÓN [dm ³ /s por persona]
IDA1	Aire de óptima calidad	Hospitales, clínicas, laboratorios, guarderías.	20
IDA2	Aire de buena calidad	Oficinas, residencias (locales comunes de hoteles y similares, residencias de ancianos y de estudiantes), salas de lectura museos, salas de tribunales, aulas de enseñanza y asimilables y piscinas	12,5

IDA3	Aire de calidad media	Edificios comerciales, cines, teatros, salones de actos, habitaciones de hoteles y similares, restaurantes, cafeterías, bares, salas de fiestas, gimnasios, locales para el deporte (salvo piscinas) y salas de ordenadores.	8
IDA4	Aire de calidad baja		5

Tabla 5. Categorías de calidad del aire interior en función del uso de edificios

En cuanto a la calidad del aire exterior (ODA) se clasificará de acuerdo con los niveles que se recogen en la Tabla 6. Estos datos se han conseguido de la *IT 1.1.4.2.4. Filtración del aire exterior mínimo de ventilación*. Recogida en el RITE.

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
ODA1	Aire puro que puede contener partículas sólidas (como por ejemplo Polen) de forma temporal
ODA2	Aire con altas concentraciones de partículas
ODA3	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos
ODA4	Aire con altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas
ODA5	Aire con muy altas concentraciones de contaminantes gaseosos y partículas

Tabla 6. Categorías de calidad del aire exterior

Una vez se han elegido las calidades de los aires interior y exterior deseadas para las oficinas, la forma de asegurar esas calidades es elegir un sistema de filtros acorde a la elección. Se colocan filtros previos y finales.

Los filtros previos sirven para mantener limpios los componentes de las unidades de ventilación y tratamiento de aire, así como alargar la vida útil de los filtros finales. Los prefiltros se instalarán en la entrada del aire exterior a la unidad de tratamiento, así como en la entrada del aire de retorno.

Los filtros finales se instalarán después de la sección de tratamiento y, cuando los locales servidos sean especialmente sensibles a la suciedad, después del ventilador de impulsión, procurando que la distribución de aire sobre la sección de filtros sea uniforme.

En la Tabla 7 y Tabla 8 se recogen las elecciones de filtrado mínimo para cumplir con IDA2 y ODA2.

FILTROS PREVIOS				
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA1	F7	F6	F6	G4
ODA2	F7	F6	F6	G4
ODA3	F7	F6	F6	G4
ODA4	F7	F6	F6	G4
ODA5	F6/GF/F9 (*)	F6/GF/F9 (*)	F6	G4

Tabla 7. Filtrado previo mínimo dada IDA y ODA

FILTROS FINALES				
	IDA 1	IDA 2	IDA 3	IDA 4
ODA1	F9	F8	F7	F6
ODA2	F9	F8	F7	F6
ODA3	F9	F8	F7	F6
ODA4	F9	F8	F7	F6
ODA5	F9	F8	F7	F6

Tabla 8. Filtrado final mínimo dada IDA y ODA

Resumiendo, se exige una calidad de aire interior IDA2, una calidad del aire exterior ODA2, y para cumplir con ellos un sistema de filtrado previo F6 y una segunda etapa de filtrado final F8.

3.1.5 Distribución de Espacios y Cargas Térmicas

Se ha utilizado la herramienta CLwin para el cálculo de las cargas térmicas de refrigeración y calefacción de las estancias de cada una de las plantas del edificio, cuyos datos particulares se representan en la Tabla 9, Tabla 10, Tabla 11 y Tabla 12. En estas tablas se han recogido los datos por planta de cada una de las estancias identificadas, la nomenclatura de ese espacio, la superficie comprendida y las cargas térmicas de refrigeración y calefacción.

PLANTA BAJA. SECTOR II				
DENOMINACIÓN	ESPACIO	SUPERFICIE [M2]	CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN [kW]	CARGA TÉRMICA CALEFACCIÓN [kW]
Personal de Mantenimiento	E0.001	14,12	1,99	2,22
Sala de Conductores	E0.002	10,17	1,43	1,60
Servicio de Locomoción	E0.003	19,80	2,79	3,11
	E0.004	9,65	1,36	1,51
	E0.005	3,75	0,53	0,59
Servicio Médico	E0.006	9,34	1,32	1,47
	E0.007	7,89	1,11	1,24
	E0.008	20,57	2,90	3,23
	E0.009	21,03	2,97	3,30
Vivienda	E0.010	7,38	1,04	1,16
	E0.011	7,12	1,00	1,12
	E0.012	9,60	1,35	1,51
	E0.013	7,75	1,09	1,22
	E0.014	15,93	2,25	2,50
	E0.015	11,38	1,61	1,79
Mostrador Ordenanza	E0.016	12,35	1,74	1,94
Operadora	E0.017	5,19	0,73	0,81
Distribuidor	E0.018	77,24	10,89	12,12
Vestíbulo Entrada	E0.019	148,02	20,88	23,23
Oficina O	E0.020	12,14	1,71	1,91
Reprografía	E0.021	36,67	5,17	5,76

Pasillo	E0.022	18,98	2,68	2,98
Saica	E0.023	41,13	5,80	6,45
	E0.024	38,35	5,41	6,02
SAIH	E0.025	83,21	11,74	13,06
Registro General	E0.026	50,66	7,14	7,95
	E0.027	9,32	1,31	1,46
	E0.028	203,07	28,64	31,87
TOTAL		911,81	128,60	143,10

Tabla 9. Distribución espacios y cargas térmicas de planta baja

PLANTA PRIMERA. SECTOR II				
DENOMINACIÓN	ESPACIO	SUPERFICIE [M2]	CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN [kW]	CARGA TÉRMICA CALEFACCIÓN [kW]
Pasillo	E1.000	189,71	27,06	30,49
Dirección Adjunta y Explotación	E1.001	23,82	3,40	3,83
	E1.002	12	1,71	1,93
	E1.003	19,4	2,77	3,12
	E1.004	21,11	3,01	3,39
	E1.005	33,35	4,76	5,36
Servicio Régimen de Usuarios	E1.006	61,64	8,79	9,91
	E1.007	12,08	1,72	1,94
	E1.008	13,94	1,99	2,24
Servicios Generales	E1.009	35,61	5,08	5,72
	E1.010	20,63	2,94	3,32
Autorizaciones y Registros del Agua	E1.011	36,11	5,15	5,80
	E1.012	20,82	2,97	3,35
Comisaría de Aguas	E1.013	69,35	9,89	11,15
	E1.014	18,31	2,61	2,94
	E1.015	19,14	2,73	3,08
	E1.016	14,44	2,06	2,32
	E1.017	20,44	2,92	3,29
	E1.018	46,15	6,58	7,42
	E1.019	25,91	3,70	4,16
	E1.020	18,45	2,63	2,97
	E1.021	21,17	3,02	3,40
	E1.022	19,5	2,78	3,13
	E1.023	26,54	3,79	4,27
	E1.024	26,97	3,85	4,34
Oficina M	E1.025	14,17	2,02	2,28
Régimen Interior	E1.026	22,15	3,16	3,56
Oficina N	E1.027	18,52	2,64	2,98
Oficina Ñ	E1.028	13,78	1,97	2,22
	E1.029	13,49	1,92	2,17
	E1.030	18,52	2,64	2,98

Servicio Régimen de Usuarios	E1.031	16,75	2,39	2,69
	E1.032	16,38	2,34	2,63
Departamento Público Hidráulico	E1.033	13,45	1,92	2,16
	E1.034	16,5	2,35	2,65
	E1.035	13,95	1,99	2,24
	E1.036	16,45	2,35	2,64
Servicio de Gestión Medioambiental	E1.037	16,17	2,31	2,60
	E1.038	16,6	2,37	2,67
	E1.039	16,4	2,34	2,64
	E1.040	13,84	1,97	2,22
TOTAL		1083,71	154,60	174,20

Tabla 10. Distribución espacios y cargas térmicas de planta primera

PLANTA SEGUNDA. SECTOR II				
DENOMINACIÓN	ESPACIO	SUPERFICIE [M2]	CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN [kW]	CARGA TÉRMICA CALEFACCIÓN [kW]
Recaudación y Facturación	E2.001	106,19	19,59	21,93
	E2.002	19,46	3,59	4,02
	E2.003	11,98	2,21	2,47
	E2.004	19,40	3,58	4,01
	E2.005	16,49	3,04	3,40
	E2.006	15,30	2,82	3,16
Servicio de Contabilidad y Caja	E2.007	96,93	17,88	20,01
	E2.008	18,23	3,36	3,76
Servicio de Prevención	E2.009	36,72	6,77	7,58
	E2.010	10,25	1,89	2,12
	E2.011	36,81	6,79	7,60
	E2.012	10,80	1,99	2,23
	E2.013	13,88	2,56	2,87
Oficina J	E2.014	14,45	2,67	2,98
Informática	E2.015	127,60	23,53	26,35
	E2.016	12,10	2,23	2,50
	E2.017	11,67	2,15	2,41
	E2.018	12,74	2,35	2,63
	E2.019	14,92	2,75	3,08
Oficina K	E2.020	33,84	6,24	6,99
Sala de Reunión	E2.021	24,18	4,46	4,99
Sala Comité de Empresa	E2.022	14,24	2,63	2,94
	E2.023	14,57	2,69	3,01
Intervención	E2.024	15,54	2,87	3,21
Oficina L	E2.025	17,70	3,26	3,65
TOTAL		725,99	133,90	149,90

Tabla 11. Distribución espacios y cargas térmicas de planta segunda

PLANTA TERCERA. SECTOR II				
DENOMINACIÓN	ESPACIO	SUPERFICIE [M2]	CARGA TÉRMICA REFRIGERACIÓN [kW]	CARGA TÉRMICA CALEFACCIÓN [kW]
Pasillo Distribuidor		241,34	34,64	38,80
Sala de Reunión	E3.000	16,62	2,39	2,67
Servicio de Personal y RRHH	E3.001	13,86	1,99	2,23
	E3.002	84,98	12,20	13,66
	E3.003	12,96	1,86	2,08
	E3.004	14,84	2,13	2,39
Periodistas	E3.005	13,65	1,96	2,19
Oficina A	E3.006	30,05	4,31	4,83
	E3.007	13,35	1,92	2,15
Oficina B	E3.008	23,28	3,34	3,74
	E3.009	15,09	2,17	2,43
Oficina C	E3.010	51,13	7,34	8,22
	E3.011	10,84	1,56	1,74
Oficina D	E3.012	43,73	6,28	7,03
	E3.013	13,86	1,99	2,23
	E3.014	14,86	2,13	2,39
Oficina E	E3.015	57,74	8,29	9,28
	E3.016	11,45	1,64	1,84
	E3.017	10,12	1,45	1,63
Oficina F	E3.018	28,37	4,07	4,56
	E3.019	19,64	2,82	3,16
Director Técnico	E3.020	43,99	6,31	7,07
Director Adjunto	E3.021	23,17	3,33	3,72
	E3.022	42,03	6,03	6,76
Oficina G	E3.023	18,52	2,66	2,98
	E3.024	15,28	2,19	2,46
Secretaria de Presidencia	E3.025	30,86	4,43	4,96
	E3.026	10,39	1,49	1,67
Presidencia	E3.027	46,56	6,68	7,49
Oficina H	E3.028	31,83	4,57	5,12
	E3.029	39,12	5,61	6,29
Sala de Juntas	E3.030	92,96	13,34	14,94
TOTAL		1136,47	163,10	182,70

Tabla 12. Distribución espacios y cargas térmicas de planta tercera

Una vez calculados estos valores, es posible realizar un dimensionado de las instalaciones que se desean proyectar, escogiendo entre los diferentes catálogos las unidades que cumplen con la demanda energética del edificio.

A continuación se representan resumidos los valores totales por plantas en la Tabla 13.

CARGAS TÉRMICAS		
PLANTA	REFRIGERACIÓN [kW]	CALEFACCIÓN [kW]
PLANTA BAJA	128,60	143,10
PLANTA PRIMERA	154,60	174,20
PLANTA SEGUNDA	133,90	149,90
PLANTA TERCERA	163,10	182,70
TOTAL	580,20	649,90

Tabla 13. Cargas Térmicas totales de cada planta

3.1.6 Cálculo de Renovaciones/Hora para ventilación

Dadas las exigencias del RITE (ITE 1.1.4.2), las necesidades de ventilación del edificio dependen de la calidad del aire que se requiera en el interior. En el presente proyecto se ha clasificado con la necesidad de IDA2, por lo que se estima el siguiente caudal por persona para conocer la cantidad de renovaciones/hora. En la Tabla 14 se muestra la selección.

CAUDAL DE VENTILACIÓN POR MÉTODO INDIRECTO (CAUDAL POR PERSONA)	
Categoría	dm ³ /s por persona
IDA 1	20
IDA 2	12,5
IDA 3	8
IDA 4	5

Tabla 14. RITE (ITE 1.1.4.2). Caudal de Ventilación por Método Indirecto

Los cálculos de los volúmenes de las plantas son los reflejados en la Tabla 15.

PLANTA	SUPERFICIE [m ²]	ALTURA [m]	VOLUMEN [m ³]
PLANTA BAJA	1367,71	3,20	4376,68
PLANTA PRIMERA	1625,56	3,20	5201,80
PLANTA SEGUNDA	1088,98	3,20	3484,75
PLANTA TERCERA	1704,70	3,20	5455,05
TOTAL	5786,97		18518,30

Tabla 15. Superficies y volúmenes habitables del edificio

El cálculo de las renovaciones hora de ventilación, necesarias para cumplir con las exigencias del RITE, es el siguiente.

$$Volumen\ horario = \frac{12.5\ dm^3}{s \cdot persona} \cdot 372\ personas \cdot \frac{3600\ s}{1\ h} \cdot \frac{0.001\ m^3}{1\ dm^3} = 16740\ m^3/h$$

Puesto que el salón de actos no se encuentre operativo durante todas las horas de funcionamiento normal del edificio, es necesario aplicar un coeficiente de simultaneidad. La ocupación del salón de actos supone aproximadamente un tercio de la ocupación total. Por tanto, se fijará un coeficiente de simultaneidad del 78%, reflejando así que las horas de uso del salón serán la mitad con respecto al resto de las estancias.

$$\text{Renovaciones/Hora} = \frac{\text{Volumen horario}}{\text{Volumen Edificio}} \cdot \text{Coeficiente Simultaneidad}$$

$$\text{Renovaciones/Hora} = \frac{16740 \text{ m}^3/\text{h}}{10737.46 \text{ m}^3/\text{h}} \cdot 0.78 = 1,21 \text{ renov/h}$$

3.2 Inventario Energético

Se han calculado los consumos y potencias de los equipos existentes para poder tener los datos necesarios para la elaboración del modelo en HULC.

Se han tenido en cuenta los consumos eléctricos de iluminación, climatización y ventilación, tal y como se representan en la Tabla 16.

TIPO	Nº LUMINARIAS	POTENCIA UNITARIA [W]	POTENCIA TOTAL [W]
Pantalla fluorescentes 4x18 W	423	72,00	30.456,00
Pantalla fluorescentes 2x58 W	264	116,00	30.624,00
Pantalla fluorescente 3x58 W	34	174,00	5.916,00
Luminaria fluorescente 1x36 W	128	36,00	4.608,00
Luminaria fluorescente 1x54 W	42	54,00	2.268,00
Luminarias dicroicas de 50 W	112	50,00	5.600,00
TOTAL ILUMINACIÓN			79.472,00
Bomba de Calor Aire-Agua Reversible McQUAY HPI SE103STB01	1	134.000,00	134.000,00
Unidad Exterior - Bomba de Calor Split (2 tubos R-22) CARRIER / 3B Compresor Rotativo	9	2.400,00	21.600,00
Unidad Exterior - Bomba de Calor Holiday Split (2 tubos R-22) CARRIER / 45B 38YL18	7	1.630,00	11.410,00
TOTAL CLIMATIZACIÓN			167.010,00
UTA Climatizadora Motores de ventilador Impulsión y Retorno	5	11.046,00	55.230,00
TOTAL VENTILACIÓN			55.230,00
TOTAL			301.712,00

Tabla 16. Consumos eléctricos instalación existente

También se han representado en la Tabla 17 la potencia frigorífica y calorífica aportada por cada una de las unidades del sistema de climatización y ventilación existentes.

TIPOLOGÍA EQUIPO	MARCA / MODELO	UDs	PF [kW]	PC [kW]	PF TOTAL [kW]	PC TOTAL [kW]
Bomba de Calor Aire-Agua Reversible	MCQUAY / HPI SE103STB01	1	365,00	379,00	365,00	379,00
Unidad Interior - Bomba de Calor Split (2 tubos R-22)	CARRIER / 3B RLC1DP073E	9	3,87	4,66	34,83	41,94
Unidad Exterior - Bomba de Calor Split (2 tubos R-22)	CARRIER / 3B RLC1DP073E	9	3,87	4,66	34,83	41,94

Unidad Interior - Bomba de Calor Holiday Split (2 tubos R-22)	CARRIER / 45B 42HQG018	7	4,79	5,10	33,53	35,70
Unidad Exterior - Bomba de Calor Holiday Split (2 tubos R-22)	CARRIER / 45B 38YL18	7	4,79	5,10	33,53	35,70
UTA Climatizadora	CARRIER / 39FX	5	26,7	32,70	133,5	163,50
TOTAL					566,86	620,14

Tabla 17. Potencia de equipos instalación existente

3.3 Modelado de Geometría Constructiva

3.3.1 Declaración Datos Generales

Para declarar el proyecto desde su inicio en la Herramienta Unificada, es necesario rellenar una serie de datos generales sobre las características del edificio. Estos datos son la definición del caso para contrastar contra el CTE y RITE, la zona geográfica donde se halla el edificio (Sevilla, 9 m de altitud y zona climática B4), la tipología de edificio (edificio Gran Terciario), el número de renovaciones hora (1.2 ren/h) y los valores por defecto de los espacios habituales del edificio. En la Figura 20 se encuentran declarados estos datos.

Datos generales

Datos administrativos | Datos generales | Factores de Paso | Producción de Energía | Opciones generales del edificio | Imágenes y otros datos

Definición del caso

Verificación CTE-HE y Certificación de Eficiencia Energética

☐ Edificio NUEVO

☐ Edificio EXISTENTE: Ampliación

☐ Edificio EXISTENTE: Cambio de uso

Edificio EXISTENTE: Reforma

☒ > 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

☐ > 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

☐ > 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

☐ > 25% envolvente sin cambio de sistemas

☐ < 25% envolvente con cambio de sistemas climatización y ACS

☐ < 25% envolvente con cambio de sistemas climatización

☐ < 25% envolvente con cambio de sistemas ACS

☐ < 25% envolvente sin cambio de sistemas

Solo Certificación de Eficiencia Energética

☐ Edificio EXISTENTE: Solo Certificación

Localidad, Datos Climáticos

Comunidad autónoma: Andalucía

Provincia: Sevilla

Localidad: Sevilla

Altitud: 9,00 m

Zona climática: B4

☒ Peninsular ☐ Extrapeninsular

Tipo de edificio

☐ Vivienda unifamiliar

☐ Viviendas en bloque

☐ Una Vivienda de un bloque

☐ Edificio Terciario Pequeño o Mediano (PMT)

☐ Un local de un Edificio PMT

☒ Gran Edificio Terciario (GT)

☐ Un local de un Edificio GT

Ventilación inicial de los espacios habitables del edificio

Número de renovaciones hora: 1.216

Valores por defecto de los espacios habitables

Tipo de Uso: I_Alta-8h-Acondicionado

Figura 20. Declaración de Datos Generales

Con respecto a los valores por defecto de los espacios habituales, se ha establecido la categoría de “I_Alta-8h-Acondicionado”, puesto que los horarios de funcionamiento son de 8 horas, desde las 7:30 h hasta las 15:30 h, y los sistemas eléctricos y de climatización están funcionando todo este horario, con intensidad de utilización alta.

3.3.2 Definición de Sectores Térmicos

Para poder definir la geometría del edificio en la Herramienta Unificada, es necesario realizar una

sectorización del edificio previa, identificando el tipo de climatización o ventilación que afecta a cada uno de los sectores térmicos que definamos en cada planta.

En el caso de este proyecto, dada la dificultad añadida de ser una edificación curva, se ha empleado la herramienta Autocad para poder realizar un mallado común. El mallado no es más que una nube de puntos que aúna todos los nodos definidos en cada una de las plantas, delimitando así los sectores térmicos.

Es condición de HULC que los distintos nodos se encuentren en las mismas verticales conforme construimos las plantas. A continuación se explicará el proceso que se ha aplicado a la planta baja y, de forma idéntica, al resto de ellas.

En primer lugar se necesita el plano de principio de la planta que trabajemos, tal y como aparece en la Figura 21



Figura 21. Plano de Planta Baja

Conociendo la instalación existente de climatización, ventilación, zonas ocupadas y desocupadas, se deben sectorizar los espacios diferentes para poder tratarlas de forma independiente. Estos espacios los llamaremos sectores térmicos. Cada sector térmico estará formado por una serie de nodos. Por tanto, se irán colocando diferentes nodos sobre la planta, tal y como se observa en Figura 22, hasta crear una nube de nodos como la de la Figura 23. Esta nube de nodos se utilizará para todas las plantas, dado que el programa HULC requiere que los nodos de cada planta se encuentren alineados verticalmente.

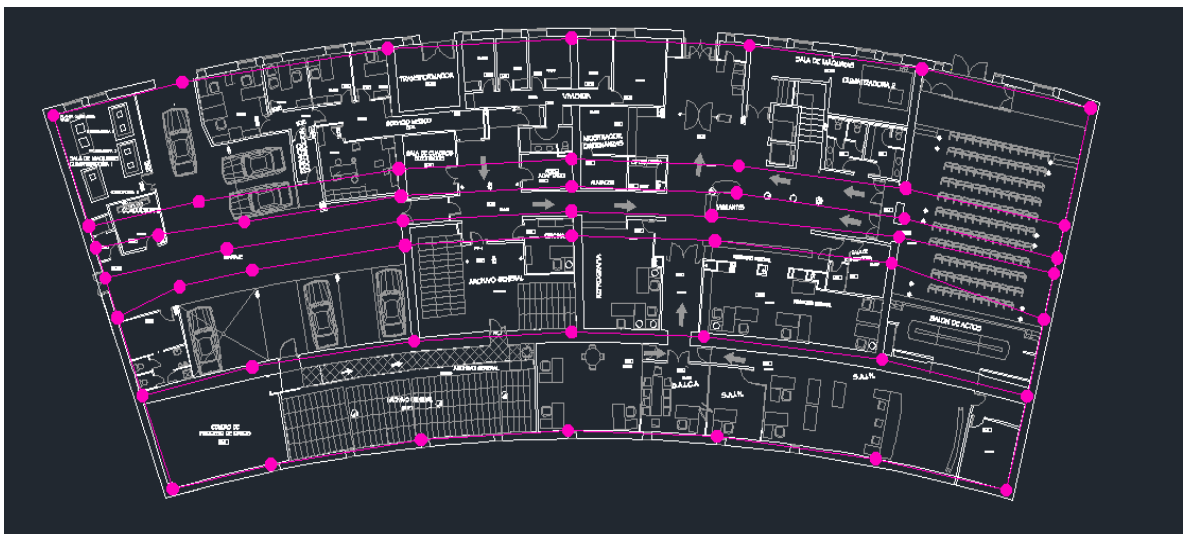


Figura 22. Creación mallada de nodos

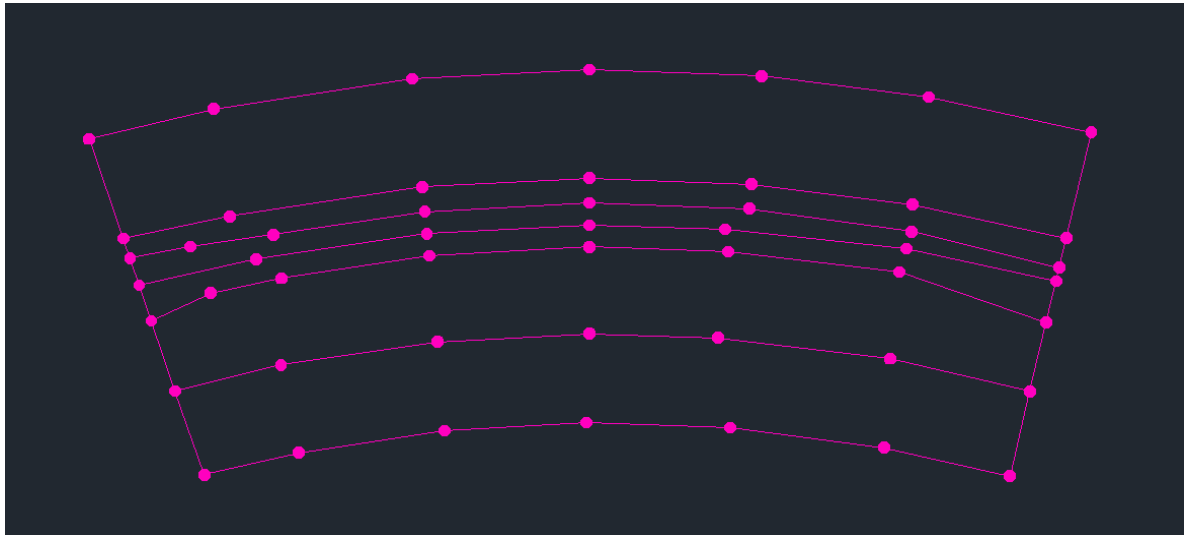


Figura 23. Mallado común de nodos

Cuando se dispone de la nube de puntos descrita anteriormente, debemos ir construyendo los diferentes sectores térmicos que se había planificado empleando únicamente como vértices de los sectores los nodos definidos. En la Figura 24 se muestra la creación de los sectores de la planta baja, y finalmente los sectores térmicos que se trasladarán a la Herramienta Unificada en la Figura 25.

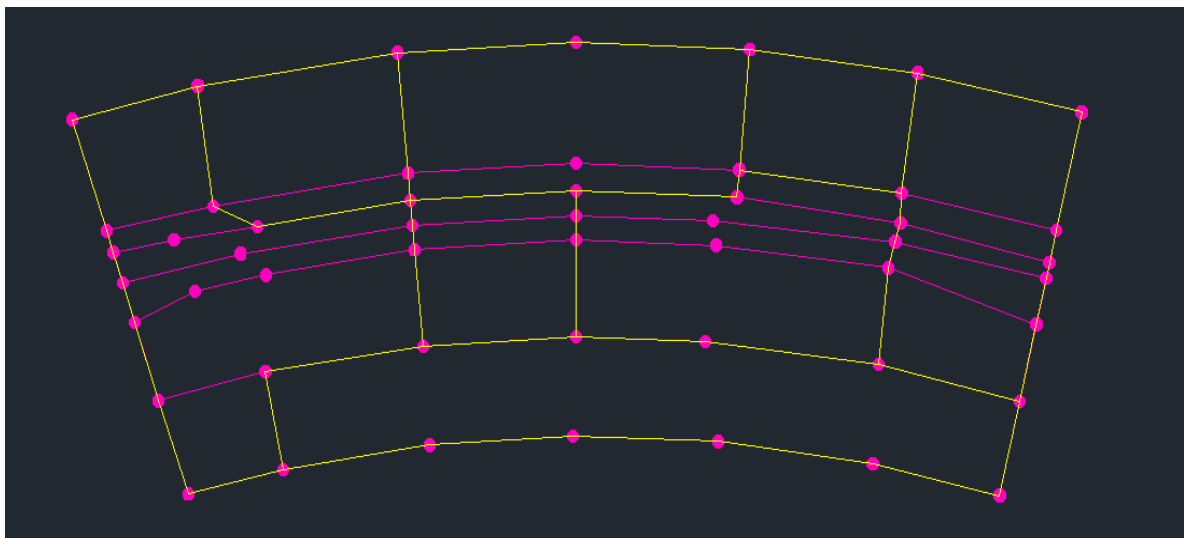


Figura 24. Creación de Sectores Térmicos de Planta Baja

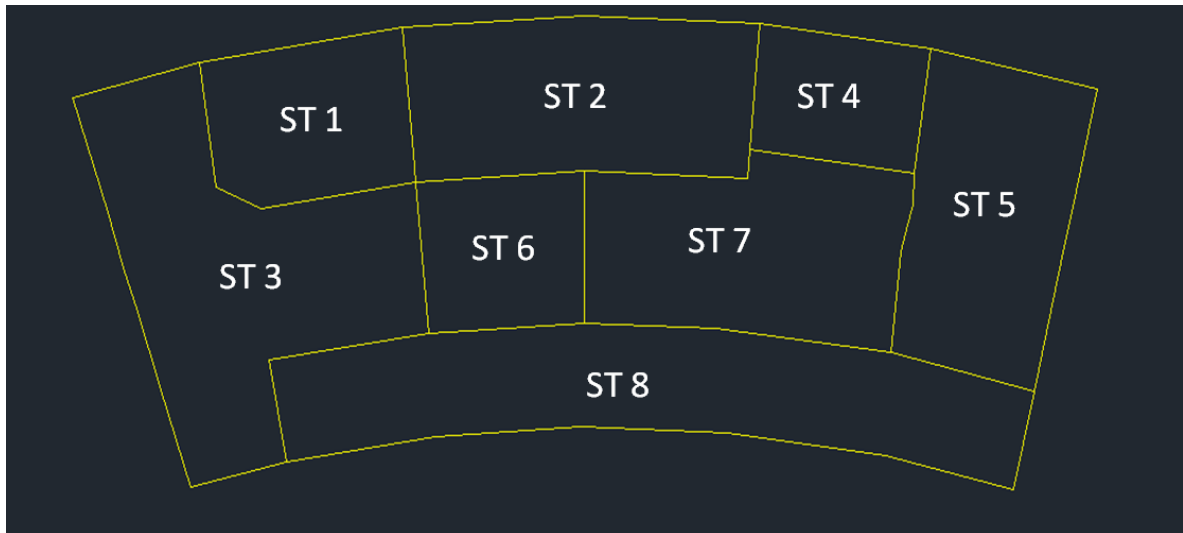


Figura 25. Sectores Térmicos de Planta Baja

3.3.3 Declaración de Cerramientos, Cubierta y Huecos

Definición de Cerramientos Verticales y Horizontales

- **Cerramientos Verticales**

En este apartado se definirán los dos tipos de cerramientos verticales del edificio. Estos son, los muros exteriores que se encuentran en contacto con el terreno de la Figura 26, y la tabiquería de compartimentación interior del edificio de la Figura 27.

Grupo CerramientosPlazaEspaña

Nombre Muro_Exterior

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	1 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,240	1,030	2140	1000	
2	Cámara de aire sin ventilar vertical 5 cm					0,180
3	1 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50	0,240	1,030	2140	1000	
4	Placa de yeso laminado [PYL] 750 < d < 900	0,010	0,250	825	1000	
5						

Grupo Material: Fábricas de ladrillo

Material: 1 pie LM métrico o catalán 40 mm < G < 50 mm 0,240 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M 1,17 [W/m²K]
 U_C 1,21 [W/m²K]
 U_S 1,12 [W/m²K]

Aceptar

Figura 26. Definición de Muro Exterior

Grupo CerramientosPlazaEspaña

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600	0,020	0,180	550	1000	
2	1/2 pie LP métrico o catalán 80 mm< G <	0,115	0,512	900	1000	
3	Enlucido de yeso aislante 500 < d < 600	0,020	0,180	550	1000	
4						

Grupo Material

Material

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M [W/m²K]
 U_C [W/m²K]
 U_S [W/m²K]

Aceptar

Figura 27. Definición de tabiquería interior

- Cerramientos Horizontales**

Se definen dos tipos de cerramientos horizontales o suelos. En primer lugar, el forjado de cimentación que se encuentra en contacto con el terreno de la Figura 28, y en segundo, los forjados de solería entre las distintas plantas, Figura 29.

Grupo CerramientosPlazaEspaña

Nombre

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,550	1125	1000	
3	EPS Poliestireno Expandido [0,029 W/[mK]]	0,020	0,029	30	1000	
4	FR entrevigado de hormigón d < 1200 con	0,300	1,875	1185	1000	
5	Cámara de aire sin ventilar horizontal 2 cm					0,160
6	Hormigón armado 2300 < d < 2500	0,020	2,300	2400	1000	
7	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,020	0,550	1125	1000	
8	Tierra vegetal [d < 2050]	0,040	0,520	2000	1840	
9						

Grupo Material

Material

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M [W/m²K]
 U_C [W/m²K]
 U_S [W/m²K]

Aceptar

Figura 28. Definición de Forjado de Cimentación

Grupo CerramientosPlazaEspaña

Nombre Forjado_Soleria

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Plaqueta o baldosa cerámica	0,020	1,000	2000	800	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,015	0,550	1125	1000	
3	FU Entreviado cerámico -Canto 300 mm	0,300	0,846	1110	1000	
4	Cámara de aire sin ventilar horizontal 1 cm					0,150
5	Enlucido de yeso 1000 < d < 1300	0,020	0,570	1150	1000	
6						

Grupo Material Cerámicos

Material Plaqueta o baldosa cerámica

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M 1,32 [W/m²K]
 U_C 1,38 [W/m²K]
 U_S 1,25 [W/m²K]

Aceptar

Figura 29. Definición de Forjado para solería entre plantas

Definición de Cubierta

El edificio cuenta con dos tipos de cubiertas, una transitable sobre la denominada Puerta de Aragón, donde se alojan las unidades interiores de climatización, y otra no transitable de tejas cerámicas a dos aguas. Dado que la pequeña cubierta transitable no se encuentra ubicada en el sector que estudiamos en el proyecto, sólo se definirá la cubierta inclinada a dos aguas.

Grupo CerramientosPlazaEspaña

Nombre CubiertaInclinada_2aguas

Composición del Cerramiento:
 Verticales (Materiales ordenados de exterior a interior).
 Horizontales (Materiales ordenados de arriba hacia abajo).

Nº	Material	Espesor	Conductividad	Densidad	Cp	Res.Térmica
1	Teja cerámica-porcelana	0,020	1,300	2300	840	
2	Mortero de cemento o cal para albañilería y	0,015	0,550	1125	1000	
3	Betún fieltro o lámina	0,004	0,230	1100	1000	
4	XPS Expandido con dióxido de carbono CO2 f	0,020	0,038	38	1000	
5	FU Entreviado de hormigón aligerado -Canto	0,300	1,128	1090	1000	
6						

Grupo Material Cerámicos

Material Teja cerámica-porcelana

0,020 Espesor [m]

Añadir Cambiar Eliminar Subir Bajar

U_M 0,98 [W/m²K]
 U_C 1,01 [W/m²K]
 U_S 0,94 [W/m²K]

Aceptar

Figura 30. Definición Cubierta Inclinada a dos aguas

Definición de Huecos

Se definen dos tipos de huecos, las ventanas de vidrio simple de 4 mm de espesor de la Figura 31, y las puertas de madera en la Figura 32.

Grupo Ventanas y puertas

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% hueco cubierto por el marco ☐ ¿Es una puerta?

Incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persiana integrados %

Permeabilidad al aire m^2/hm^2 a 100 Pa

Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivos de sombra móvil activados ($g_{gl,sh,w}$)

U_H $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$

Aceptar

Figura 31. Definición de Ventana de vidrio simple

Grupo Ventanas y puertas

Nombre

Propiedades

Grupo Vidrio

Vidrio

Grupo Marco

Marco

% hueco cubierto por el marco ☒ ¿Es una puerta?

Incremento de transmitancia por intercalarios y cajones de persiana integrados %

Permeabilidad al aire m^2/hm^2 a 100 Pa

Transmitancia total de energía solar del acristalamiento con dispositivos de sombra móvil activados ($g_{gl,sh,w}$)

U_H $[\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$

Aceptar

Figura 32. Definición de Puerta de madera

3.3.4 Declaración Condiciones Operativas de Uso

Una vez definida la geometría del edificio, es necesario definir las condiciones operativas particulares del edificio, señalando así que sectores de los definidos son habitables o no habitables, acondicionado o no acondicionados, los horarios particulares de utilización, cargas térmicas internas o ventilación necesaria en algún local en particular.

Dado que los horarios y las cargas térmica generales se han podido calcular en los apartados 3.1.1. *Programa*

de Funcionamiento y 3.1.5. Distribución de Espacios y Cargas térmicas, se incluirán en la Herramienta Unificada como condiciones operativas, personalizando cada uno de los sectores térmicos según su uso y funcionalidad.

Definición Cargas Internas

En este apartado se definen por sectores térmicos, cuales estarán acondicionados, no acondicionados, no habitados, y las cargas térmicas estimadas como consecuencia de la ocupación, iluminación y equipos.

En la Tabla 18 se muestran las condiciones de uso particulares para cada uno de los sectores térmicos definidos en cada planta. Cabe destacar el uso de media jornada que se ha implementado a la climatización del salón de actos, la zona no habitable de la planta de cubierta, o los sectores no acondicionado dada su condición de baño, aparcamiento o zona de escalera.

PLANTA	SECTOR TÉRMICO	DENOMINACIÓN	USO	CONDICIÓN
PLANTA BAJA	ST1	P01_E01	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA BAJA	ST2	P01_E02	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA BAJA	ST3	P01_E03	Aparcamiento	No Acondicionado
PLANTA BAJA	ST4	P01_E04	Zona Escalera	No Acondicionado
PLANTA BAJA	ST5	P01_E05	Salón Actos	Acondicionado 4 h
PLANTA BAJA	ST6	P01_E06	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA BAJA	ST7	P01_E07	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA BAJA	ST8	P01_E08	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA PRIMERA	ST1	P02_E01	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA PRIMERA	ST2	P02_E02	Baños	No Acondicionado
PLANTA PRIMERA	ST3	P02_E03	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA PRIMERA	ST4	P02_E04	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA PRIMERA	ST5	P02_E05	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA PRIMERA	ST6	P02_E06	Zona Escalera	No Acondicionado
PLANTA PRIMERA	ST7	P02_E07	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA SEGUNDA	ST1	P03_E01	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA SEGUNDA	ST2	P03_E02	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA SEGUNDA	ST3	P03_E03	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA SEGUNDA	ST4	P03_E04	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA SEGUNDA	ST5	P03_E05	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA SEGUNDA	ST6	P03_E06	Baños	No Acondicionado
PLANTA SEGUNDA	ST7	P03_E07	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA TERCERA	ST1	P04_E01	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA TERCERA	ST2	P04_E02	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA TERCERA	ST3	P04_E03	Zona Escalera	No Acondicionado
PLANTA TERCERA	ST4	P04_E04	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA TERCERA	ST5	P04_E05	Oficina - despacho	Acondicionado 8 h
PLANTA CUBIERTA	ST1	P05_E01	Cubierta	No Habitable

Tabla 18. Condiciones particulares de uso por sectores

Para los datos de las cargas internas, es necesario calcular un ratio de ocupación, potencia de iluminación y potencia de los equipos. Para ello se ha analizado el inventario energético del consumo eléctrico, Tabla 16, al igual que los datos de ocupación del edificio de la Tabla 3.

Cálculo del ratio medio de ocupación denominado “Área/Personas”:

$$\text{Ratio Ocupación} = \frac{\text{Superficie Total Edificio}}{\text{Ocupación Total Edificio}} = \frac{6127 \text{ m}^2}{372 \text{ personas}} = 16.47$$

Cálculo del ratio medio de iluminación denominado “Potencia de iluminación”:

$$\text{Ratio Iluminación} = \frac{\text{Potencia eléctrica iluminación}}{\text{Superficie Total Edificio}} = \frac{79472 \text{ W}}{6127 \text{ m}^2} = 12.97$$

Cálculo del ratio medio de equipos:

$$\text{Ratio Equipos} = \frac{\text{Potencia eléctrica Equipos}}{\text{Superficie Total Edificio}} = \frac{296640 \text{ W}}{6127 \text{ m}^2} = 48.41$$

A estos ratios se le debe aplicar un coeficiente de simultaneidad particular para cada uno de ellos. La simultaneidad afectará en mayor medida a los ratios de ocupación y equipos, dado que el salón de actos o la planta tercera del edificio suelen estar en desuso. Quedando por tanto como los ratios establecidos como:

$$\text{Ratio Ocupación} = 16.47 \cdot 0.6 = 9.88$$

$$\text{Ratio Iluminación} = 12.97 \cdot 0.9 = 11.67$$

$$\text{Ratio Equipos} = 48.41 \cdot 0.7 = 34$$

En la Figura 33 se encuentran reflejados estos datos sobre cargas internas del edificio, introducidos en la definición de las condiciones operacionales del edificio.

Figura 33. Definición de Cargas Internas en Condiciones Operacionales

3.4 Verificación CTE HE-1

Una vez se ha finaliza la edición de la parte geométrica del caso inicial, es necesario realizar una comprobación para verificar los requisitos mínimos del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE-2019) para obtener así la calidad de la envolvente térmica definida.

Los cálculos que realiza HULC, previos a la visualización de los resultados, son la resolución de los factores de pérdidas y de insolación de la envolvente definida. De este modo, proporciona los valores generales de la envolvente señalados a continuación.

- Transmitancia Térmica Global: $K \left[\frac{W}{m^2 K} \right]$
- Control Solar: $q_{sol} \left[\frac{kWh}{m^2 mes} \right]$
- Relación de Cambio de Aire a 50 Pa: $n50 \left[\frac{1}{h} \right]$
- Compacidad: $Comp \left[\frac{m^3}{m^2} \right]$
- Superficie Útil de Cálculo: $A_{\text{útil}} [m^2]$
- Superficie de Cerramientos $A_{opacos} [m^2]$
- Superficie de Huecos: $A_{huecos} [m^2]$
- Longitud de Puentes Térmicos: $Lpt [m]$

Además, se reflejan los detalles de cada uno de los componentes de la envolvente y los valores límite de algunos de estos factores. En el caso de la edificación presentada, incluida en la categoría de Edificio Gran Terciario, la envolvente debe cumplir los valores límite de transmitancia térmica global y el control solar. En la Figura 34 se muestran los resultados obtenidos según la geometría que se ha definido, mostrando así que dicha envolvente no cumple con los requisitos mínimos exigidos en el Código Técnico de la Edificación con respecto al valor de transmitancia térmica global.

$$k_{\text{caso inicial}} = 1.35 \frac{W}{m^2 K} > 0.92 = k_{\text{límite}}$$

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica | Demanda |

Transmitancia térmica global, K [W/m²K]	1,35	0,92
Control solar, q_sol;jul [kWh/m².mes]	2,51	4,00
Relación de cambio de aire a 50 Pa, n50 [1/h]	1,88	-
Compacidad [m³/m²]	4,43	
Superficie útil de cálculo, A_útil [m²]	6624,53	
Superficie de cerramientos opacos, A_opacos [m²]	6016,36	
Superficie de huecos, A_huecos [m²]	394,19	
Longitud de puentes térmicos, Lpt [m]	2122,05	

Valores límite

NO CUMPLE

CUMPLE

NO APLICA

Detalle por componentes:

Huecos | Opacos | Puentes Térmicos | Espacios |

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g_gl;wi	g_gl;sh,wi	F_sh;obst	Ganancia_jul [kWh/m²]
1	P01_E01_PE001_V	Puerta de madera	7,50	2,46	N	99,00	0,85	0,77	0,89	0,46
2	P01_E01_PE001_V_1	Ventana vidrio Simple	1,44	5,88	N	10,00	0,85	0,77	0,86	39,59
3	P01_E01_PE001_V_2	Ventana vidrio Simple	1,44	5,88	N	10,00	0,85	0,77	0,86	39,59
4	P01_E01_PE001_V_3	Ventana vidrio Simple	1,44	5,88	N	10,00	0,85	0,77	0,86	39,59
5	P01_E01_PE001_V_4	Ventana vidrio Simple	1,44	5,88	N	10,00	0,85	0,77	0,86	39,59
6	P01_E01_PE001_V_5	Ventana vidrio Simple	1,44	5,88	N	10,00	0,85	0,77	0,86	39,59
7	P01_E01_PE001_V_6	Ventana vidrio Simple	1,44	5,88	N	10,00	0,85	0,77	0,86	39,59
8	P01_E02_PE001_V	Puerta de madera	7,50	2,46	NE	99,00	0,85	0,77	0,88	0,51
9	P01_E02_PE001_V_1	Ventana vidrio Simple	1,44	5,88	NE	10,00	0,85	0,77	0,84	43,94

Figura 34. Verificación CTE-HE1 del caso inicial

Mientras que el valor del control solar sí que se cumple por completo.

$$q_{sol\text{ caso inicial}} = 2.51 \frac{kWh}{m^2 mes} < 4 = q_{sol\text{ límite}}$$

Durante esta verificación del cumplimiento del CTE, también es posible calcular la demanda del edificio en cuestión. Esto se realiza mediante un procedimiento que incluye lectura del edificio definido, cálculo de sombras, cálculo de un edificio de referencia y una comparación respecto con respecto a dicho edificio. Consiguiendo así la demanda de calefacción y refrigeración anuales requeridas del proyecto, tal y como se representa en la Figura 35 se muestran los resultados de dicha demanda.

$$\text{Demanda Calefacción} = 37.39 \frac{kWh}{m^2 \text{ año}}$$

$$\text{Demanda Refrigeración} = 65.63 \frac{kWh}{m^2 \text{ año}}$$

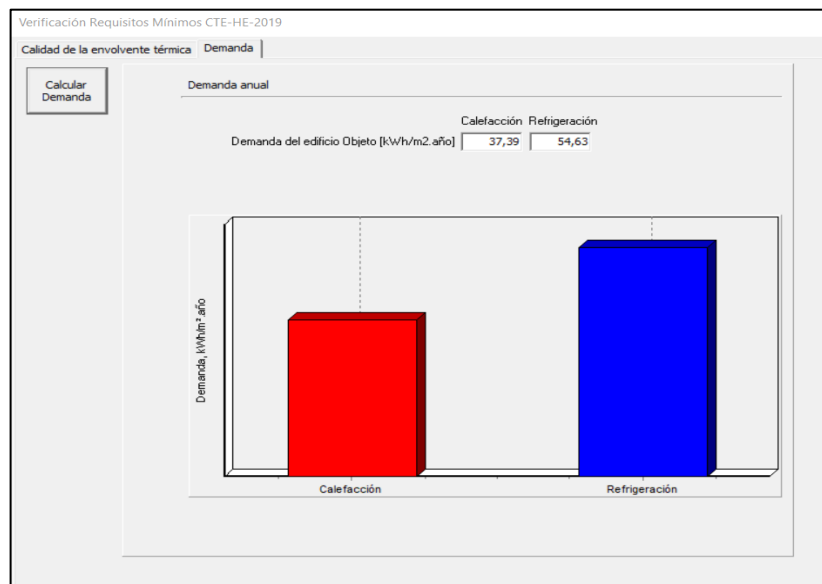


Figura 35. Cálculo de demanda del caso inicial

3.5 Modelado Instalación de Climatización en CALENER-GT

Una vez se verifica la envolvente del edificio en cuestión, es necesario definir la instalación de climatización y ventilación del mismo para su correcta simulación. Para ellos, se utiliza la herramienta CALENER-GT, incluida como parte de HULC (Herramienta Unificada Lider-Calener), tal y como su propio nombre indica.

Esta herramienta parte del cálculo de la demanda energética del edificio y los que cambios que se realicen en su interior se perderán al volver a la Herramienta Unificada, por lo que es fundamental definir correctamente la envolvente del edificio y sus condiciones operacionales antes de implementar sus instalaciones.

El alcance de la aplicación se limita a grandes edificios terciarios climatizados mediante la tipología de equipos incluidos en el programa. El comportamiento de los equipos frente a las condiciones de contorno (temperaturas, caudales, fracciones de carga, etc.) se rige por unas curvas de comportamiento que deben ser conocidas para poder simular los equipos existentes en la realidad.

La instalación de climatización existente cuenta con una bomba de calor aire-agua localizada en la cubierta, que alimenta mediante un sistema de bombeo a 8 climatizadoras, organizadas por parejas en cada una de las plantas. La descripción detallada de los modelos se encuentra extendida en el apartado 2.2. *Instalación de Climatización*. En la Figura 36 se observa el esquema de la instalación de climatización que se desea simular, un sistema todo aire alimentado por una bomba de calor aire-agua.

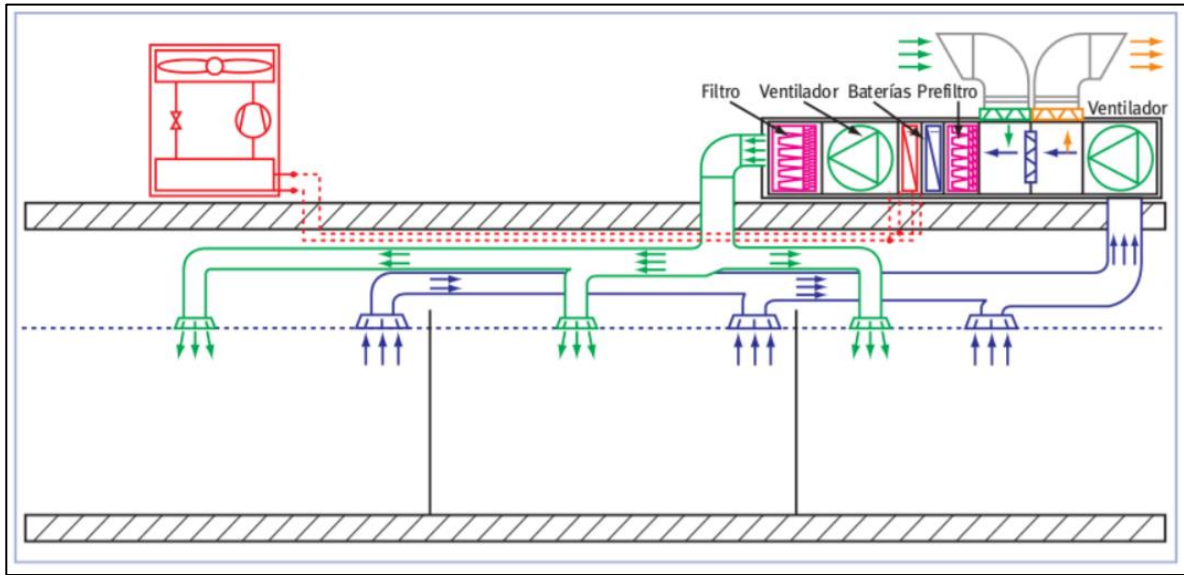


Figura 36. Sistema todo aire con UTA y BdC

Conocida por tanto la instalación que se desea implementar en Calener-GT, es necesario realizar la definición de los equipos de la instalación a partir de una serie de elementos fundamentales proporcionados por la herramienta. De esta forma, en algunas ocasiones los elementos definidos se corresponderán con la realidad física que conocemos y en otros, será necesaria una simplificación para simular una aproximación a dicha realidad.

Por ello, se procede a definir un conjunto de elementos interconectados entre sí, cada uno de ellos con un conjunto de propiedades que lo describen. Los distintos niveles de elementos que será necesario definir son subsistemas primarios y subsistemas secundarios.

3.5.1 Dimensionamiento Instalación

Es preciso realizar un dimensionado previo para conocer una serie de parámetros que definen a los sistemas que se crearán en Calener-GT. Datos de partida para el problema como son los caudales de aire impulsados por las unidades de tratamiento de aire o los caudales de agua impulsados por las bombas del circuito hidráulico, desde la bomba de calor en cubierta hasta las baterías de las UTAs.

Estos cálculos se han realizado atendiendo a las condiciones de temperatura definidas en la Tabla 19, donde se han establecido los valores esperados de temperatura del aire exterior, el aire de impulsión a los locales y el aire del local, en régimen de invierno y verano. Además de los valores de diseño sobre temperatura del agua de impulsión y retorno de los circuitos hidráulicos en régimen de frío y calor.

También es necesario partir de los datos de las cargas térmicas calculadas en cada planta, dispuestas en la Tabla 13. De esta forma, se procede a calcular los caudales de aire necesarios para vencer la carga térmica del local y de ventilación, en régimen de verano y de invierno, pudiendo escoger así el caso más desfavorable.

Temperaturas Agua Bomba Calor [°C]		
Agua Fría	Impulsión	7
	Retorno	12
Agua Caliente	Impulsión	45
	Retorno	40
Temperaturas Aire Exterior [°C]		
Verano		40
Invierno		5

Temperaturas Aire Impulsión [°C]	
Verano	14
Invierno	32
Temperaturas Aire Local [°C]	
Verano	24
Invierno	22

Tabla 19. Condiciones de temperatura para dimensionamiento

Por último, es necesario definir los factores de adaptación para las cargas de térmicas de refrigeración y calefacción. Debido al cambio de uso y reformas del edificio en los últimos años, las necesidades térmicas han aumentado con respecto a los valores iniciales para los que se dimensionaron las instalaciones existentes. Por ello, es necesario calcular una aproximación de los caudales reales de los equipos, es decir, los caudales que realmente eran capaces de suministrar y no los que se necesitarían para satisfacer la superior demanda que se ha calculado con la herramienta CLwin.

Para ello se obtienen los factores de adaptación, dividiendo las potencias de refrigeración y calefacción de la bomba de calor, entre las cargas calculadas. De esta forma, el factor de adaptación permite adecuar las demandas de energía térmica reales del edificio a la capacidad que posee la enfriadora, consiguiendo unos valores de cargas térmicas próximos a los que debieron utilizarse para dimensionar la instalación antigua.

$$F_{adapt_refri} = \frac{Q_{refri_BdC}}{QT_{CLwin_refri_total}} = \frac{365 \text{ kW}}{580.2 \text{ kW}} = 0.629$$

$$F_{adapt_cal} = \frac{Q_{cal_BdC}}{QT_{CLwin_cal_total}} = \frac{379 \text{ kW}}{649.9 \text{ kW}} = 0.583$$

Con el cálculo de estos factores y repartiendo las cargas térmicas por plantas atendiendo a la superficie que climatiza cada una de las UTAS, es posible calcular las cargas térmicas adaptadas que deben satisfacer cada una de las UTAS (QT_{cal_UTA}).

$$QT_{refri_UTA} [kW] = QT_{CLwin_refri} \cdot F_{adapt_refri}$$

$$QT_{cal_UTA} [kW] = QT_{CLwin_cal} \cdot F_{adapt_cal}$$

Observando los resultados obtenidos de la Tabla 20, se observa como las cargas térmicas a vencer en el local son más desfavorables en régimen de calefacción, por lo que se continúan los cálculos de los caudales necesarios de acuerdo a estos valores.

Finalmente, para poder obtener el valor del volumen que moverá cada una de las UTAs, únicamente es necesario conocer el salto de temperatura entre el aire del local y el aire de impulsión, además de los valores de densidad y calor específicos del aire, que pueden tomarse como constantes a 25°C.

$$Cp_{aire} = 1.16 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$\rho_{aire} = 1.228 \frac{kg}{m^3}$$

$$QT_{cal_UTA} = \dot{V}_{UTA_local} \cdot \rho_{aire} \cdot Cp_{aire} \cdot 1000 \cdot (T_{AI} - T_{AL})$$

$$\dot{V}_{UTA_local} = \frac{QT_{cal_UTA}}{\rho_{aire} \cdot Cp_{aire} \cdot 1000 \cdot (T_{AI} - T_{AL})} = \frac{QT_{cal_UTA}}{1.16 \cdot 1.228 \cdot 1000 \cdot (32 - 22)}$$

Dimensionamiento de UTAs para vencer carga térmica del local							
UTA	Planta	Factor Repartición	CT refriger. QT_{refri_UTA} [W]	CT calef. QT_{cal_UTA} [W]	Caudal Volumétrico $\dot{V}_{UTA_local}$ [m3/s]	Factor Simult.	Caudal Volumétrico $\dot{V}_{UTA_local}$ [m3/h]
Oeste	P3	0,45	46.153,65	47.925,66	3,36	0,78	9.447,33
Este	P3	0,55	56.451,49	58.618,88	3,21	0,78	9.013,07
Oeste	P2	0,51	43.033,46	44.658,58	2,45	0,78	6.866,58
Este	P2	0,49	47.571,71	42.758,10	2,34	0,78	6.574,36
Oeste	P1	0,51	49.686,13	51.898,09	2,84	0,78	7.979,70
Este	P1	0,49	47.571,71	49.689,53	2,72	0,78	7.640,12
Oeste	PB	0,65	52.261,43	53.908,53	2,95	0,78	8.288,82
Este	PB	0,35	28.639,98	29.542,61	1,62	0,78	4.542,39

Tabla 20. Dimensionamiento de UTAs para vencer CT del local

Para el cálculo de los caudales para vencer cargas térmicas de ventilación ($\dot{V}_{UTA_vent}$), necesitamos conocer los volúmenes de las estancias que acondicionarán cada una de las UTAs y el número de renovaciones por hora que marca el código técnico. De esta forma, también podrá calcularse la potencia, en términos de carga térmica, que supone la ventilación de los locales. Sumada esta carga térmica de ventilación a la de los locales, tendremos las cargas totales. Los resultados se encuentran en la Tabla 21.

$$Renv/h = 1.21$$

$$\dot{V}_{UTA_vent} = V_{UTA} \cdot F_{simult} \cdot Renv/h$$

$$QT_{vent_UTA} = \dot{V}_{UTA_vent} \cdot \rho_{aire} \cdot Cp_{aire} \cdot 1000 \cdot (T_{AI} - T_{AL})$$

$$QT_{vent_UTA} = \dot{V}_{UTA_vent} \cdot 1.128 \cdot 1.16 \cdot 1000 \cdot (32 - 22)$$

Dimensionamiento de UTAs para ventilación						
UTA	Planta	Factor Repartición	Volumen V_{UTA} [m3]	Factor Simult.	Caudal Volumétrico $\dot{V}_{UTA_vent}$ [m3/h]	Carga Térmica Ventilación QT_{vent_UTA} [W]
Oeste	P3	0,45	2.453,78	0,78	2.315,88	11.748,31
Este	P3	0,55	3.001,27	0,78	2.832,60	14.369,60
Oeste	P2	0,51	1.780,26	0,78	1.680,21	8.523,57
Este	P2	0,49	1.704,50	0,78	1.608,70	8.160,85
Oeste	P1	0,51	2.657,45	0,78	2.508,10	12.723,43
Este	P1	0,49	2.544,36	0,78	2.401,37	12.181,97
Oeste	PB	0,65	2.827,29	0,78	2.668,40	13.536,61
Este	PB	0,35	1.549,40	0,78	1.462,32	7.418,25

Tabla 21. Dimensionamiento de UTAs para ventilación

Se calcula la carga total a vencer, tanto por locales como por ventilación. Con estos valores se procede a calcular los caudales de agua que deben llegar a cada una de las baterías en las UTAs. Para ellos se debe conocer el calor específico, la densidad y salto térmico del agua durante el intercambio en la batería. Así se consiguen los caudales de cada una de las bombas que conforman el sistema hidráulico secundario, y cuya suma proporciona el del primario. En la Tabla 22 se encuentran los resultados de los caudales que impulsan las bombas contra las baterías de la UTAs.

$$Cp_{agua} = 4.184 \frac{kJ}{kg \cdot K}$$

$$\rho_{aire} = 1000 \frac{kg}{m^3}$$

$$\Delta T_{agua} = 5^\circ C$$

$$QT_{TOT_UTA} = QT_{cal_UTA} + QT_{vent_UTA}$$

$$QT_{TOT_UTA} = \dot{V}_{UTA_BAT} \cdot \rho_{agua} \cdot Cp_{agua} \cdot 1000 \cdot (\Delta T_{agua})$$

$$\dot{V}_{UTA_BAT} = \frac{QT_{cal_UTA}}{\rho_{agua} \cdot Cp_{agua} \cdot 1000 \cdot (\Delta T_{agua})} = \frac{QT_{cal_UTA}}{1000 \cdot 4.184 \cdot 1000 \cdot (5)}$$

Caudales de baterías de UTAs (CT Locales + CT Ventilación)							
UTA	Planta	CT Total (calefacción + ventilación) QT_{TOT_UTA} [W]	Factor Simult.	Potencia con Factor Simultaneidad [W]	Caudal Agua Requerido $\dot{V}_{UTA_BAT}$ [l/s]	Caudales Bomba Secundaria [l/s]	Caudales Bomba Secundaria [l/h]
Oeste	P3	59.673,97	0,78	46.545,70	2,22	4,95	17.807
Este	P3	72.988,48	0,78	56.931,02	2,72		
Oeste	P2	53.182,15	0,78	41.482,08	1,98	3,88	13.973
Este	P2	50.918,95	0,78	39.716,78	1,90		
Oeste	P1	64.621,52	0,78	50.404,79	2,41	4,72	16.979
Este	P1	61.871,51	0,78	48.259,78	2,31		
Oeste	PB	67.445,15	0,78	52.607,21	2,51	3,89	14.014
Este	PB	36.960,86	0,78	28.829,47	1,38		
Caudal Bomba Primaria [l/h]							62.772

Tabla 22. Dimensionamiento caudales de baterías y bombas

La red hidráulica está formada por una bomba primaria que impulsa contra la red secundaria, formada por cuatro bombas en paralelo, las cuales alimentan cada una de ellas a cada planta. Es decir, cada bomba secundaria impulsa contra las baterías de las dos UTAs que se alojan en su respectiva planta.

Por último, falta calcular la potencia de los ventiladores de la UTAs que se encargan de asegurar el caudal correcto de aire por los conductos de impulsión. Para ellos se calcula la suma de los caudales anteriores destinados a vencer la carga térmica de los locales y la de ventilación, obteniendo así el caudal total que se impulsa. Revisando el catálogo de las unidades de tratamiento de aire, se obtiene un valor medio de potencia por unidad de caudal. Así, se consiguen los resultados de los consumos eléctricos de los ventiladores en la Tabla 23.

$$Ratio_Potencia_{Catálogo} = 1.3 \frac{kW}{m^3/s}$$

$$\dot{V}_{UTA_TOT} = \dot{V}_{UTA_local} + \dot{V}_{UTA_vent}$$

$$P_{elec_vent} = \dot{V}_{UTA_TOT} \cdot Ratio_Potencia_{Catálogo}$$

Dimensionamiento del Consumo de Ventiladores						
UTA	Planta	Caudal Volumétrico $\dot{V}_{UTA_local}$ [m3/h]	Caudal Volumétrico $\dot{V}_{UTA_vent}$ [m3/h]	Caudal Volumétrico $\dot{V}_{UTA_TOT}$ [m3/h]	Caudal Volumétrico $\dot{V}_{UTA_TOT}$ [m3/s]	Consumo ventiladores P_{elec_vent} [kW]
Oeste	P3	9.447,33	2.315,88	11.763,21	3,27	4,25
Este	P3	9.013,07	2.832,60	11.845,67	3,29	4,28
Oeste	P2	6.866,58	1.680,21	8.546,78	2,37	3,09
Este	P2	6.574,36	1.608,70	8.183,07	2,27	2,95
Oeste	P1	7.979,70	2.508,10	10.487,80	2,91	3,79
Este	P1	7.640,12	2.401,37	10.041,49	2,79	3,63
Oeste	PB	8.288,82	2.668,40	10.957,22	3,04	3,96
Este	PB	4.542,39	1.462,32	6.004,71	1,67	2,17

Tabla 23. Dimensionamiento del Consumo de Ventiladores

Con todos estos datos, ya es posible poder definir con bastante certeza el sistema de climatización de la instalación. La definición se realizará de forma escalonada:

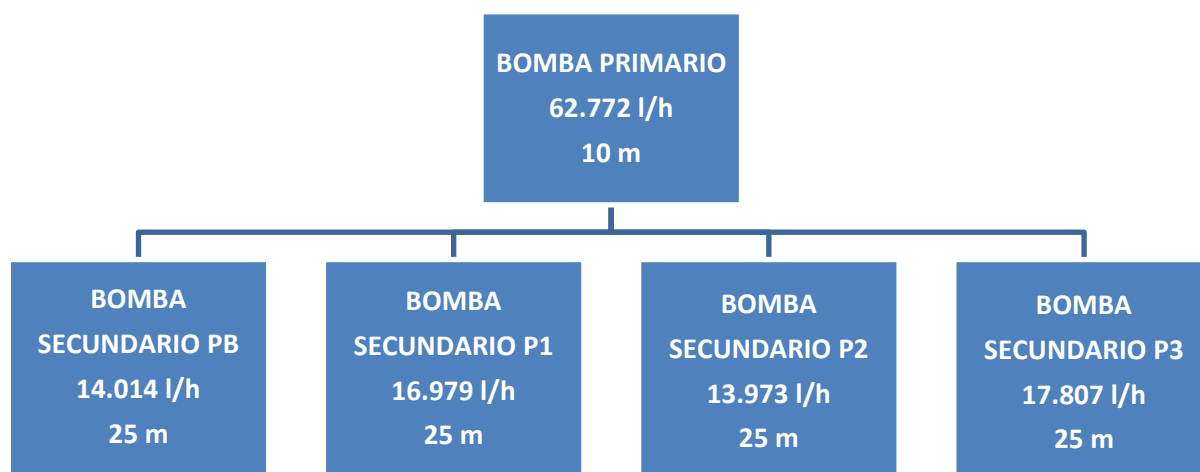
- Subsistemas Primarios. Bombas
- Subsistemas Primarios. Circuitos Hidráulicos
- Subsistemas Primarios. Bomba de Calor
- Subsistemas Secundarios. UTAs
- Subsistemas Secundarios. Zonas

3.5.2 Definición de Subsistemas Primarios

Los subsistemas primarios que se requieren serán grupos de bombeo, circuitos hidráulicos y equipos de producción primaria.

Bombas

Se definen cinco equipos de bombeo en total, el primero de ellos denominado “BOMBA PRIMARIO” será el grupo principal que alimentará al resto de grupos. Los otros cuatro, denominados “BOMBA SECUNDARIO PB”, “BOMBA SECUNDARIO P1”, “BOMBA SECUNDARIO P2” y “BOMBA SECUNDARIO P3”, se alojarán cada uno de ellos en una de las plantas del edificio para dar servicio a los subsistemas secundarios que se alojen en sus respectivas plantas.



Las propiedades que se demandan para configurar un elemento de este tipo son fundamentalmente el caudal y la altura, ya que la potencia se calcula automáticamente al introducir los datos, de acuerdo a sus curvas de comportamiento. En la Figura 37 se muestra visualmente la edición del grupo de bombeo principal “BOMBA PRIMARIO”.

The screenshot shows a window titled 'Bomba' with a dropdown menu set to 'BOMBA PRIMARIO'. Below the menu are two tabs: 'Propiedades' (selected) and 'Curvas comportamiento'. The 'Propiedades' tab contains the following fields:

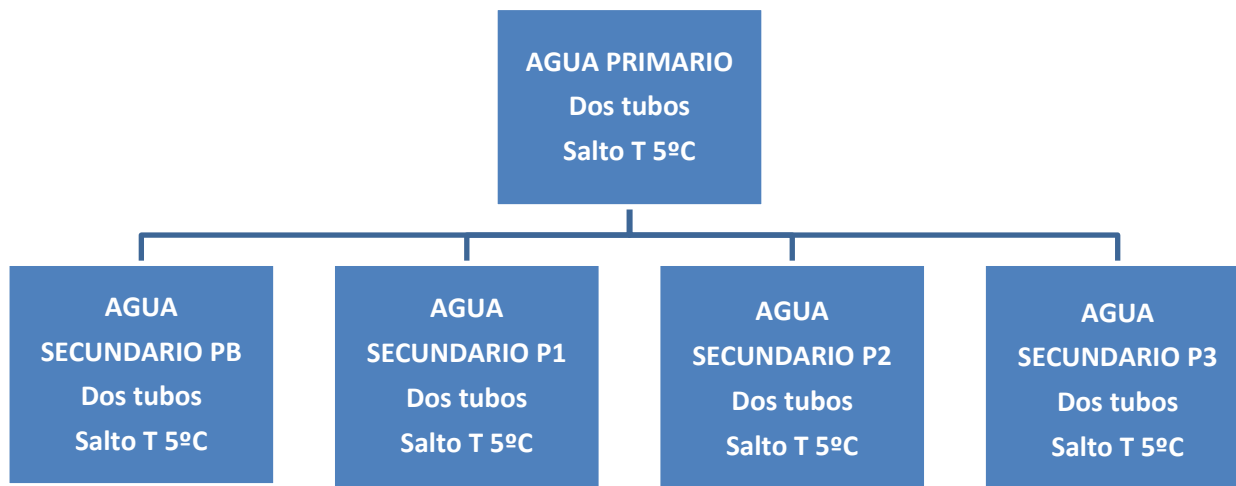
- Nombre: BOMBA PRIMARIO
- Caudal: 62.772 l/h
- Altura: 10,0 m
- Potencia: 2,81 kW
- Número de bombas: 1
- Rendimiento del motor: 0,80 ratio
- Rendimiento mecánico: 0,77 ratio
- Tipo de control: Velocidad constante

An 'Aceptar' button is located at the bottom right of the window.

Figura 37. Edición de datos para Bomba Primaria

Circuitos Hidráulicos

Los circuitos hidráulicos representan los tramos de tubería que conectan los distintos equipos. Es necesario definir un circuito por cada una de las bombas que hayan sido establecidas, por lo que se tienen de nuevo cinco circuitos diferentes. En primer lugar, el perteneciente a la bomba de impulsión primaria denominado “AGUA PRIMARIO”. Y otros cuatro circuitos correspondientes a las bombas secundarias denominados “AGUA SECUNDARIO PB”, “AGUA SECUNDARIO P1”, “AGUA SECUNDARIO P2”, y “AGUA SECUNDARIO P3”.



Para definir este tipo de elemento es necesario conocer el tipo de circuito del que se trata, la bomba adjunta que impulse en dicho circuito, el caudal recirculado, el salto de temperatura de diseño y por último, el tipo de control que se desea definir. En la Figura 38 se recogen los datos necesarios.

Figura 38. Edición de datos para circuito hidráulico primario del Estado Inicial

En este caso, todos los circuitos son de dos tubos. La bomba que le pertenece a cada uno es la definida anteriormente que corresponde con su planta, al igual que la pestaña “circuito primario”, que sólo debe rellenarse en los circuitos secundarios para esclarecer la jerarquía del primario. El salto de temperatura entre la impulsión y el retorno será de 5°C, tal y como se ha definido en el cálculo para el dimensionamiento.

Por último, el control de todos ellos se realizará según el modo de operación denominado “Disponibilidad en función de horario”. Para ello se han definido los horarios anuales de refrigeración y calefacción, según los que se registrarán. Además de tener disponibilidad del horario, será necesario marcar las temperaturas de consigna en régimen de frío y calor, que serán de 45°C y 7 °C, respectivamente.

Equipo de Producción Primaria

Por último, se debe definir el sistema de producción primaria. En este caso se trata de una bomba de calor aire-agua que da servicio a las ocho unidades de tratamiento de aire. La tipología de este elemento es una planta enfriadora, más concretamente una bomba de calor a dos tubos, por lo que su denominación ha sido la de “BOMBA DE CALOR”.

Figura 39. Edición de datos para Bomba de Calor del Estado Inicial

En la Figura 39 se han editado todos los parámetros que solicita Calener-GT para particularizar la bomba de

calor. Estos parámetros son principalmente El tipo de bomba de calor, las capacidades nominales de refrigeración y calefacción, EER, COP, tipo de condensación y el circuito de agua fría que alimenta.

El resto de elementos que aparecen apagados no proceden para el equipo que se está definiendo de acuerdo a su ficha técnica.

3.5.3 Definición de Subsistemas Secundarios

Los subsistemas secundarios que se definirán son las unidades de tratamiento de aire y las zonas que son climatizadas.

- Unidades de Tratamiento de Aire (UTAs)

Se trata de ocho elementos todo aire a caudal constante, que se han organizado por parejas este y oeste en cada una de las plantas, distribuyendo su acción de acuerdo a los sectores térmicos que acondicionan que acondicionan. La nomenclatura de los elementos y los sectores térmicos que acondicionan son los siguientes:

- UTA PB OESTE acondiciona a ST1, ST2, ST3, ST6 y ST8.
- UTA PB ESTE acondiciona a ST4, ST5 y ST7.
- UTA P1 OESTE acondiciona a ST1, ST2, ST3 y ST4.
- UTA P1 ESTE acondiciona a ST5, ST6 y ST7.
- UTA P2 OESTE acondiciona a ST1, ST2, ST3 y ST4.
- UTA P2 ESTE acondiciona a ST5, ST6 y ST7.
- UTA P3 OESTE acondiciona a ST1, ST4 y ST6.
- UTA P3 ESTE acondiciona a ST2, ST3, ST5 y ZONA CUBIERTA.

The figure shows four panels of a software interface for editing data for Air Treatment Units (UTAs). The panels are arranged in a 2x2 grid.

- Top Left Panel (Ventiladores):** Shows settings for the 'Ventilador de impulsión' and 'Ventilador de retorno'. The 'Ventilador de impulsión' has a 'Horario' set to 'Siempre funcionando', 'Caudal' of 10.957 m³/h, 'Potencia' of 3.96 kW, 'Tipo de control' set to 'Caudal constante', and 'Posición' set to 'Draw-Through'. The 'Ventilador de retorno' has '¿Existe?' set to 'No', 'Caudal' of n/a, and 'Potencia' of n/a. There is also a 'Caja de caudal variable' section with 'Caudal mínimo' set to n/a ratio.
- Top Right Panel (Refrigeración):** Shows settings for 'Potencia Batería Central' (Total: 67.50 kW, Sensible: 53.96 kW) and 'Batería Central de Agua Fría'. The 'Batería Central de Agua Fría' has 'Circuito' set to 'AGUA SECUNDARIO P', 'Caudal' of 11.610 l/h, 'Salto térmico' of 5.0 °C, and 'Tipo de válvula' set to 'Tres vías'.
- Bottom Left Panel (Calefacción):** Shows settings for 'Potencia batería central' (45.00 kW), 'Caudal batería central' (7.740 l/h), and 'Batería de recalentamiento' (n/a). It also shows settings for 'Batería de Agua Caliente' with 'Circuito' set to 'AGUA SECUNDARIO P', 'Circuito zonal' set to n/a, 'Circuito de ACS' set to n/a, 'Salto térmico' of 5.0 °C, and 'Tipo de válvula' set to 'Tres vías'.
- Bottom Right Panel (Control):** Shows settings for 'Temperatura Impulsión' (Mínima: 15.0 °C, Máxima: 30.0 °C) and 'Horario de disponibilidad' (Refrigeración: HA_Refrigeracion, Calefacción: HA_Calefaccion). It also shows settings for 'Control Unidad de Tratamiento de Aire' with 'Tipo de control' set to 'Por zona de control', 'Consigna del termostato' set to n/a °C, 'Horario de temperatura' set to n/a, and 'Ley de correspondencia' set to n/a.

Figura 40. Edición de datos para UTAs del Estado Inicial

Para la edición de las unidades de tratamiento de aire, es necesario rellenar una serie de pestañas que son; ventiladores, refrigeración, calefacción, control y técnicas de recuperación, tal y como se representa en la Figura 40.

En la pestaña principal se rellena la información que concierne a los ventiladores de las UTAs, cuyos datos se han calculado en la Tabla 23, caudal impulsado y potencia del ventilador. El tipo de unidad es de caudal constante y no existe ventilador de retorno.

De cara a la refrigeración, se establecen los valores de potencia total y sensible de la batería, tomados de catálogo. También es necesario indicar el circuito hidráulico que alimenta a la batería, completándose automáticamente los valores de caudal y salto térmico del agua impuestos en la edición del circuito hidráulico correspondiente.

En cuanto a la calefacción es necesario rellenar en este caso dos subapartados, el de fuentes de calor y el de baterías. Indicando así en el primero de ellos que la fuente de calor proviene de agua caliente a nivel de sistema. Es la forma de describir una unidad de tratamiento de aire con una sola batería. El segundo subapartado, batería, es similar al caso de refrigeración, tan solo es necesario tomar de catálogo el valor de potencia de la batería central, así como asignarle el circuito hidráulico que la alimenta, siendo el mismo que en refrigeración al tener una sola batería.

Por último, se precisa el control de la unidad, asignando las temperaturas de consigna en la impulsión entre los 15 y 30°C, marcando los horarios definidos de calefacción y refrigeración en la disponibilidad horaria y decidiendo que el control de la unidad será por zonas de control. Esta última elección es una simplificación de lo que ocurre en la realidad, ya que la unidad de tratamiento climatiza a varios sectores térmicos y tan solo puede funcionar de acuerdo a un termostato. Lo que se ha decidido como más próximo a la realidad es identificar en cada grupo de sectores de sectores térmicos alimentados por una sola UTA el de mayor tamaño, para tomarlo como referencia de confort climático. Esta simplificación, traslada a la realidad, indicaría que el termostato que controla la UTA se coloca en esta habitación de referencia, y en función de cómo fluctúen las condiciones climáticas en dicho local, la UTA actuará en consecuencia de la misma forma en todos los locales que alimente.

- Zonas

Tras la construcción geométrica de los espacios en la Herramienta Unificada, se obtienen una serie de sectores térmicos en cada una de las plantas. El programa Calener-GT obliga a asignar una zona a cada uno de los sectores térmicos, por lo que se deben crear tantas zonas como sectores térmicos se tengan.

Figura 41. Edición de datos para zonas de sistema del Estado Inicial

Cada una de estas zonas emula las condiciones interiores del sector, por lo que es necesario definir dos pestañas para el caso de estudio, especificaciones técnicas y caudales como los de la Figura 41.

En las especificaciones térmicas se debe redactar la nomenclatura que se da a la zona, en este caso “ZONA PB_ST1”, haciendo referencia a la zona localizada en la planta baja, sector térmico 1. También se especifica si la zona es acondicionada o no, el espacio que representa y el sistema secundario al que pertenece. El tipo

de termostato también se incluye en esta pestaña, definiendo que el sistema es todo o nada con los valores de consigna para la refrigeración y la calefacción de 25°C y 20°C respectivamente.

Por último, en la pestaña de caudales, se pide el caudal de impulsión de diseño, calculándolo en función del tamaño del sector térmico. También se exige cumplir los requisitos de ventilación marcados por el CTE, rellenando la información sobre aporte de aire exterior con el método de “caudal por persona” y fijando este valor en $36 \text{ m}^3/\text{persona}$. La pestaña de unidades terminales no es necesario editarlas en este caso concreto, dado que la impulsión se realiza por conductos y la desembocadura en los locales a través de rejillas y no por unidades terminales como podrían ser Splits o fancoils.

3.5.4 Layout final de la Instalación

El programa también genera una vista simplificado de cada sistema secundario a modo de esquema, Figura 42, donde se muestran cuatro ventanas diferentes. La principal, arriba a la izquierda, representa los elementos que constituyen a cada uno de los sistemas secundarios definidos. Estos elementos con las baterías de refrigeración y calefacción, el colector de retorno y el termostato.

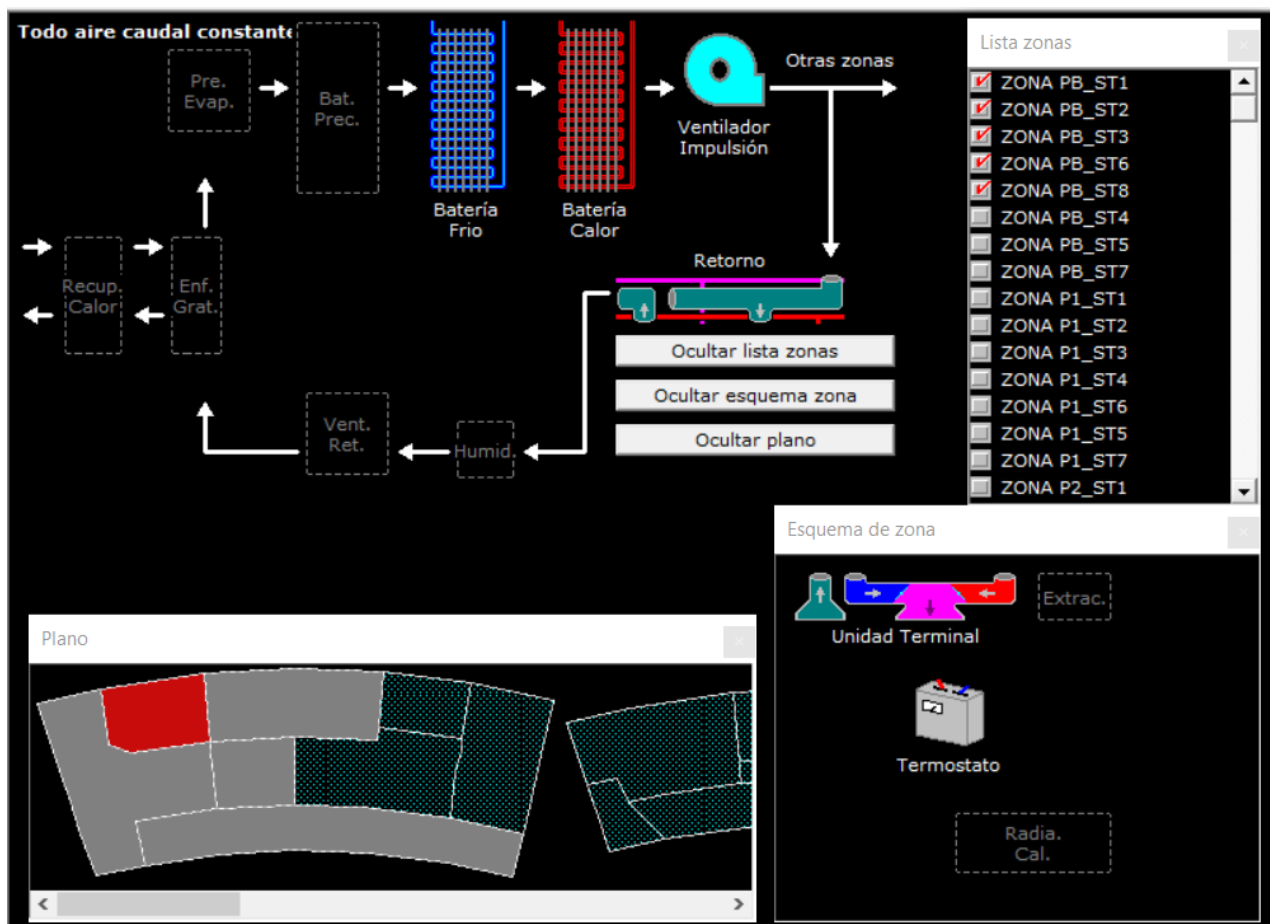


Figura 42. Esquema de Sistema Secundario todo aire a caudal constante del Estado Inicial

La pestaña denominada “Lista zonas” delimita que sectores térmicos son atendidos por la unidad secundaria en cuestión, marcándolas con un tic rojo. En la pestaña “Plano” se simplifican las plantas del edificio para ayudar a visualizar donde se ubican los sectores térmicos que se encuentran atendidos por la UTA. Aparecen en gris las zonas implicadas y en rojo la zona que posee el termostato que controla el funcionamiento de la UTA.

Por último, la ventana “Esquema de zona” muestra el termostato ubicado en el sector térmico que se haya decidido para este tipo de sistema todo aire a caudal constante.

Cuando todos los elementos anteriores de la instalación hayan sido definidos, Calener-GT proporciona un

esquema de principio de la instalación general como la que aparece en la Figura 43. En este esquema se aprecia como una bomba de calor, sistema de producción primaria, alimenta a una serie de sistemas secundarios alojados en diferentes plantas. De tal forma que cada uno de los elementos denominados por la herramienta como “Multiple Coils” representa a la pareja de UTAs que se definen en cada planta del edificio.

También se aprecian los circuitos hidráulicos que conectan el de agua primaria con los cuatro secundarios, que se encuentran aguas abajo atendiendo las demandas de las baterías del interior de las unidades de tratamiento de aire.

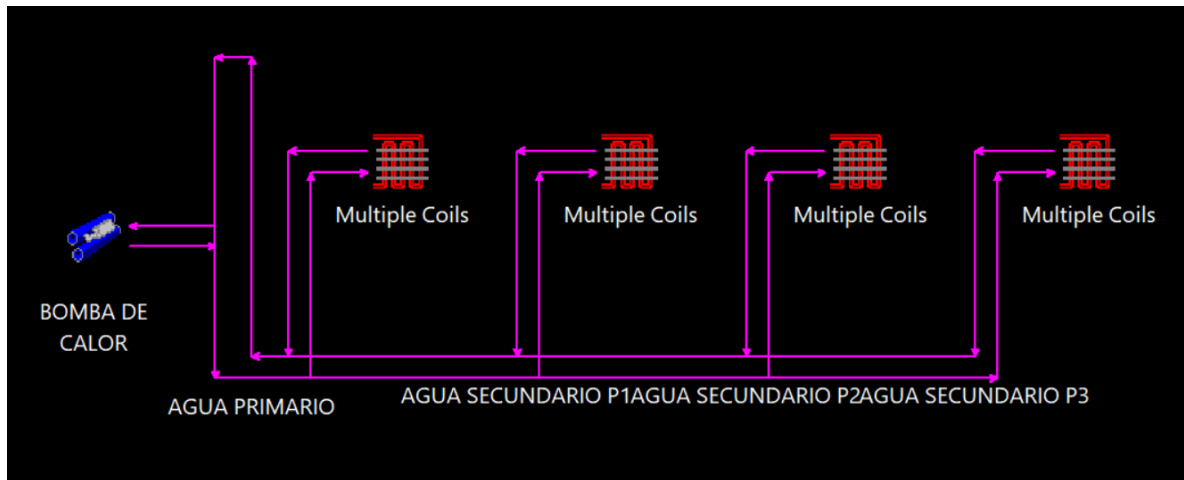


Figura 43. Esquema de principio de Instalación Inicial por Calener-GT del Estado Inicial

3.5.5 Resultados CALENER-GT

Una vez se hayan introducido todos los datos del edificio es posible realizar la calificación energética del mismo. Esta calificación se realiza dentro de la propia herramienta Calener-GT sin necesidad de volver a la Herramienta Unificada.

El proceso de calificación se basa en un proceso de simulación horaria del edificio, realizando el cálculo de cargas y sistemas, para conseguir los valores de emisiones de CO_2 asociadas al consumo energético del edificio para posteriormente compararlos con el mismo cálculo del edificio de referencia.

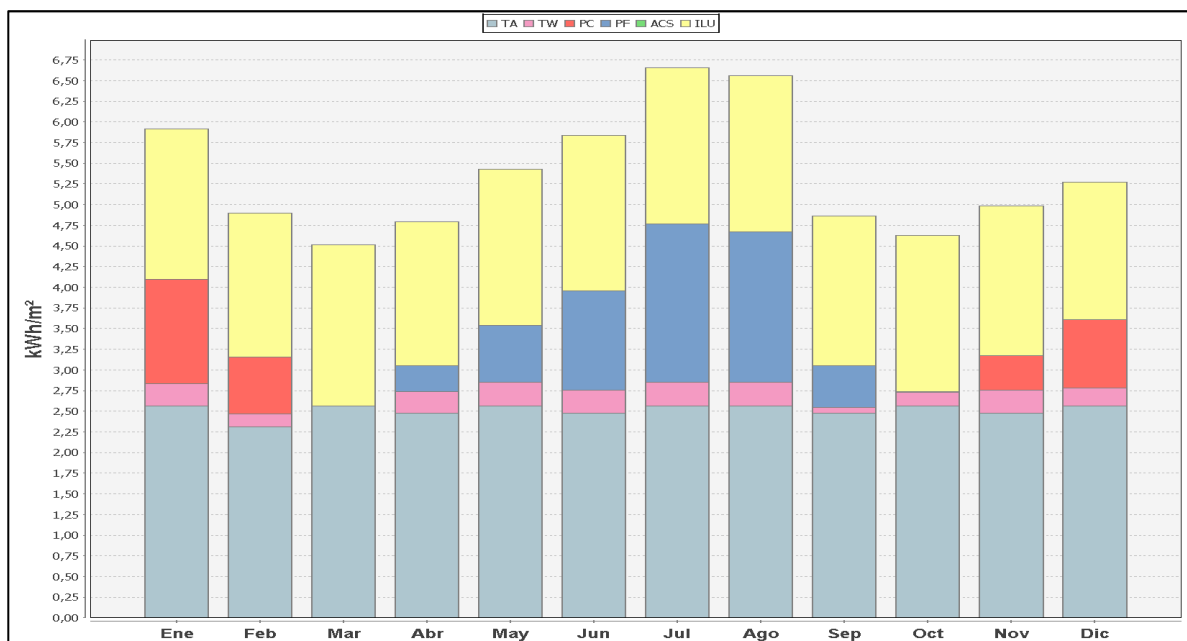


Figura 44. Consumo energético mensual en Calener-GT del Estado Inicial

Aunque también se puede extraer información de la energía primaria no renovable y la energía final

procedente del consumo energético de los equipos primarios y subsistemas secundarios que constituyen las instalaciones de calefacción, refrigeración agua caliente sanitaria e iluminación.

En la Figura 44 se han representado gráficamente los valores mensuales en kWh/m^2 del consumo de energía final para cada uno de los procesos que requieren de dicha energía. Estos procesos son transporte de aire (TA), transporte de agua (TW), producción de calor (PC), producción de frío (PF), agua caliente sanitaria (ACS) e iluminación (ILU).

Aunque como se comentó al inicio de este apartado, también es fundamental conocer el valor de las emisiones y de energía primaria correspondientes a la climatización, iluminación y agua caliente sanitaria. Estos datos es necesario extraerlos del informe de calificación expedido por la herramienta Calener-GT, que los titula como “Indicadores Energéticos Anuales”, tal y como aparece en la Figura 45.

Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	42.37	42.37	0.00	82.64	82.64	34.95	14.00	14.00	7.40
Iluminación	21.95	21.95	31.36	42.89	42.89	61.28	7.27	7.27	10.38
A.C.S.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	64.32	64.32	53.68	125.53	125.53	96.23	21.26	21.26	17.78

Figura 45. Indicadores Energéticos Anuales del Estado Inicial

En esta tabla se recogen, como se ha comentado anteriormente, los valores de energía final (EF) en kWh/m^2 , energía primaria (EP) en kWh/m^2 y emisiones de CO_2 (EM) en $kgCO_2/m^2$. Así como los valores del edificio original (orig.), el modificado (mod.) y el de referencia (ref.). Dado que para el presente estudio se está utilizando la última versión actualizada del año 2020, las columnas original y modificada poseen los mismos valores, ya que muestran la diferencia con respecto a la versión anterior.

Observando los resultados, se aprecia como todos los consumos y emisiones relacionadas con el agua caliente sanitaria aparecen a cero. Esto sucede efectivamente porque la instalación proyectada no posee ningún tipo de consumo de agua.

También resulta interesante identificar como tanto el consumo de energía final y primaria, como las emisiones de CO_2 son prácticamente el doble en concepto de climatización que en iluminación.

En cuanto a la comparativas entre el edificio y su modelo de referencia, se observa como los valores de referencia son prácticamente el 50% de los valores modificados cuando se habla de climatización, lo que sugiere que dicha instalación tiene un consumo de energía primaria muy alto y un rendimiento deficiente. Sin embargo, cuando se estudia el caso de la iluminación ocurre lo contrario, los valores de referencia calculados son más elevados que los del edificio calculado, en torno a un 42% mayor. Esto se interpreta como que la instalación de iluminación, o los horarios programados de funcionamiento de la misma son bastante aceptables.

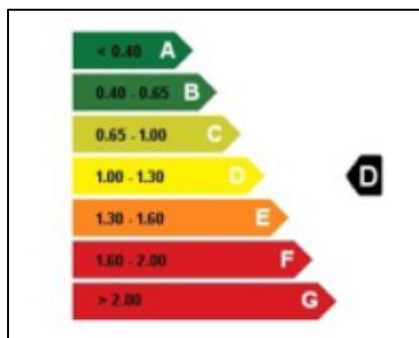


Figura 46. Calificación en emisiones (D) del Estado Inicial

Por tanto, hablando en términos globales, el indicador de eficiencia energética (IEE) consigue un valor próximo a la unidad tanto en emisiones como en energía primaria no renovable, obteniendo así una

calificación D y E respectivamente, tal y como se muestra en la Figura 46.

$$IEE: \text{indicador de eficiencia energética} = \frac{EM}{EM_{ref}}$$

$$IEE_{emisiones} = \frac{EM}{EM_{ref}} = \frac{21.26}{17.78} = 1.19 \rightarrow \in [1, 1.30] \rightarrow \text{Calificación D}$$

$$IEE_{EP \text{ no renovable}} = \frac{EP}{EP_{ref}} = \frac{125.53}{96.23} = 1.305 \rightarrow \in [1.30, 1.60] \rightarrow \text{Calificación E}$$

3.6 Verificación CTE HE-0

Al igual que se comprueban las restricciones y valores límite de la calidad de la envolvente del edificio en el CTE HE-1, también es necesario verificar la calidad de la instalación definida en Calener-GT con respecto a los valores límite del CTE HE-0.

Son tres los límites que deben verificarse para cumplir con todas las exigencias de este capítulo del Código Técnico de la Edificación. Estos son, los valores de consumo de energía primaria renovable, limitado por $162.90 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$. El consumo de energía primaria total, con $277.01 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$. Y por último, el número de horas al año fuera de consigna, que se refiere al número de horas en las que la instalación no satisface la demanda del edificio.

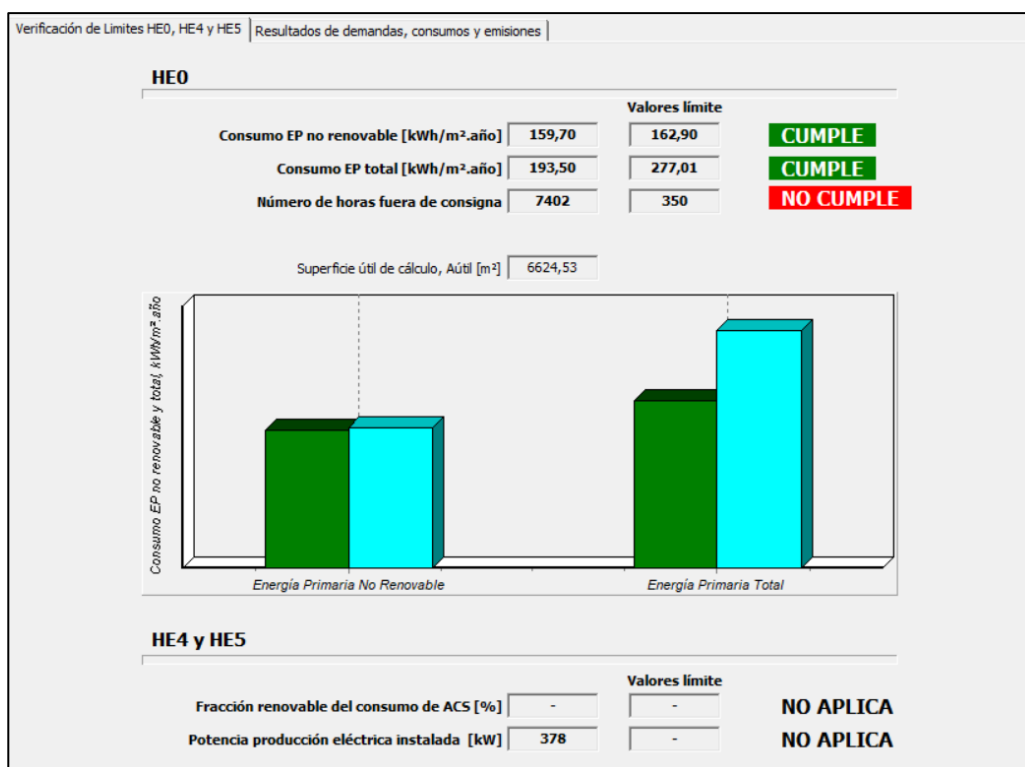


Figura 47. Verificación CTE HE-0 del Estado Inicial

En la Figura 47 se verifica en cumplimiento de los consumos de energía primaria renovable con un valor de $159.70 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$, y el consumo de energía primaria total, con $193.50 \text{ kWh/m}^2 \cdot \text{año}$. Lo más representativo de los resultados son las 7402 horas anuales en que la instalación no está cumpliendo con la demanda del edificio.

Esta apreciación sugiere, como se ha comentado en otros apartados, que la instalación existente se ha quedado obsoleta tras el cambio de uso del edificio, sobre todo tras la adición de la planta intermedia. Tras el análisis de los resultados, la nueva configuración y uso de las oficinas requieren de un nuevo sistema de climatización y ventilación que sea capaz de cumplir con los requerimientos del Código Técnico y con la demanda total.

Para conocer más a fondo qué parte de la instalación es la más deficiente, es necesario analizar los valores de demanda, consumo de energía y las emisiones representadas en la Figura 48.

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
Demanda, D	kWh/m²·año	37,39	54,63	0,00	-	-	-
Energía Final, C_ef	kWh/m²·año	5,28	11,32	0,00	37,19	27,95	-
Energía Primaria Total, C_ep;tot	kWh/m²·año	12,50	26,81	0,00	-	66,18	-
Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren	kWh/m²·año	10,31	22,12	0,00	-	54,61	-
Energía Primaria Renovable, C_ep;ren	kWh/m²·año	2,18	4,69	0,00	-	11,57	-
Emisiones, E_CO2	kgCO2/m²·año	1,75	3,75	0,00	-	9,25	-

Figura 48. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones del Estado Inicial

Entre las cifras recogidas con la simulación del edificio se corrobora que desde el punto de vista medioambiental, la iluminación es la fuente principal de emisiones, con un valor de $9.25 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$. También destacan los altos consumos de iluminación en cuanto a energía primaria renovable y no renovable.

3.7 Resultados de Certificación

Por último, tras obtener los resultados finales de verificación del Código Técnico en cuanto a calidad de la instalación, la Herramienta Unificada expide dos documentos que resumen todo el proceso de certificación. Estos documentos son el de “Verificación de requisitos del CTE – HE0, HE1, HE4 y HE5” conforme a la normativa del Ahorro Energético de 2019, y el de “Certificado de Eficiencia Energética de Edificios”.

La documentación de verificación no es más que un resumen de los resultados que se han ido obteniendo en cada uno de los apartados anteriores, sirviendo de prueba para corroborar la veracidad de dichas calificaciones. El primer apartado contiene una serie de datos de carácter general relacionados con el edificio y su ubicación, su utilización y el nivel de intervención, seguido de los datos del técnico certificados. Posteriormente, resume los resultados a modo de indicadores y parámetros del CTE DB-HE, comenzando con el apartado HE0, consumo de energía primaria. Continuando de forma ordenada por el HE1, condiciones para el control de la demanda energética, y finalizando con dos apartados que no se abordan en este proyecto, el HE4 y HE5, cuyos objetivos son mostrar los resultados de la contribución mínima de energía renovables para cubrir la demanda de ACS, y la generación mínima eléctrica, respectivamente.

Para concluir, el resto del documento de verificación se encuentra adjunto en el *Anexo 6. Expedientes Calener-GT y Certificados de Eficiencia Energética*, que se basa en la descripción de las características energéticas del edificio. En este anexo se recogen seis puntos fundamentales que abarcan toda la definición del proyecto, que son; envolvente térmica, condiciones de funcionamiento y ocupación, instalaciones térmicas, instalaciones de iluminación, consumo y producción de energía final y factores de conversión de energía final a primaria.

El resultado de la certificación se encuentra en el otro documento mencionado, el cual recoge la etiqueta de la Figura 49 que muestra la calificación de la edificación respecto del consumo de energía primaria no renovable con letra E, y una calificación D en cuanto a emisiones de dióxido de carbono.

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m²·año)	
<47,44 A		<8,76 A	
47,44-77,0 B		8,76-14,24 B	
77,09-118,61 C		14,24-21,91 C	
118,61-154,19 D		21,91-28,48 D	
154,19-189,77 E	E	28,48-35,06 E	
189,77-237,21 F		35,06-43,82 F	
=>237,21 G		=>43,82 G	D

Figura 49. Resultado de Certificación Energética del Estado Inicial

4 ALTERNATIVAS DE AHORRO ENERGÉTICO

4.1 Posibles Alternativas de Ahorro

A continuación se describen una serie de mejoras posibles de implantar en el edificio de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir para poder conseguir un mayor ahorro energético del edificio respecto del consumo actual y mejorar así los resultados obtenidos en la certificación del caso inicial. Las actuaciones que se comentan a continuación son ideas generales, que abarcan desde la mejora de la envolvente térmica del edificio hasta cambios en los sistemas del edificio. Algunas de ellas podrán ser llevadas a cabo y otras no, tal y como se desarrolla en los siguientes puntos.

- Mejorar la envolvente del edificio sin alterar la estética. Sustituir los vidrios de las fachadas que actualmente son de 4 mm de espesor por unos de doble acristalamiento con cámara de aire al vacío (solución habitual de 4+6+6 mm).
- Incluir aislamiento interior de fachada y cubierta para mejorar la transmitancia térmica global del edificio.
- Sustitución de la instalación de climatización, calefacción e iluminación, para conseguir el control de unas condiciones interiores adecuadas para el edificio. Eliminando así el obsoleto sistema de control existente todo o nada, que no permite una regulación eficiente de la instalación.
- Mejorar el sistema de climatización y las climatizadoras instalando recuperadores de calor, estáticos o de placas, que permitan un mejor aprovechamiento de las corrientes del sistema en su encuentro con las corrientes ambientales exteriores.
- Mejorar la calidad del aire interior sustituyendo los filtros de las climatizadoras existentes.
- Reducir las excesivas pérdidas de carga del sistema de climatización, con el objetivo de que mejore la inercia de la instalación. Las pérdidas de carga son debidas en gran parte al mal funcionamiento de algunas de las unidades interiores.
- Es necesario la implementación de un sistema de control y una tecnología más moderna para poder retirar el sistema actual todo o nada, y así poder introducir en el sistema un grupo de bombeo de caudal variable con equipos inverter.
- Reducir las emisiones de carbono y reducir el consumo de energía final con equipos más eficientes.
- Actualizar el diseño de la nueva instalación para que cumpla con los requisitos del Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) según *Real Decreto 1027/2007 de 20 de Julio*, y del Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Promover energías renovables con placas en cubierta para reducir el consumo y la dependencia de la red eléctrica, promoviendo así el autoconsumo.

4.2 Mejoras consideradas respecto a cambios en la envolvente

Los cambios que se estudiarán como posibles mejoras en la envolvente del edificio afectarán a los cerramientos verticales de los muros exteriores, las carpinterías y vidrios y la cubierta.

Es significativo señalar que para la elección de todas las alternativas que se exponen a continuación, se ha utilizado la base de datos de CYPE Ingenieros. Al igual que para la estimación de los presupuestos.

4.2.1 Cambio de Cerramientos Verticales

Se analizarán dos alternativas con el objetivo de reducir la transmitancia térmica del muro exterior. La única forma de conseguir esto es añadiendo un trasdosado por la cara interna del muro exterior para conseguir aislarlo mejor.

Se estudiarán los casos de construcción de trasdosado por la cara interior con aislamiento de poliestireno expandido incorporado a la placa y con aislante térmico de lana de vidrio, los cuales se denominarán como *Cerramientos 1 y Cerramientos 2*, respectivamente. La diferencia principal entre estas dos soluciones es la facilidad de instalación, dado que el cerramiento 1 es un trasdosado directo que se adhiere directamente al cerramiento mediante mortero, mientras que en el cerramiento 2, es necesario instalar la estructura fija de montantes, colocar el aislante entre los perfiles de los montante y finalmente, colocar las placas de yeso laminado sobre la estructura.

Para poder elegir correctamente el espesor de aislamiento que se requiere para el cerramiento es necesario realizar una simulación del mismo haciendo uso del software AISLAM, facilitada por el ministerio a través del IDAE. Para conocer unos valores orientativos sobre el coeficiente de transferencia térmica de los elementos que componen la envolvente térmica del edificio, se recurre al *Anejo E. Valores Orientativos de transmitancia*. En la Figura 50 se recogen, para la zona climática en la que se encuentra el edificio en cuestión, cifras de transmitancia térmica de los elementos de la envolvente que no aseguran cumplir con el coeficiente global del edificio, pero que sí ayudan a tener un marco de referencia para cada uno de ellos.

	Zona Climática de invierno					
	α	A	B	C	D	E
Muros y suelos en contacto con el aire exterior, U_M, U_S	0,56	0,50	0,38	0,29	0,27	0,23
Cubiertas en contacto con el aire exterior, U_c	0,50	0,44	0,33	0,23	0,22	0,19
Elementos en contacto con espacios no habitables o con el terreno, U_T	0,80	0,80	0,69	0,48	0,48	0,48
Huecos (conjunto de marco, vidrio y, en su caso, cajón de persiana), U_H	2,7	2,7	2,0	2,0	1,6	1,5

Figura 50. Anejo E. Transmitancia térmica. U [$W/m^2 K$]

Conociendo el valor orientativo de transmitancia térmica para muros exteriores, se fija dicho valor del coeficiente en la herramienta AISLAM y se calcula el espesor mínimo necesario del aislamiento del trasdosado que se desea instalar para dicho valor.

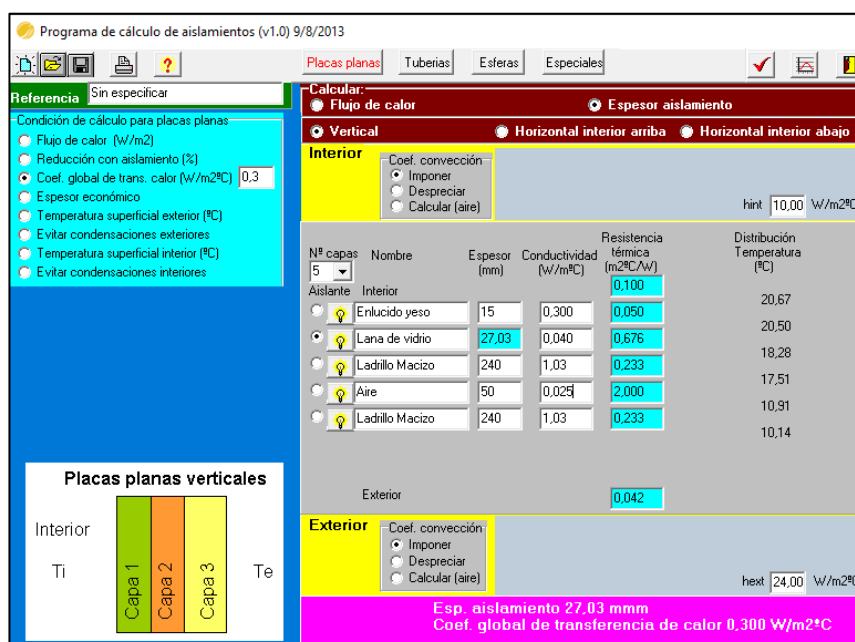


Figura 51. Simulación cerramiento AISLAM

Los resultados mostrados en la Figura 51 indican que es necesario un espesor mínimo de aislamiento de 27,03 mm para poder cumplir con la transmitancia térmica del muro exterior especificada. En la gráfica de la Figura 52 se pueden observar los saltos térmicos que absorben los dos aislantes, principalmente la cámara de aire existente entre los dos pies de ladrillo macizo.

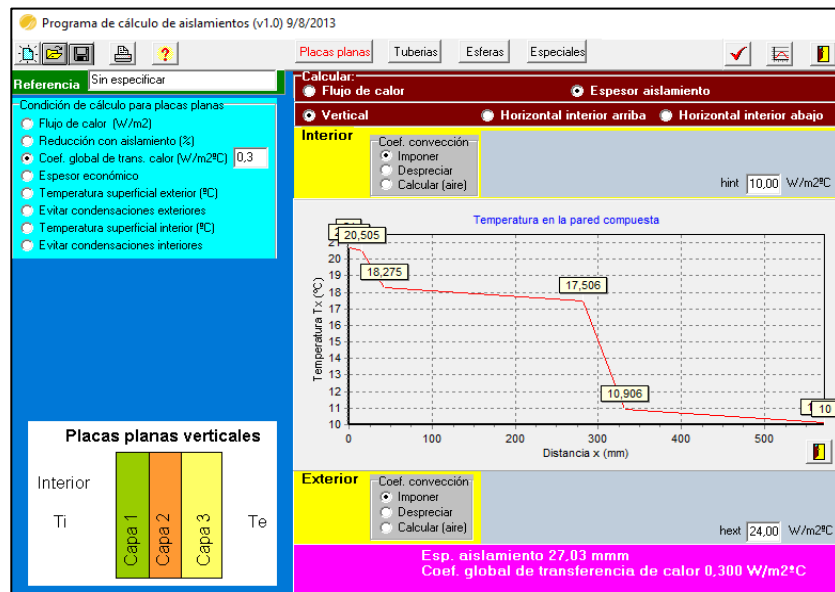


Figura 52. Saltos Térmicos de aislamientos del muro exterior

Estos resultados sugieren que el cerramiento de fachada que posee el edificio resulta suficientemente efectivo como aislante gracias a la cámara de aire entre los dos pies de ladrillo macizo. Dado que se han escogido valores límite para el dimensionamiento del espesor de aislamiento en el trasdosado, se han elegido los espesores mínimos disponibles normalizados de aislamiento y se ha focalizado más en el ahorro de mano de obra para una posible instalación del cerramiento.

4.2.1.1 Cerramientos 1

Se revestirán las paredes interiores del edificio con un trasdosado directo de placas de yeso, recibido con mortero adhesivo sobre el paramento vertical con 45 mm de espesor total. El aislamiento incorporado será poliestireno expandido.

El tipo de placa a colocar será estándar Isopop 38 con dimensiones de 1200x2600 y espesores de 10+35 (espesor placa + aislamiento). En la Figura 53 se representa gráficamente la solución escogida.

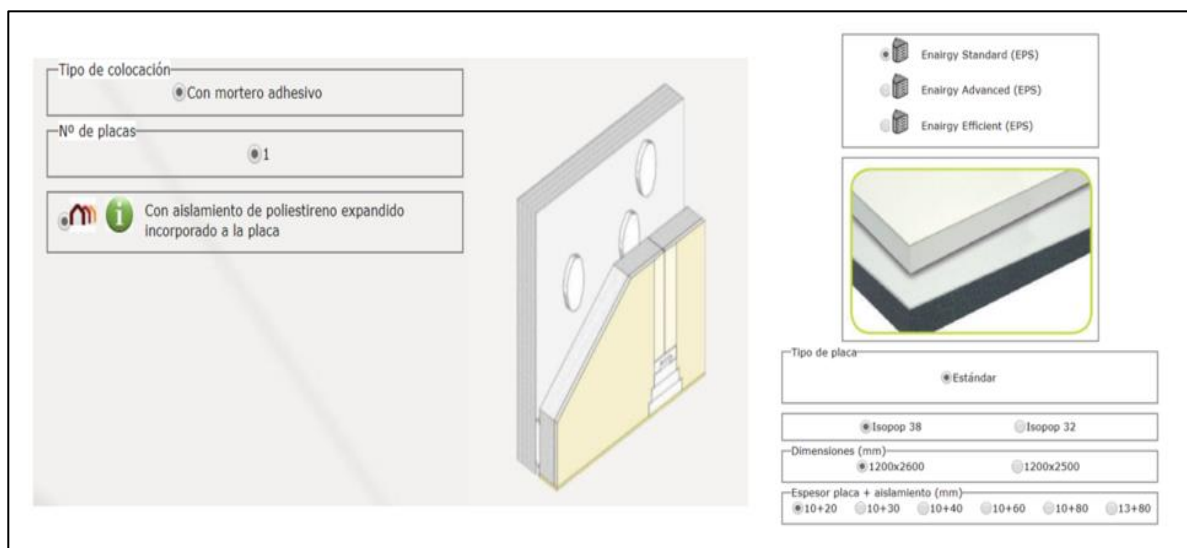


Figura 53. Trasdosado con aislamiento EPS

4.2.1.2 Cerramientos 2

Se revestirán las paredes interiores con un tabique sencillo de placas de yeso laminado, sobre banda estanca autoadhesiva, formado por una estructura simple, con disposición normal “N” de los montantes. El aislamiento

que incorporará será de panel semirrígido de lana mineral, espesor 45 mm en el alma y 76 mm de espesor total.

La separación entre los montantes será de 600 mm, con disposición de los mismos en forma de “N” y anchura de 46 mm. Los módulos de las placas serán de 1200x2800 mm y el espesor de las placas de yeso será de 15 mm. En cuanto al aislamiento, se realizará mediante colocación de lana mineral tipo LRP de 45 mm de espesor. En la Figura 54 se expone la configuración escogida del tipo de trasdosado.

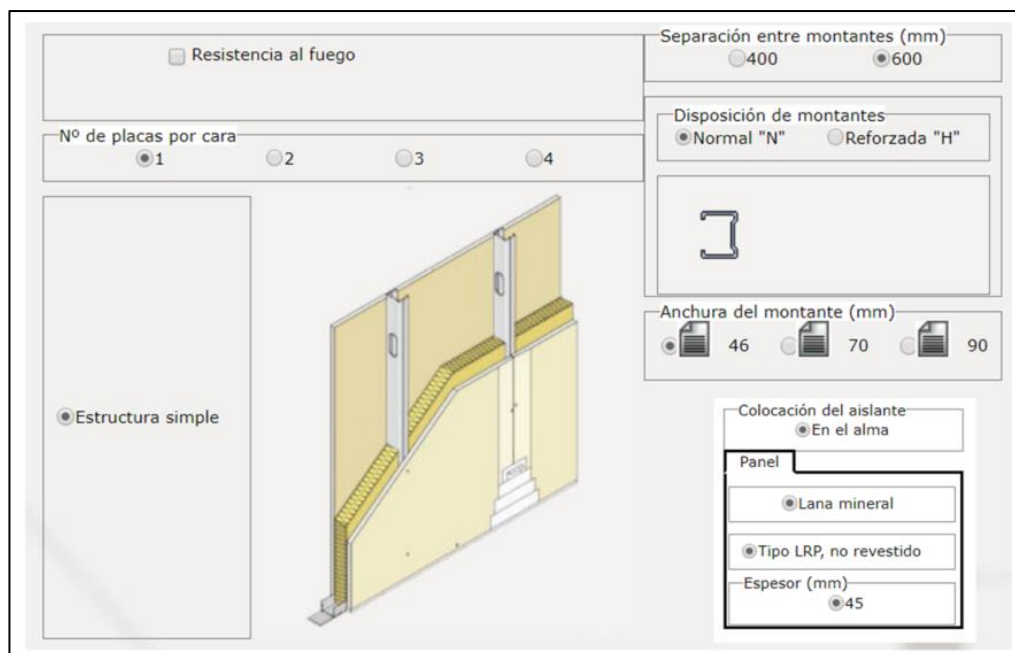


Figura 54. Trasdoso con aislamiento lana de vidrio

4.2.2 Cambio de Vidrios

El edificio objeto de estudio no permite la sustitución de las carpinterías de madera existentes por tratarse de un edificio histórico, tal y como se comentó en el apartado de definición de las carpinterías existentes. Además, las carpinterías no se encuentran instaladas en la cara exterior de la fachada sino por el interior, lo que imposibilita la construcción de unas nuevas, adicionales a las existentes.

Por tanto, la única mejora posible es el cambio de los vidrios manteniendo las carpinterías actuales. Los vidrios instalados son simples de 4 mm de espesor y con un valor del coeficiente de transmitancia térmica de $5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$. Las dos alternativas que se mostrarán a continuación serán las de un doble acristalamiento con cámara de aire al vacío entre los vidrios. Estas opciones se cuantificarán en los casos *Vidrios 1* y *Vidrios 2*, que estudiarán entre la instalación de un vidrio estándar o uno con baja emisividad térmica respectivamente.

4.2.2.1 Vidrios 1

Se sustituye el vidrio antiguo existente (un vidrio simple de 4 mm de espesor con un valor del Coeficiente de Transmisión Térmica de $5.7 \text{ W/m}^2\text{K}$) por un nuevo vidrio de doble acristalamiento con cámara de aire al vacío de (4/6/6 mm). Esta solución resulta idónea desde el punto de vista de mejora de la eficiencia energética del edificio.

Las características del nuevo vidrio son las siguientes; Doble acristalamiento Climalit, formado por un vidrio float Planilux incoloro de 4 mm y un vidrio float Planilux incoloro de 6 mm, cámara de aire deshidratado de 6 mm con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyos perimetrales y laterales, y sellado en frío con silicona neutra. Para la zona climática B4, correspondiente a Sevilla, y según orientación, se tiene una exigencia de $4.9 \text{ W/m}^2\text{K}$, que se cumplirá con la sustitución del vidrio actual por un vidrio (4/4/6 mm) con $U = 3.3 \text{ W/m}^2\text{K}$. En la Figura 55 se pueden identificar las propiedades concretas de este doble acristalamiento.



Figura 55. Doble Acristalamiento Climalit 4+6+6

4.2.2.2 Vidrios 2

Como alternativa al vidrio doble estándar anterior, se analizará la instalación de un vidrio de baja emisividad. El vidrio que se ha considerado es un doble acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS, formado por un vidrio exterior flotado incoloro SGG PLANICLEAR de 4 mm, con capa de baja emisividad SGG PLANITHERM XN en cara 2 del Segundo acristalamiento, y vidrio interior flotado incoloro SGG PLANICLEAR de 4 mm, separados por cámara de aire deshidratado de 10 mm de espesor con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral. En la Figura 56 se muestra un esquema de la solución comentada.

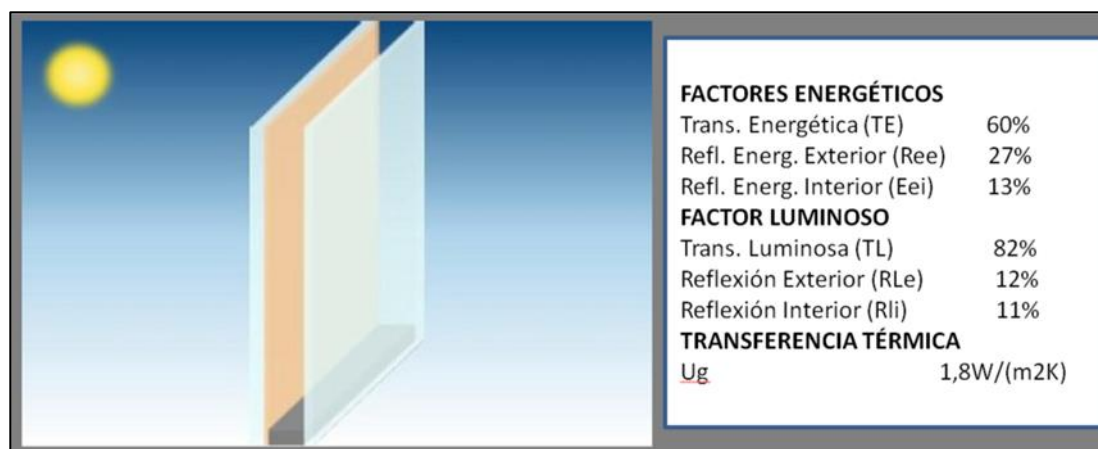


Figura 56. Doble Acristalamiento Climalit 4+10+4 baja emisividad

4.2.3 Cambio de Cubierta

Se presentan dos soluciones para el aislamiento de la cubierta del edificio. Para cumplir con las exigencias del CTE, se debe conseguir una transmitancia global de la cubierta de $0,33 \text{ W/m}^2\text{K}$ al tratarse de una cubierta en contacto con el aire exterior.

Dado que se trata de un edificio histórico, la única modificación que puede ser contemplada es la mejora del aislamiento por la cara interna de la cubierta. Por ello, ambas alternativas son válidas para cubiertas inclinadas de estructura de madera.

4.2.3.1 Cubierta 1

Como se muestra en la Figura 57, se trata de un aislamiento térmico para el interior de cubiertas inclinadas de madera formado por: panel de lana mineral de roca volcánica Rockcalm E-211 de la casa "ROCKWOOL", no revestido, de 80 mm de espesor, resistencia térmica $2,25 \text{ m}^2\text{K/W}$, conductividad térmica $0,035 \text{ W/m}^2\text{K}$ y

factor de Resistencia a la difusión del vapor de agua 1. La instalación se realiza mediante colocación a tope y fijado mecánico, preparado para recibir el trasdosado interior que se desee.

Material	
☒ Lana mineral	
	
Casa comercial	
	
☒ Rockcalm -E- 211	☐ Rockplus -E- 220
☐ Alpharock -E- 225	
Espesor (mm)	
☐ 40	☐ 50
☐ 60	☒ 80

Figura 57. Aislamiento térmico interior para cubierta

4.2.3.2 Cubierta 2

Esta segunda alternativa se trata de un aislamiento térmico colocado por el interior de cubiertas inclinadas con estructura de madera, formado por: dos capas de panel de lana mineral no revestido, suministrado en rollos Naturoll 032 “KNAUF INSULATION” de 160 mm de espesor, con una conductividad térmica de $0,032 \text{ W/m}^2\text{K}$. Incluso lámina de difusión variable con armadura Homeseal LDS Flex Plus “KNAUF INSULATION” de poliéster y poliamida de 0.2 mm de espesor. En la Figura 58 se puede apreciar el orden de colocación de los elementos y los rollos de lana de vidrio de 160 mm de espesor.

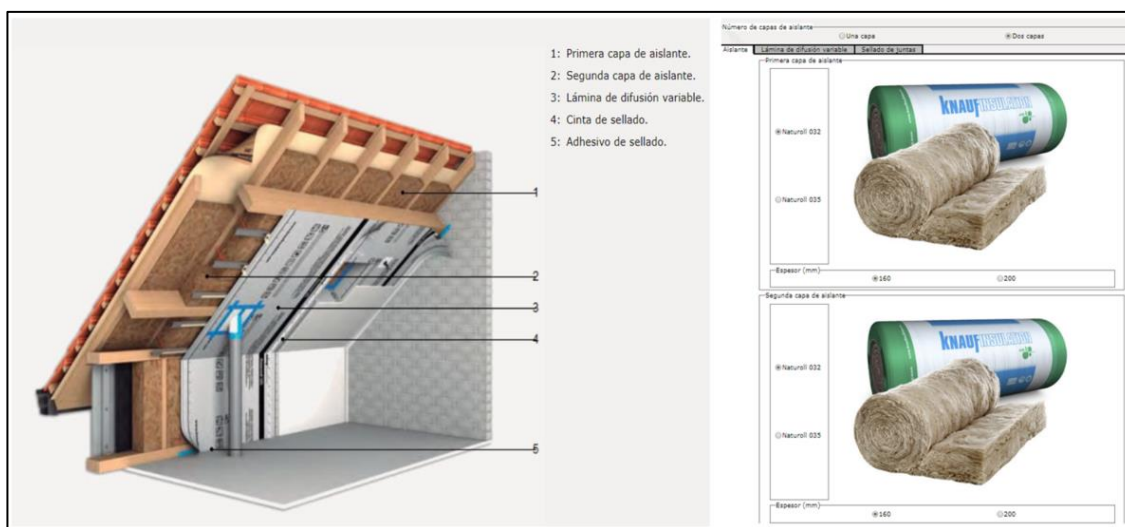


Figura 58. Aislamiento térmico doble para cubierta

4.3 Mejora considerada sobre Luminarias

Tal y como se demostró con el certificado energético con la instalación existente, el sistema de luminarias resulta muy deficiente tanto a nivel de consumo eléctrico como de emisiones de CO_2 . Por ello, se ha decidido escoger unas luminarias que sean más respetuosas con el medioambiente y cuyo consumo eléctrico también se vea menguado con respecto a las que se encuentran instaladas en la actualidad.

Se ha escogido un sistema de iluminación de tecnología Led de la marca Philips, basado en tres tipos de luminarias diferentes. Los modelos escogidos, mostrado su aspecto instalado en la Figura 59, son:

- Luminaria empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED36S/840
- Luminaria empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED43S/840
- Foco empotrable CoreLine Proset Gen. 3 RS140B LED6-32-/840



Figura 59. Pantalla estanca CoreLine y Foco empotrable Proset

Las pantallas LED se han escogido para sustituir las antiguas pantallas de tubos fluorescentes que poseen un consumo tan elevado. Estas luminarias serán colocadas en la mayor parte del edificio, en zonas de pasillo y en el interior de las estancias principalmente. El número total entre los dos modelos seleccionados será de 937 unidades con una potencia total consumida de 32.813 W de potencia.

Respecto a los focos de la serie Proset, se han escogido dado su bajo consumo eléctrico de 10W para ser instalados en el interior del salón de actos y en algunos tramos de escalera, sustituyéndolas así por las existentes luminarias dicróicas que poseen un consumo 5 veces mayor. Se han previsto instalar 81 unidades totales de este elemento, y conocido su consumo unitario, el consumo total previsto será de 810W.

El nuevo equipo de iluminación requiere una potencia total de 33.623,00 W, lo cual supone una reducción del 57.69% con respecto a los 79.472W de potencia instalada actual en el edificio. Por esto, es necesario recalculer el nuevo ratio medio de iluminación denominado “Potencia de iluminación”, para ser implementado en las condiciones operativas de la reforma como modificación de las cargas internas:

$$\text{Ratio Iluminación} = \frac{\text{Potencia eléctrica iluminación}}{\text{Superficie Total Edificio}} = \frac{33623 \text{ W}}{6127 \text{ m}^2} = 5.49$$

De la misma forma que en el caso inicial de instalación, es necesario aplicar un coeficiente de simultaneidad. En el caso de la iluminación se mantendrá constante, con un valor de 0.9, lo que supone un ratio de iluminación final de:

$$\text{Ratio Iluminación} = 5.49 \cdot 0.9 = 4.94 \text{ W/m}^2$$

Desde el punto de vista de la normativa del Código Técnico, para un edificio administrativo de oficinas de estas características, la potencia máxima instalada es de 12 W/m^2 , por lo que el ratio de iluminación calculado cumple sobradamente este requisito. Así como el valor VEEI de eficiencia energética de la instalación, con un valor límite de $3 \text{ W/m}^2 \cdot 100\text{lux}$, tal y como se refleja en informe de certificación.

4.4 Mejora considerada del Sistema de Climatización y Ventilación

El sistema de climatización escogido como mejora de la eficiencia energética, a partir de ahora denominado como proyectado, se trata de una climatización mediante equipos de expansión directa tipo VRV (Volumen de Refrigerante Variable) a tres tubos, más una ventilación mediante 8 UTAs con módulos de recuperación de energía y batería de frío/calor de expansión directa de caudal de refrigerante variable.

4.4.1 Descripción Sistema de Climatización

La solución proyectada con los equipos VRV es totalmente idónea para el tipo de edificio existente, tanto por la zona climática en la que se encuentra (Sevilla), como por el tipo de uso (oficinas, salas de reuniones, etc.) del mismo.

La instalación constará del inventario descrito a continuación del fabricante Toshiba.

- 1 Ud. Ext. VRV Inverter Bomba de Calor de 33.5/37.5 kW Toshiba MMY-MAP1206FT8P-E.
- 1 Ud. Ext. VRV Inverter Bomba de Calor de 73.5/82.5 kW Toshiba MMY-AP2616FT8P-E.
- 1 Ud. Ext. VRV Inverter Bomba de Calor de 106.4/114.5 kW Toshiba MMY-AP3816FT8P-E.
- 1 Ud. Ext. VRV Inverter Bomba de Calor de 125/140 kW Toshiba MMY-AP4416FT8P-E.
- 1 Ud. Ext. VRV Inverter Bomba de Calor de 130.4/146.5 kW Toshiba MMY-AP4616FT8P-E.
- 22 Uds. Int. Tipo Cassette 4 vías Inverter 1.7/1.9 kW Toshiba MMU-AP0057MH-E.
- 27 Uds. Int. Tipo Cassette 4 vías Inverter 2.2/2.5 kW Toshiba MMU-AP0077MH-E.
- 39 Uds. Int. Tipo Cassette 4 vías Inverter 2.8/3.2 kW Toshiba MMU-AP0097MH-E.
- 27 Uds. Int. Tipo Cassette 4 vías Inverter 3.6/4 kW Toshiba MMU-AP0127MH-E.
- 52 Uds. Int. Tipo Cassette 4 vías Inverter 4.5/5 kW Toshiba MMU-AP0157MH-E.
- 6 Uds. Int. Tipo Cassette 4 vías Inverter 5.6/6.3 kW Toshiba MMU-AP0187MH-E.
- 3 Cajas de Selección de Flujo de refrigerante de 6 salidas. Toshiba RBM-Y1801F6PE.
- 28 Cajas de Selección de Flujo de refrigerante de 4 salidas. Toshiba RBM-Y1801F4PE.

Los elementos básicos de la instalación están representados a continuación en la Figura 60.



Figura 60. Elementos de Instalación de climatización proyectada

Las características, ventajas y propiedades de dicho sistema de climatización son las que se señalan a continuación:

- El sistema VRV a tres tubos permite la separación de climatización en modo frío o calor a demanda del usuario, pudiéndose independizar cada una de las estancias (despachos, oficinas, salas de reuniones, etc.). Dicha separación frío/calor para cada estancia vendrá determinada por el requerimiento que en cada momento se desee para cada habitación; el cual podrá variar y ser diferente una de otra según su orientación, uso al que se destina, cantidad y tipo de personal que las utiliza, zona del edificio en la que se encuentre dicha estancia, etc. Mediante este sistema a tres tubos, con sus correspondientes cajas inversoras de ciclo se consigue dicha independización. La separación será en mayor o menor grado según la cantidad de cajas inversoras que se instalen, de forma que aguas debajo de cada caja se tendrá una zona diferenciadora frío/calor de otra que cuelgue de otra caja inversora.

Bien es verdad, siendo rigurosos, que para la zona climática en la que se encuentra el edificio de estudio, se alcanzan temperaturas bastante extremas en invierno y verano. Lo más normal es que en pleno verano o invierno no se dé el caso en que unas estancias demanden, alguna refrigeración y otra calefacción, aunque puede suceder. Es en las épocas de primavera y otoño donde sí es más probable que se de esta casuística mencionada. No obstante, queda determinado que dicho sistema a tres tubos consigue una instalación más versátil, más eficiente y de mayor confort, eso sí, a expensas de aumentar algo el costo de la misma.

- El sistema a tres tubos permite conseguir una mejor eficiencia de la instalación, debido a que cuando una parte del edificio está funcionando según demanda de frío y otra en modo demanda de calor, se produce una recuperación energética entre ambos funcionamientos. Esta recuperación se produce de forma que el calor disipado en las unidades evaporadoras, cuando funcionan en modo frío (expansión del líquido refrigerante y conversión en gas a baja presión) se retorna hacia las cajas inversoras de ciclo y es aprovechado en las mismas para enviarlo a las unidades interiores que en ese mismo momento estén funcionando en modo calefacción.
- Los equipos que componen la instalación de climatización proyectada, poseen muy buenos coeficientes energéticos, acordes a lo exigido según normativas. En concreto, para las unidades seleccionadas en el proyecto de renovación se tienen los coeficientes de la Tabla 24. Estos equipos son similares para la gran mayoría de los fabricantes que actualmente se comercializan en el mercado.

EQUIPOS CLIMATIZACIÓN VRV			
UNIDAD EXTERIOR	RENDIMIENTOS	VALOR	PLANTA DE DESTINO
MMY-AP2616FT8P-E (14+12)	Rendimiento EER	3,27	PLANTA BAJA. SISTEMA 1
	Rendimiento COP	3,83	
	Rendimiento SEER	5,84	
MMY-MAP1206HT8P-E (12)	Rendimiento EER	3,43	PLANTA BAJA. SISTEMA 2
	Rendimiento COP	3,85	
	Rendimiento SEER	6,02	
MMY-AP4416FT8P-E (16+14+14)	Rendimiento EER	3,18	PLANTA PRIMERA
	Rendimiento COP	3,77	
	Rendimiento SEER	5,71	
MMY-AP3816FT8P-E (20+18)	Rendimiento EER	3,08	PLANTA BAJA
	Rendimiento COP	3,59	
	Rendimiento SEER	5,81	
MMY-AP4616FT8P-E (18+14+14)	Rendimiento EER	3,15	PLANTA TERCERA
	Rendimiento COP	3,76	
	Rendimiento SEER	5,78	

Tabla 24. Rendimientos de equipos TOSHIBA Exteriores por catálogo

- Es más conveniente el empleo de sistemas VRV, que utilizan gas refrigerante, en lugar de los

sistemas climatizados por agua. Requieren una instalación mucho más sencilla principalmente por dos razones; en primer lugar necesitan de un menor número de accesorios para su funcionamiento. Se elimina la valvulería, filtros, instrumentación, bombas, etc. Los cuales son elementos imprescindibles en los sistemas refrigerados por agua. Por otro lado, las tuberías necesarias son de menor diámetro al transportar gas refrigerante en lugar de agua. Esto implica una instalación más rápida y sencilla, además de reducirse el espacio requerido para el tendido de dichas tuberías.

- Este tipo de instalaciones cuentan con un sistema de control mucho más sencillo y que además, ya se encuentra integrado y desarrollado por el propio fabricante de los equipos. Se trata de un control muy eficaz, con gran versatilidad y de fácil integración en cualquier sistema de control centralizado que posea el edificio. Es capaz de realizar un análisis y volcado de toda la información captada por las sondas de temperatura y humedad instaladas. Los datos que proporcionan son información del funcionamiento, parámetros como temperatura y humedad, consumos, horarios, etc.

Al venir integrado el sistema de control dentro de los equipos de la unidad exterior de VRV, para realizar el control sólo es necesario incorporar un PLC e instalar tantas sondas como se deseen, con el objetivo de que recojan algún parámetro en la habitación donde se encuentren. Las sondas recogen datos de humedad o temperatura y reportan esta información al PCL, que hace de puente de conexión entre el sistema de control de los VRV y el sistema de control centralizado del edificio. Cuando la información de las condiciones controladas por las sondas llega al sistema de control del VRV, éste actúa sobre el compresor para aumentar o disminuir el caudal de refrigerante, controlando así los niveles de temperatura y humedad deseados.

- El mantenimiento de este tipo de instalaciones es mucho más sencillo que en las refrigeradas por agua, debido al menor número de elementos y equipos a instalar. Así como por la sencillez de funcionamiento de dicha instalación.
- Desde el punto de vista económico, los equipos VRV continúan con la herencia de ser más costosos que los tradicionales sistemas de agua. Aunque hoy en día, han sufrido una notable optimización de forma que aunque la inversión inicial sea mayor que en los equipos de agua, el rendimiento, la durabilidad y el mantenimiento resultan mucho más eficientes.
- La elección de unidades interiores tipo Cassette resulta la más adecuada debido a que las estancias que se desean climatizar son en su mayor parte despachos, oficinas o salas de reuniones con techo técnico desmontable, es el tipo de unidad aconsejado para conseguir una mejor distribución de los equipos, una difusión igualitaria y un cómodo y accesible montaje y desmontaje de los mismos. En caso de elegir unidades tipo pared, perderíamos la distribución igualitaria que proporcionan los Cassette.

La elección del sistema de expansión directa frente al tradicional también supone una serie de **desventajas**, entre las que se encuentran el refrigerante R-410A, los elevados costes el hándicap de las grandes instalaciones:

- En el mercado actual, el precio del refrigerante R-410A es elevado (104,7€/kg). Esto encarece notablemente este tipo de instalación. Además, desde el punto de vista medioambiental, se está trabajando para retirar dicho refrigerante del mercado. Esto provocará que las instalaciones diseñadas para funcionar con R-410A queden obsoletas en un futuro próximo.
- Teniendo en cuenta este punto anterior sobre los precios del mercado actual, hay que prestar atención a las fugas de refrigerante, ya que está limitado su volumen máximo. Lo más grave es el peligro que estas instalaciones pueden llegar a tener si no se adoptan medidas suficientes para reducir la concentración de gas de espacios ocupados. Debido a la gran cantidad de gas refrigerante presente en los circuitos, una fuga en una unidad interior podría originar una elevada concentración de este gas con el peligro que esto supone, ya que, aunque no es tóxico, desplaza al oxígeno del aire con el consecuente riesgo de asfixia. Aunque cabe destacar que este tipo de refrigerante no está catalogado dentro de la tipología de los “conflictivos”.
- Normalmente para instalaciones de gran envergadura y que requieran una gran carga climática, los sistemas de agua son más robustos y son más eficientes. Además de tener mejor ratio precio/potencia, es decir, las instalaciones de climatización refrigeradas por agua son más económicas cuanto mayor potencia poseen.

- Las instalaciones con refrigerante tienen limitada la longitud de los tramos de tubería que conducen líquido debido a la cantidad de líquido de refrigerante transportado y el peligro de fuga. Por esta razón, en los casos de instalaciones de gran tamaño, con tramos de tubería extensos, o sobre todo a grandes alturas, los sistemas VRV no se suelen utilizar debido a esta limitación. En las instalaciones de agua este fenómeno resulta insignificante.

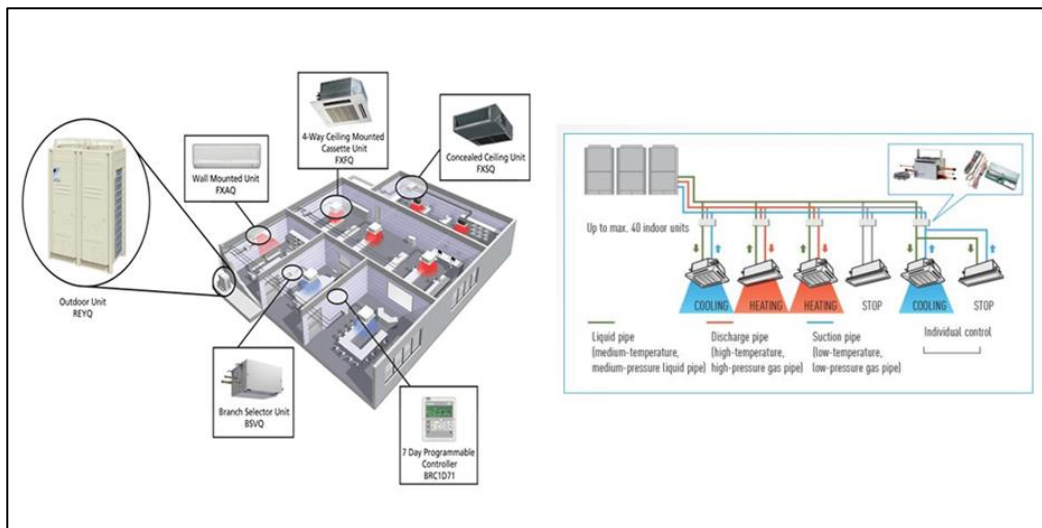


Figura 61. Esquema de Sistema VRV a 3 tubos

Para este tipo de edificios, la potencia debería ser fraccionada, elevando el número de sistemas independientes de la instalación y por tanto, limitando la cantidad máxima de fluido que podría emitirse al ambiente por una fuga. Este fraccionamiento se realizaría a costa de la ventaja fundamental del sistema VRV, que es la centralización.

También hay que considerar que, aún con el debido fraccionamiento, los límites establecidos (0,30 kg/m³ para el R-410A) son muy poco restrictivos comparados con lo previsto en la normativa ASHRAE (alrededor de cuatro veces menor). Sobre todo, estos valores no reflejan el comportamiento de un gas que es mucho más pesado que el aire, el cual comienza a llenar la habitación desde la parte inferior. Resulta fundamental la apreciación debido a que, aun cumpliendo la legislación vigente, la concentración del gas resulta muy peligrosa al no ser homogénea, principalmente si nos encontramos sentados o tumbados.

En el presente proyecto no se trata esta problemática al ser un edificio con únicamente cuatro plantas y una altura total de aproximadamente 15 metros, con lo que no se sobrepasa la limitación de longitud de tubería para estos sistemas. En la Figura 61 se representa un esquema tipo de un sistema de VRV a tres tubos de Toshiba, idéntico al que se implementará en el proyecto. En esta figura aparece en la izquierda un esquema de como la unidad exterior puede alimentar a cualquier tipo de unidad interior, ya sea tipo Cassette o de pared. En la parte derecha se representa la alimentación a tres tubos, identificando entre unidad exterior e interior las cajas de recuperación individuales o de inversión de ciclo.

4.4.2 Descripción Sistema de Ventilación

El sistema que se ha proyectado consta exactamente de 7 unidades de tratamiento de aire SYSTEMAIR modelo Geniox 10 y 1 unidad SYSTEMAIR modelo Geniox 16. Los caudales de estas climatizadoras se han calculado de acuerdo a las necesidades de renovación del edificio, con la ayuda del software SystemairCAD. En la Tabla 25 se recoge el listado de equipos que se ha proyectado como mejora del sistema de ventilación.

EQUIPOS DE VENTILACIÓN			
MODELO	CAUDAL [m3/h]	UNIDADES	PLANTA DE DESTINO
CLIMATIZADORA SYSTEMAIR GENIOX 16	7568	1	PLANTA BAJA. SISTEMA 1
CLIMATIZADORA SYSTEMAIR GENIOX 10	2816	1	PANTA BAJA. SISTEMA 2
CLIMATIZADORA SYSTEMAIR GENIOX 10	2816	2	PLANTA PRIMERA
CLIMATIZADORA SYSTEMAIR GENIOX 10	2816	2	PLANTA SEGUNDA
CLIMATIZADORA SYSTEMAIR GENIOX 10	2816	2	PLANTA TERCERA

Tabla 25. Equipos de ventilación proyectados

Se alojarán en las salas de máquinas existentes en el edificio y la disposición será de dos unidades en cada planta, a excepción de la planta baja, donde el modelo diferente se destinará para la ventilación y climatización del salón de actos, dada su demanda particular.

En la Figura 62 tenemos un esquema de una de las UTAS que se ha proyectado instalar. Cada una de las unidades estará formada por las secciones que aparecen a continuación.

- Una sección de entrada y salida de aire exterior. Se aprovecharán las bocas abiertas en la fachada del edificio que las climatizadoras actuales utilizan. Se adaptarán los huecos para instalación de las compuertas de regulación, tomas de aire exterior y embocaduras para el acoplamiento de los conductos. Posteriormente se realizarán los trabajos necesarios para el sellado de dichos huecos.
- Secciones de caja de mezcla y free-cooling. Es la sección que se localiza junto a la aspiración del aire exterior y que permite a la UTA, con la motorización de tres compuertas, realizar el ajuste de los caudales de aire de retorno, aire exterior y el aire de expulsión que deben introducirse o expulsarse.
- Secciones de baterías. En este módulo encontraremos una batería de expansión directa tanto para calefacción como para refrigeración, conectada a una bomba de calor de volumen de refrigerante variable para calentar o enfriar el aire, así como para controlar los niveles de humedad del aire. Bajo este módulo de la UTA se colocará una bandeja de recogida de condensados.
- Secciones de silenciador. Dado que los equipos se instalarán en cuartos técnicos interiores del edificio, es necesario controlar los niveles de ruidos que estas máquinas puedan producir durante su funcionamiento. Por ello se instalarán secciones fabricadas en chapa galvanizada y fibra mineral con recubrimiento, para evitar el desprendimiento de la fibra al paso del aire.

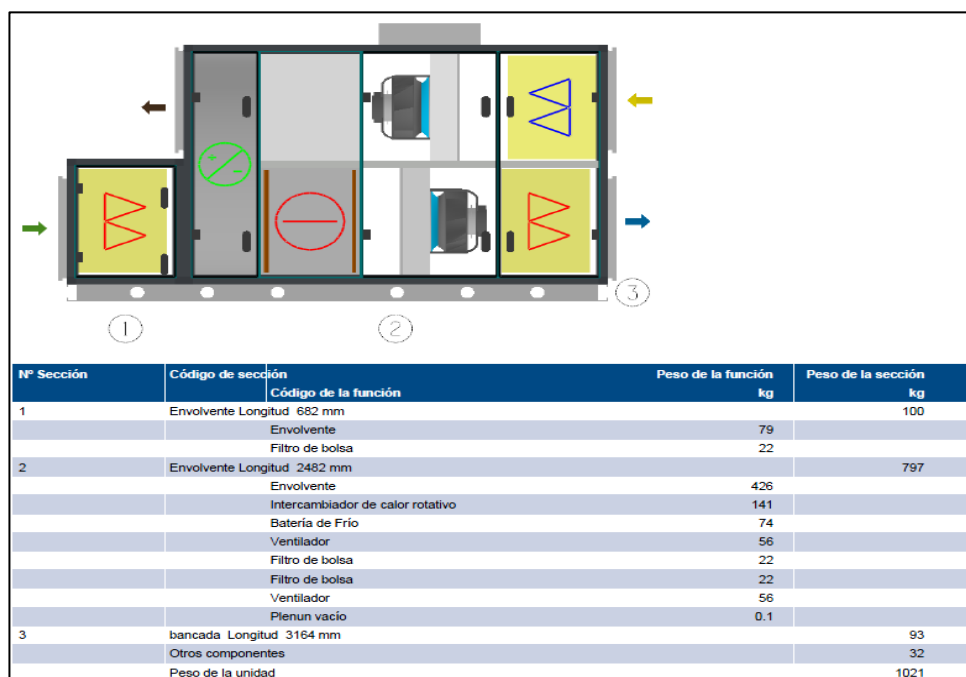


Figura 62. Esquema de dimensiones de UTA Systemair proyectada

- Secciones de filtrado. Tras los cálculos realizados para asegurar los niveles de ODA2 en el interior del edificio, es necesario colocar dos secciones de filtrado en la embocadura de toma del aire exterior.
- Secciones de recuperación de energía. Permiten intercambiar energía entre el caudal de aire que se toma del exterior y el de retorno del interior del local ya climatizado. Se utilizará un recuperador de placas rotativo aire/aire.
- Secciones de humectación. Se utilizará humectación evaporativa, necesaria en épocas calurosas del año. El funcionamiento de esta sección es sencillo, cuando se toma aire del exterior a altas temperaturas y seco, se le hace pasar por esta sección formada por un panel de fibra de vidrio con sistema de riego incorporado. Cuando la corriente entra en contacto con el panel mojado, se evapora parte del agua y se consigue aire frío y húmedo.
- Secciones de ventilación. Estas secciones son fundamentales para poder conducir las corrientes de aire en los sentidos deseados y evitar que se estanquen. Se necesita una unidad de ventilación para la impulsión y otra para el retorno. Están formadas por un ventilador centrífugo alimentado por un pequeño motor trifásico.

En lo referido a la ventilación mediante UTAS con recuperación de energía y baterías de expansión directa, también se considera que es una solución idónea para las necesidades que se requieren por los siguientes motivos.

- Recuperación de la energía del aire de retorno (obligada por RITE) con su mejora de la eficiencia energética, al constar de compuertas de regulación, secciones de mezcla y free-cooling, secciones de filtrado, etc.
- Al ser las baterías frío/calor de dichas UTAS de expansión directa, se integran los equipos en el mismo sistema utilizado para los equipos de climatización, de forma que no hay que instalar un sistema y/o equipos adicionales como enfriadoras, lo cual repercute positivamente en el presupuesto.
- Se propone ventilar de forma independiente cada una de las tres plantas superiores (con dos UTAS unificadas por cada planta), con una única red de conductos por planta. En lo referente a la planta baja, una UTA exclusiva para el salón de actos con su propia red de conductos, y otra para el resto de la planta, también con su propia red de distribución de aire. De esta forma se consigue una buena independización de la ventilación del edificio por plantas.
- Los motores de los ventiladores están equipados con variadores de frecuencia, lo que permite adaptarse a la demanda del edificio recibiendo la señal del sistema de control a través de las sondas instaladas. El sistema de control estará formado por sus sondas, señales y actuadores correspondientes.
- Se instalarán secciones de silenciador para disminuir el ruido de estas climatizadoras que van ubicadas en locales técnicos interiores de cada una de las plantas, en las mismas salas de máquinas que actualmente albergan las Climatizadoras antiguas.
- Es significativo señalar que, debido al reducido espacio que tienen los locales técnicos en los que han de ir ubicadas las UTAS, lo más probable es que haya que fabricarlas con medidas especiales (no estándares) y que también, sea necesario introducirlas y montarlas módulo a módulo.

En lo referente a la distribución de aire por los locales, se propone el empleo de una red de conductos tipo Climaver con aislamiento en una de sus caras con chapa de aluminio, malla textil y papel kraft blanco, tanto en los conductos de impulsión como en los de retorno. Es una buena solución dado que se instalarán ocultos sobre el falso techo y que la presión en el interior no obliga a instalar los conductos de chapa.

La difusión se realizará por medio de los Cassette previstos en el sistema de climatización, pero el retorno, se ha planeado hacerlo mediante rejillas situadas en cada estancia. Esta solución resulta la más adecuada para el tipo de instalación proyectada.

4.4.3 Selección de Equipos por Catálogo

En las Figura 63 y Figura 64 se muestran las elecciones realizadas del catálogo de TOSHIBA sobre las unidades exteriores MMY-AP de la instalación de climatización proyectada.

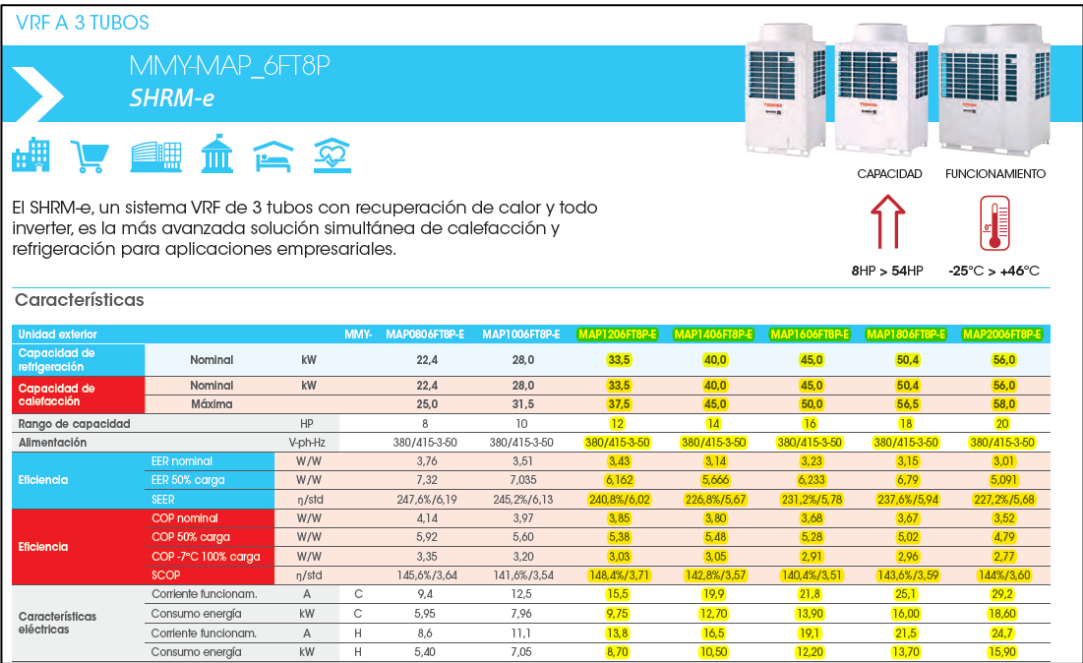


Figura 63. Selección Unidades Exteriores Catálogo Toshiba

Tabla de capacidades - Modelos estándar									
Capacidad	Combinación	Modelo	Capac. refriger.	Capac. calefacc.	EER	SEER	COP	SCOP	Nº máximo de unidades interiores conectables
8 HP	8	MMYMAP0806FT8P-E	22,4	25	3,76	6,19	4,14	3,64	18
10 HP	10	MMYMAP1006FT8P-E	28	31,5	3,51	6,13	3,97	3,54	22
12 HP	12	MMYMAP1206FT8P-E	33,5	37,5	3,43	6,02	3,85	3,71	27
14 HP	14	MMYMAP1406FT8P-E	40	45	3,14	5,67	3,8	3,57	31
24 HP	14 + 10	MMYAP2416FT8P-E	68	76,5	3,29	5,88	3,8	3,56	51
26 HP	14 + 12	MMYAP2616FT8P-E	73,5	82,5	3,27	5,84	3,83	3,64	58
28 HP	14 + 14	MMYAP2816FT8P-E	80	90	3,15	5,67	3,81	3,57	63
34 HP	18 + 16	MMYAP3416FT8P-E	95,4	106,5	3,19	5,86	3,68	3,55	64
36 HP	18 + 18	MMYAP3616FT8P-E	100,8	113	3,15	5,94	3,68	3,59	64
38 HP	20 + 18	MMYAP3816FT8P-E	106,4	114,5	3,08	5,81	3,59	3,6	64
40 HP	20 + 20	MMYAP4016FT8P-E	112	116	3,01	5,68	3,52	3,6	64
42 HP	14 + 14 + 14	MMYAP4216FT8P-E	120	135	3,15	5,67	3,81	3,57	64
44 HP	16 + 14 + 14	MMYAP4416FT8P-E	125	140	3,18	5,71	3,77	3,55	64
46 HP	18 + 14 + 14	MMYAP4616FT8P-E	130,4	146,5	3,15	5,78	3,76	3,58	64

Figura 64. Tabla de capacidades catálogo Toshiba para Uds. Exteriores

En la Figura 65 se muestra el catálogo de TOSHIBA empleado para seleccionar las unidades interiores del sistema de climatización proyectado del tipo Cassette de la serie MMU-AP.

CASSETTE DE 4 VÍAS



El cassette de 4 vías está diseñado para proporcionar una distribución de aire uniforme y un confort total al usuario, lo que hace de él la solución ideal para aplicaciones de pequeño comercio.

CAPACIDAD
↑
2,8kW > 18kW

NIVEL DE PRESIÓN SONORA
27dB(A)



CASSETTE SLIM DE 4-VÍAS 60 x 60 Características

Unidad interior	MMU-	AP0057MH-E	AP0077MH-E	AP0097MH-E	AP0127MH-E	AP0157MH-E	AP0187MH-E
Capacidad de refrigeración	kW	1,7	2,2	2,8	3,6	4,5	5,6
Capacidad de calefacción	kW	1,9	2,5	3,2	4,0	5,0	6,3
Consumo	kW	0,016	0,023	0,025	0,027	0,030	0,052
Corriente de funcionamiento	A	0,16	0,23	0,24	0,25	0,28	0,46

CASSETTE SLIM DE 4-VÍAS 60 x 60 Datos físicos

Unidad interior	MMU-	AP0057MH-E	AP0077MH-E	AP0097MH-E	AP0127MH-E	AP0157MH-E	AP0187MH-E
Caudal de aire (A/M/B)	m³/h	430/415/400/385/365	552/500/462/395/378	570/520/468/395/378	594/550/504/420/402	660/600/552/480/468	840/740/642/540/522
Nivel de presión sonora (A/M/B)	dB(A)	32/31/30/29/29	37/34/33/30/29	38/35/33/30/29	38/36/34/31/30	40/37/35/32/31	47/43/39/36/34
Dimensiones (Alt. x Anch. x Prof.)	mm	256 x 575 x 575	256 x 575 x 575	256 x 575 x 575	256 x 575 x 575	256 x 575 x 575	256 x 575 x 575
Peso	kg	15	15	15	15	15	15
Dimensiones del panel (Alt. x Anch. x Prof.)	mm	12 x 620 x 620	12 x 620 x 620	12 x 620 x 620	12 x 620 x 620	12 x 620 x 620	12 x 620 x 620
Peso del panel	kg	3	3	3	3	3	3
Tubería conexión, gas	in	3/8"	3/8"	3/8"	3/8"	1/2"	1/2"
Tubería conexión, líquido	in	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"	1/4"
Diámetro puerto drenaje	mm	25	25	25	25	25	25
Alimentación	V-ph-Hz	220/240-1-50	220/240-1-50	220/240-1-50	220/240-1-50	220/240-1-50	220/240-1-50

Figura 65. Selección Unidades Interiores Cassette 4 vías Catálogo Toshiba

5 MODELADO DE MEJORA EN HULC

En este capítulo del proyecto se realizará el modelado en la Herramienta Unificada de las mejoras escogidas en el apartado anterior para poder revisar cualitativa y cuantitativamente como afectan dichos cambios a la certificación del edificio.

En primer lugar se realizará un estudio de las mejoras las posibles mejoras de los diferentes aspectos en la envolvente térmica del edificio, aportando las elecciones que mejor se relacionen desde el punto de vista económico y de consumo. En segundo término, se realizará el modelado de la nueva instalación de climatización prevista del sistema VRV, e incluso se comparará dicha instalación con una similar pero de mejores prestaciones, consiguiendo realizar así un análisis entre el coste de una nueva instalación que simplemente cumpla con los requisitos del código técnico, y una instalación más costosa que aporte mejores resultados desde el punto de vista de la certificación.

Por último, se agruparán el conjunto de resultados obtenidos y se expondrá la certificación final de la reforma del edificio en su conjunto, tanto las mejoras en la envolvente como en sus instalaciones eléctricas y de climatización.

5.1 Modelado de mejoras en la Envolvente

5.1.1 Cumplimiento de Coeficiente Global de Transferencia Térmica

En este apartado se trata de encontrar las mejoras de envolvente con las que se consigue cumplir el requisito del HE-1 del CTE para el coeficiente global de transferencia del edificio, la variable denominada K.

Para ellos, se han simulado las alternativas propuestas de envolvente con diferentes combinaciones, obteniendo así el valor de K de cada una de ellas, así como los valores de demanda anual de calefacción y refrigeración y energía final total.

Casos	Transmitancia Térmica Global K [W/m ² K]	Demanda Anual de Calefacción [kWh/m ² año]	Demanda Anual de Refrigeración [kWh/m ² año]	Energía Final Total EFT_caso i [kWh/m ² año]
1. Caso Inicial (0,0,0)	1,35	37,39	54,63	81,65
2. Cerramiento 1 (1,0,0)	1,19	31,93	59,83	81,95
3. Cerramiento 2 (2,0,0)	1,17	31,55	60,22	81,98
4. Vidrio 1 (0,1,0)	1,25	34,05	56,72	81,61
4. Vidrio 2 (0,2,0)	1,2	32,37	57,96	81,63
6. Cubierta 1 (0,0,1)	1,21	36,18	55,02	81,56
7. Cubierta 2 (0,0,2)	1,18	35,74	55,16	81,53
8. Caso Conjunto (1,1,1)	0,93	27,69	69,02	83,24
9. Caso Conjunto (2,1,1)	0,92	27,33	63,45	82,04
10. Caso Conjunto (1,2,1)	0,89	26,18	64,54	82,10
11. Caso Conjunto (1,1,2)	0,9	27,3	63,23	81,99
12. Caso Conjunto (2,2,1)	0,87	25,81	65,01	82,15
13. Caso Conjunto (2,1,2)	0,89	26,95	63,67	82,03
14. Caso Conjunto (1,2,2)	0,86	25,86	64,85	82,12
15. Caso Conjunto (2,2,2)	0,85	24,5	66,78	82,32

Tabla 26. Resultados de Coeficiente Global de Transferencia, demandas de calefacción, refrigeración y Energía Final

La nomenclatura empleada para tener en cuenta las posibles alternativas propuestas en cuanto a cambios de envolvente es la representada en la Tabla 26. Partiendo del caso inicial, existen tres campos de mejora, “Cerramiento”, “Vidrio” y “Cubierta”. Dentro de cada campo de mejora existen dos alternativas, la 1 y la 2, conteniendo mejores características la 2 que la 1. De esta forma, cada uno de los espacios dentro del paréntesis corresponde respectivamente a cada campo de mejora, y el valor que se toma significa el nivel de mejora de ese campo. Las mejoras que se han tenido en cuenta son las tratadas en el capítulo 4.2. *Mejoras consideradas respecto a cambios en la envolvente*, que se resumen como:

- Cerramiento 1. Trasdosa de aislamiento EPS (Placa de yeso 10mm + Aislamiento 35mm)
- Cerramiento 2. Trasdoso con aislamiento en lana de vidrio (Placa de yeso 15mm + Aislamiento 45mm)
- Vidrio 1. Doble Acristalamiento (4/4/6) mm CLIMALIT
- Vidrio 2. Doble Acristalamiento (4/10/4) mm CLIMALIT de baja emisividad
- Cubierta 1. Aislamiento Térmico interior con lana de vidrio 80mm de espesor
- Cubierta 2. Aislamiento Térmico interior con lana de vidrio 160mm de espesor

De esta forma, en la tabla se representa el valor de la variable K que resulta de implementar la mejora o mejoras que corresponden. Por ejemplo, “12. Caso Conjunto (2,2,1)” significa que se ha implementado la combinación de mejoras de cerramiento 2, vidrio 2 y cubierta 1.

A la vista de los resultados expuestos en la Tabla 26 con las mejoras individuales de cualquiera de los campos, no es posible alcanzar el valor objetivo de k, fijado por el CTE en 0.92. Por tanto, partiendo del valor del caso inicial de $k = 1.35 \text{ W/m}^2\text{K}$, ninguno de los casos desde el 2 hasta el 7 aportan un aislamiento térmico del edificio aceptable para cumplir con los requerimientos mínimos.

Por ello, se estudian combinaciones de las mejoras, y es en el caso 9 donde se haya la primera combinación que cumple con el límite establecido con un valor exacto de $k_{CASO\ 9} = 0.92 \text{ W/m}^2\text{K}$. Todos los casos estudiados a partir de esta combinación cumplen cada vez con mayor rango, dado que las mejoras son cada vez de mejor categoría. Será necesario incluir los presupuestos de estas mejoras para poder seleccionar con algún otro criterio la mejor combinación, hallando una solución que cumpla con los requerimientos del Código Técnico, pero que también sea económicamente viable y atractiva.

5.1.2 Presupuestos

Los costes totales de cada alternativa, que se emplearán como indicador de viabilidad, se realizará de acuerdo al Coste del Ciclo de Vida (CCV). Este valor se representa según la ecuación que aparece a continuación:

$$CCV = CT = CI + CosteOperAnu \sum_{K=1}^N \frac{(1 + inf)^K}{(1 + i)^K}$$

Para poder simplificar estos cálculos, se supondrán unos valores fijos de la tasa de descuento (i) y del valor de inflación (inf) de los productos energéticos que consume el edificio. Se debe realizar una estimación para establecer el valor de inflación. Suponiendo un escenario energético optimista, dicho valor se estimará en un 2%. Al igual que en el caso de la tasa de descuento, que se fijará en un 7% como referencia.

Los costes iniciales se han calculado de acuerdo a los presupuestos unitarios del Anexo 1. *Presupuestos discretos de las posibles mejoras de envolvente*, los cuales se han representado como costes iniciales totales tras calcular con ayuda de la Herramienta Unificada las superficies de fachada interior, ventanas y cubierta interior que sería necesaria cambiar según qué alternativa.

$$Superficie\ Fachada\ Interior = 1956 \text{ m}^2$$

$$Superficie\ Vidrios = 394.19 \text{ m}^2$$

$$Superficie\ Cubierta\ Interior = 1619 \text{ m}^2$$

También es necesario realizar el cálculo de los costes de operación, para los cuales resulta fundamental calcular tanto los consumos de energía final anual, como la superficie acondicionada del edificio. Debido a la

multitud de combinaciones en cuanto a las alternativas estudiadas, se han decidido calcular rendimientos estacionales de calefacción y refrigeración a partir de los resultados del caso inicial, tal y como se reflejan en la Figura 66. Es importante señalar que estos resultados expuestos en la Figura 66 se han obtenido con la simulación de la envolvente e instalación del caso inicial, con el objetivo de extraer unos datos de consumo de energía final con los que poder calcular los rendimientos estacionales que se requieren para poder calcular posteriormente los consumos de energía final de las combinaciones de mejora de envolvente sin simular instalaciones.

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
Demanda, D	kWh/m ² año	37,39	54,63	0,00	-	-	-
Energía Final, C_ef	kWh/m ² año	5,28	11,20	0,00	37,19	27,95	-
Energía Primaria Total, C_ep;tot	kWh/m ² año	12,50	26,52	0,00	-	66,18	-
Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren	kWh/m ² año	10,31	21,88	0,00	-	54,61	-
Energía Primaria Renovable, C_ep;ren	kWh/m ² año	2,18	4,64	0,00	-	11,57	-
Emisiones, E_CO2	kgCO2/m ² año	1,75	3,71	0,00	-	9,25	-

Figura 66. Resultados verificación HE-0 del Estado Inicial

De esta forma, no será necesario calcular el consumo final de energía, sino que será suficiente con calcular la demanda de calefacción y refrigeración para cada uno de los casos. Sólo habrá que incluir los rendimientos estacionales calculados a continuación.

$$RenEst_{calef} = \frac{Demanda\ Anual\ Calefaccion}{Energía\ Final\ Calefaccion} = \frac{37.29}{5.28} = 7.06$$

$$RenEst_{refri} = \frac{Demanda\ Anual\ Refrigeracion}{Energía\ Final\ Refrigeracion} = \frac{54.63}{11.22} = 4.87$$

La energía final consumida proviene de cinco fuentes distintas; calefacción, refrigeración, agua caliente sanitaria, ventilación e iluminación. Dado que el objetivo es calcular la energía final de cada combinación ($EF_{TOT\ caso\ i}$), se mantendrán constantes los consumos de ACS, ventilación e iluminación, recalculándose los nuevos consumos de calefacción y refrigeración a través de los rendimientos estacionales y los valores de demanda.

$$EF_{TOT} = EF_{calef} + EF_{refri} + EF_{ACS} + EF_{vent} + EF_{ilum}$$

$$EF_{TOT} = EF_{calef} + EF_{refri} + 37.19 + 27.95$$

$$EF_{calef} = \frac{DemAnnualCalef_{caso\ i}}{RenEst_{calef}} = \frac{DemAnnualCalef_{caso\ i}}{7.06}$$

$$EF_{refri} = \frac{DemAnnualRefri_{caso\ i}}{RenEst_{refri}} = \frac{DemAnnualRefri_{caso\ i}}{4.87}$$

$$EF_{TOT\ caso\ i} = \frac{DemAnnualCalef_{caso\ i}}{7.06} + \frac{DemAnnualRefri_{caso\ i}}{4.87} + 37.19 + 27.95$$

Los resultados de demanda de calefacción y refrigeración de cada una de las combinaciones para la mejora de la envolvente del edificio se encuentran en la Tabla 26, al igual que el cálculo de las respectivas energías finales.

Para los costes de operación anuales, se requiere la energía final consumida, la superficie acondicionada total y el precio de la electricidad. Para este último término, se ha escogido una tarifa para profesionales proporcionada por Endesa. Este precio se suministra a aquellas instalaciones que poseen una potencia superior a los 10kW.

$$A_{acond} = 6624.53\ m^2$$

$$Precio_{elec} = 0.1092 \text{ €/kWh}$$

$$CosteOperAnu_{caso i} = EF_{TOT caso i} \cdot A_{acond} \cdot Precio_{elec}$$

Una vez se han calculados los costes iniciales y los costes de operación de las propuestas, tan solo es necesario elegir el número de años vista para los que se desea calcular la inversión. Por esto, se ha escogido una ventana de 20 años para dicho cálculo. En la Tabla 27 se han recogido todos los costes implicados en el cálculo del ciclo de vida.

Casos	Transmitancia Térmica Global K [W/m ² K]	Coste Inicial CI [€]	Costes de Operación Anual [€/año]	Coste Ciclo de Vida CCV [€]
1. Caso Inicial (0,0,0)	1,35	- €	59.068,51 €	2.027.798,09 €
2. Cerramiento 1 (1,0,0)	1,19	41.173,80 €	59.281,83 €	2.076.295,11 €
3. Cerramiento 2 (2,0,0)	1,17	68.147,04 €	59.300,85 €	2.103.921,33 €
4. Vidrio 1 (0,1,0)	1,25	16.883,16 €	59.036,92 €	2.043.596,68 €
4. Vidrio 2 (0,2,0)	1,2	30.049,10 €	59.049,07 €	2.057.179,76 €
6. Cubierta 1 (0,0,1)	1,21	30.032,45 €	59.002,52 €	2.055.564,97 €
7. Cubierta 2 (0,0,2)	1,18	83.767,06 €	58.978,25 €	2.108.466,46 €
8. Caso Conjunto (1,1,1)	0,93	88.089,41 €	60.212,92 €	2.155.174,63 €
9. Caso Conjunto (2,1,1)	0,92	115.062,65 €	59.348,50 €	2.152.472,52 €
10. Caso Conjunto (1,2,1)	0,89	101.255,35 €	59.392,65 €	2.140.180,94 €
11. Caso Conjunto (1,1,2)	0,9	141.824,02 €	59.312,74 €	2.178.006,30 €
12. Caso Conjunto (2,2,1)	0,87	128.228,59 €	59.424,58 €	2.168.250,36 €
13. Caso Conjunto (2,1,2)	0,89	168.797,26 €	59.342,26 €	2.205.993,02 €
14. Caso Conjunto (1,2,2)	0,86	154.989,96 €	59.405,93 €	2.194.371,47 €
15. Caso Conjunto (2,2,2)	0,85	181.963,20 €	59.553,37 €	2.226.406,38 €

Tabla 27. Costes del Ciclo de Vida para mejoras de la envolvente

Tras analizar los datos expuestos en la Tabla 27, donde representa tanto el valor de la transmitancia térmica como los costes de cada una de las combinaciones propuestas, resulta sencillo identificar cual es la mejor alternativa posible. Es significativo señalar que los costes de operación se mantienen prácticamente constantes, debido a que los valores de demanda de calefacción y refrigeración varían mínimamente al no cambiar las cargas internas y sólo intervenir con cambios en la envolvente. Esto hace que el peso de la elección recaiga prácticamente en la inversión inicial que supone cada una de las mejora.

Resulta importante destacar que, el coste del ciclo de vida mínimo del caso inicial (0,0,0), no cumple con los requisitos mínimos del Código Técnico respecto del coeficiente global de transmitancia térmica del edificio.

Tal y como se comenta en el cálculo de la transmitancia térmica global del edificio, la solución debe cumplir tanto los requisitos constructivos marcados por el CTE, como los económicos, marcados por la solución más económica. Por tanto, aunque el caso 9 es la que posee el resultado más ajustado en cuanto al cumplimiento del Código Técnico, cumpliendo estrictamente con el valor de $k_{CASO 9} = 0.92 \text{ W/m}^2\text{K}$, es el caso 10 el que recoge los mejores resultados. Esta combinación de mejoras no sólo cumple con margen las restricciones del Código Técnico, sino que reúne el presupuesto más bajo posible de entre los permitidos por las exigencias de edificación.

Por tanto, se selecciona el conjunto 10 con los siguientes valores de coeficiente global de transferencia y presupuestos.

$$k_{CASO 10} = 0.89 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$CI_{CASO 10} = 101.255,35 \text{ €}$$

$$COA_{CASO 10} = 59.392,65 \text{ €}$$

$$CCV_{CASO 10} = 2.140.180,94 \text{ €}$$

5.2 Modelado de mejoras en las Instalaciones

5.2.1 Inventario Energético para Cargas Internas

Aunque las mejoras de envolvente se han realizado en el apartado anterior, la única forma de adaptar los cambios en las instalaciones referidos a las cargas internas, es a través de la Herramienta Unificada. Por tanto, se deben introducir en este punto las nuevas cargas internas como modificación de las condiciones operativas.

Es por ello que, aunque conocer el inventario energético forma parte de la definición de las nuevas instalaciones de climatización, en la Tabla 28 y Tabla 29 se proporciona un adelanto de los consumos y potencias de los equipos proyectados para la mejora. Se han tenido en cuenta los consumos eléctricos de iluminación y de los sistemas primarios y secundarios (climatización y ventilación).

TIPO	UNIDADES	POTENCIA UNITARIA [W]	POTENCIA TOTAL [W]
Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED36S/840	928,00	35,00	32.480,00
Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED43S/840	9,00	37,00	333,00
Foco Empotrable CoreLine Proset Gen.3 RS140B LED6-32-/840	81,00	10,00	810,00
TOTAL ILUMINACIÓN			33.623,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 1,7kW/1,9kW	22,00	16,00	352,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 2,2kW/2,5kW	27,00	23,00	621,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 2,8kW/3,2kW	39,00	25,00	975,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 3,6kW/4kW	27,00	27,00	729,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 4,5kW/5kW	52,00	30,00	1.560,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 5,6kW/6,3kW	6,00	52,00	312,00
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 33.5/37.5kW	1,00	9.750,00	9.750,00
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 73.5/82.5 kW	1,00	22.450,00	22.450,00
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 106.4/114,5 kW	1,00	34.600,00	34.600,00
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 125/140 kW	1,00	39.300,00	39.300,00
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 130,4/146,5 kW	1,00	41.400,00	41.400,00
CAJA SELLECCIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE 6 SALIDAS	3,00	447,00	1.341,00
CAJA SELLECCIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE 4 SALIDAS	28,00	298,00	8.344,00
TOTAL CLIMATIZACIÓN			161.734,00
U.T.A. CLIMATIZADORA	7,00	2.700,00	18.900,00
U.T.A. CLIMATIZADORA	1,00	7.200,00	7.200,00
TOTAL VENTILACIÓN			26.100,00
TOTAL			221.457,00

Tabla 28. Consumo eléctrico de instalación proyectada

También se han representado en la potencia frigorífica y calorífica aportada por cada una de las unidades del sistema de climatización y ventilación proyectado.

TIPOLOGÍA EQUIPO	MODELO	UNIDADES	PF [kW]	PC [kW]	PF TOTAL [kW]	PC TOTAL [kW]
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 1,7kW/1,9kW	TOSHIBA / AP0057MH-E	22,00	1,70	1,90	37,40	41,80

UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 2,2kW/2,5kW	TOSHIBA / AP0077MH-E	27,00	2,20	2,50	59,40	67,50
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 2,8kW/3,2kW	TOSHIBA / AP0097MH-E	39,00	2,80	3,20	109,20	124,80
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 3,6kW/4kW	TOSHIBA / AP00127MH-E	27,00	3,60	4,00	97,20	108,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 4,5kW/5kW	TOSHIBA / AP00157MH-E	52,00	4,50	5,00	234,00	260,00
UNIDAD INT. CASSETTE VRF INVERTER BOMBA DE CALOR 5,6kW/6,3kW	TOSHIBA / AP00187MH-E	6,00	5,60	6,30	33,60	37,80
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 33.5/37.5kW	TOSHIBA / MMY- MAP1206FT8P-E	1,00	33,50	37,50	33,50	37,50
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 73.5/82.5 kW	TOSHIBA / MMY- AP2616FT8P-E	1,00	73,50	82,50	73,50	82,50
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 106.4/114,5 kW	TOSHIBA / MMY- AP3816FT8P-E	1,00	106,40	114,50	106,40	114,50
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 125/140 kW	TOSHIBA / MMY- AP4416FT8P-E	1,00	125,00	140,00	125,00	140,00
UNIDAD EXTERIOR VRF AIRE-AIRE BOMBA DE CALOR 130,4/146,5 kW	TOSHIBA / MMY- AP4616FT8P-E	1,00	130,40	146,50	130,40	146,50
U.T.A. CLIMATIZADORA	SYSTEMAIR / GENIOX 10	7,00	5,69	-	39,83	-
U.T.A. CLIMATIZADORA	SYSTEMAIR / GENIOX 16	1,00	15,60	-	15,60	-
CAJA SELLECCIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE 6 SALIDAS	RBM-Y1801F6PE	3,00	-	-	-	-
CAJA SELLECCIÓN DE FLUJO DE REFRIGERANTE 4 SALIDAS	RBM-Y1801F4PE	28,00	-	-	-	-
TOTAL					524,23	521,00

Tabla 29. Potencia de los equipos de la instalación proyectada

Con estos datos es posible calcular los nuevos valores de las cargas internas que se establecerán como constantes para todos los casos previstos de cambios en la envolvente.

Tal y como se explicó en el caso inicial, se necesita calcular un ratio de ocupación, potencia de iluminación y potencia de los equipos, los cuales resultan:

- Cálculo del ratio medio de ocupación denominado “Área/Personas”, que permanece constante respecto del caso inicial debido a que ni la ocupación ni la superficie del edificio cambian con la reforma:

$$\text{Ratio Ocupación} = \frac{\text{Superficie Total Edificio}}{\text{Ocupación Total Edificio}} = \frac{6127 \text{ m}^2}{372 \text{ personas}} = 16.47$$

- Cálculo del ratio medio de iluminación denominado “Potencia de iluminación”, que ya ha sido calculado en el capítulo de mejoras con la implantación de luminarias Philips:

$$\text{Ratio Iluminación} = \frac{\text{Potencia eléctrica iluminación}}{\text{Superficie Total Edificio}} = \frac{33623 \text{ W}}{6127 \text{ m}^2} = 5.49$$

- Cálculo del ratio medio de equipos, en el que se advierte un previsible decremento dado que en caso inicial se disponía de una potencia total de 296.640W, mientras que en la situación proyectada con los equipos de climatización escogidos la potencia total es de 187.834W:

$$\text{Ratio Equipos} = \frac{\text{Potencia eléctrica Equipos}}{\text{Superficie Total Edificio}} = \frac{187834 \text{ W}}{6127 \text{ m}^2} = 30.65$$

A estos ratios se le debe aplicar un coeficiente de simultaneidad particular para cada uno de ellos. La simultaneidad afectará en mayor medida a los ratios de ocupación y equipos, dado que el salón de actos o la planta tercera del edificio suelen estar en desuso. En cuanto a los coeficientes de simultaneidad, se ha decidido

mantenerlos constantes respecto del caso inicial, pues fueron previstos precisamente para el uso que hoy día se hace del edificio. La única excepción es el caso del ratio de equipos, en la que el coeficiente de simultaneidad crece respecto del caso inicial debido a que la nueva instalación sí que está diseñada para la demanda actual.

$$\text{Ratio Ocupación} = 16.47 \cdot 0.6 = \mathbf{9.88}$$

$$\text{Ratio Iluminación} = 5.49 \cdot 0.9 = \mathbf{4.94}$$

$$\text{Ratio Equipos} = 30.65 \cdot 0.85 = \mathbf{26.05}$$

En la Figura 67 se encuentran definidos estos valores de las cargas internas. Además, se ha cambiado el tipo de iluminación proporcionado por la herramienta gráfica del HULC para pasar de “fluorescente suspendida” a “fluorescente empotrada no ventilada”.

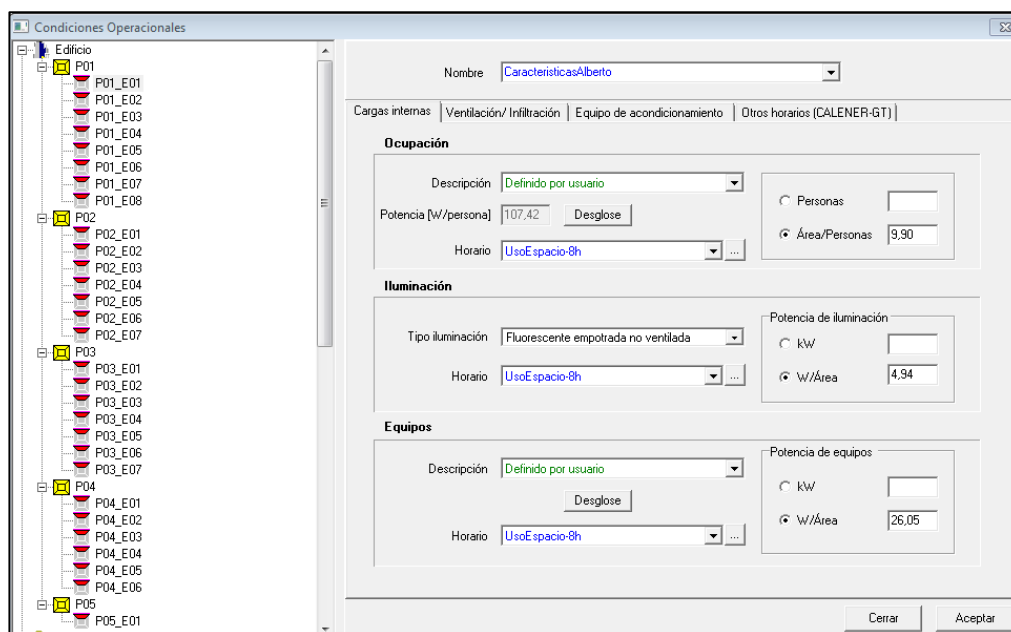


Figura 67. Condiciones operacionales para edificio proyectado

En cuanto a los horarios de operación, tanto en régimen de verano como en invierno, se mantienen tal y como se definieron para el caso inicial, pues el horario de trabajo del personal sigue siendo el mismo.

Estos cambios en las cargas internas provocarán una variación de los valores de demanda de calefacción y refrigeración, lo que afectará a su vez a los costes de operación a través de la energía final consumida. Por ello, a la hora de realizar el cálculo del presupuesto final, se deberá recalculer el coste de operación con todas las mejoras propuestas, tanto en la envolvente como en las instalaciones, consiguiendo así el coste real que tendrá la reforma al completo.

Antes de realizar la incorporación del nuevo sistema de climatización proyectado en la herramienta Calener-GT, es necesario aclarar una cuestión sobre la solución adoptada como mejora de envolvente. A pesar de conocer en este punto la mejora óptima para la envolvente, calculada en el apartado anterior, no serán incluidas aún, puesto que se desea conocer los resultados de mejorar tan solo las instalaciones y no el conjunto final.

Por esta razón, en lo que a la Herramienta Unificada se refiere, únicamente intervendrá en este apartado para asumir el cambio de las cargas internas a través de las condiciones operacionales realizadas en el *Inventario Energético para Cargas Internas*.

Una vez se hayan obtenido los resultados de implantar esta mejora de las instalaciones, se unificarán en el siguiente capítulo todas las mejoras de ambas vertientes para estudiar tanto los resultados energéticos y su calificación, como los presupuestos.

5.2.2 Exportación de equipos a Calener-GT desde Calener-BD

Realizado el predimensionamiento del sistema VRV que se desea implementar como mejora de los equipos de climatización, definido con detalle en el apartado *Modelado Instalación de Climatización en CALENER-GT*, se ha empleado un software denominado Calener-BD.

Esta herramienta es un programa de gestión de datos para los programas Herramienta Unificada LIDER-CALENER (HULC) y CALENER-GT. Dicho programa permite seleccionar un conjunto de equipos y/o componentes de diferentes fabricantes y exportarlos, incluyéndolos en los archivos de entrada de HULC o CALENER-GT.

Con esto se consigue facilitar la introducción de datos nominales y curvas de comportamiento de los equipos que se desean simular en la implantación de una instalación, reduciendo así el tiempo y posibles errores durante el proceso de definición de las instalaciones por parte de los usuarios.

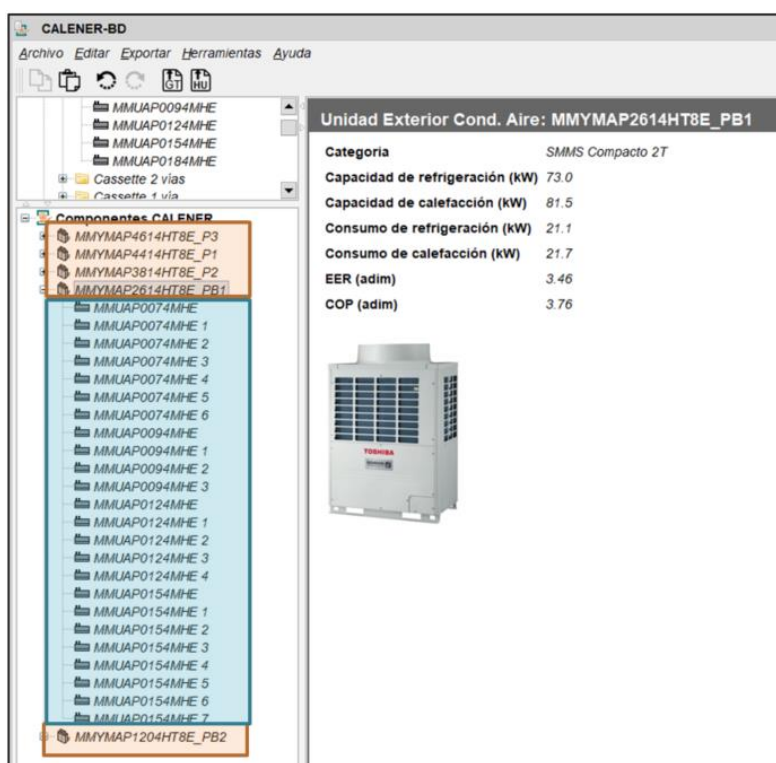


Figura 68. Árbol de sistema VRV seleccionado en Calener BD

Es por ello que se han exportado las unidades exteriores e interiores que conforman la instalación de volumen de refrigerante variable, tal y como se representa en la Figura 68. En dicha figura aparecen marcados en color naranja las unidades exteriores de la marca Toshiba que se han seleccionado, aguas abajo de las cuales se encuentran las unidades interiores tipo Cassette en color azul a las que alimentan por medio de refrigerante.

5.2.3 Adaptación de las características de unidades VRV

Las unidades exteriores e interiores que se han seleccionado, han sido extraídas para su dimensionamiento del proyecto técnico de diseño del *Anexo 2. Proyecto Instalación VRV de Toshiba*. Es por ello que, aunque las unidades han sido seleccionadas de catálogo, la base de datos Calener-BD posee dichos equipos equivalentes actualizados. Por este motivo, ha sido necesario emplear las unidades que se encontraban en la base y adaptarlas según las especificaciones que se encontraban en los catálogos.

UNIDAD EXTERIOR CATÁLOGO	MODELO DE CALENER BD EQUIVALENTE	CAPACIDAD REFRI. (KW)	CAPACIDAD CALEF.(KW)	CONSUMO REFRI. (KW)	CONSUMO CALEF. (KW)	EER	COP
MAP1206FT8P-E	MAP1204HT8E	33,5	37,5	9,6	10,2	3,51	3,68
MAP2616FT8P-E	MAP2614HT8E	73	81,5	21,1	21,7	3,46	3,76
MAP3816FT8P-E	MAP3814HT8E	106,5	119,5	30,7	32,1	3,47	3,72
MAP4416FT8P-E	MAP4414HT8E	123,5	138	37	38,9	3,34	3,55
MAP4616FT8P-E	MAP4614HT8E	130	145	38,9	39,6	3,34	3,66

Tabla 30. Equivalencia unidades exteriores VRV de Toshiba

En la Tabla 30 se recogen las cinco unidades exteriores que se han implementado en el modelo, observándose en la primera columna el modelo extraído de catálogo, y en la segunda, el modelo equivalente actualizado en la base de datos de Calener-BD. También se han incluido todos los datos que es preciso editar en Calener-GT para caracterizar estas unidades.

De igual forma se ha procedido con las unidades interiores de la Tabla 31, donde se muestra toda la tipología de modelos de equipos que se incorporan al proyecto. La información aportada por la base de datos incluye parámetros como capacidad de refrigeración total y sensible, capacidad de calefacción, caudal de aire o potencia del ventilador.

UNIDAD INTERIOR CATÁLOGO	MODELO DE CALENER BD	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF.(KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
AP0057MH-E	AP0054MH-E	1,7	1,3	1,9	400	32
AP0077MH-E	AP0074MH-E	2,2	1,7	2,5	462	34
AP0097MH-E	AP0094MH-E	2,8	2	3,2	468	36
AP00127MH-E	AP0124MH-E	3,6	2,5	4	504	38
AP00157MH-E	AP0154MH-E	4,5	3,1	5	552	41
AP00187MH-E	AP0184MH-E	5,6	3,6	6,3	642	52

Tabla 31. Equivalencia unidades interiores VRV de Toshiba

Es significativo señalar que la unidad interior AP0057MH-E, el equipo de menos tamaño que se ha incluido, no se ha podido encontrar en la base de datos de Calener-DB. Por este motivo, al no disponer de esta unidad exactamente, ha sido necesario exportarlas como si fueran su modelo inmediatamente superior AP0077MH-E. De esta forma hemos conseguido tener el elemento exportado para poder modificar sus características posteriormente, editando el elemento fiel a sus prestaciones de catálogo.

5.2.4 Adaptación de unidades interiores a sectores térmicos

Tal y como se muestra en el Proyecto de cálculo y dimensionado del *Anexo 2. Proyecto Instalación VRV de Toshiba*, se interpreta fácilmente qué unidades exteriores alimentan a cada planta, y a su vez, que unidades interiores se encuentran aguas abajo de cada unidad exterior. Lo que no se contempla es la sectorización realizada de cada planta, lo que hace imposible saber la localización exacta de cada unidad interior.

Esto resulta un problema, debido a que no sólo no se conoce la estancia exacta donde se ubica cada unidad interior, sino que la distribución empleada desde la definición geométrica se basa en sectores térmicos ficticios que engloban varias estancias reales. Debido a esto, es necesario repartir las unidades interiores, destinadas a cada planta según proyecto, entre los sectores térmicos definidos en dichas plantas.

Esta maniobra se ha realizado obligando a cumplirse el caudal a cubrir en cada uno de los sectores térmicos, es decir, conociendo las características geométricas de los sectores térmicos de cada planta. Por tanto, conocida la superficie y volumen de cada sector, así como el caudal total a impulsar en la planta, se reparten las unidades destinadas a dicha planta hasta alcanzar aproximadamente los caudales exigidos por volumen de sector.

También se han añadido coeficientes de pérdidas como consecuencia de los encuentros de ramales, las pérdidas de altura, la fricción por las tuberías o la simultaneidad de los equipos. Todos estos datos se encuentran recogidos como muestra en la Tabla 32, en la cual se encuentran los resultados de la distribución de unidades interiores por los sectores térmicos de la planta baja 1, donde no se incluye el salón de actos.

En el *Anexo 3. Distribución de Unidades Interiores y Exteriores Toshiba por plantas*, se han adjuntado el resto de tablas de la distribución de este sistema VRV de Toshiba de cada una de las plantas.

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
PB_ST1	AP0057MHE x 2 AP0077MHE x 1 AP0097MHE x 1	6,00	4,50	6,78	1235,22	95,68
PB_ST2	AP0057MHE x 1 AP0097MHE x 1 AP00157MHE x 3	12,85	9,00	14,35	1802,14	136,37
PB_ST3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PB_ST4	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PB_ST6	AP0057MHE x 3 AP0097MHE x 1	5,64	4,21	6,35	1190,95	94,25
PB_ST7	AP00127MHE x 2 AP00157MHE x 2 AP00187MHE x 1	15,57	10,57	17,35	1966,36	149,94
PB_ST8	AP0097MHE x 1 AP00127MHE x 3 AP00157MHE x 3	19,35	13,42	21,56	2596,10	194,92
TOTALES		59,40	41,70	66,40	8790,77	671,16
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	16	49,90	35,03	55,78	7384,25	563,77
SIMULTANEIDAD (%)	85	42,42	29,77	47,41	6276,61	479,21
FINAL		42,42	29,77	47,41	6276,61	479,21
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	MMYMAP2614HT8E	73,00		81,50		

Tabla 32. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Baja 1. Instalación VRV Toshiba

En cada una de estas tablas se ha volcado toda la información relativa a la edición del sistema de climatización de su planta correspondiente. De esta forma, como se muestra en la Tabla 32, en la primera columna se especifican todos los sectores térmicos de la planta baja que poseen unidades interiores alimentadas por la unidad exterior MMY-MAP2614HT8E de 73/81.50 kW. En la segunda columna se especifican el número de unidades interiores que se encuentran en cada uno de los sectores térmicos, siendo nulos en aquellos sectores que no están climatizados, como por ejemplo el sector 3 de la planta baja (PB_ST3).

El resto de información no es más que la suma de las características individuales de los elementos de cada sector, como son las capacidades de refrigeración total y sensible, la calorífica, el caudal de aire o la potencia de los ventiladores.

Por último, en la fila denominada “Capacidad Ud. Exterior que alimenta”, se ha representado la unidad exterior que alimenta a toda la planta correspondiente, así como las capacidades de refrigeración y calefacción que es capaz de dar dicha unidad para contrastarla con la que se demanda aguas abajo una vez descontadas las pérdidas y simultaneidad de equipos, valores marcado en verde.

5.2.5 Edición en Calener-GT

La definición del nuevo sistema VRV se realizará tal y como se ejecutó la definición del sistema de climatización del caso inicial. Con excepción del ahorro de trabajo que proporciona haber utilizado la base de datos de Calener-BD. Esto implica que se exporten directamente todos los equipos a nuestro fichero de Calener-GT para no tener que ir creándolos uno a uno de forma manual.

Aunque hayan sido exportados, es importante conocer la forma de editar los equipos que conforman un sistema VRV en Calener-GT, puesto que se precisa una simplificación del equipo real para poder definirlo en

el software al no existir dicha configuración literalmente en Calener-GT.

El esquema de principio de la instalación que se desea definir es el de la Figura 69, en el que se observa como la unidad exterior situada en cubierta alimenta mediante tuberías de cobre tanto las baterías de las unidades interiores como las de las unidades de tratamiento de aire para ventilación.

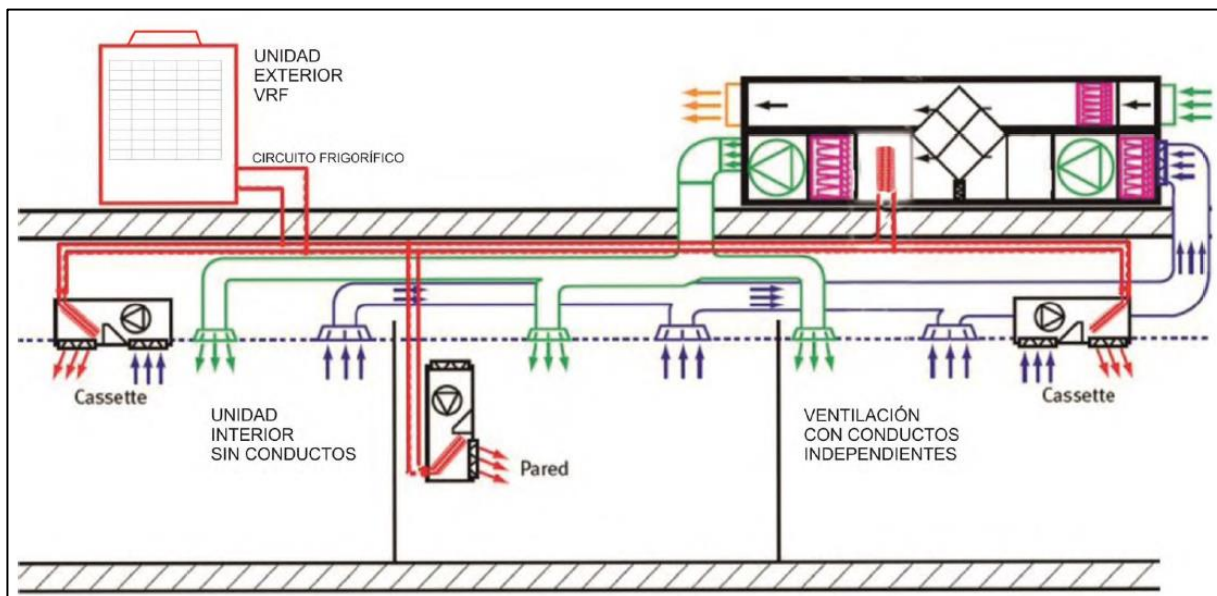


Figura 69. Sistema de Expansión directa VRV con UTA

La manera adecuada de definir este sistema de expansión directa es creando “Subsistemas secundarios” y “Zonas”, que hacen las veces de unidad exterior y unidad interior respectivamente. Es decir, se crearán tantos subsistemas secundarios como unidades exteriores se necesiten, y tantas zonas como unidades interiores individuales existan.

- Subsistemas Secundarios

La forma de crear las unidades exteriores como subsistemas secundarios es definiendo dicho sistema como “Autónomo mediante unidades terminales”, en concreto del tipo “caudal de refrigerante variable”. La información que se solicita para su creación es la que se encuentra en la Tabla 30.

Figura 70. Edición de datos para Unidad Exterior de sistema VRV

Estos datos son las potencias de refrigeración y calefacción, la fuente de calor y el caudal del ventilador de impulsión. En la Figura 70 se muestra la pestaña inicial cuando se han introducido los datos anteriormente nombrados.

En este sistema se observan una serie de pestañas que deben ser rellenadas para simular lo más fielmente posible el comportamiento de estos equipos con respecto a la realidad. En realidad ya se ha realizado la primera simplificación respecto del sistema proyectado en teoría, y esto es la imposibilidad de definir un sistema VRV a tres tubos. Al no estar disponible esta opción, se ha optado por definir un sistema más algo más convencional, como es el dos tubos.

Esta simplificación está justificada desde el punto de vista del consumo de los equipos, debido a que los sistemas a tres tubos no consumen menos potencia, sino que consiguen un mejor aprovechamiento del calor para permitir un confort más independiente dentro de cada estancia. Es decir, en las situaciones donde una estancia demande frío y otro calor, se podrá satisfacer dicha demanda empleando el calor extraído de la estancia que demande frío para enviarlo a la estancia donde se demanda calor. Pero como se ha comentado anteriormente, esto proporciona mejores prestaciones a nivel del confort del usuario, pero los equipos no consiguen un ahorro en cuanto a consumo se refiere.

Volviendo a la edición de la unidad exterior de la Figura 70, las pestañas que solicitan información son las de ventiladores, refrigeración, calefacción, control y técnicas de recuperación. En la Figura 71 se encuentran todas las pestañas que se han resuelto para simular el equipo.

Figure 71 displays four screenshots of the VRV outdoor unit configuration software, showing the complete editing process across different tabs.

Top Left Screenshot (Ventiladores tab): Shows the 'Seleccionar Sistema' dropdown set to 'MMYMAP2614HT8E_PB1'. The 'Ventilador de impulsión' section includes 'Horario' (Siempre funcionando), 'Caudal' (8.790 m³/h), 'Factor transporte' (0.06 W/(m³/h)), 'Tipo de control' (Caudal constante), and 'Posición' (n/a). The 'Ventilador de retorno' section shows '¿Existe?' (n/a), 'Caudal' (n/a), and 'Potencia' (n/a). The 'Caja de caudal variable' section shows 'Caudal mínimo' (n/a ratio).

Top Right Screenshot (Refrigeración tab): Shows the 'Especificaciones Básicas' tab selected. The 'Baterías' section shows 'Potencia Batería Zonal' with 'Total' (59,40 kW) and 'Sensible' (41,69 kW). The 'Condensación' section shows 'Tipo' (Por aire) and 'Rendimiento' (EER: 3,46).

Bottom Left Screenshot (Calefacción tab): Shows the 'Fuentes de calor' section with 'A nivel de sistema' (n/a) and 'A nivel de zona' (BdC eléctrica). The 'Potencia batería zonal' is 66,40 kW. The 'Batería de recalentamiento' is n/a. The 'Rendimiento' section shows 'COP' (3,76).

Bottom Right Screenshot (Control tab): Shows the 'Apoyo de calefacción' section with 'Fuente de calor' (Ninguna) and 'Potencia apoyo' (n/a kW). The 'Desescarche' section shows 'Tipo' (Ciclo inverso) and 'Control' (Por tiempo). The 'Temperatura desescarche' is 4,0 °C. The 'Temperatura Impulsión' section shows 'Mínima' (15,0 °C) and 'Máxima' (30,0 °C). The 'Horario de disponibilidad' section shows 'Refrigeración' (HA_Refrigeracion) and 'Calefacción' (HA_Calefacción).

Figura 71. Edición completa de Unidad Exterior de VRV por pestañas

En primer lugar se encuentra el apartado de ventiladores, en el que se introduce información acerca del caudal de aire de impulsión $8790 \text{ m}^3/\text{h}$, el factor de transporte $0.06 \text{ W}/(\text{m}^3/\text{h})$, así como el tipo de control a caudal constante. No dispone de ventilador de retorno ni caja de caudal, por eso aparecen desactivadas estas opciones.

En la parte superior derecha se encuentra la parte relativa a la capacidad de refrigeración, dentro de la cual deben rellenarse dos subapartados, baterías y autónomos. En la sección de baterías hay que introducir la

potencia total y sensible, 59.40 kW y 41.69 kW respectivamente. En la referida a autónomos, se debe especificar como se realiza la condensación, así como el rendimiento EER. Dadas las especificaciones de la unidad seleccionada por catálogo, la condensación se realiza por aire y el valor del EER es 3.46.

En el apartado de calefacción, se debe especificar que la fuente de calor proviene de una bomba de calor eléctrica y no de un circuito de agua caliente. También se solicitan las características de la refrigeración, que es la potencia de la batería de calor, con un valor de 66.40 kW, y un rendimiento COP de 3.76. En cuanto a la bomba de calor, no posee ningún apoyo de calefacción, pero sí que posee un sistema de desescarche para evitar que el evaporador de la unidad deje de funcionar. Este sistema, denominado desescarche por ciclo inverso, permite eliminar la escarcha que se forma en el evaporador invirtiendo el ciclo frigorífico con un ahorro energético, frente a soluciones tradicionales de desescarche realizadas con resistencias eléctricas.

Por último, falta por definir el control de la unidad, que se realizará con temperaturas de consigna de 15°C y 30°C en la impulsión para los regímenes de verano y de invierno, respectivamente. Los horarios en los que el uso de las unidades estará disponible se encuentran definidos de igual forma que el caso de la instalación inicial.

- Zonas

Lo que resta por definir en Calener-GT son las unidades interiores, las cuales equivalen en el software a la creación de zonas individuales. Estas zonas, tal y como se ha explicado en el apartado *Adaptación de las características de unidades VRV*, se han agrupado dichas unidades interiores por sectores térmicos, de acuerdo a los datos de la Tabla 32 para los de la planta 1, y para el resto de plantas en el *Anexo 3. Distribución de Unidades Interiores y Exteriores Toshiba por plantas*.

Por tanto, se han creado tantas zonas como sectores térmicos se habían definido desde el caso inicial. Para la edición de una zona, aparece una primera ventana como en la Figura 72, en la que se especifica información acerca de la nomenclatura del elemento, tipo de zona, espacio y sistema al que pertenece.

En cuanto a la nomenclatura utilizada para identificar el elemento, se ha optado por “UD INTERIOR PB_ST1” para referirse a una unidad interior localizada en la planta baja, estando incluida entre las que se encuentran en el sector térmico 1.

El tipo de zona es acondicionada, y el espacio al que pertenece es precisamente el que concuerda con la nomenclatura especificada del elemento, “P01_E01”, planta baja, espacio 1. El sistema al que pertenece es la forma de transmitir al programa que unidad exterior es la que alimenta a esta unidad interior, por lo que en este caso se trata del equipo MMY-MAP2614HT8E_PB1.

The screenshot shows the 'Zonas' configuration window. At the top, there's a dropdown menu 'Seleccionar zona:' with 'UD INTERIOR PB_ST1' selected. Below it are three tabs: 'Especificaciones Básicas', 'Caudales', and 'Unidades terminales'. The 'Especificaciones Básicas' tab is selected. It contains several fields: 'Nombre:' with 'UD INTERIOR PB_ST1', 'Tipo de zona:' with 'Acondicionada', 'Espacio:' with 'P01_E01', and 'Sistema al que pertenece:' with 'MMYMAP2614HT8E_PB1'. Below these is a section for 'Termostato' with a 'Tipo:' dropdown set to 'Todo/Nada', an 'Ancho de banda:' field set to 'n/a °C', and a 'Horario de consigna del termostato' section with two dropdowns: 'Refrigeración' set to 'Siempre 25°C' and 'Calefacción' set to 'Siempre 20°C'.

Figura 72. Edición de Unidad Interior de sistema VRV como zona

El resto de la información de esta pestaña está enfocada a los termostatos del equipo, describiendo así que el funcionamiento es todo o nada y cuáles son los horarios de consigna del termostato en régimen de refrigeración y de calefacción en el interior del local, que son 25°C y 20°C respectivamente.

Por último, quedan por determinar las dos pestañas restantes de cada zona definida, mostradas en la Figura 73. En estas pestañas se definen los caudales de aire de impulsión y ventilación, así como las características de las unidades terminales.

Teniendo en cuenta que se ha fijado el caudal de aire de impulsión que se inyecta en la zona, con un valor de $1235 \text{ m}^3/\text{h}$, y el aporte de aire exterior por caudal por persona en $36 \text{ m}^3/\text{persona}$, se ha realizado una segunda simplificación con respecto a la realidad. En este sistema de climatización proyectado, se ha diseñado para que el conjunto VRV venza las cargas térmicas del local y que las unidades de tratamiento de aire (UTAs) sean las encargadas de asegurar la renovación el aire interior para cumplir con las especificaciones del RITE. El problema es que no es posible definir una unidad de tratamiento de aire que aporte aire a una zona que ya se encuentra alimentada por parte del sistema de VRV. Por este motivo, el aporte de aire exterior se ha programado para realizarlo a través de las unidades del sistema VRV, aunque en la realidad se realizaría con las UTAs previstas.

Esta simplificación parece razonable dado que en la realidad, las baterías de las unidades de tratamiento de aire serían alimentadas por la unidad exterior del sistema VRV y su única función desde el punto de vista energético sería asegurar las renovaciones del aire del local para cumplir con los requisitos de ventilación mínimos. Por ello, la opción escogida no despreja el consumo de energía que tendrían las unidades de tratamiento de aire, sino que las asumen las unidades interiores del sistema VRV con el aporte de aire exterior suficiente como para cumplir las restricciones exigidas.

Figura 73. Edición completa de Unidad Interior de sistema VRV como zona

En la pestaña de unidades terminales es la que contiene la información de las capacidades de potencia de los equipos. Se han englobado como el resto de especificaciones para los sectores térmicos, y para este caso se tienen unos valores de 5.99 kW, 4.49 kW y 6.78 kW, para las potencias de refrigeración total, sensible y de calefacción respectivamente.

Para finalizar, es interesante comentar la tercera y última simplificación que se ha asumido al definir este sistema en Calener-GT. La solución adoptada, basada en agrupar las unidades interiores en una única unidad de mayor tamaño, cuyas características sean la suma de las individuales. Esta opción, resulta poco realista debido a que en el sistema real, cada unidad interior debería poseer su propio termostato. Con esta alternativa se ha impuesto que todas las unidades interiores agrupadas en una sola, sean controladas por un único termostato, lo cual dista del control real. Aunque a pesar de ser una modificación sustancial de la realidad, resulta razonable admitir dicha simplificación, designando como sector térmico de control en cada agrupación a aquel con mayores dimensiones.

La forma correcta de realizar esta simulación habría sido definiendo geométricamente un espacio para cada unidad interior controlada independientemente. De esta forma, la geometría habría sido particularizada minuciosamente en función del sistema. Pero esa opción quedó desechada del alcance de este proyecto cuando se decidió partir de la definición del caso inicial, para no corromper la geometría inicial. Además de la dificultad añadida de definir en la Herramienta Unificada plantas del edificio formadas por más de 32 puntos geométricos, lo que habría obligado de nuevo a unificar sectores térmicos que no comparten el mismo control en la realidad.

En cuanto al Layout final que aporta el Calener-GT sobre el esquema de principio de la instalación VRV proyectada queda resuelto como aparece en la Figura 74. En esta ocasión, aunque la unidad exterior del sistema VRV es de producción primaria, debido a la casuística particular para definir este tipo de sistemas, en la herramienta se define todo como un sistema secundario.

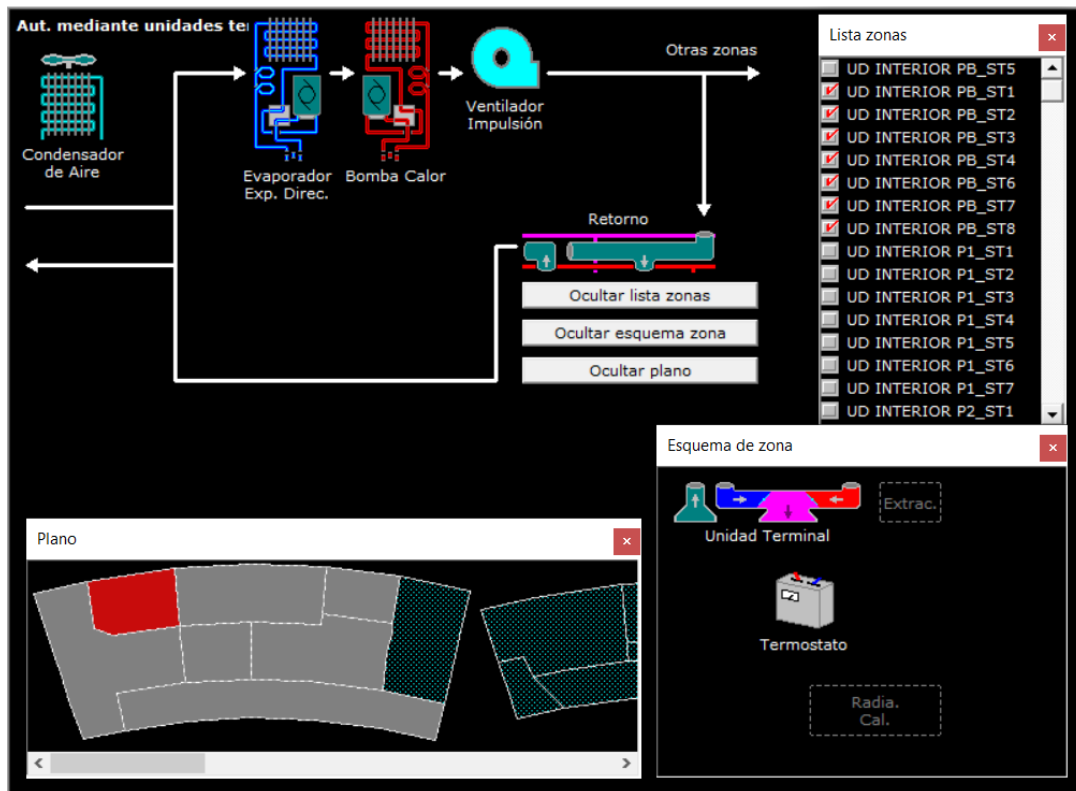


Figura 74. Esquema de Sistema Secundario VRV

5.2.6 Resultados Calener-GT

Una vez se ha definido la nueva instalación proyectada en la herramienta Calener-GT, simulamos el sistema tal y como se realizó en la definición de las instalaciones del caso inicial. Se analiza en primer lugar los resultados expuestos en la gráfica de consumo energético de la Figura 75, y en segundo, los indicadores energéticos extraídos del informe generado tras la simulación, representando dichos valores en la Figura 76.

En la Figura 75 se comprueba gráficamente como la iluminación continúa siendo la principal fuente de consumo energético constante en comparación con el resto de procesos energéticos como el transporte de aire (TA), transporte de agua (TW), producción de calor (PC) o producción de frío (PF). Aunque comparando los resultados anuales respecto de la instalación inicial, el cambio de luminarias ha supuesto una reducción del 50% del consumo, es decir, se ha reducido el valor a la mitad aunque las proporciones en cada situación se hayan mantenido con respecto a los demás sistemas.

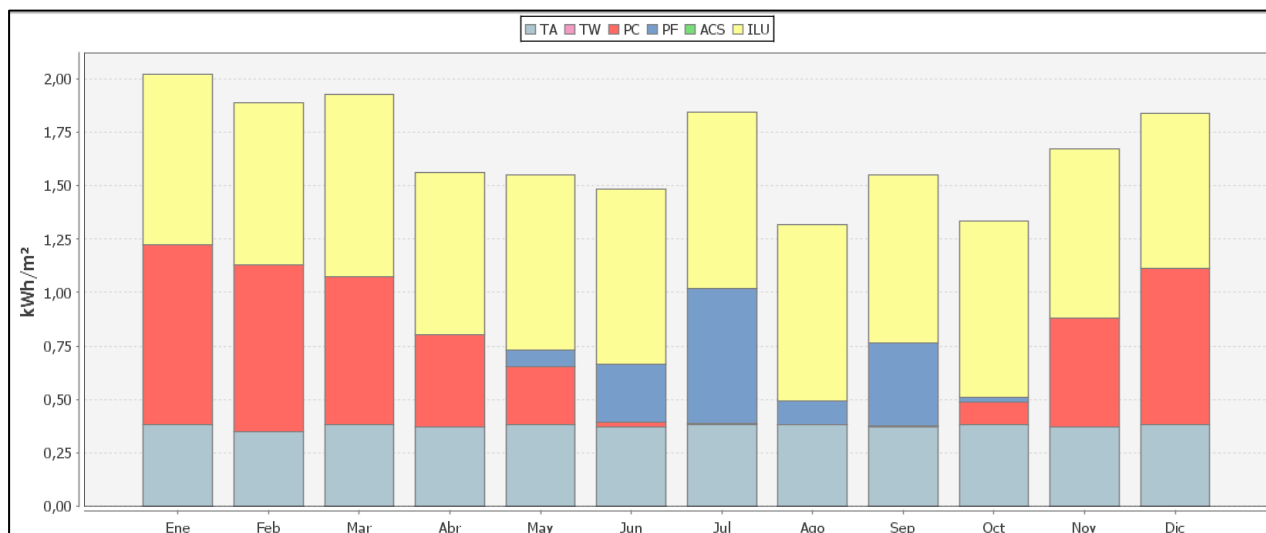


Figura 75. Consumo energético mensual en Calener-GT de instalación proyectada

El consumo de ventilación sigue siendo constante lo largo del año debido a que únicamente se emplea para asegurar la ventilación mínima de los ocupantes. El consumo por transporte de agua es nulo, dado que el nuevo sistema proyectado VRV utiliza refrigerante como fluido caloportador y no agua, como ocurría en el inicial, por lo que tenemos un ahorro considerable en este aspecto de transporte. Por último, en cuanto al consumo general de climatización, producción de frío y de calor, se obtienen valores significativamente menores que en el caso inicial, prácticamente la cuarta parte, aunque hayan mantenido la relación debido a que el horario de disponibilidad sigue siendo el mismo en ambas instalaciones.

En el análisis de los indicadores de la Figura 76 se concluye que todos los valores se encuentran en rango, es decir, los valores de la instalación son en todos los caso menores que los generados por la herramienta en el modelo de referencia. Esto indica que la instalación se encuentra correctamente dimensionada, o al menos que no está sobredimensionada para los consumos que el software espera del sistema proyectado. En la situación del caso inicial se apreciaban valores del edificio de original dobles con respecto a su referencia en el caso de la climatización, lo cual era indicativo de mal dimensionamiento y rendimiento de la instalación en general.

La nueva instalación tampoco satisface ninguna demanda de agua caliente, dado que no se ha incorporado ningún sistema de ACS, por lo que los resultados de los indicadores en lo que a ello se refiere siguen siendo nulos.

Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	10.41	10.41	0.00	20.78	20.78	38.07	3.52	3.52	9.05
Iluminación	9.58	9.58	13.69	18.72	18.72	26.74	3.17	3.17	4.53
A.C.S.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	19.99	19.99	40.69	39.50	39.50	64.81	6.69	6.69	13.58

Figura 76. Indicadores Energéticos Anuales de instalación proyectada

Realizando la comparativa entre los consumos de energía final y primaria en cuanto a climatización y a iluminación, se comprueba que dichos consumos se compensan prácticamente en los mismos valores. A diferencia de lo que ocurría en la situación inicial, donde los consumos de climatización eran aproximadamente el doble que en el caso de la iluminación.

La información suministrada en cuanto a datos de emisiones revela positivamente como el dimensionamiento de la nueva instalación de climatización e iluminación juegan un papel mucho más comprometido con el medio ambiente, obteniendo valores de la simulación original de $6.69 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ frente a los $21.26 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2$ obtenidos en la instalación inicial. En la nueva situación el valor obtenido resulta la mitad de su valor total del edificio de referencia, mientras que en la situación inicial era ligeramente superior.

Estos resultados son la motivación principal del proyecto, ya que el análisis de certificación de este edificio histórico se centraba en dismantelar el derroche energético que se sufre por culpa de un mal dimensionamiento de la instalación, por su obsolescencia o por el cambio de uso de las oficinas, para así mostrar cualitativa y cuantitativamente cual podría ser una solución adecuada. Una solución que cumpla con las especificaciones, cada vez más exigentes, del RITE y del CTE, además de con la demanda particular del edificio para asegurar un confort a sus ocupantes.

Para una mejor comprensión de la comparativa entre los consumos de energía final, se ha representado en Figura 77 el contraste de los valores entre la instalación inicial y la proyectada en términos de energía final total de cada fuente de consumo.

Se compararán los resultados de las fuentes de consumo una por una. En primer lugar, el transporte del aire se reduce a menos de la sexta parte debido a que en la nueva instalación, no se vence la carga térmica de los locales y de ventilación con UTAs, a través de los conductos de ventilación. Esto implicaba unos caudales de aire muchísimo mayores de los que se requieren en la proyectada, en la que el único aire que se transporta es el necesario para ventilar los locales. En transporte de agua ya se ha comentado en el párrafo anterior, puesto que el nuevo sistema utiliza refrigerante en lugar de impulsar agua como fluido caloportador.

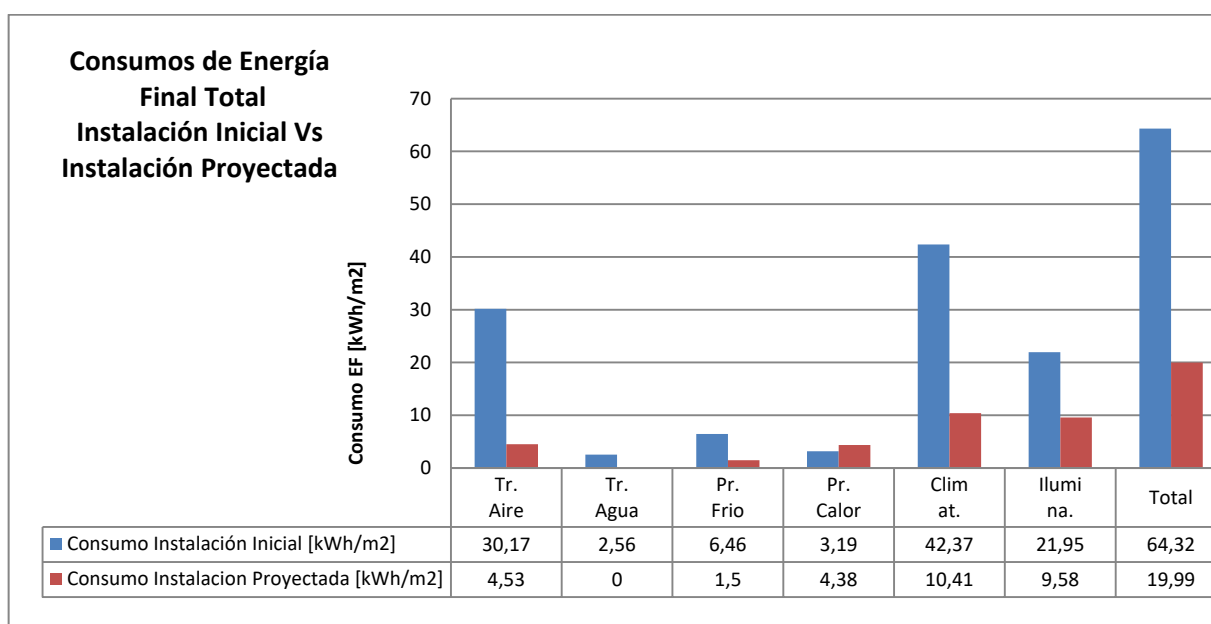


Figura 77. Comparativa entre consumos de EF total entre Instalación Inicial e Instalación Proyectada

Los valores más significativos, o que más afectan a la comparativo, son los obtenidos en consumo del sistema de climatización e iluminación. El consumo mayoritario del sistema de climatización en el caso inicial es de 42.37 kWh/m^2 , lo que representa un 65.87 % del consumo total. En la nueva situación el valor es la cuarta parte que antes con 10.41 kWh/m^2 , un 52.07 % del total consumido. Por tanto, realizando un correcto dimensionado, adecuado a las demandas del edificio, se ha conseguido reducir el valor total de consumo a la cuarta parte, además de la minoración de prevalencia del sistema de climatización con respecto a los demás.

El término de iluminación, al mantener el mismo número de luminarias pero con la mitad de potencia, además de mantener también el mismo horario de iluminación y trabajo que en el caso inicial, se ha calculado en el edificio proyectado que el consumo anual de electricidad se reduzca de la misma forma a la mitad.

Comparando el consumo total anual de ambos casos, con los nuevos cambios en instalaciones se ha logrado una reducción superior a 3.2 veces el consumo inicial, hablando en términos globales.

El indicador de eficiencia energética (IEE) muestra un valor, la mitad de lo que representaba el estado inicial. En la Figura 78 aparece la calificación B obtenida tanto en emisiones como en consumo de energía primaria no renovable. A continuación se muestran los cálculos que avalan estos resultados, cuyos valores han sido obtenidos directamente de la tabla de índices de la Figura 76.

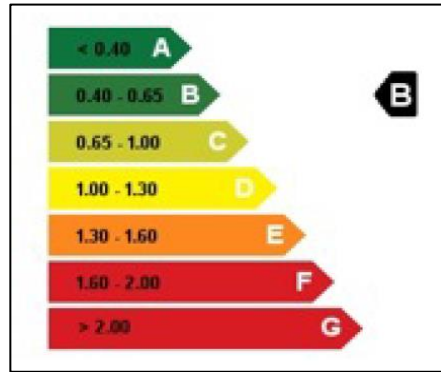


Figura 78. Calificación en emisiones (B) de instalación proyectada

$$IEE: \text{indicador de eficiencia energética} = \frac{EM}{EM_{ref}}$$

$$IEE_{emisiones} = \frac{EM}{EM_{ref}} = \frac{6.69}{13.58} = 0.493 \rightarrow \in [0.40, 0.65] \rightarrow \text{Calificación B}$$

$$IEE_{EP \text{ no renovable}} = \frac{EP}{EP_{ref}} = \frac{39.50}{64.81} = 0.609 \rightarrow \in [0.40, 0.65] \rightarrow \text{Calificación B}$$

5.2.7 Resultados HE-0

Tras la generación del informe en la herramienta Calener-GT, se estudian los resultados de la nueva instalación proyectada con la verificación de los requisitos mínimos del HE-0 de la Figura 79.

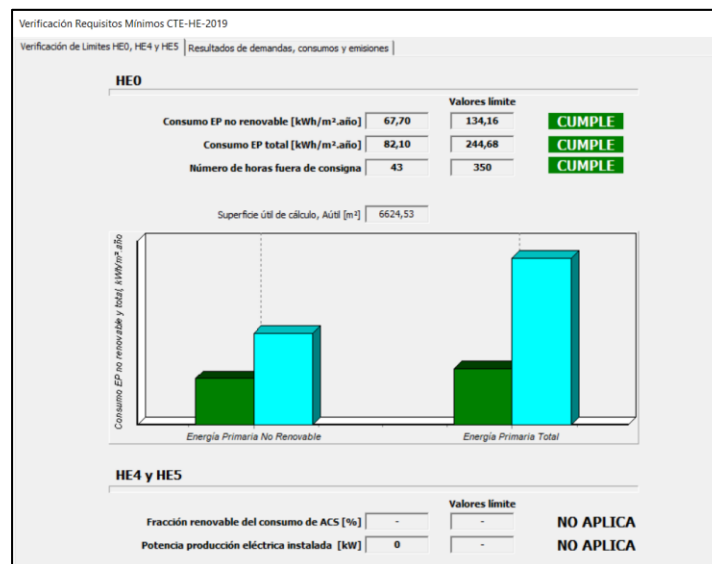


Figura 79. Verificación CTE HE-0 Instalación Proyectada

Los resultados son positivos en cuanto al cumplimiento de los valores límite de consumo de energía primaria renovable y total, cuyas cifras indican un correcto y eficiente sistema instalado. El consumo de energía primaria renovable calculado por la Herramienta Unificada es de $67.70 \text{ kWh/m}^2\text{año}$, contra los $134.16 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ que limitan el cumplimiento del Código Técnico de la Edificación.

Lo mismo ocurre con el consumo de energía primaria total, que aporta un gran margen de mejora con un valor de $82.10 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ frente a los $244.68 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ limitados.

Por último, se obtiene un resultado de 43 horas fuera de consigna, cumplimiento de la misma forma con las 350 horas limitantes marcadas por el CTE. Esta cifra revela como la nueva instalación del edificio cumple con

la demanda energética del mismo, y de cómo durante todo el año se está cumpliendo con las necesidades que las oficinas puedan tener incluso en momento pico. A diferencia de lo que ocurría en la situación inicial, cuya instalación no era capaz de cumplir con la demanda energética prácticamente en ningún momento de año.

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
Demanda, D	kWh/m²año	57,67	21,84	0,00	-	-	-
Energía Final, C_ef	kWh/m²año	12,08	4,80	0,00	5,58	12,20	-
Energía Primaria Total, C_ep;tot	kWh/m²año	28,61	11,38	0,00	-	28,88	-
Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren	kWh/m²año	23,61	9,39	0,00	-	23,83	-
Energía Primaria Renovable, C_ep;ren	kWh/m²año	5,00	1,99	0,00	-	5,05	-
Emisiones, E_CO2	kgCO₂/m²año	4,00	1,59	0,00	-	4,04	-

Figura 80. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones en Instalación Proyectada

En cuanto a la presentación de los resultados de demanda, consumos de energía y emisiones de la Figura 80, se confirman las siguientes cifras. La demanda del edificio proyectado es de $79.81 \text{ kW/m}^2 \text{ año}$ entre calefacción y refrigeración, frente a los $92.02 \text{ kW/m}^2 \text{ año}$ de la instalación inicial. Una demanda prácticamente constante, aunque la balanza entre calefacción y refrigeración se ha invertido, siendo mayor la demanda de calor en la nueva situación.

La energía final total es de $34.66 \text{ kW/m}^2 \text{ año}$, obteniendo una notable mejora del consumo cuando se compara con los $81.74 \text{ kW/m}^2 \text{ año}$ que se empleaban en la original. Destacan como mayores fuentes de consumo la calefacción y la iluminación, dejando en un segundo plano a la refrigeración y ventilación del edificio.

En cuanto a las emisiones, se confirman los mismos resultados que se han comentado anteriormente en el apartado *Resultados Calener-GT*. El valor total es de $9.63 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \text{ año}$, de nuevo marcado por el mayor consumo de calefacción, que supone el 41.53% del total de emisiones. El resto se atribuye prácticamente a la iluminación, con un valor individual de $4.04 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \text{ año}$. En términos globales, aunque con una distribución algo distinta de las fuentes de consumo, se ha alcanzado una gran mejoría respecto de la situación inicial, en la cual se obtenía un resultado total de $14.75 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2 \text{ año}$.

5.2.8 Presupuesto

En el *Anexo 5. Presupuestos discretos del sistema de climatización Toshiba* se encuentran recopilados los presupuestos unitarios de las unidades exteriores e interiores que conforman el nuevo sistema de climatización.

Además de estos elementos, también deben contabilizarse otra serie de costes para el presupuesto total. Estos costes adicionales se refieren tanto a la mano de obra para las tareas de desmontaje y demolición de los elementos existentes, como a la instalación de los nuevos equipos en el interior del edificio y en su cubierta.

En cuanto a las tareas de desmontaje, es necesario levantar el falso techo existente para tener acceso a la red de conductos y para la posterior instalación de las luminarias escogidas. También es necesaria la desconexión y retirada de los equipos de climatización e iluminación existentes, tanto la unidad exterior localizada en cubierta, como las UTAs que se encuentran en las salas de máquinas de cada planta con sus respectivas redes de conducto.

A la red eléctrica le corresponde su propio cuadro de climatización para la alimentación y protección del nuevo sistema, así como todos los circuitos de cableado RZ1-K libre de halógenos que se requiere para la alimentación del mismo. Por supuesto sin olvidar los costes del nuevo sistema de iluminación y su instalación.

Para completar los costes totales del sistema de climatización VRV, se incluyen por un lado toda la red de tubería frigorífica de diferentes diámetros calculada en el estudio de Toshiba y sus respectivas derivaciones, y por otro las unidades de tratamiento de aire con las respectivas rejillas de aluminio para la impulsión y retorno del aire de ventilación. No será necesario incluir costes por la compra de conducto de fibra de vidrio debido al buen estado en que se encuentra el de la red de impulsión y retorno actuales, por lo que será reutilizado.

Para el cálculo del presupuesto general de la Tabla 33 se ha utilizado un rendimiento horario denominado "Rendimiento M.O." para valorar el coste de la mano de obra que requieren los trabajos pertinentes. El coste

horario se ha fijado en 19.90€. Para establecer dichos rendimientos se ha comparado con diferentes bases de precios como CYPE Ingenieros.

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario Material [€]	Rendimiento M.O.	Total [€]
1. DESMONTAJES					
m2	Levantado de Falso Techo Desmontable	989,44	- €	0,26	5.125,30 €
Ud	Desmontado Elementos Eléctricos	779,48	- €	0,29	4.443,04 €
m	Desmontaje Circuitos Eléctricos Existentes	7.082,00	- €	0,03	4.227,95 €
TOTAL CAPÍTULO 1. DESMONTAJES					13.796,29 €
2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
Ud	Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED36S/840	928,00	49,01 €	0,60	56.561,60 €
Ud	Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED43S/840	9,00	61,43 €	0,60	660,29 €
Ud	Foco Empotrable CoreLine Proset Gen.3 RS140B LED6-32-/840	81,00	20,15 €	0,60	2.599,29 €
Ud	Cuadro General Protección CLIMA	1,00	4.950,00 €	10,00	5.149,00 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x2,5mm2	22,00	1,23 €	0,05	49,04 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x4mm2	32,00	1,82 €	0,06	96,39 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x6mm2	122,00	2,59 €	0,06	461,17 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x10mm2	105,00	4,23 €	0,08	611,03 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 3x2,5mm2	3.062,00	0,79 €	0,03	4.243,01 €
TOTAL CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA					70.430,82 €
3. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN					
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0057MH-E	21,00	1.711,29 €	1,87	36.719,97 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0077MH-E	27,00	1.750,05 €	1,87	48.257,91 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0097MH-E	38,00	1.761,27 €	1,87	68.344,90 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0127MH-E	27,00	1.804,11 €	1,87	49.717,53 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0157MH-E	53,00	1.955,07 €	1,87	105.594,55 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0187MH-E	6,00	2.020,35 €	1,87	12.345,78 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-MAP1206HT8P-E	1,00	13.310,71 €	12,09	13.551,32 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP2616HT8P-E	1,00	29.541,22 €	15,32	29.845,99 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP3816HT8P-E	1,00	43.108,05 €	17,42	43.454,76 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP4416HT8P-E	1,00	50.176,88 €	17,98	50.534,77 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP4616HT8P-E	1,00	52.018,07 €	18,22	52.380,69 €
Ud	Climatizadora Systemair Geniox 16 con 7568m3/h, incluidas bancadas y retirada de existentes y PEM	1,00	6.097,98 €	24,82	6.591,98 €
Ud	Climatizadora Systemair Geniox 10 con 2816m3/h, incluidas bancadas y retirada de existentes y PEM	7,00	8.174,40 €	24,82	60.678,80 €
TOTAL CAPÍTULO 3. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN					578.018,95 €
4. CANALIZACIONES, REJILLAS, CONTROL Y DERIVACIÓN					
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 1/4", 1/2"	815,00	13,07 €	0,35	16.381,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 5/8"	317,00	15,21 €	0,41	7.417,80 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 3/4"	5,00	16,58 €	0,45	127,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 7/8"	12,00	18,20 €	0,49	336,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 5/8", 1 1/8"	77,00	24,05 €	0,65	2.849,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 1/2", 1 1/8", 7/8"	35,50	35,75 €	0,97	1.952,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 3/8", 1 1/8"	74,00	37,12 €	1,00	4.225,40 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 5/8", 1 3/8"	67,00	42,51 €	1,15	4.381,80 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 5/8", 1 1/8"	41,50	40,30 €	1,09	2.573,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 5/8", 1 1/8", 1 1/8"	86,00	36,14 €	0,98	4.781,60 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/8", 7/8", 3/4"	63,50	28,67 €	0,78	2.800,35 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/8", 3/4", 5/8"	3,50	26,39 €	0,71	142,10 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x100 mm	75,00	6,55 €	0,80	1.691,25 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x150 mm	55,00	7,50 €	0,80	1.292,50 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x200 mm	29,00	8,63 €	0,80	714,27 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 300x200 mm	7,00	10,55 €	0,80	185,85 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 900x200 mm	9,00	28,53 €	0,80	400,77 €
Ud	Derivación Lineal VRV Inverter Toshiba	60,00	58,52 €	2,76	6.811,20 €
Ud	Sistema de Gestión Centralizada de hasta 64 Uds. Interiores VRV	1,00	1.473,88 €	12,56	1.723,88 €
Ud	Ampliación de Sistema de Gestión con 64 Uds. Interiores VRV	3,00	575,20 €	7,54	2.175,60 €
kg	Carga adicional de refrigerante R-410	235,00	50,00 €	0,05	11.983,83 €
TOTAL CAPÍTULO 4. CANALIZACIONES, REJILLAS, CONTROL Y DERIVACIÓN					74.947,70 €
TOTAL COSTE DIRECTO PROYECTO					737.193,75 €

Tabla 33. Presupuesto Instalación VRV proyectada

Para el cálculo de la carga de refrigerante adicional del capítulo 4 del presupuesto, se ha decidido un total de 235 kg estimado por el proyecto de Toshiba para rellenar el circuito frigorífico de toda la instalación.

También se ha presupuestado un sistema de Gestión Centralizado para el control de la instalación VRV, con necesidad de ampliación dado que este tipo de sistema se encuentra limitado al control de 64 unidades. Por ellos, ha sido inevitable incluir tres ampliaciones adicionales de otras 64 unidades cada uno, siendo capaces así del obtener el control de todas las unidades.

Por último comentar la inclusión en los costes de los equipos de clima, tanto las unidades exteriores como UTAs, la posibilidad de trabajos de izado de grúa para el desmontaje y montaje de los equipos en cubierta e interior. También están repercutidos los costes de las bancadas modulares tipo BigFoot y la puesta en marcha de los equipos por técnicos frigoristas y eléctricos especializados.

5.3 Resultados conjunto de las mejoras

Tras la elección de la mejora de envolvente más conveniente escogida y de la reforma de la instalación eléctrica y de climatización, se unifican ambas vertientes para obtener los resultados finales para conocer los resultados de certificación del edificio proyectado.

Por tanto, el modelado final incluye una mejora de la envolvente del edificio que consiste en un aislamiento interior del cerramiento vertical con una capa de EPS de 35mm de espesor junto con su placa de yeso de 10 mm. También un cambio de los vidrios por otros de doble acristalamiento (4/10/4) mm de baja emisividad. Y por último, una mejora del aislamiento térmico interior de la cubierta con lana de vidrio de 80 mm de espesor.

En cuanto a las mejoras en instalaciones, se han cambiado la iluminación por una propuesta de Philips con un rendimiento y consumos óptimos, un cambio completo en el sistema de climatización y ventilación por equipos VRV y unidades de tratamiento de aire específicamente dimensionados para la oficina, además de toda la remodelación de la instalación eléctrica para albergar los nuevos equipos o los cambios de la red de tuberías frigoríficas y conductos de distribución del aire.

En cuanto a la verificación de requisitos mínimos del HE-1 se han obtenido los mismos resultados que en el *Cumplimiento de Coeficiente Global de Transferencia Térmica* en cuanto a calidad de la envolvente térmica. Un valor del coeficiente de transmitancia térmica global de $k_{CASO\ 10} = 0.89\ W/m^2K$, y un valor del control solar de $q_{sol} = 2.51\ kWh/m^2mes$. Los valores de transmitancia de cada uno de los componentes son los siguientes.

$$U_{CubiertaInclinada_2aguas} = 0.28\ W/m^2K$$

$$U_{Muro_Exterior} = 0.49\ W/m^2K$$

$$U_{Forjado_Cimentación} = 0.22\ W/m^2K$$

$$U_{Forjado_Solería} = 1.85\ W/m^2K$$

$$U_{Hueco_PuertaMadera} = 2.46\ W/m^2K$$

$$U_{Hueco_Ventana} = 1.83\ W/m^2K$$

En cuanto a los valores de demanda, se obtiene un mayor valor de calefacción que de refrigeración, prácticamente el doble. Los resultados exactos son los siguientes.

$$Demanda_{Calefacción} = 46.69\ kWh/m^2K$$

$$Demanda_{Refrigeración} = 24.09\ kWh/m^2K$$

El siguiente paso es simular el conjunto completo en la herramienta Calener-GT, a partir de la cual se consiguen los resultados de la calificación de emisiones y de energía primaria no renovable. Los valores obtenidos indican una mejora de la certificación con respecto al cálculo realizado con sólo la mejora de la instalación. Al incluir las mejoras en la envolvente se obtiene la misma calificación, B, pero con indicadores de

eficiencia energética (IEE) algo menores.

$$IEE_{emisiones} = \frac{EM}{EM_{ref}} = \frac{8.77}{18.29} = 0.480 \rightarrow \in [0.40, 0.65] \rightarrow \text{Calificación B}$$

$$IEE_{EP \text{ no renovable}} = \frac{EP}{EP_{ref}} = \frac{51.79}{85.58} = 0.605 \rightarrow \in [0.40, 0.65] \rightarrow \text{Calificación B}$$

Se adjunta en el Anexo 6. Expedientes Calener-GT y Certificados de Eficiencia Energética, Expediente Calener-GT. Mejora Envolvente (1,2,1) y Sistema VRV Toshiba, el certificado expulsado por la Herramienta Calener-GT. En la verificación de requisitos mínimos del HE-0 se obtienen los valores que se representan en la Figura 81.

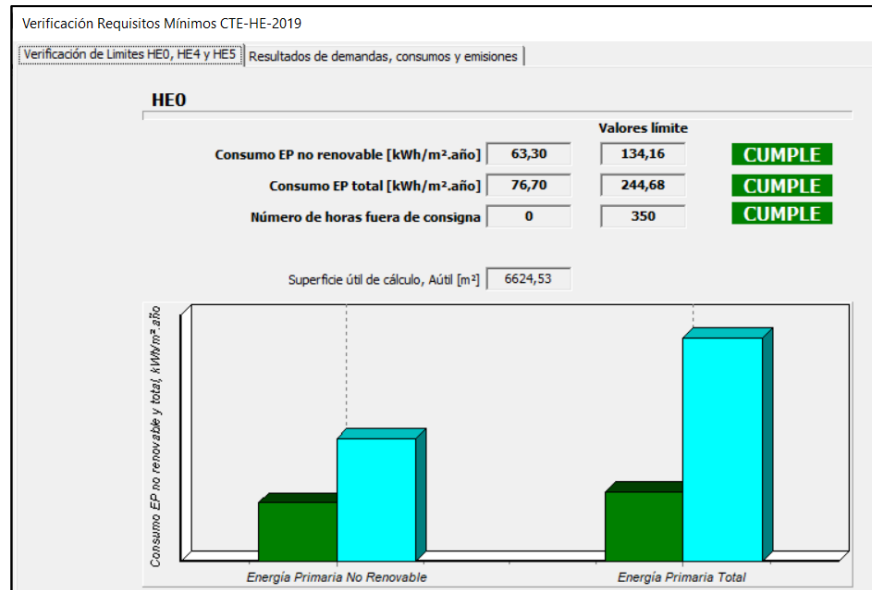


Figura 81. Verificación CTE HE-0 de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba

Los valores obtenidos revelan una leve mejoría en cuanto al consumo de energía primaria no renovable y al consumo de energía primaria total, con respecto a la situación de la instalación VRV proyectada sin cambios en la envolvente. Los valores obtenidos con la reforma completa son los siguientes.

$$Consumo_{EP \text{ no renov}} = 63.30 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

$$Consumo_{EP} = 76.70 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

Los resultados resultan favorables en comparación con la situación inicial, tal y como se preveía desde la obtención de los resultados de la instalación VRV sin incluir las mejoras de envolvente. En la situación inicial los resultados fueron los siguientes.

$$Consumo_{EP \text{ no reno_CasoInicial}} = 159.70 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

$$Consumo_{EP \text{ CasoInicial}} = 193.50 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

También señalar la reducción del número de horas fuera de consigna. En la situación inicial, este valor se situaba en las 7402 horas al año en que la instalación no era capaz de cumplir con la demanda del edificio. Con la mejora de la instalación a una de tipo VRV, esas horas se reducen a 43, suficientes para cumplir con los requisitos mínimos del HE-0. Pero al incluir también las mejoras en la envolvente, la instalación es capaz de cumplir durante todo el año con la demanda sin ningún problema, información que avala el éxito de la nueva implantación.

Por otro lado, analizando los valores de la Figura 82 en cuanto a demanda, consumos de energía y emisiones, se obtienen unos resultados bastante significativos con respecto a los expuestos en la Figura 80.

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
Demanda, D	kWh/m²año	46,69	24,09	0,00	-	-	-
Energía Final, C_ef	kWh/m²año	8,86	5,73	0,00	5,58	12,20	-
Energía Primaria Total, C_ep,tot	kWh/m²año	20,99	13,58	0,00	-	28,88	-
Energía Primaria No Renovable, C_ep,nren	kWh/m²año	17,32	11,20	0,00	-	23,83	-
Energía Primaria Renovable, C_ep,ren	kWh/m²año	3,67	2,37	0,00	-	5,05	-
Emisiones, E_CO2	kgCO2/m²año	2,93	1,90	0,00	-	4,04	-

Figura 82. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba

Cuando se incluyen las mejoras de envolvente, se consigue reducir la excesiva demanda de calefacción que se disponía con la exclusiva simulación de la instalación VRV, pasando de $57.67 \text{ kWh/m}^2\text{año}$ a $46.69 \text{ kWh/m}^2\text{año}$, un 23.51% menor. Reduciéndose a consecuencia de este decremento anterior las emisiones correspondientes al área de calefacción desde los $4.00 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{año}$ hasta $2.93 \text{ kgCO}_2/\text{m}^2\text{año}$. También destaca la reducción de consumo de energía final, que tiene importantes efectos en cuanto a costes de operación de la instalación tal y como se presentará en el siguiente apartado de presupuestos totales.

Por último, se adjunta en el Anexo 6. *Expedientes Calener-GT y Certificados de Eficiencia Energética, Certificado de Eficiencia Energética. Mejora Envolvente (1,2,1) y Sistema VRV Toshiba*, el certificado final del edificio con la reforma conjunta realizada, junto con su etiqueta de certificación energética correspondiente con doble valor B, tanto en consumo de energía primaria como en emisiones de dióxido de carbono, tal y como aparece en el informe y en la Figura 83.

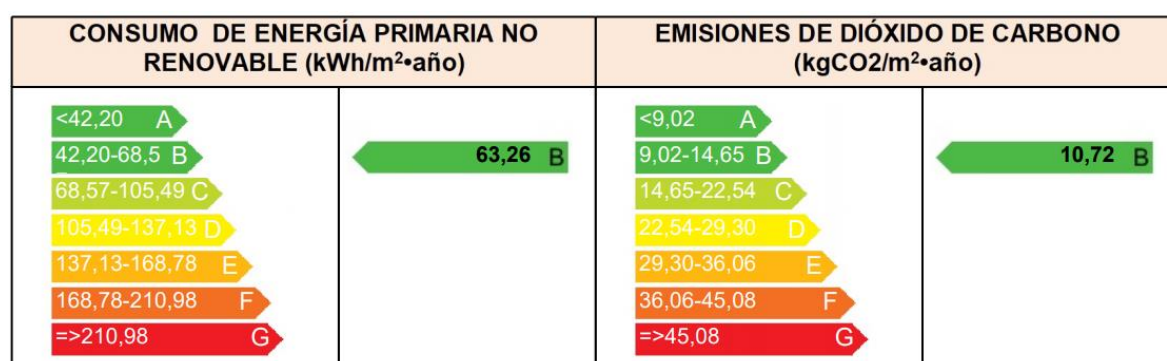


Figura 83. Certificación Energética de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba

5.4 Presupuesto Final y Análisis de Resultados Económicos

Para conocer el presupuesto necesario para llevar a cabo la reforma completa contemplada para la mejora de la certificación del edificio de oficinas de la plaza de España, se deben tener en cuenta tanto los costes proyectados en la envolvente como en toda la mejora de las instalaciones. En la Tabla 34 se ha representado este presupuesto final de la alternativa óptima alcanzada, en cuanto a verificación de restricciones e inversión.

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario Material [€]	Rendimiento M.O.	Total [€]
1. DESMONTAJES					
m2	Levantado de Falso Techo Desmontable	989,44	- €	0,26	5.125,30 €
Ud	Desmontado Elementos Eléctricos	779,48	- €	0,29	4.443,04 €
m	Desmontaje Circuitos Eléctricos Existentes	7.082,00	- €	0,03	4.227,95 €
TOTAL CAPÍTULO 1. DESMONTAJES					13.796,29 €
2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
Ud	Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED36S/840	928,00	49,01 €	0,60	56.561,60 €
Ud	Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED43S/840	9,00	61,43 €	0,60	660,29 €
Ud	Foco Empotrable CoreLine Proset Gen.3 RS140B LED6-32-/840	81,00	20,15 €	0,60	2.599,29 €
Ud	Cuadro General Protección CLIMA	1,00	4.950,00 €	10,00	5.149,00 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x2,5mm2	22,00	1,23 €	0,05	49,04 €

m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x4mm2	32,00	1,82 €	0,06	96,39 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x6mm2	122,00	2,59 €	0,06	461,17 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x10mm2	105,00	4,23 €	0,08	611,03 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 3x2,5mm2	3.062,00	0,79 €	0,03	4.243,01 €
TOTAL CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA			70.430,82 €		
3. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN					
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0057MH-E	21,00	1.711,29 €	1,87	36.719,97 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0077MH-E	27,00	1.750,05 €	1,87	48.257,91 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0097MH-E	38,00	1.761,27 €	1,87	68.344,90 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0127MH-E	27,00	1.804,11 €	1,87	49.717,53 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0157MH-E	53,00	1.955,07 €	1,87	105.594,55 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0187MH-E	6,00	2.020,35 €	1,87	12.345,78 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-MAP1206HT8P-E	1,00	13.310,71 €	12,09	13.551,32 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP2616HT8P-E	1,00	29.541,22 €	15,32	29.845,99 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP3816HT8P-E	1,00	43.108,05 €	17,42	43.454,76 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP4416HT8P-E	1,00	50.176,88 €	17,98	50.534,77 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP4616HT8P-E	1,00	52.018,07 €	18,22	52.380,69 €
Ud	Climatizadora Systemair Geniox 16 con 7568m3/h, incluidas bancadas y retirada de existentes y PEM	1,00	6.097,98 €	24,82	6.591,98 €
Ud	Climatizadora Systemair Geniox 10 con 2816m3/h, incluidas bancadas y retirada de existentes y PEM	7,00	8.174,40 €	24,82	60.678,80 €
TOTAL CAPÍTULO 3. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN			578.018,95 €		
4. CANALIZACIONES, REJILLAS, CONTROL Y DERIVACIÓN					
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 1/4", 1/2"	815,00	13,07 €	0,35	16.381,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 5/8"	317,00	15,21 €	0,41	7.417,80 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 3/4"	5,00	16,58 €	0,45	127,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 7/8"	12,00	18,20 €	0,49	336,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 5/8", 1 1/8"	77,00	24,05 €	0,65	2.849,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 1/2", 1 1/8", 7/8"	35,50	35,75 €	0,97	1.952,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 3/8", 1 1/8"	74,00	37,12 €	1,00	4.225,40 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 5/8", 1 3/8"	67,00	42,51 €	1,15	4.381,80 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 5/8", 1 1/8"	41,50	40,30 €	1,09	2.573,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 5/8", 1 1/8", 1 1/8"	86,00	36,14 €	0,98	4.781,60 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico,3 tubos 3/8", 7/8", 3/4"	63,50	28,67 €	0,78	2.800,35 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/8", 3/4", 5/8"	3,50	26,39 €	0,71	142,10 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x100 mm	75,00	6,55 €	0,80	1.691,25 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x150 mm	55,00	7,50 €	0,80	1.292,50 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x200 mm	29,00	8,63 €	0,80	714,27 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 300x200 mm	7,00	10,55 €	0,80	185,85 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 900x200 mm	9,00	28,53 €	0,80	400,77 €
Ud	Derivación Lineal VRV Inverter Toshiba	60,00	58,52 €	2,76	6.811,20 €
Ud	Sistema de Gestión Centralizada de hasta 64 Uds. Interiores VRV	1,00	1.473,88 €	12,56	1.723,88 €
Ud	Ampliación de Sistema de Gestión con 64 Uds. Interiores VRV	3,00	575,20 €	7,54	2.175,60 €
kg	Carga adicional de refrigerante R-410	235,00	50,00 €	0,05	11.983,83 €
TOTAL CAPÍTULO 4. CANALIZACIONES, REJILLAS, CONTROL Y DERIVACIÓN			74.947,70 €		
5. MEJORAS EN ENVOLVENTE DEL EDIFICIO					
m2	Trasdosado directo de placas de yeso laminado con aislamiento incorporado, sistema "PLADUR"	1.956,00	10,57 €	0,53	41.173,80 €
m2	Doble acristalamiento "SAINT GOBAIN" baja emisividad (4/10/4)mm	394,19	63,10 €	0,66	30.049,10 €
m2	Aislamiento térmico por el interior de cubiertas inclinadas de estructura de madera, sobre espacio habitable	1.619,00	14,89 €	0,18	30.032,45 €
TOTAL CAPÍTULO 5. MEJORAS EN ENVOLVENTE DEL EDIFICIO			101.255,35 €		
TOTAL COSTE DIRECTO PROYECTO			838.449,11 €		

Tabla 34. Presupuesto total de Mejora envolvente (1,2,1) e Instalación Toshiba

Una vez obtenido el coste de inversión inicial de la reforma completa contemplada por el total de la Tabla 34, se analiza dicho valor para extraer las conclusiones oportunas de lo idónea o no de la inversión.

A continuación se presentarán los costes de operación para el primer año de los tres escenarios disponibles; la situación inicial, la instalación VRV y la combinación conjunta de la instalación VRV con las mejoras de envolvente térmica del edificio. Para ello se volverán a utilizar los valores de área acondicionada y el precio de la electricidad del apartado *Presupuestos* del capítulo 5 del proyecto.

$$A_{acond} = 6624.53 \text{ m}^2$$

$$Precio_{elec} = 0.1092 \text{ €/kWh}$$

$$COA_{caso i} = EF_{TOT \text{ caso } i} \cdot A_{acond} \cdot Precio_{elec}$$

$$COA_{Caso Inicial} = 81.74 \text{ kWh/m}^2\text{año} \cdot 6624.53 \text{ m}^2 \cdot 0.1092 \text{ €/kWh} = \mathbf{59.130,60 \text{ €/año}}$$

$$COA_{Inst VRV} = 34.66 \text{ kWh/m}^2\text{año} \cdot 6624.53 \text{ m}^2 \cdot 0.1092 \text{ €/kWh} = \mathbf{25.072,99 \text{ €/año}}$$

$$COA_{Inst VRV+envolvente} = 32.31 \text{ kWh/m}^2\text{año} \cdot 6624.53 \text{ m}^2 \cdot 0.1092 \text{ €/kWh} = \mathbf{23.373,01 \text{ €/año}}$$

Los resultados económicos se alinean junto a la validación positiva obtenida sobre valores límite y certificación de la nueva instalación. Es reseñable que el resultado más sustancial en cuanto a los costes de operación se conseguiría gracias al cambio de la instalación proyectada, más que por la mejora de la envolvente, ya que este cambio supondría un ahorro de 34.057,61 €/año. Este valor, actualizado con la tasa de descuento y la inflación para 20 años, supondría el siguiente ahorro.

$$Ahorro_{20 \text{ años}} = COA_{Inst VRV+envolvente} \sum_{K=1}^N \frac{(1+inf)^K}{(1+i)^K}$$

$$Ahorro_{20 \text{ años}} = 34.057,61 \text{ €/año} \sum_{K=1}^{20} \frac{(1+0.02)^K}{(1+0.07)^K}$$

$$\mathbf{Ahorro_{20 \text{ años}} = 1.169.189,98 \text{ €}}$$

Habiendo seleccionado un escenario optimista en cuanto al valor de la tasa de inflación, con 2%, se observa como el ahorro en costes de operación supera al coste de inversión inicial (CII) de la reforma completa. La diferencia entre estos costes es la siguiente.

$$Diferencia \text{ Costes} = Ahorro_{20 \text{ años}} - CII_{reforma completa}$$

$$Diferencia \text{ Costes} = 1.169.189,98\text{€} - 838.449,11\text{€} = \mathbf{330.740,87\text{€}}$$

Por tanto, no se trata únicamente de validez el coste de inversión inicial de la reforma para conseguir un ahorro en costes o una mejora de la eficiencia energética, sino que se trata de un cambio prácticamente exigido dado el estado en que la instalación actual se encuentra. Una instalación de climatización y ventilación que no es capaz de abastecer las demandas diarias del edificio dado el cambio de uso del edificio, para el que la instalación no fue diseñada, y la antigüedad y rendimiento de los equipos.

Para conocer los costes del ciclo de la situación inicial y de la reforma completa propuesta, se presenta el procedimiento y cálculos pertinentes a continuación. Los valores del ciclo de vida calculados se han vuelto a calcular para un periodo de amortización de la instalación de 20 años.

$$CCV = CT = CI + COA \sum_{K=1}^N \frac{(1+inf)^K}{(1+i)^K}$$

- **Coste del Ciclo de Vida de la Situación Actual**

$$CCV_{Caso Inicial} = 0 + COA \sum_{K=1}^N \frac{(1+inf)^K}{(1+i)^K} = 0 + 59.130,60 \text{ €/año} \cdot \sum_{K=1}^{20} \frac{(1+0.02)^K}{(1+0.07)^K}$$

$$\mathbf{CCV_{Caso Inicial} = 2.029.929,59 \text{ €}}$$

- **Coste del Ciclo de Vida de Reforma Completa**

$$CCV_{Inst VRV+envolvente} = 838.449,11 \text{ €} + COA \sum_{K=1}^N \frac{(1+inf)^K}{(1+i)^K}$$

$$CCV_{Inst\ VRV+envolvente} = 838.449,11 \text{ €} + 23.373,01 \text{ €/año} \cdot \sum_{K=1}^{20} \frac{(1 + 0.02)^K}{(1 + 0.07)^K}$$

$$CCV_{Inst\ VRV+envolvente} = 838.449,11 \text{ €} + 802.385,98 \text{ €} = \mathbf{1.640.835,09 \text{ €}}$$

Los resultados obtenidos en cuanto a costes del ciclo de vida de ambas instalaciones refuerza positivamente la viabilidad de llevar a cabo la instalación y reformas de envolvente propuestas para conseguir un sistema que cumpla con los reglamentos del RITE y CTE, una instalación que satisfaga la demanda en todo momento, y unos equipos que mejoren la calificación y eficiencia del edificio.

Igualmente es necesario comentar que el presupuesto de la instalación se ha realizado con precios e catálogo. En caso de llevarse a cabo la intención de este proyecto en la realidad, sería llevado como una licitación pública promovida por la Plataforma del Estado. En ese caso, empresas instaladoras y constructoras plantearían presupuestos más ajustados que el presentado en este proyecto, consiguiendo descuentos importantes en las marcas solicitadas como Toshiba y Systemair. Con esta información se pretende dar a entender la posibilidad real de un abaratamiento considerable en los presupuestos presentados utilizando la realidad de la construcción, lo que hace aún más atractiva la elección de la reforma.

6 ESTUDIO PARAMÉTRICO

Aunque ya se ha conseguido establecer una solución viable para la reforma de las oficinas del Sector II de la Plaza de España de Sevilla, que reúne las ventajas de ser una instalación capaz de cubrir la demanda del edificio en todo momento y de su bajo coste, es interesante realizar un análisis paramétrico de otras opciones menos más ambiciosas.

Estas opciones servirán para verificar si un aumento de los costes con una instalación o mejoras de envolvente de mayor calidad está justificada o no. En la opción propuesta por la instalación de Toshiba y las mejoras de envolvente (1,2,1) se ha determinado la cota inferior, es decir, la solución más económica con las prestaciones necesarias para dar servicio a las oficinas. A partir de este punto se estudiará otra opción, que reúne las mejoras de envolvente estudiadas más costosas y una instalación de climatización VRV de una categoría algo mayor que la implantada por Toshiba.

En definitiva, se comprobará si el aumento de los costes justifica una mejora en la certificación energética del edificio, o si por el contrario, resulta una inversión innecesaria. En todo momento las comparaciones se realizarán con respecto a la solución del capítulo 5, formada por las mejoras de envolvente (1,2,1) y la instalación VRV de Toshiba.

6.1 Mejora del Coeficiente Global de Transferencia

Entre las alternativas de mejora de la envolvente térmica estudiadas, el objetivo es seleccionar aquella combinación que aporte el menor coeficiente global de transferencia. No como ocurría en la solución anterior, en la que el objetivo era elegir de entre las que cumplían el límite de coeficiente, la más económica.

Casos	Transmitancia Térmica Global K [W/m ² K]	Coste Inicial CI [€]	Costes de Operación Anual [€/año]	Coste Ciclo de Vida CCV [€]
1. Caso Inicial (0,0,0)	1,35	- €	59.068,51 €	2.027.798,09 €
2. Cerramiento 1 (1,0,0)	1,19	41.173,80 €	59.281,83 €	2.076.295,11 €
3. Cerramiento 2 (2,0,0)	1,17	68.147,04 €	59.300,85 €	2.103.921,33 €
4. Vidrio 1 (0,1,0)	1,25	16.883,16 €	59.036,92 €	2.043.596,68 €
4. Vidrio 2 (0,2,0)	1,2	30.049,10 €	59.049,07 €	2.057.179,76 €
6. Cubierta 1 (0,0,1)	1,21	30.032,45 €	59.002,52 €	2.055.564,97 €
7. Cubierta 2 (0,0,2)	1,18	83.767,06 €	58.978,25 €	2.108.466,46 €
8. Caso Conjunto (1,1,1)	0,93	88.089,41 €	60.212,92 €	2.155.174,63 €
9. Caso Conjunto (2,1,1)	0,92	115.062,65 €	59.348,50 €	2.152.472,52 €
10. Caso Conjunto (1,2,1)	0,89	101.255,35 €	59.392,65 €	2.140.180,94 €
11. Caso Conjunto (1,1,2)	0,9	141.824,02 €	59.312,74 €	2.178.006,30 €
12. Caso Conjunto (2,2,1)	0,87	128.228,59 €	59.424,58 €	2.168.250,36 €
13. Caso Conjunto (2,1,2)	0,89	168.797,26 €	59.342,26 €	2.205.993,02 €
14. Caso Conjunto (1,2,2)	0,86	154.989,96 €	59.405,93 €	2.194.371,47 €
15. Caso Conjunto (2,2,2)	0,85	181.963,20 €	59.553,37 €	2.226.406,38 €

Tabla 35. Alternativas con costes de mejoras de envolvente térmica

En esta elección, el presupuesto pasa a un segundo plano y el objetivo principal es conseguir la combinación que aporte el mejor aislamiento térmico posible. Para ello recuperamos la Tabla 35 en la que se han marcado en verde todas las combinaciones que cumplen con el requisito del HE-1 de obtener un coeficiente global de

transferencia menor o igual a 0.92.

Se ha marcado en naranja la combinación (2,2,2) formada por una mejora del cerramiento compuesto por un trasdosado con aislamiento de 45 mm de espesor en lana de vidrio, doble acristalamiento (4/10/4) mm CLIMALIT de baja emisividad y un aislamiento térmico interior con lana de vidrio de 160 mm de espesor. Los resultados obtenidos en esta combinación obtienen un valor del coeficiente global de transferencia de 0.85.

Una vez editada esta información, se verifica el primer apartado del CTE con el HE-1 y se obtienen los resultados que se encuentran en la Figura 84.

Verificación Requisitos Mínimos CTE-HE-2019

Calidad de la envolvente térmica

Demanda

Valores límite

Transmitancia térmica global, K [W/m²K]

0,85

0,92

Control solar, q_{soljul} [kWh/m².mes]

2,51

4,00

Relación de cambio de aire a 50 Pa, n_{50} [1/h]

1,85

-

Compacidad [m³/m²]

4,43

Superficie útil de cálculo, $A_{útil}$ [m²]

6624,53

Superficie de cerramientos opacos, A_{opacos} [m²]

6016,36

Superficie de huecos, A_{huecos} [m²]

394,19

Longitud de puentes térmicos, L_{pt} [m]

2122,05

CUMPLE

CUMPLE

NO APLICA

Detalle por componentes:

Huecos

Opacos

Puentes Térmicos

Espacios

Núm.	Nombre	Construcción	Área [m²]	U [W/m²K]	Orientación	% Marco	g_{glwi}	$g_{glsh,wi}$	$F_{sh;obst}$	Ganancia_jul [kWh/m²]
1	P01_E01_PE001_V	Puerta de madera	7,50	2,46	N	99,00	0,85	0,77	0,89	0,46
2	P01_E01_PE001_V_1	Ventana vidrio Simple	1,44	1,83	N	10,00	0,70	0,77	0,86	39,59
3	P01_E01_PE001_V_2	Ventana vidrio Simple	1,44	1,83	N	10,00	0,70	0,77	0,86	39,59
4	P01_E01_PE001_V_3	Ventana vidrio Simple	1,44	1,83	N	10,00	0,70	0,77	0,86	39,59
5	P01_E01_PE001_V_4	Ventana vidrio Simple	1,44	1,83	N	10,00	0,70	0,77	0,86	39,59
6	P01_E01_PE001_V_5	Ventana vidrio Simple	1,44	1,83	N	10,00	0,70	0,77	0,86	39,59
7	P01_E01_PE001_V_6	Ventana vidrio Simple	1,44	1,83	N	10,00	0,70	0,77	0,86	39,59
8	P01_E02_PE001_V	Puerta de madera	7,50	2,46	NE	99,00	0,85	0,77	0,88	0,51
9	P01_E02_PE001_V_1	Ventana vidrio Simple	1,44	1,83	NE	10,00	0,70	0,77	0,84	43,94

Figura 84. Resultados verificación requisitos HE-1 de Mejora envolvente (2,2,2)

Los valores de transmitancia de cada uno de los componentes son los siguientes.

$$U_{CubiertaInclinada_2aguas} = 0.16 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{Muro_Exterior} = 0.43 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{Forjado_Cimentación} = 0.22 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{Forjado_Solería} = 1.85 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{Hueco_PuertaMadera} = 2.46 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{Hueco_Ventana} = 1.83 \text{ W/m}^2\text{K}$$

En cuanto a los valores de demanda, de nuevo vuelve a ser mayor la demanda de calefacción que de refrigeración, además de que los valores son muy similares a la solución anterior. Los resultados exactos son los siguientes, los cuales se encuentran también en la Figura 85.

$$Demanda_{Calefacción} = 45.76 \text{ kWh/m}^2\text{K}$$

$$Demanda_{Refrigeración} = 24.11 \text{ kWh/m}^2\text{K}$$

Por el momento, y de cara a la mejora de envolvente térmica, el avance conseguido con respecto a la simulación óptima ha sido de una rebaja en el coeficiente global de transferencia desde 0.89 hasta 0.85. Esta mejora se realiza a costa de un aumento considerable de la inversión inicial (CII) en cuanto a envolvente.

$$CII_{env(1,2,1)} = 101.255,35 \text{ €}$$

$$CII_{env(2,2,2)} = 181.963,20 \text{ €}$$

La diferencia de costes es de 80.707,85 €. Será necesario esperar a la implantación de la nueva instalación para comprobar si estos costes están justificados por una reducción en el consumo de energía final al tener un mejor aislamiento de la envolvente térmica.

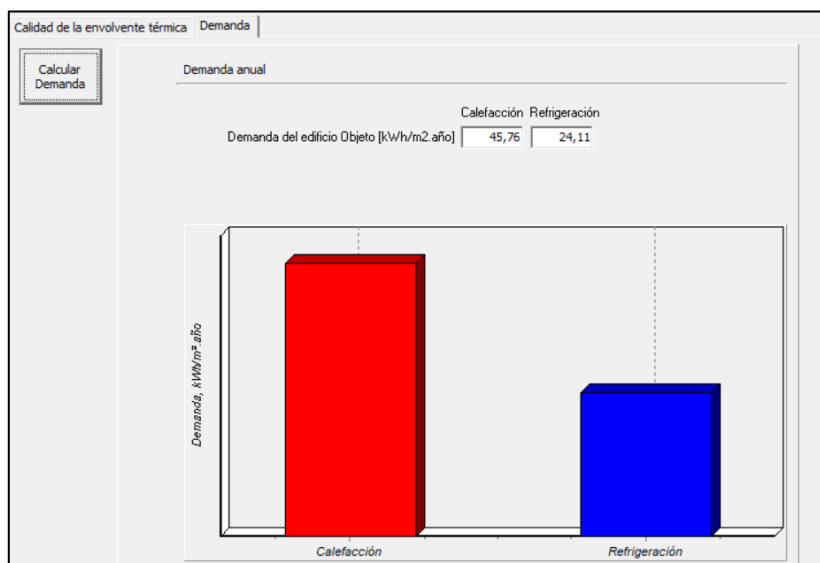


Figura 85. Demanda de Mejoras envolvente (2,2,2) e Instalaciones Daikin

6.2 Mejora de Instalaciones

Para conseguir una mejora del sistema de climatización de Toshiba, se ha recurrido a una solución VRV de nuevo aunque de una marca y unos equipos con mejores especificaciones técnicas. Estos equipos son los de la marca Daikin, empresa líder del sector y referente en calidad y prestaciones.

La distribución realizada ha sido idéntica a la de Toshiba dado que el catálogo de Daikin posee equipos equivalentes tanto de unidades interiores como exteriores, por lo que no ha sido necesario volver a realizar el predimensionamiento con un estudio, sino directamente una repartición de la unidades interiores por sectores térmicos como se concibió en el caso anterior.

Para conseguir la edición de los nuevos equipos, se ha recurrido de nuevo a la herramienta Calener BD, la cual contiene actualizados los equipos VRV de Daikin IV.

MODELO UD EXTERIOR	UDs	CAPACIDAD REFRI. (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CONSUMO REFRI. (KW)	CONSUMO CALEF. (KW)	EER	COP
DAIKIN / RYYQ12T	1	33,50	37,50	9,00	9,10	3,73	4,12
DAIKIN / RYYQ26T	1	73,50	82,50	20,00	20,30	3,68	4,06
DAIKIN / RYYQ38T	1	106,00	120,00	31,00	29,90	3,42	4,01
DAIKIN / RYYQ44T	1	124,00	138,00	35,00	34,70	3,54	3,98
DAIKIN / RYYQ46T	1	130,00	145,00	37,00	36,80	3,51	3,94

Tabla 36. Características Técnicas de Unidades Exteriores equipos VRV IV DAIKIN

En la Tabla 36 y Tabla 37 se han recogido las especificaciones técnicas de las unidades exteriores e interiores empleadas para la caracterización del nuevo sistema de volumen de refrigerante variable. Las unidades empleadas son de la gama Daikin, sistema VRV IV específicamente. El sistema consta de unidades exteriores alojadas en cubierta que alimentan a unidades interiores por medio de tuberías frigoríficas, las cuales utilizan

refrigerante R410 como fluido caloportador.

MODELO UD INTERIOR	UDs	CAPACIDAD REFRI. (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
DAIKIN / FXZQ15M9	21	1,5	1,4	1,7	486	64
DAIKIN / FXZQ20M9	27	2,2	1,7	2,5	540	73
DAIKIN / FXZQ25M9	38	2,8	2	3,2	540	73
DAIKIN / FXZQ32M9	27	3,6	2,4	4	570	76
DAIKIN / FXZQ40M9	53	4,5	3,3	5	660	89
DAIKIN / FXZQ50M9	6	5,6	4,1	6,3	840	115

Tabla 37. Características Técnicas de Unidades Interiores equipos VRV IV DAIKIN

En el *Plano 7. Definición Instalaciones VRV Daikin en Calener-GT* se muestra parte de la edición de la nueva instalación en la herramienta Calener-GT, la cual ha sido prácticamente idéntica a la realizada en la solución de Toshiba. Equipos VRV y unidades de tratamiento de aire para la ventilación mínima del edificio. Se ha empleado la misma técnica para la definición del sistema VRV, subsistemas secundarios que hacen la las veces de unidad exterior y sectores térmicos que se editan como zonas caracterizadas con las propiedades del conjunto de unidades interiores que allí se encuentren. En el *Anexo 4. Distribución de Unidades Interiores y Exteriores Daikin por plantas* se han recogido las tablas que muestran la distribución por plantas y sectores de los nuevos equipos Daikin.

Por último, al terminar la edición en Calener-GT, se han verificado los requisitos mínimos del HE-0 de esta nueva combinación de alta gama. Los consumos de energía primaria no renovable y total son algo más bajos que en la solución óptima de Toshiba, aunque el número de horas fuera de consigna crece considerablemente a pesar de mantenerse dentro del rango en que se cumplen los mínimos del Código Técnico. Los resultados están representados en Figura 86 con el gráfico de barras comparado entre el edificio objeto y el de referencia creado por la herramienta. Los resultados de consumo del edificio en cuestión son los que aparecen a continuación.

$$\text{Consumo}_{EP \text{ no renov}} = 57.30 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

$$\text{Consumo}_{EP} = 69.40 \text{ kWh/m}^2\text{año}$$

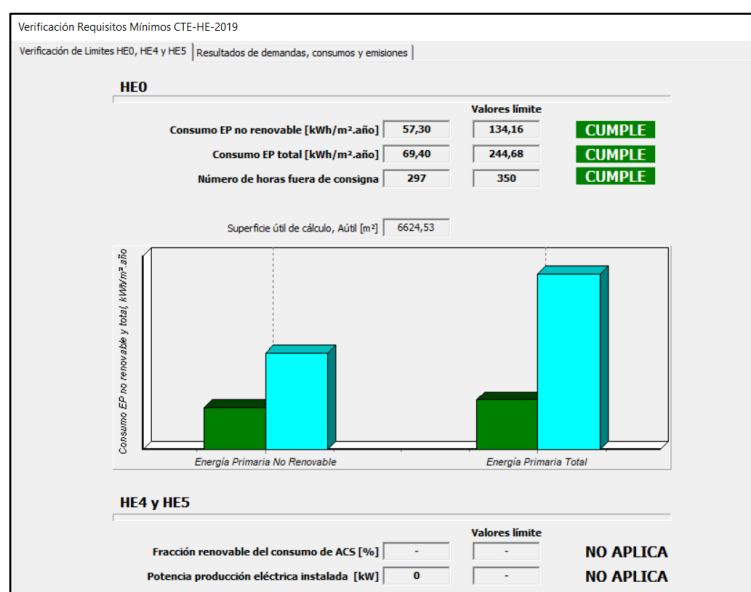


Figura 86. Verificación CTE HE-0 solución Daikin

Los resultados resultan favorables en comparación con la situación óptima, tal y como se preveía al utilizar el mismo sistema pero con mejores prestaciones. Para realizar la comprobación final, se deben observar los

valores completos de demanda, consumo y emisiones de la Figura 87 donde se podrá comparar con la solución óptima y los costes de operación.

		Calefacción	Refrigeración	A.C.S.	Ventilación	Iluminación	Otros
Demanda, D	kWh/m²año	45,76	24,11	0,00	-	-	-
Energía Final, C_ef	kWh/m²año	6,84	4,66	0,00	5,61	12,20	-
Energía Primaria Total, C_ep;tot	kWh/m²año	16,20	11,02	0,00	-	28,88	-
Energía Primaria No Renovable, C_ep;nren	kWh/m²año	13,37	9,10	0,00	-	23,83	-
Energía Primaria Renovable, C_ep;ren	kWh/m²año	2,83	1,93	0,00	-	5,05	-
Emisiones, E_CO2	kgCO2/m²año	2,27	1,54	0,00	-	4,04	-

Figura 87. Resultados de demanda, consumos de energía y emisiones en solución Daikin

Las diferencias totales obtenidas entre la solución óptima de Toshiba y la de alta gama Daikin son las siguientes.

$$Demanda\ Calefacción_{VRV\ toshiba-VRV\ daikin} = 46.69 - 45.76 = 0.93\ kWh/m^2año$$

$$Energía\ Final_{VRV\ toshiba-VRV\ daikin} = 32.37 - 29.31 = 3.06\ kWh/m^2año$$

$$Emisiones_{VRV\ toshiba-VRV\ daikin} = 8.87 - 7.85 = 1.02\ kgCO_2/m^2año$$

Observando estos resultados se comprueba como utilizando el dimensionado original del sistema VRV Toshiba, cambiando las unidades por unas equivalente con mejores prestaciones y añadiendo mejoras de mayor calidad en la envolvente, se consiguen resultados mejores en todos los aspectos. Los resultados más explicativos se localizan en la reducción de emisiones, en la que se consigue una reducción del 12.99%, pero sobretodo en la reducción de energía final.

Esta reducción del 10.4% en el consumo de energía final representa el presupuesto que justificaría en cuanto a costes de operación, implantar estas mejoras. Calculado el ahorro que representa durante el ciclo de vida y comparándolo con el incremento que supondrán las mejoras en envolvente y en el cambio de sistema, será trivial conocer la decisión final entre la instalación Daikin o Toshiba.

Por tanto, se calcula a continuación el importe correspondiente a los costes de operación que se ahorrarían con la nueva solución. Se realiza bajo las mismas condiciones que el resto, tasa de inflación del 2%, tasa de descuento del 7%, y los valores de superficie acondicionada y precio de la electricidad. Se denominará COA_{Ahorro} al coste de operación anual de diferencia entre la solución óptima y la de altas prestaciones de Daikin.

$$A_{acond} = 6624.53\ m^2$$

$$Precio_{elec} = 0.1092\ €/kWh$$

$$COA_{Ahorro} = EF_{Ahorro} \cdot A_{acond} \cdot Precio_{elec}$$

$$COA_{Ahorro} = 3.06\ kWh/m^2año \cdot 6624.53\ m^2 \cdot 0.1092\ €/kWh = \mathbf{2.213,60\ €/año}$$

Este valor obtenido se debe estudiar para el ciclo de vida de 20 años con el que se han estado resolviendo el resto de casos del proyecto. El término que se requiere calcular en este momento es el del coste de operación para los 20 años del ciclo de vida. Una vez se disponga en el siguiente apartado del presupuesto de la nueva instalación se contrastarán el valor actualizado del coste de operación de ahorro con la inversión inicial a realizar, descubriendo así se si amortiza o no la inversión. Por este motivo, el coste de inversión inicial aparece como cero y el coste del ciclo de vida pasa a llamarse de ahorro.

$$CCV_{Ahorro} = 0 + COA \sum_{K=1}^N \frac{(1 + inf)^K}{(1 + i)^K} = 0 + 2.213,60\ €/año \cdot \sum_{K=1}^{20} \frac{(1 + 0.02)^K}{(1 + 0.07)^K}$$

$$CCV_{Ahorro} = \mathbf{75.991,99\ €}$$

Se procede ahora a calcular y presentar el presupuesto de la nueva reforma de envolvente térmica y de los sistemas de climatización del edificio. De nuevo se ha recurrido a la base de datos de CYPE para obtener los

precios unitarios de los equipos de DAIKIN, contrastados con sus precios de catálogo. Por tanto, en la Tabla 38 se dispone el presupuesto de la nueva solución de altas prestaciones.

Unidad	Descripción	Cantidad	Precio Unitario Material [€]	Rendimiento M.O.	Total [€]
1. DESMONTAJES					
m2	Levantado de Falso Techo Desmontable	989,44	- €	0,26	5.125,30 €
Ud	Desmontado Elementos Eléctricos	779,48	- €	0,29	4.443,04 €
m	Desmontaje Circuitos Eléctricos Existentes	7.082,00	- €	0,03	4.227,95 €
TOTAL CAPÍTULO 1. DESMONTAJES					13.796,29 €
2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA					
Ud	Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED36S/840	928,00	49,01 €	0,60	56.561,60 €
Ud	Luminaria Empotrable CoreLine Panel 600x600 LED PHILIPS RC132V LED43S/840	9,00	61,43 €	0,60	660,29 €
Ud	Foco Empotrable CoreLine Proset Gen.3 RS140B LED6-32-/840	81,00	20,15 €	0,60	2.599,29 €
Ud	Cuadro General Protección CLIMA	1,00	4.950,00 €	10,00	5.149,00 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x2,5mm2	22,00	1,23 €	0,05	49,04 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x4mm2	32,00	1,82 €	0,06	96,39 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x6mm2	122,00	2,59 €	0,06	461,17 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 5x10mm2	105,00	4,23 €	0,08	611,03 €
m	Circuito RZ1-K 0,6/1kV Cu 3x2,5mm2	3.062,00	0,79 €	0,03	4.243,01 €
TOTAL CAPÍTULO 2. INSTALACIÓN ELÉCTRICA					70.430,82 €
3. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN					
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Daikin IV modelo FXZQ15M9	21,00	1.801,05 €	1,87	38.604,93 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Daikin IV modelo FXZQ20M9	27,00	1.838,79 €	1,87	50.653,89 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Daikin IV modelo FXZQ25M9	38,00	1.863,27 €	1,87	72.220,90 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Daikin IV modelo FXZQ32M9	27,00	1.887,75 €	1,87	51.975,81 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Daikin IV modelo FXZQ40M9	53,00	2.042,79 €	1,87	110.243,71 €
Ud	Unidad interior de aire acondicionado de Cassette VRF Daikin IV modelo FXZQ50M9	6,00	2.120,31 €	1,87	12.945,54 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF IV Daikin modelo RYYQ12T	1,00	13.854,37 €	12,09	14.094,98 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF IV Daikin modelo RYYQ26T	1,00	30.731,56 €	15,32	31.036,33 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF IV Daikin modelo RYYQ38T	1,00	46.479,15 €	17,42	46.825,86 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF IV Daikin modelo RYYQ44T	1,00	51.717,09 €	18,02	52.075,65 €
Ud	Unidad exterior de aire acondicionado VRF IV Daikin modelo RYYQ46T	1,00	54.422,21 €	18,22	54.784,83 €
Ud	Climatizadora Systemair Geniox 16 con 7568m3/h, incluidas bancadas y retirada de existentes y PEM	1,00	6.097,98 €	24,82	6.591,98 €
Ud	Climatizadora Systemair Geniox 10 con 2816m3/h, incluidas bancadas y retirada de existentes y PEM	7,00	8.174,40 €	24,82	60.678,80 €
TOTAL CAPÍTULO 3. EQUIPOS DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN					602.733,21 €
4. CANALIZACIONES, REJILLAS, CONTROL Y DERIVACIÓN					
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 1/4", 1/2"	815,00	13,07 €	0,35	16.381,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 5/8"	317,00	15,21 €	0,41	7.417,80 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 3/4"	5,00	16,58 €	0,45	127,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 3/8", 7/8"	12,00	18,20 €	0,49	336,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 2 tubos 5/8", 1 1/8"	77,00	24,05 €	0,65	2.849,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 1/2", 1 1/8", 7/8	35,50	35,75 €	0,97	1.952,50 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 3/8", 1 1/8	74,00	37,12 €	1,00	4.225,40 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 5/8", 1 3/8	67,00	42,51 €	1,15	4.381,80 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/4", 1 5/8", 1 1/8	41,50	40,30 €	1,09	2.573,00 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 5/8", 1 1/8", 1 1/8	86,00	36,14 €	0,98	4.781,60 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/8", 7/8", 3/4	63,50	28,67 €	0,78	2.800,35 €
m	Canalización Cu Fluido Frigorífico, 3 tubos 3/8", 3/4", 5/8	3,50	26,39 €	0,71	142,10 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x100 mm	75,00	6,55 €	0,80	1.691,25 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x150 mm	55,00	7,50 €	0,80	1.292,50 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 200x200 mm	29,00	8,63 €	0,80	714,27 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 300x200 mm	7,00	10,55 €	0,80	185,85 €
Ud	Rejilla Fija de Aluminio Extruido Retorno 900x200 mm	9,00	28,53 €	0,80	400,77 €
Ud	Derivación Lineal VRV Inverter Daikin	60,00	68,47 €	2,76	7.408,10 €
Ud	Sistema de Gestión Centralizada de hasta 64 Uds. Interiores VRV	1,00	1.724,44 €	12,56	1.974,44 €
Ud	Ampliación de Sistema de Gestión con 64 Uds. Interiores VRV	3,00	672,98 €	7,54	2.468,95 €
kg	Carga adicional de refrigerante R-410	235,00	50,00 €	0,05	11.983,83 €
TOTAL CAPÍTULO 4. CANALIZACIONES, REJILLAS, CONTROL Y DERIVACIÓN					76.088,51 €
5. MEJORAS EN ENVOLVENTE DEL EDIFICIO					
m2	Tabique de placas de yeso laminado, sistema "PLADUR".	1.956,00	23,63 €	0,56	68.147,04 €
m2	Doble acristalamiento "SAINT GOBAIN" baja emisividad (4/10/4)mm	394,19	63,10 €	0,66	30.049,10 €

m2	Aislamiento térmico por el interior de cubiertas inclinadas de estructura de madera, sobre espacio habitable	1.619,00	43,25 €	0,43	83.767,06 €
TOTAL CAPÍTULO 5. MEJORAS EN ENVOLVENTE DEL EDIFICIO					181.963,20 €
TOTAL COSTE DIRECTO PROYECTO					945.012,03 €

Tabla 38. Presupuesto total de Mejora envolvente (2,2,2) e Instalaciones Daikin

Ya se ha conseguido calcular el presupuesto final de la alternativa con Daikin. En este punto, se calculará la diferencia de presupuestos entre esta alternativa y la de Toshiba, para conocer la diferencia de precios entre los costes iniciales de inversión (CII) de los sistemas. La diferencia será el gasto extra para el coste del ciclo de vida que convendrá compararse con el ahorro de los costes de operación.

$$CCI_{VRV\ toshiba+env\ (1,2,1)} = 838.449,11\ €$$

$$CCI_{VRV\ daikin+env\ (2,2,2)} = 945.012,03\ €$$

$$CCI_{gasto} = CCI_{VRV\ daikin+env\ (2,2,2)} - CCI_{VRV\ toshiba+env\ (1,2,1)} = 106.562,92\ €$$

Se calcula ahora el coste del ciclo de vida (CCV_{Final}) con todos sus términos para conocer si el resultado es amortizable o no, positivo o negativo respectivamente.

$$CCV_{Final} = -CCI_{gasto} + COA \sum_{K=1}^N \frac{(1 + inf)^K}{(1 + i)^K} = -CCI_{gasto} + CCV_{Ahorro}$$

$$CCV_{Final} = -106.562,92 + 75.991,99 = -75.991,99\ €$$

Ante este resultado negativo del coste del ciclo de vida de la diferencia de alternativas, queda demostrado como no está justificada la implantación de la solución Daikin y el refuerzo de la envolvente térmica del edificio. El coste de inversión inicial no se amortiza con el ahorro que se consigue con los costes de operación por la reducción de energía final.

Por tanto, la solución óptima para la mejora de la certificación energética del edificio objeto de estudio continua siendo la diseñada en el capítulo 5 del proyecto, formada por las mejoras de envolvente térmica (1,2,1) según la terminología aplicada, y la solución de las instalaciones VRV adaptadas de Toshiba e iluminación Philips.

BIBLIOGRAFÍA

1. Norma UNE 100014. Percentil de veces en el tiempo en que las condiciones reales de T son superiores o inferiores respecto de las condiciones de diseño.
2. Instrucción Técnica. IT 1.Diseño y Dimensionado.
3. UTAs según calidad del aire. Utilizado para inspiración de esquemas de principio.
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_17_Guia_tecnica_instalaciones_de_climatizacion_con_equipos_autonomos_5bd3407b.pdf
4. Elección de luminarias en oficinas. Documento del RITE, una publicación.
https://www.idae.es/sites/default/files/publications/online/OFICINAS_Iluminacion_eBook_2019/html5/index.html?&locale=ESN
5. IDAE. Información y preguntas frecuentes sobre el Rd 235/2013 de 5 de abril de CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS. Abril de 2013.
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_2013_05_28_Informacion_General_Certificacion_FAQs_V5_f57d3b9a.pdf
6. ESCALA DE CALIFICACIÓN ENERGÉTICA. EDIFICIOS EXISTENTES.
https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11261_EscalaCalifEnerg_EdifExistentes_2011_accesible_c762988d.pdf
7. CTE_DB_HE Anejo E. Valores orientativos de transmitancia
8. Precio Luz: <https://tarifasgasluz.com/comercializadoras/endsa/precio-kwh>

7 PLANOS

- 7.1 Plano 1. Planta Baja del Sector II Plaza de España**
- 7.2 Plano 2. Planta Primera y Segunda del Sector II Plaza de España**
- 7.3 Plano 3. Planta Tercera del Sector II Plaza de España**
- 7.4 Plano 4. Definición Geometría en HULC**
- 7.5 Plano 5. Definición Instalaciones del Estado Actual en Calener-GT**
- 7.6 Plano 6. Definición Instalaciones VRV Toshiba en Calener-GT**
- 7.7 Plano 7. Definición Instalaciones VRV Daikin en Calener-GT**



PLANTA BAJA SECTOR 2 PLAZA ESPAÑA

AUTOR:
ALBERTO BERMUDO GARCÍA

TUTOR:
D. JOSÉ LUIS MOLINA FÉLIX

PLANO Nº 1

ESCALA 1:250	07/ 05/ 2020
--------------	--------------



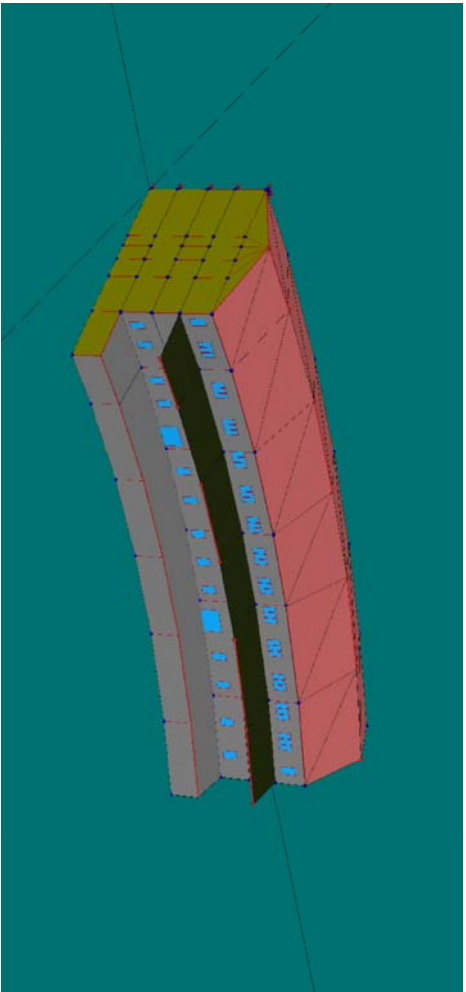
PLANTA TERCERA SECTOR 2 PLAZA ESPAÑA

AUTOR:
ALBERTO BERMUDO GARCIA

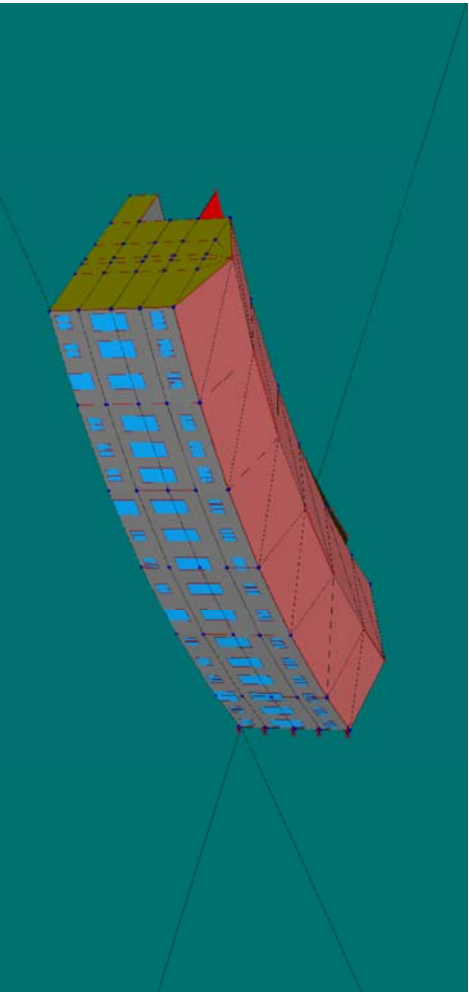
TUTOR:
D. JOSÉ LUIS MOLINA FÉLIX

PLANO Nº 3

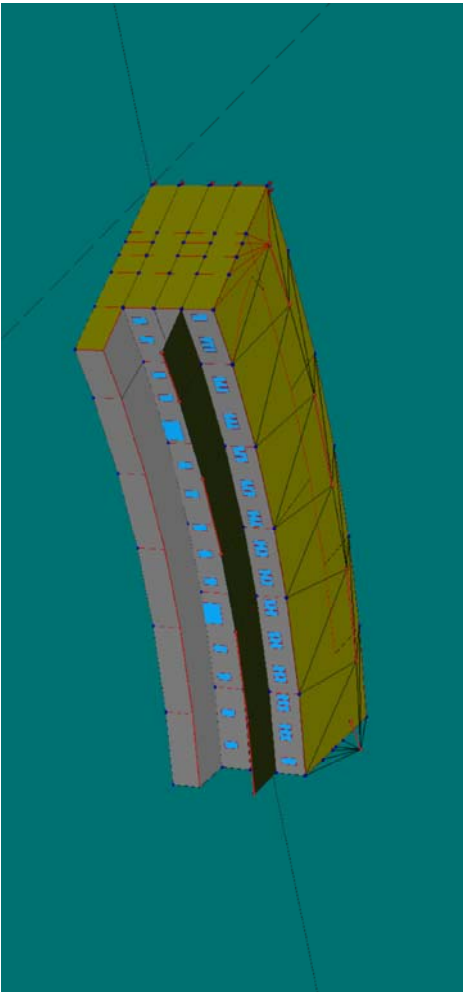
ESCALA 1:250 07/ 05/ 2020



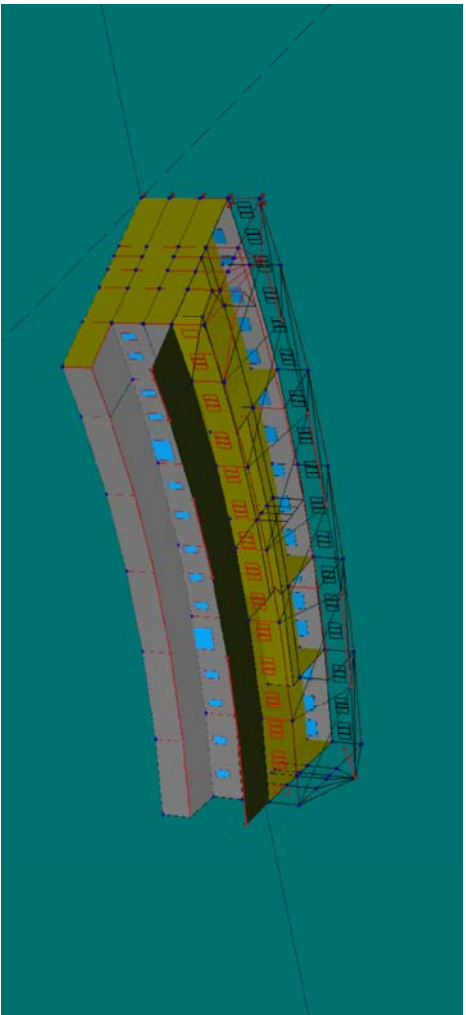
VISTA EN PERSPECTIVA DE GEOMETRÍA COMPLETA. FACHADA SUROESTE



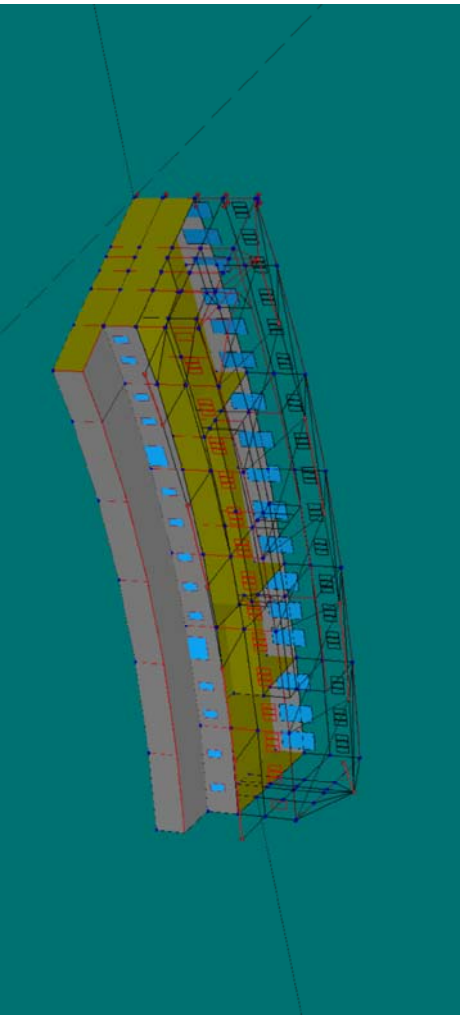
VISTA EN PERSPECTIVA DE GEOMETRÍA COMPLETA. FACHADA NORESTE



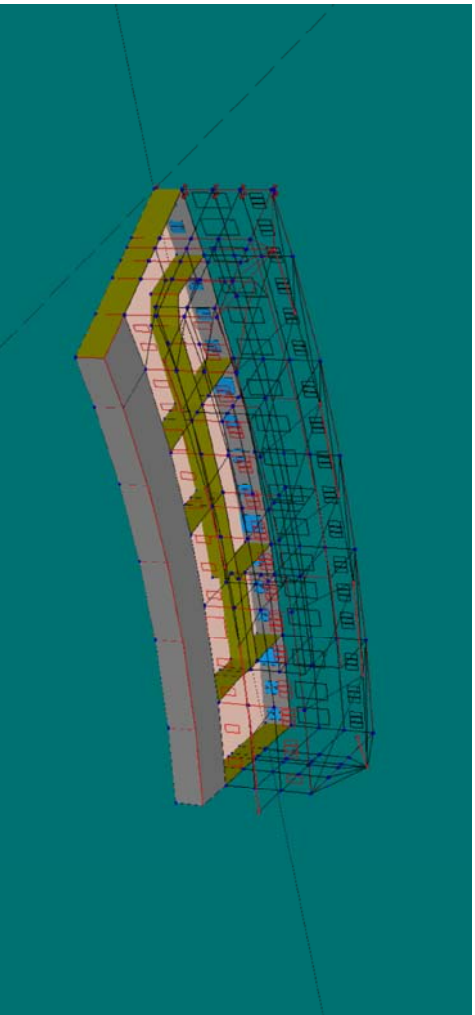
DESMONTE PLANTA CUBIERTA



DESMONTE PLANTA TERCERA

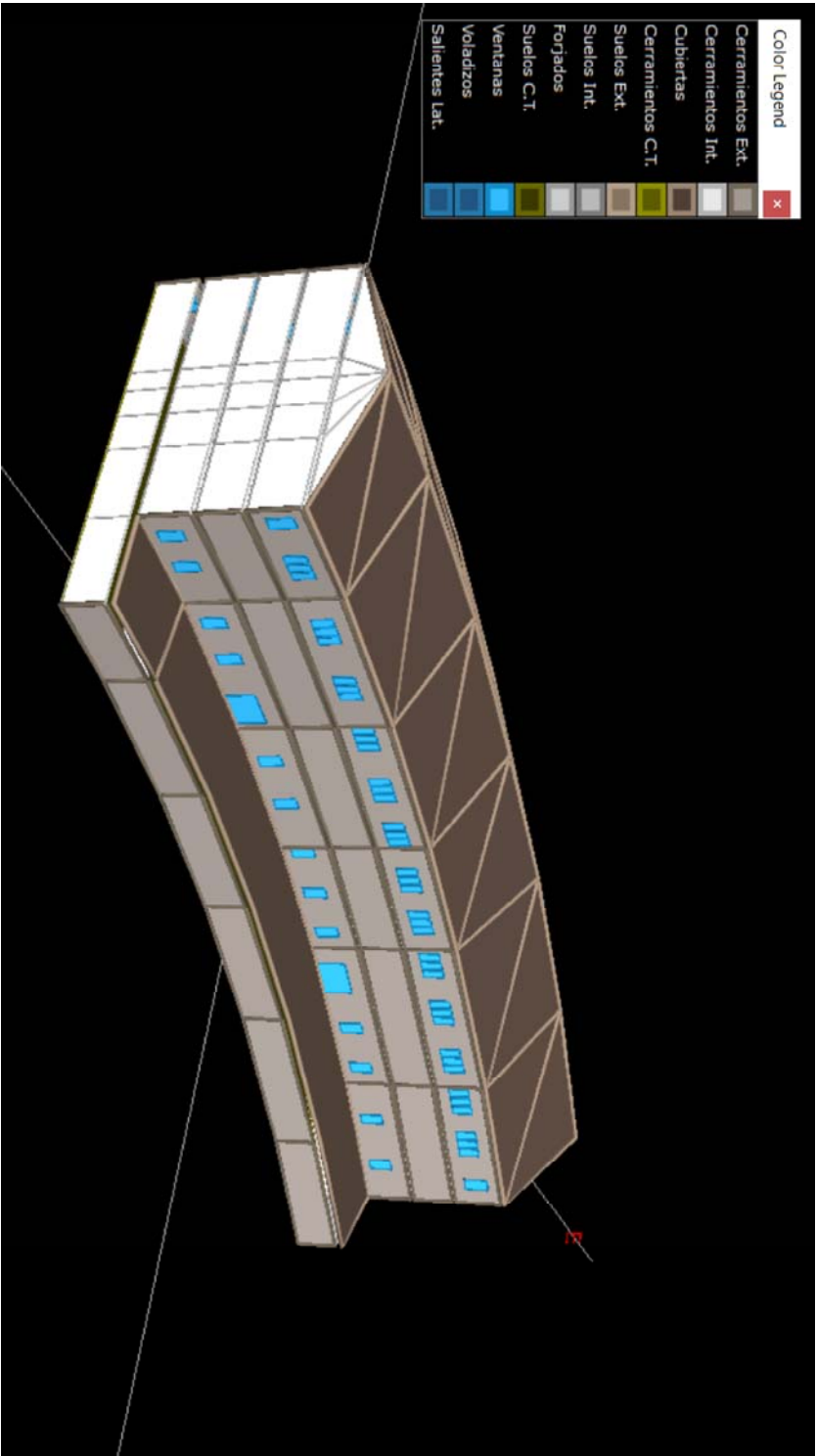


DESMONTE PLANTA SEGUNDA

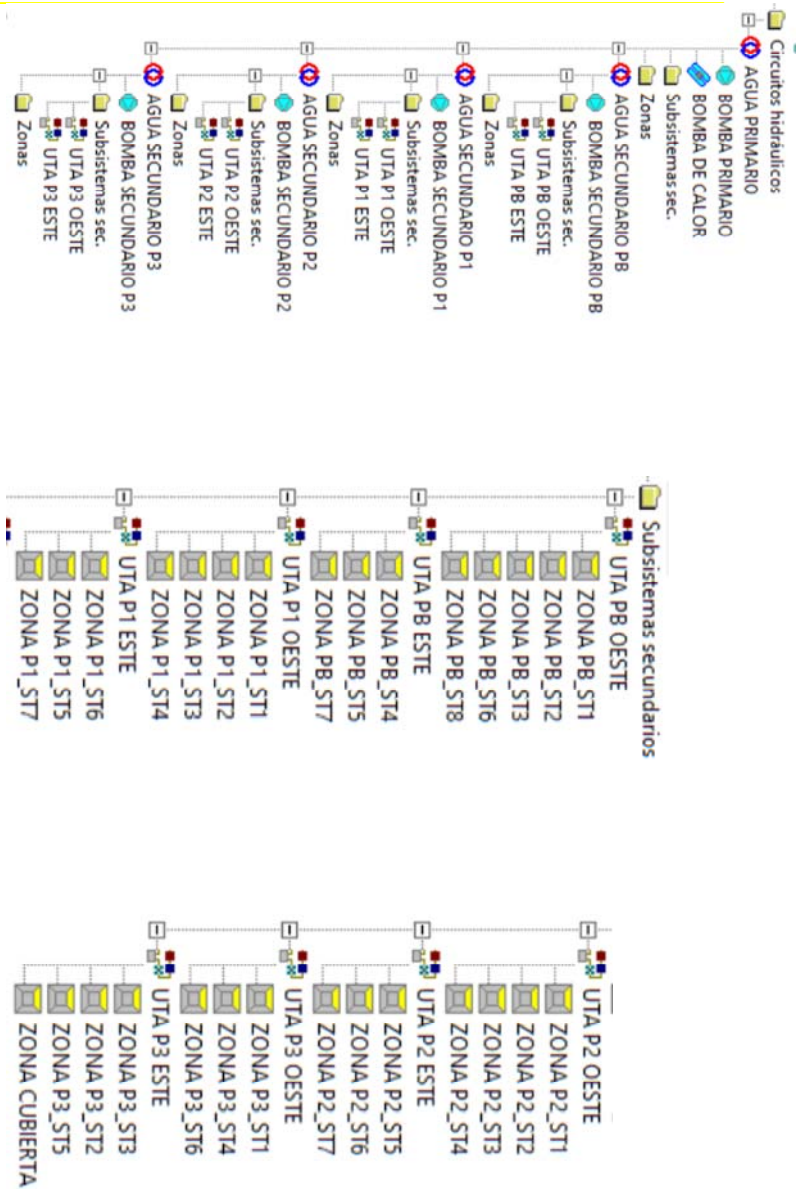


DESMONTE PLANTA PRIMERA

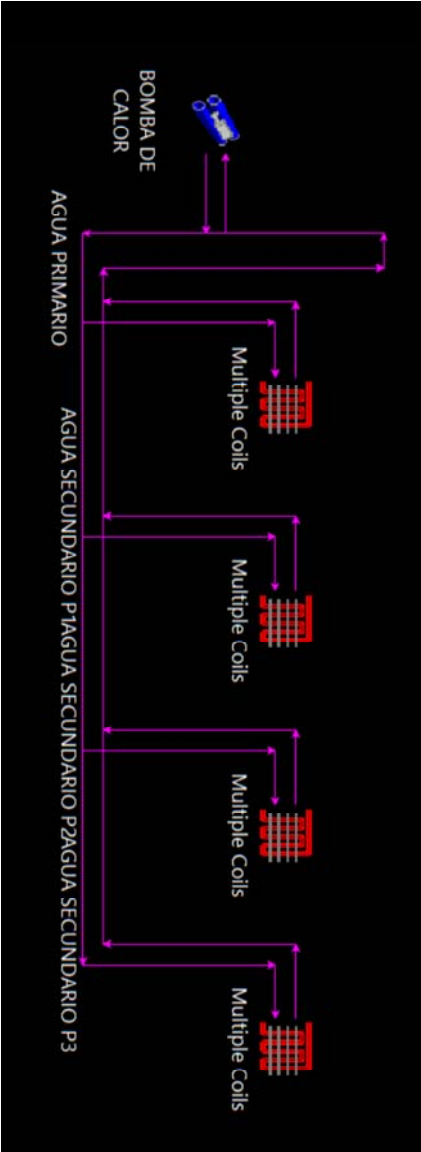
EDIFICIO PLAZA ESPAÑA. DEFINICIÓN GEOMÉTRICA EN HULC				
AUTOR: ALBERTO BERMUDO GARCIA		TUTOR: D. JOSÉ LUIS MOLINA FÉLIX		PLANO Nº 4
				ESCALA 1:250
				07/ 05/ 2020



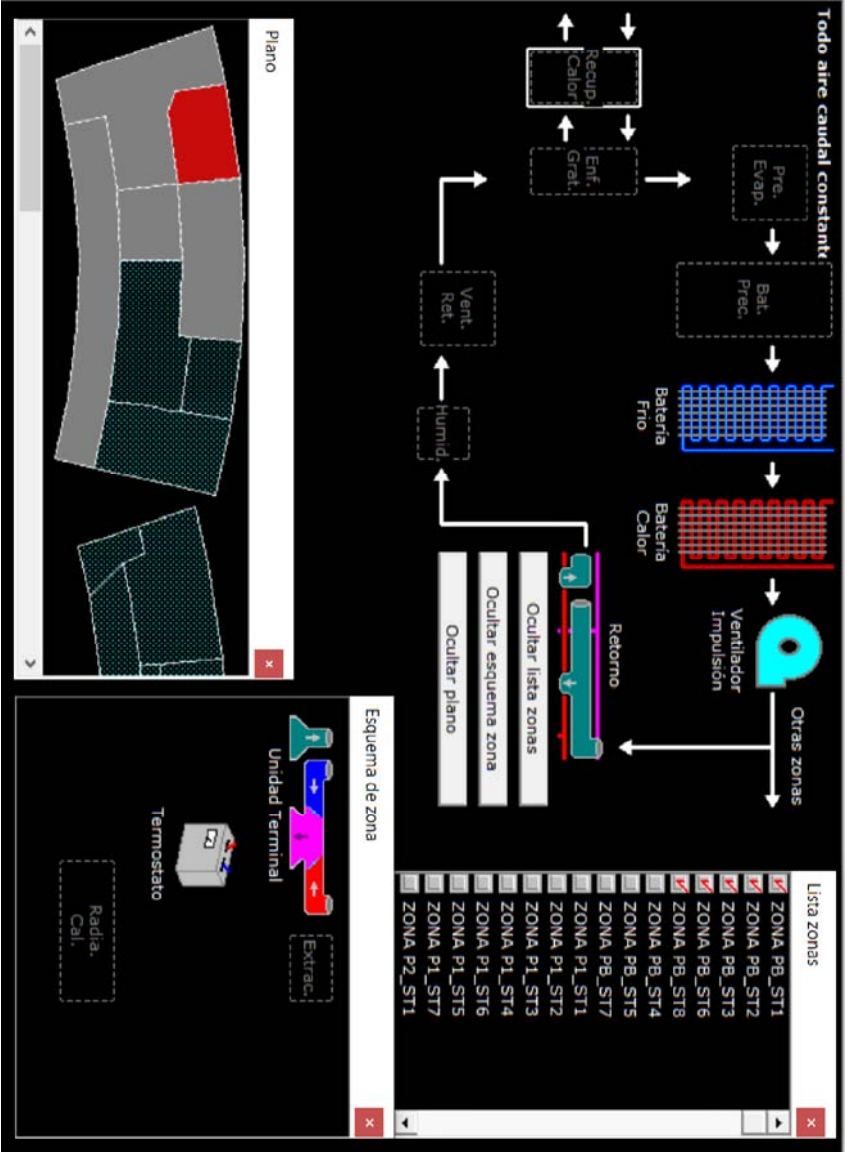
VISTA EN PERSPECTIVA DE FACHADA SUROESTE. EXPORTADA DESDE HULC HASTA CALENER GT



ARBOL DE ELEMENTOS DEL SISTEMA PRIMARIO Y SUBSISTEMAS SECUNDARIOS

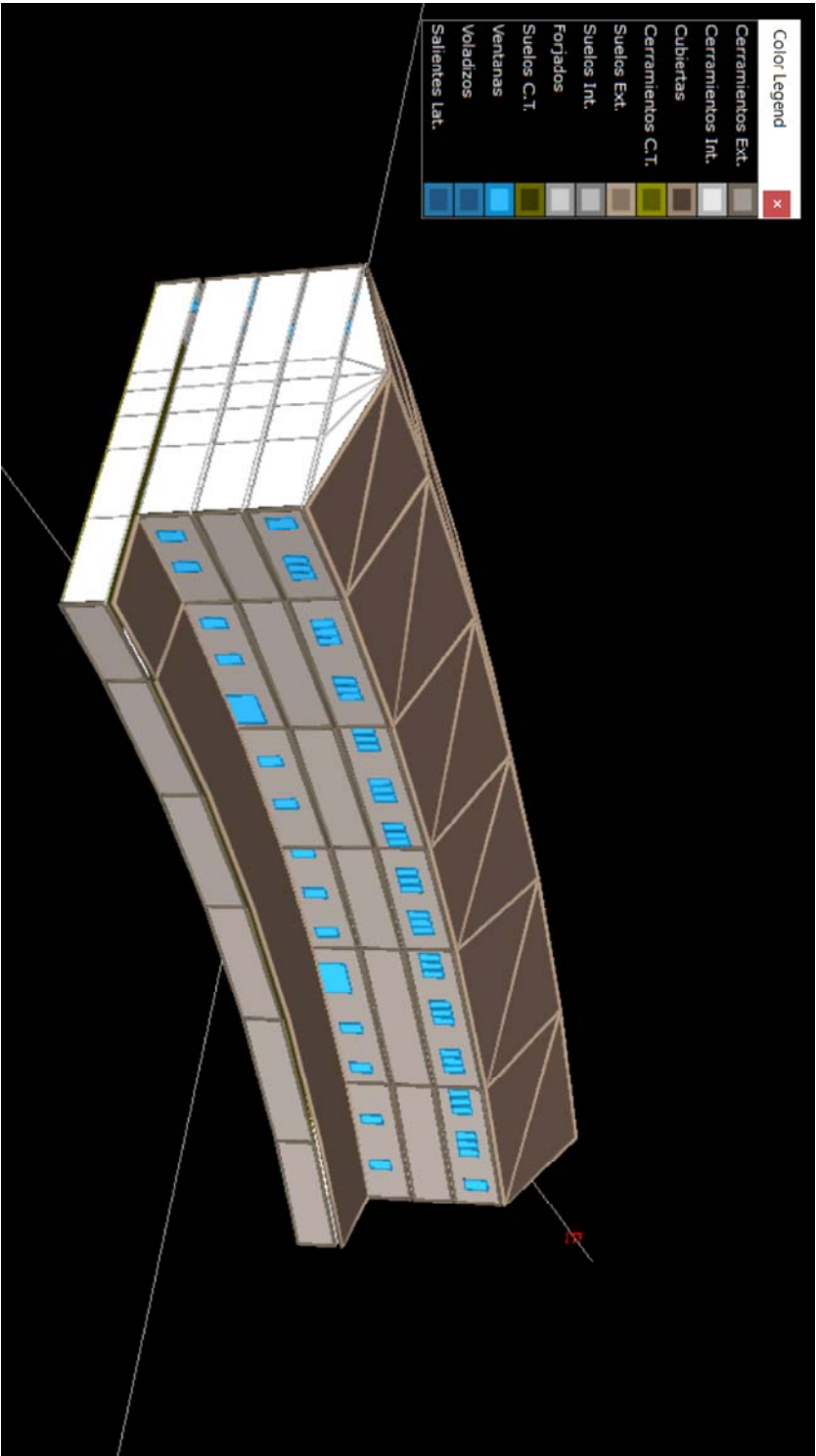


ESQUEMA SUBSISTEMAS PRIMARIOS BOMBA DE CALOR. ESTADO ACTUAL

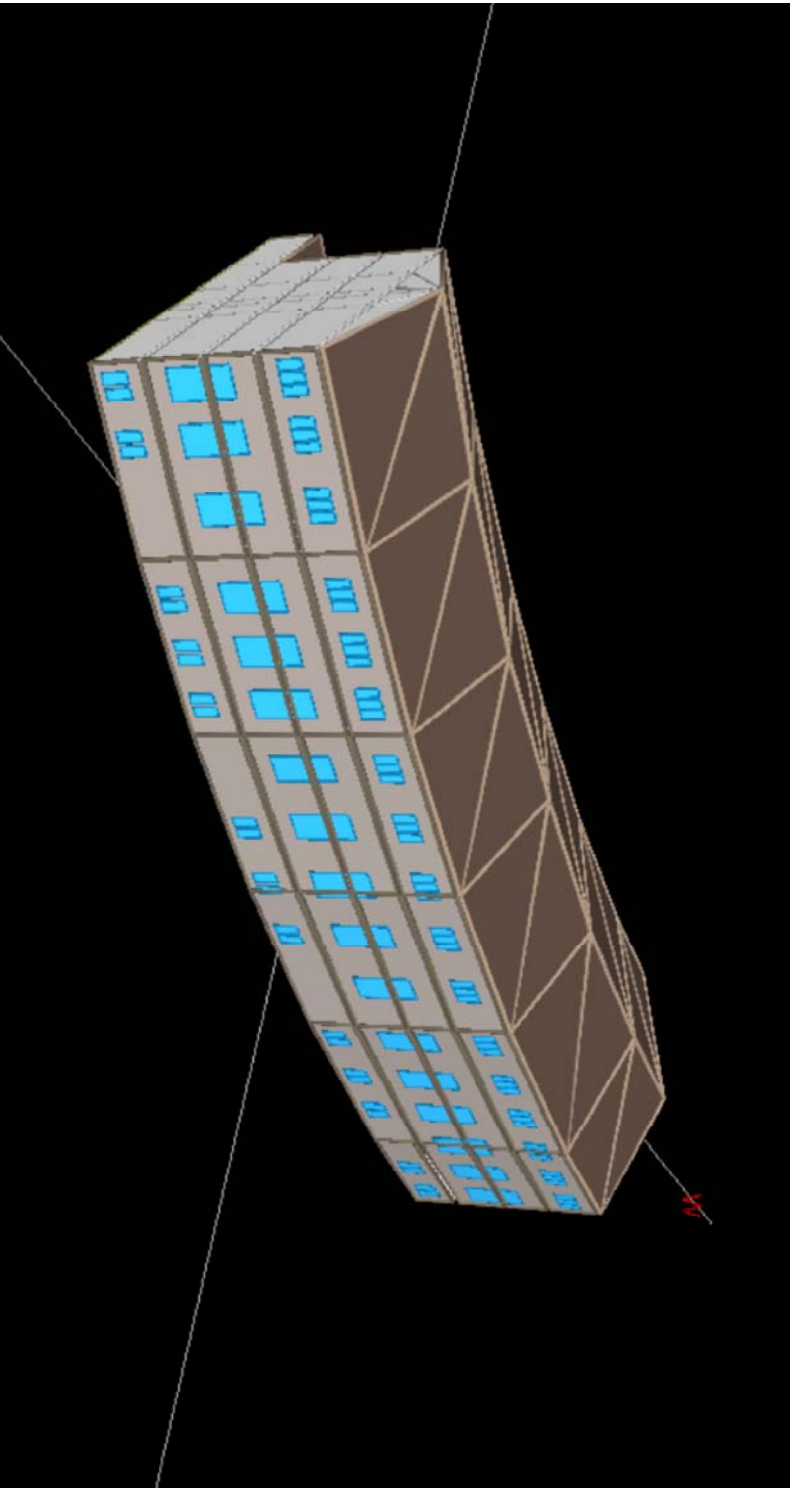


ESQUEMA SUBSISTEMAS SECUNDARIOS TODO AIRE A CAUDAL CONSTANTE. ESTADO ACTUAL

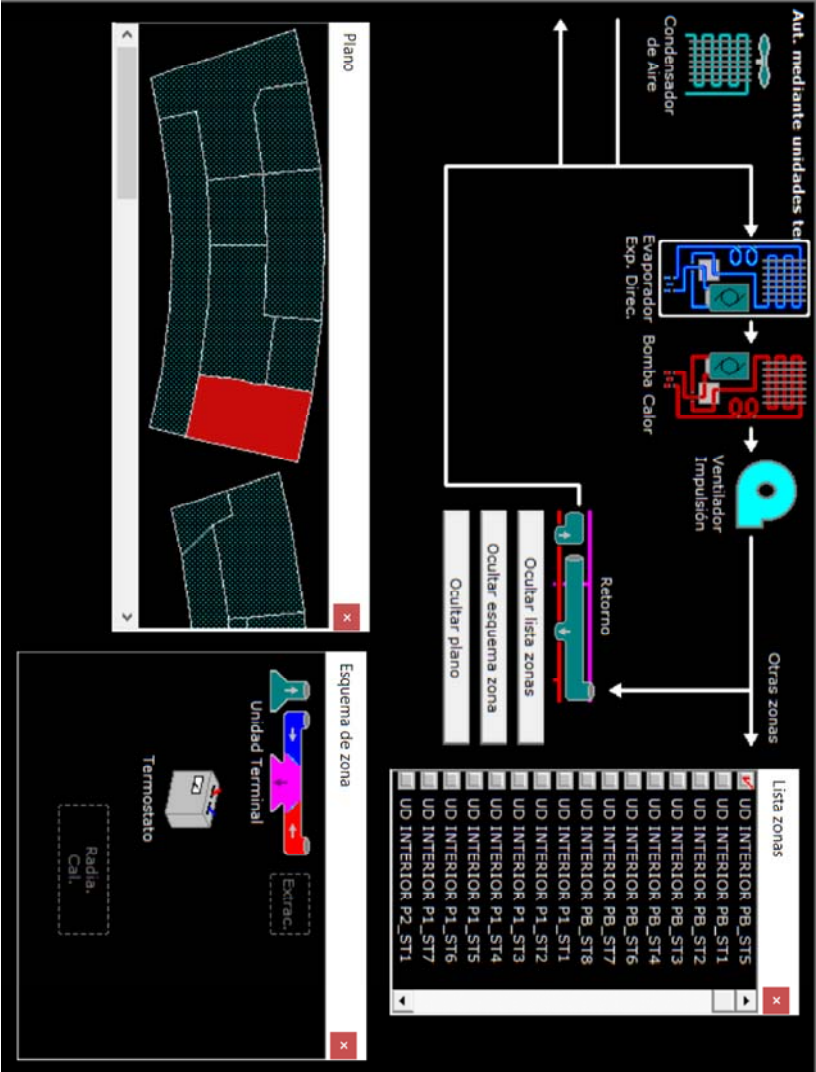
EDIFICIO PLAZA ESPAÑA. DEFINICIÓN INSTALACIONES ESTADO ACTUAL CON CALENER GT				
AUTOR: ALBERTO BERMUDO GARCIA		TUTOR: D. JOSÉ LUIS MOLINA FÉLIX		PLANO N° 5
				ESCALA 1:250 07/ 05/ 2020



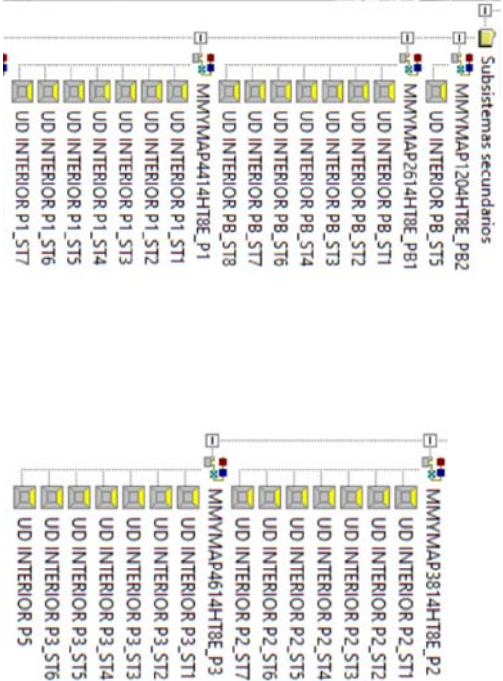
VISTA EN PERSPECTIVA DE FACHADA SUROESTE. EXPORTADA DESDE HULC HASTA CALENER GT



VISTA EN PERSPECTIVA FACHADA NORESTE. EXPORTADA DESDE HULC HASTA CALENER GT

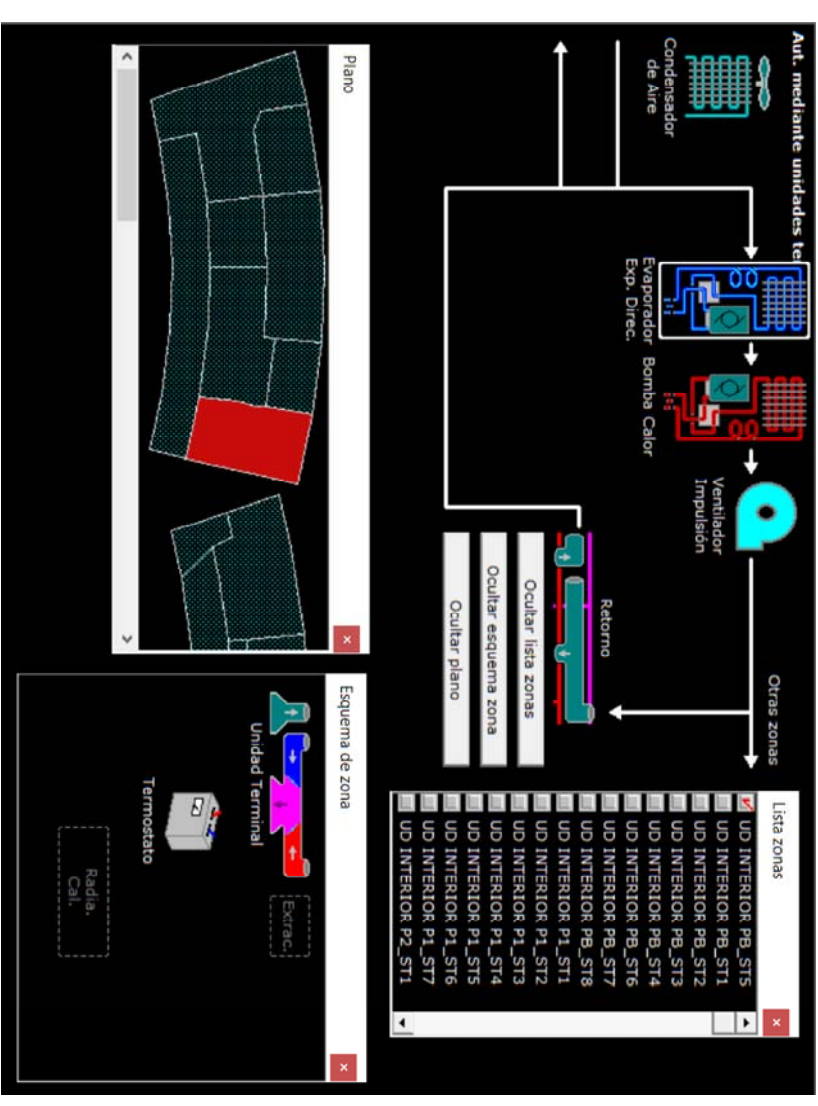
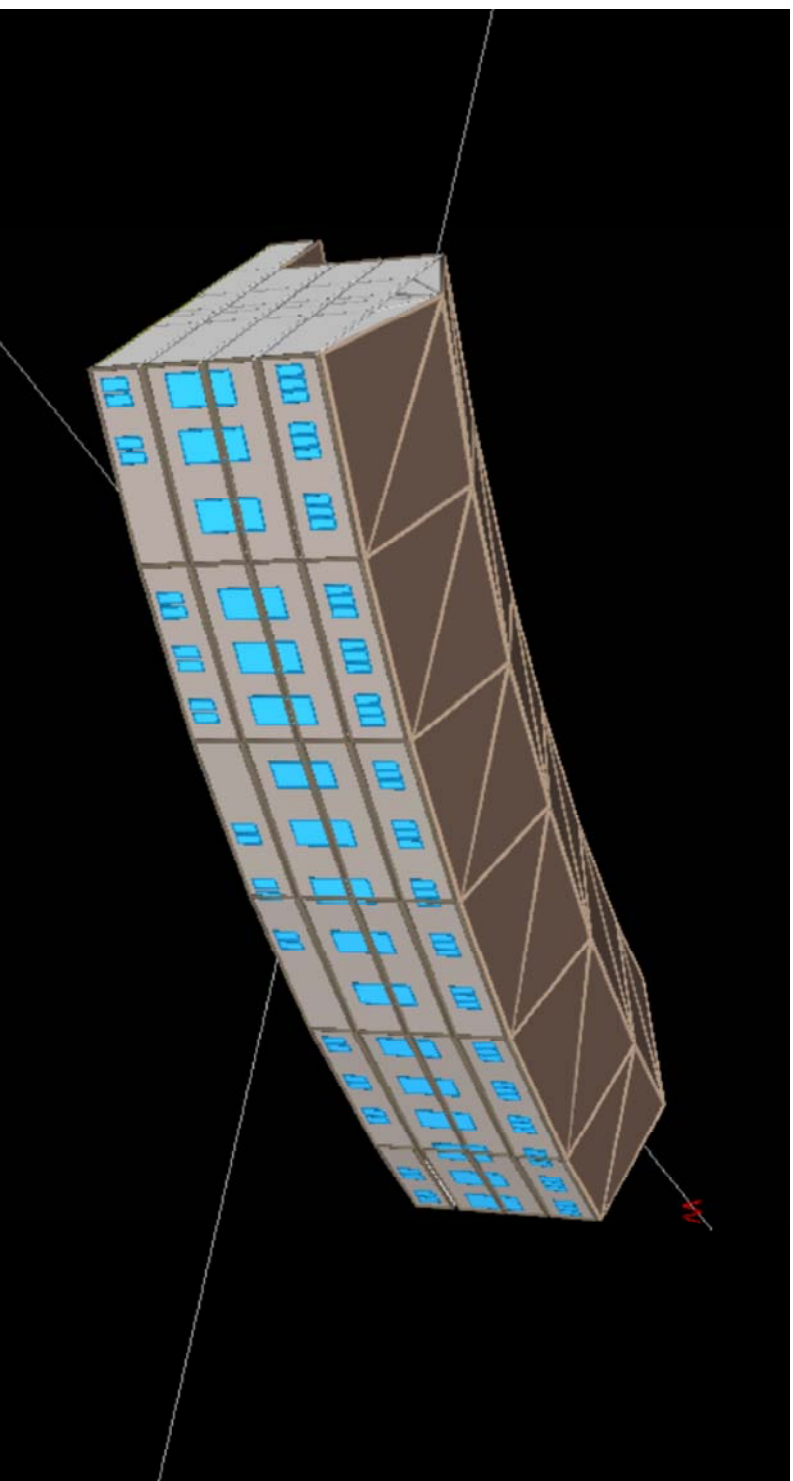
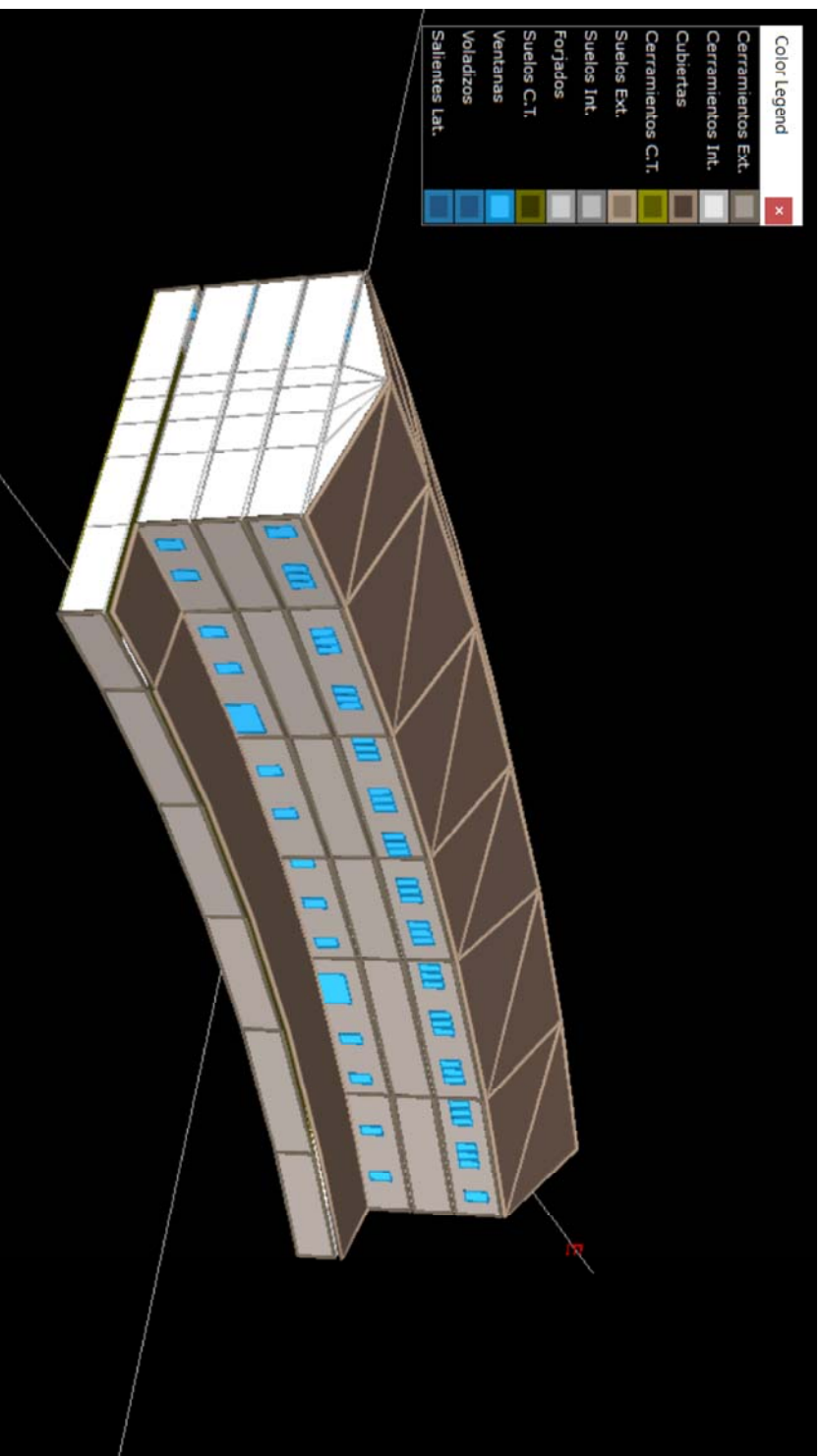


ESQUEMA INSTALACIÓN EQUIPO AUTÓNOMO CON UNIDADES TERMINALES. DAIKIN



ARBOL DE ELEMENTOS QUE COMPONENE EL SISTEMA VAV
UNIDADES EXTERIORES E INTERIORES

EDIFICIO PLAZA ESPAÑA. DEFINICIÓN INSTALACIONES VAV TOSHIBA CON CALENER GT			
AUTOR: ALBERTO BERMUDO GARCIA	TUTOR: D. JOSÉ LUIS MOLINA FÉLIX	PLANO N° 6	
		ESCALA 1:250	07/ 05/ 2020



EDIFICIO PLAZA ESPAÑA. DEFINICIÓN INSTALACIONES			
VRV DAIKIN CON CALENER GT			
AUTOR: ALBERTO BERMUDO GARCÍA	TUTOR: D. JOSÉ LUIS MOLINA FÉLIX	PLANO N° 7	
		ESCALA 1:250	07 / 05 / 2020

8 ANEXOS

8.1 Anexo 1. Presupuestos discretos de las posibles mejoras de envolvente

Mejora Cerramiento 1. Trasdoso directo de placas de yeso laminado con aislamiento incorporado, sistema "PLADUR". m²					
Trasdoso directo, sistema Enairgy Standard 0,55 "PLADUR", realizado con panel transformado Enairgy Standard (EPS) - [10+20 estándar], recibido con mortero adhesivo Enairgy MA sobre el paramento vertical; 35 mm de espesor total. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares y las ayudas de albañilería para instalaciones.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud/m²]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€/m²]
1 Materiales					
1.1	kg	Mortero adhesivo Enairgy MA "PLADUR", para la fijación de placas de yeso laminado con aislamiento incorporado, color gris, Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, rango de temperatura de trabajo de 5 a 35°C, para aplicación manual, según UNE-EN 14496.	5,250	0,04	0,21
1.2	m²	Panel transformado, Enairgy Standard (EPS), Isopop 38, 10N 10+20 "PLADUR" formado por una placa de yeso laminado A / UNE-EN 13950 - 1200 / 2600 / 10+20 / con los bordes longitudinales afinados que lleva adherida una lámina de poliestireno expandido de 15 kg/m³ de densidad.	1,050	8,94	9,39
1.3	kg	Pasta de secado en polvo JN "PLADUR", 3A, color blanco, Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, rango de temperatura de trabajo de 5 a 35°C, para aplicación manual con cinta de juntas, según UNE-EN 13963.	0,432	1,17	0,51
1.4	m	Cinta microperforada de papel "PLADUR", de 51 mm de anchura y 0,215 mm de espesor, según UNE-EN 13963.	1,300	0,04	0,05
Subtotal materiales:					10,16
2 Mano de obra					
2.1	h	Oficial 1ª montador de prefabricados interiores.	0,286	19,11	5,47
2.2	h	Ayudante montador de prefabricados interiores.	0,286	17,53	5,01
Subtotal mano de obra:					10,48
3 Costes directos complementarios					
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	20,64	0,41
Costes directos (1+2+3):					21,05

Tabla 39. Presupuesto Unitario Mejora Cerramiento 1

Mejora Cerramiento 2. Tabique de placas de yeso laminado, sistema "PLADUR". m²					
Tabique sencillo sistema 76 (46) MW "PLADUR" (2 estándar) con placas de yeso laminado, sobre banda estanca autoadhesiva "PLADUR", formado por una estructura simple, con disposición normal "N" de los montantes; aislamiento acústico mediante panel semirrígido de lana mineral, espesor 45 mm, en el alma; 76 mm de espesor total. El precio incluye la resolución de encuentros y puntos singulares y las ayudas de albañilería para instalaciones.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud/m²]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€/m²]
1 Materiales					
1.1	m	Banda estanca autoadhesiva de espuma de poliuretano de celdas cerradas "PLADUR", de 3 mm de espesor y 46 mm de anchura, resistencia térmica 0,10 m²K/W, conductividad térmica 0,034 W/(mK).	1,720	0,26	0,45
1.2	m	Canal C "PLADUR", de 48 mm de anchura, de acero galvanizado Z1 (Z140), según UNE-EN 14195.	0,950	0,89	0,85
1.3	m	Montante M "PLADUR", de 46 mm de anchura, de acero galvanizado Z1 (Z140), según UNE-EN 14195.	2,330	1,02	2,38

1.4	m²	Panel semirrígido de lana mineral, espesor 45 mm, según UNE-EN 13162.	1,050	2,99	3,14
1.5	m²	Placa de yeso laminado A / UNE-EN 520 - 1200 / 2800 / 15 / con los bordes longitudinales afinados, estándar "PLADUR", Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1.	2,100	6,92	14,53
1.6	Ud	Tornillo autorroscante de acero revestido con fosfatos, PM 3,5x25 "PLADUR", con cabeza de trompeta y punta afilada; para la fijación de placas de yeso laminado a perfiles metálicos de hasta 0,75 mm de espesor.	30,000	0,01	0,30
1.7	Ud	Tornillo autoperforante de acero zincado, MM 3,5x9,5 "PLADUR", de cabeza redonda y punta de broca; para la unión de perfiles metálicos de hasta 2,25 mm de espesor.	3,000	0,01	0,03
1.8	kg	Pasta de secado en polvo JN "PLADUR", 3A, color blanco, Euroclase A2-s1, d0 de reacción al fuego, según UNE-EN 13501-1, rango de temperatura de trabajo de 5 a 35°C, para aplicación manual con cinta de juntas, según UNE-EN 13963.	0,882	1,17	1,03
1.9	m	Cinta microperforada de papel "PLADUR", de 51 mm de anchura y 0,215 mm de espesor, según UNE-EN 13963.	3,150	0,04	0,13
1.10	m	Cinta microperforada de papel con refuerzo metálico "PLADUR", de 50 mm de anchura y 0,215 mm de espesor.	0,300	0,36	0,11
Subtotal materiales:					22,95
2	Mano de obra				
	h	Oficial 1ª montador de prefabricados interiores.	0,306	19,11	5,85
	h	Ayudante montador de prefabricados interiores.	0,306	17,53	5,36
Subtotal mano de obra:					11,21
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	34,16	0,68
Costes directos (1+2+3):					34,84

Tabla 40. Presupuesto Unitario Mejora Cerramiento

Mejora Vidrio 1. Doble acristalamiento.					m²
Doble acristalamiento estándar, 4/6/4, conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 6 mm, y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor, para hojas de vidrio de superficie entre 3 y 4 m²; 14 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acañado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona sintética incolora, compatible con el material soporte, para hojas de vidrio de superficie entre 3 y 4 m².					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud/m²]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€/m²]
1	Materiales				
1.1	m²	Doble acristalamiento estándar, 4/6/4 conjunto formado por vidrio exterior Float incoloro de 4 mm, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 6 mm, y vidrio interior Float incoloro de 4 mm de espesor, para hojas de vidrio de superficie entre 3 y 4 m²; 14 mm de espesor total.	1,006	24,11	24,25
1.2	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona neutra, incolora, dureza Shore A aproximada de 23, según UNE-EN ISO 868 y recuperación elástica >=80%, según UNE-EN ISO 7389.	0,580	5,77	3,35
1.3	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,000	1,26	1,26
Subtotal materiales:					28,86
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª cristallero.	0,340	19,85	6,75
2.2	h	Ayudante cristallero.	0,340	18,75	6,38
Subtotal mano de obra:					13,13
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	41,99	0,84

Tabla 41. Presupuesto Unitario Mejora Vidrio 1

Mejora Vidrio 2. Doble acristalamiento "SAINT GOBAIN".					m ²
Doble acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 4/10 aire/4 "SAINT GOBAIN", conjunto formado por vidrio exterior PLANITHERM XN de 4 mm, con capa de baja emisividad térmica incorporada en la cara interior, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior PLANICLEAR de 4 mm de espesor, para hojas de vidrio de superficie entre 3 y 4 m ² ; 18 mm de espesor total, fijado sobre carpintería con acuñado mediante calzos de apoyo perimetrales y laterales, sellado en frío con silicona Sikasil WS-305-N "SIKA", compatible con el material soporte, para hojas de vidrio de superficie entre 3 y 4 m ² .					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud/m ²]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€/m ²]
1	Materiales				
1.1	m ²	Doble acristalamiento SGG CLIMALIT PLUS PLANITHERM XN F2 4/10 aire/4 "SAINT GOBAIN", conjunto formado por vidrio exterior PLANITHERM XN de 4 mm, con capa de baja emisividad térmica incorporada en la cara interior, cámara de aire deshidratada con perfil separador de aluminio y doble sellado perimetral, de 10 mm, y vidrio interior PLANICLEAR de 4 mm de espesor, para hojas de vidrio de superficie entre 3 y 4 m ² ; 18 mm de espesor total.	1,006	58,57	58,92
1.2	Ud	Cartucho de 310 ml de silicona sintética incolora Elastosil WS-305-N "SIKA" (rendimiento aproximado de 12 m por cartucho).	0,580	2,47	1,43
1.3	Ud	Material auxiliar para la colocación de vidrios.	1,000	1,26	1,26
Subtotal materiales:					61,61
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª cristalero.	0,340	19,85	6,75
2.2	h	Ayudante cristalero.	0,340	18,75	6,38
Subtotal mano de obra:					13,13
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	74,74	1,49
Costes directos (1+2+3):					76,23

Tabla 42. Presupuesto Unitario Mejora Vidrio 2

Mejora Cubierta 1. Aislamiento térmico por el interior de cubiertas inclinadas de estructura de madera, sobre espacio habitable.					m ²
Aislamiento térmico por el interior de cubiertas inclinadas de estructura de madera, sobre espacio habitable, formado por: panel lana mineral de lana de roca volcánica Rockcalm -E- 211 "ROCKWOOL", según UNE-EN 13162, no revestido, de 80 mm de espesor, resistencia térmica 2,25 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), colocado a tope y fijado mecánicamente, preparado para recibir el trasdosado interior que sea compatible con él.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud/m ²]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€/m ²]
1	Materiales				
1.1	m ²	Panel semirrígido de lana de roca volcánica Rockcalm -E- 211 "ROCKWOOL", según UNE-EN 13162, no revestido, de 80 mm de espesor, resistencia térmica 2,25 m ² K/W, conductividad térmica 0,035 W/(mK), densidad 40 kg/m ³ , calor específico 840 J/kgK y factor de resistencia a la difusión del vapor de agua 1.	1,050	10,52	11,05
1.2	Ud	Espiga especial para madera de 6 mm de diámetro y 80 mm de longitud.	6,000	0,58	3,48
Subtotal materiales:					14,53
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,100	19,11	1,91
2.2	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,100	17,53	1,75

					Subtotal mano de obra:	3,66
3	Costes directos complementarios					
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	18,19		0,36
					Costes directos (1+2+3):	18,55

Tabla 43. Presupuesto Unitario Mejora Cubierta 1

Mejora Cubierta 2. Aislamiento térmico por el interior de cubiertas inclinadas de estructura de madera, sobre espacio habitable. Sistema Homeseal "KNAUF INSULATION".						m²
Aislamiento térmico por el interior de cubiertas inclinadas de estructura de madera, sobre espacio habitable, formado por: una capa de panel de lana mineral, no revestido, suministrado en rollos, Naturoll 032 "KNAUF INSULATION", de 160 mm de espesor, según UNE-EN 13162, resistencia térmica 5 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK). Incluso lámina de difusión variable, con armadura, Homeseal LDS Flex Plus "KNAUF INSULATION", de poliéster y poliamida, de 0,2 mm de espesor, de 0,2 a 20 m de espesor de aire equivalente frente a la difusión de vapor de agua, según UNE-EN 1931, cinta adhesiva Homeseal LDS Solipan-1 "KNAUF INSULATION", de 6 cm de anchura, revestida con papel kraft, para la fijación y el sellado de láminas para el control del vapor y adhesivo de sellado Homeseal LDS Solimur "KNAUF INSULATION", para la estanqueidad periférica de láminas para el control del vapor.						
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud/m²]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€/m²]	
1	Materiales					
1.1	m²	Panel de lana mineral, no revestido, suministrado en rollos, Naturoll 032 "KNAUF INSULATION", de 160 mm de espesor, según UNE-EN 13162, con certificado de calidad del aire interior Eurofins Gold, resistencia térmica 5 m²K/W, conductividad térmica 0,032 W/(mK), Euroclase A1 de reacción al fuego, con código de designación MW-EN 13162-T4-WS-WL(P)-AFr5, de aplicación como aislante térmico y acústico en tabiques y trasdosados de yeso laminado, cerramientos verticales y particiones de fábrica. Las resinas empleadas en la fabricación no contienen formaldehído ni fenoles (E-Technology).	2,100	17,95	37,70	
1.2	m²	Lámina de difusión variable, con armadura, Homeseal LDS Flex Plus "KNAUF INSULATION", de poliéster y poliamida, de 0,2 mm de espesor, de 0,2 a 20 m de espesor de aire equivalente frente a la difusión de vapor de agua, según UNE-EN 1931.	1,100	3,08	3,39	
1.3	m	Cinta adhesiva Homeseal LDS Solipan-1 "KNAUF INSULATION", de 6 cm de anchura, revestida con papel kraft, para la fijación y el sellado de láminas para el control del vapor.	1,100	0,70	0,77	
1.4	Ud	Cartucho de 310 ml de adhesivo de sellado Homeseal LDS Solimur "KNAUF INSULATION", para la estanqueidad periférica de láminas para el control del vapor.	0,060	6,36	0,38	
Subtotal materiales:					42,24	
2	Mano de obra					
2.1	h	Oficial 1ª montador de aislamientos.	0,220	19,11	4,20	
2.2	h	Ayudante montador de aislamientos.	0,245	17,53	4,29	
Subtotal mano de obra:					8,49	
3	Costes directos complementarios					
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	50,73	1,01	
Costes directos (1+2+3):					51,74	

Tabla 44. Presupuesto Unitario Mejora Cubierta 2

8.2 Anexo 2. Proyecto Instalación VRV de Toshiba

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla



Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla

Índice	1
Nota del proyecto	2
Listado de unidades del proyecto	3
Cumplimiento del proyecto	5
Planta Baja Sistema 1	10
Planta Baja Sistema 1 Lista de unidades	10
Planta Baja Sistema 1 Esquema general	12
Planta Baja Sistema 1 Esquema de tuberías y cableado	13
Planta Baja Sistema 2	14
Planta Baja Sistema 2 Lista de unidades	14
Planta Baja Sistema 2 Esquema general	15
Planta Baja Sistema 2 Esquema de tuberías y cableado	16
Planta Primera Sistema 1	17
Planta Primera Sistema 1 Lista de unidades	17
Planta Primera Sistema 1 Esquema general	19
Planta Primera Sistema 1 Esquema de tuberías y cableado	20
Planta Segunda Sistema 1	21
Planta Segunda Sistema 1 Lista de unidades	21
Planta Segunda Sistema 1 Esquema general	23
Planta Segunda Sistema 1 Esquema de tuberías y cableado	24
Planta Tercera Sistema 1	25
Planta Tercera Sistema 1 Lista de unidades	25
Planta Tercera Sistema 1 Esquema general	27
Planta Tercera Sistema 1 Esquema de tuberías y cableado	28

Proyecto: Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla

Notas:

Equivalent length is calculated by coefficients:
1:Planta Baja Sistema 1, Planta Baja Sistema 2 And Planta Primera Sistema 1 And Planta Segunda Sistema 1 And Planta Tercera Sistema 1
The user is responsible for ensuring that all data entered is correct.
Equipment selections have been based on the Design Guidelines stated within the Toshiba SMMS-e/SHRM-e/Mini-SMMS-e/Side Blow VRF Installation Manual.
It is the responsibility of the consultant or contractor, to verify and confirm that the equipment selection and system design is correct before installation.
Please note that in the event of future system expansion being allowed for in the system design or a change in cooling/heating requirements, a re-evaluation of the air conditioning system must be made prior to final installation.

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla

Unidades Exteriores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMY-AP2616FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1206HT8P-E	1	Super Modular Multi System (SMMS-e)
MMY-AP4416FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-AP3816FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-AP4616FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)

Unidades Interiores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMU-AP0057MH-E	22	0.6HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0097MH-E	39	1.0HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0077MH-E	27	0.8HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0157MH-E	52	1.7HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0187MH-E	6	2.0HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0127MH-E	27	1.3HP Compact 4-way Cassette

Juntas de Derivación

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-BT24FE	6	Outdoor Unit Branch Kit
RBM-BY55E	38	Y-Joint
RBM-BY205FE	6	Y-Joint
RBM-BY305FE	14	Y-Joint
RBM-BY55FE	1	Y-Joint
RBM-BY105E	5	Y-Joint
RBM-BY105FE	6	Y-Joint

Selectores de Flujo

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-Y1801F6PE	3	Multi Flow Selector (6way)
RBM-Y1801F4PE	28	Multi Flow Selector (4way)

Accesorios

Modelo	Cantidad	Descripción
RBC-AMT32E	173	Wired remote controller
RBC-UM21PG(W)-E	173	Ceiling Panel

Longitud de Tubería

Diámetro de tubería	Longitud total	Gas	Descarga	Líquido
1/4"	886.20 m	0.00 m	0.00 m	886.20 m
3/8"	1007.20 m	647.60 m	0.00 m	359.60 m
1/2"	513.70 m	291.60 m	59.00 m	163.10 m
5/8"	337.60 m	306.60 m	0.00 m	31.00 m
3/4"	125.90 m	0.00 m	60.50 m	65.40 m
7/8"	271.70 m	75.10 m	57.00 m	139.60 m
1-1/8"	233.90 m	145.00 m	88.90 m	0.00 m
1-3/8"	179.00 m	88.90 m	90.10 m	0.00 m
1-5/8"	90.10 m	90.10 m	0.00 m	0.00 m

Carga Adicional de Refrigerante

Refrigerante (R410A)	Cantidad	Descripción
Unidad exterior	22.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	37.844 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro

Carga Adicional de Refrigerante

Refrigerante (R410A)	Cantidad	Descripción
Unidad exterior	11.500 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	17.594 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
Unidad exterior	33.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	58.417 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
Unidad exterior	22.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	59.968 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
Unidad exterior	33.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	61.976 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
TOTAL:		357.299 kg

Temperatura Exterior de Diseño

Sistema	Modo	Descripción	Temperatura
Planta Baja Sistema 1	Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	42.8 °C
	Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	-0.4 °C
Planta Baja Sistema 2	Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C
	Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C
Planta Primera Sistema 1	Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C
	Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C
Planta Segunda Sistema 1	Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C
	Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C
Planta Tercera Sistema 1	Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C
	Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla Cumplimiento

Planta Baja Sistema 1

Reglas	Especificación	Diseño	Ok
Outdoor Units	-	2 Unit	✓
Indoor Units (Control Boards)	58 Unit	25 Unit	✓
Outdoor Combined Rated HP	-	26 HP	✓
Outdoor Combined Rated Cooling	-	73.50 kW	✓
Outdoor Combined Rated Heating	-	82.50 kW	✓
Indoor Combined Rated Cooling	-	83.20 kW	✓
Indoor Combined Corrected Cooling	-	59.02 kW	✓
Indoor Combined Rated Heating	-	93.00 kW	✓
Indoor Combined Corrected Heating	-	63.96 kW	✓
Indoor Units Combined Capacity Code	-	30.3	✓
Outdoor Combined Capacity Code	-	26	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco exterior (refrigeración)	-10.0°C - 46.0°C	42.8°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo exterior (calefacción)	-20.0°C - 15.5°C	-0.4°C	✓
Rango de temperatura del bulbo seco interior (refrigeración)	18.0°C - 32.0°C	27.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo interior (refrigeración)	15.0°C - 24.0°C	19.0°C	✓
Rango de humedad relativa interior (refrigeración):	20% - 80%	47%	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco interior (calefacción)	15.0°C - 28.0°C	20.0°C	✓
Capacity Ratio	70 - 135%	116.4 %	✓
Total Pipe Length	300.00 m	273.00 m	✓
Farthest Piping Real Length	180.00 m	66.00 m	✓
Farthest Piping Equivalent Length	195.00 m	66.00 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Real Length	-	52.00 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Equivalent Length	65.00 m	52.00 m	✓
Farthest Piping Between Outdoor Units Equivalent Length	15.00 m	1.00 m	✓
Main Piping Real Length(L1)	100.00 m	13.00 m	✓
Main Piping Equivalent Length(L1e)	120.00 m	13.00 m	✓
Greatest Indoor Unit Connecting Piping Real Length	30.00 m	7.00 m	✓
Total Real Piping Length Per Branch in One Multi FS Unit (4/6 branch)	50.00 m	29.00 m	✓
Greatest Outdoor Unit Connecting Piping Equivalent Length	10.00 m	1.00 m	✓
Greatest Piping Between Branches Equivalent Length	50.00 m	17.00 m	✓
Highest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Lowest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Highest Indoor Unit	30.00 m	0.00 m	✓
Lowest Indoor Unit	70.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Between Indoor and Outdoor Units(H1)	-	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units(H2)	40.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Outdoor Units(H3)	5.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units in One Flow Selector Ur	3.00 m	0.00 m	✓
Total Piping Real Length After Multi Flow Selector (4ports)	120.00 m	76.50 m	✓
Total Piping Real Length After Multi Flow Selector (6ports)	180.00 m	72.50 m	✓
Lowest Indoor Unit(Sub Condition 1)	-	0	✓
Limit Density	0.440 kg/m³	0.000 kg/m³	✓
Additional Charge	-	37.844 kg	✓
Total Charge	-	59.844 kg	✓
Central Control			✓

Estado Global

✓

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla Cumplimiento

Planta Baja Sistema 2

Reglas	Especificación	Diseño	Ok
Outdoor Units	-	1 Unit	✓
Indoor Units (Control Boards)	27 Unit	8 Unit	✓
Outdoor Combined Rated HP	-	12 HP	✓
Outdoor Combined Rated Cooling	-	33.50 kW	✓
Outdoor Combined Rated Heating	-	37.50 kW	✓
Indoor Combined Rated Cooling	-	36.00 kW	✓
Indoor Combined Corrected Cooling	-	28.80 kW	✓
Indoor Combined Rated Heating	-	40.00 kW	✓
Indoor Combined Corrected Heating	-	35.57 kW	✓
Indoor Units Combined Capacity Code	-	13.6	✓
Outdoor Combined Capacity Code	-	12	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco exterior (refrigeración)	-5.0°C - 46.0°C	35.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo exterior (calefacción)	-20.0°C - 15.5°C	6.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo seco interior (refrigeración)	18.0°C - 32.0°C	27.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo interior (refrigeración)	15.0°C - 24.0°C	19.0°C	✓
Rango de humedad relativa interior (refrigeración):	20% - 80%	47%	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco interior (calefacción)	15.0°C - 28.0°C	20.0°C	✓
Capacity Ratio	50 - 135%	113.3 %	✓
Total Pipe Length	300.00 m	118.40 m	✓
Farthest Piping Real Length	170.00 m	114.40 m	✓
Farthest Piping Equivalent Length	210.00 m	114.40 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Real Length	-	27.40 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Equivalent Length	90.00 m	27.40 m	✓
Farthest Piping Between Outdoor Units Equivalent Length	25.00 m	0.00 m	✓
Main Piping Real Length(L1)	100.00 m	87.00 m	✓
Main Piping Equivalent Length(L1e)	120.00 m	87.00 m	✓
Greatest Indoor Unit Connecting Piping Real Length	30.00 m	4.80 m	✓
Greatest Outdoor Unit Connecting Piping Equivalent Length	10.00 m	0.00 m	✓
Greatest Piping Between Branches Equivalent Length	50.00 m	4.60 m	✓
Highest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Lowest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Highest Indoor Unit	40.00 m	0.00 m	✓
Lowest Indoor Unit	70.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Between Indoor and Outdoor Units(H1)	-	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units(H2)	40.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Outdoor Units(H3)	5.00 m	0.00 m	✓
Limit Density	0.440 kg/m³	0.000 kg/m³	✓
Additional Charge	-	17.594 kg	✓
Total Charge	-	29.094 kg	✓
Central Control			✓

Estado Global

✓

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla Cumplimiento

Planta Primera Sistema 1

Reglas	Especificación	Diseño	Ok
Outdoor Units	-	3 Unit	✓
Indoor Units (Control Boards)	64 Unit	48 Unit	✓
Outdoor Combined Rated HP	-	44 HP	✓
Outdoor Combined Rated Cooling	-	125.00 kW	✓
Outdoor Combined Rated Heating	-	140.00 kW	✓
Indoor Combined Rated Cooling	-	154.60 kW	✓
Indoor Combined Corrected Cooling	-	108.04 kW	✓
Indoor Combined Rated Heating	-	174.20 kW	✓
Indoor Combined Corrected Heating	-	141.25 kW	✓
Indoor Units Combined Capacity Code	-	56.4	✓
Outdoor Combined Capacity Code	-	44	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco exterior (refrigeración)	-10.0°C - 46.0°C	35.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo exterior (calefacción)	-20.0°C - 15.5°C	6.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo seco interior (refrigeración)	18.0°C - 32.0°C	27.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo interior (refrigeración)	15.0°C - 24.0°C	19.0°C	✓
Rango de humedad relativa interior (refrigeración):	20% - 80%	47%	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco interior (calefacción)	15.0°C - 28.0°C	20.0°C	✓
Capacity Ratio	70 - 135%	128.1 %	✓
Total Pipe Length	1000.00 m	435.80 m	✓
Farthest Piping Real Length	170.00 m	90.00 m	✓
Farthest Piping Equivalent Length	170.00 m	90.00 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Real Length	-	63.00 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Equivalent Length	65.00 m	63.00 m	✓
Farthest Piping Between Outdoor Units Equivalent Length	15.00 m	2.00 m	✓
Main Piping Real Length(L1)	90.00 m	25.00 m	✓
Main Piping Equivalent Length(L1e)	90.00 m	25.00 m	✓
Greatest Indoor Unit Connecting Piping Real Length	30.00 m	8.60 m	✓
Total Real Piping Length Per Branch in One Multi FS Unit (4/6 branch)	50.00 m	16.00 m	✓
Greatest Outdoor Unit Connecting Piping Equivalent Length	10.00 m	1.00 m	✓
Greatest Piping Between Branches Equivalent Length	50.00 m	17.00 m	✓
Highest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Lowest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Highest Indoor Unit	30.00 m	0.00 m	✓
Lowest Indoor Unit	55.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Between Indoor and Outdoor Units(H1)	-	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units(H2)	40.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Outdoor Units(H3)	5.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units in One Flow Selector Ur	3.00 m	0.00 m	✓
Total Piping Real Length After Multi Flow Selector (4ports)	120.00 m	40.20 m	✓
Lowest Indoor Unit(Sub Condition 1)	-	0	✓
Limit Density	0.440 kg/m³	0.000 kg/m³	✓
Additional Charge	-	58.417 kg	✓
Total Charge	-	91.417 kg	✓
Central Control			✓

Estado Global

✓

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla Cumplimiento

Planta Segunda Sistema 1

Reglas	Especificación	Diseño	Ok
Outdoor Units	-	2 Unit	✓
Indoor Units (Control Boards)	64 Unit	40 Unit	✓
Outdoor Combined Rated HP	-	38 HP	✓
Outdoor Combined Rated Cooling	-	106.40 kW	✓
Outdoor Combined Rated Heating	-	114.50 kW	✓
Indoor Combined Rated Cooling	-	133.90 kW	✓
Indoor Combined Corrected Cooling	-	98.27 kW	✓
Indoor Combined Rated Heating	-	149.90 kW	✓
Indoor Combined Corrected Heating	-	116.62 kW	✓
Indoor Units Combined Capacity Code	-	49.0	✓
Outdoor Combined Capacity Code	-	38	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco exterior (refrigeración)	-10.0°C - 46.0°C	35.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo exterior (calefacción)	-20.0°C - 15.5°C	6.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo seco interior (refrigeración)	18.0°C - 32.0°C	27.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo interior (refrigeración)	15.0°C - 24.0°C	19.0°C	✓
Rango de humedad relativa interior (refrigeración):	20% - 80%	47%	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco interior (calefacción)	15.0°C - 28.0°C	20.0°C	✓
Capacity Ratio	70 - 130%	128.8 %	✓
Total Pipe Length	1000.00 m	376.50 m	✓
Farthest Piping Real Length	180.00 m	84.80 m	✓
Farthest Piping Equivalent Length	195.00 m	84.80 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Real Length	-	64.50 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Equivalent Length	65.00 m	64.50 m	✓
Farthest Piping Between Outdoor Units Equivalent Length	15.00 m	1.00 m	✓
Main Piping Real Length(L1)	100.00 m	19.30 m	✓
Main Piping Equivalent Length(L1e)	120.00 m	19.30 m	✓
Greatest Indoor Unit Connecting Piping Real Length	30.00 m	12.00 m	✓
Total Real Piping Length Per Branch in One Multi FS Unit (4/6 branch)	50.00 m	18.70 m	✓
Greatest Outdoor Unit Connecting Piping Equivalent Length	10.00 m	1.00 m	✓
Greatest Piping Between Branches Equivalent Length	50.00 m	13.40 m	✓
Highest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Lowest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Highest Indoor Unit	30.00 m	0.00 m	✓
Lowest Indoor Unit	70.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Between Indoor and Outdoor Units(H1)	-	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units(H2)	40.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Outdoor Units(H3)	5.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units in One Flow Selector Ur	3.00 m	0.00 m	✓
Total Piping Real Length After Multi Flow Selector (4ports)	120.00 m	43.00 m	✓
Total Piping Real Length After Multi Flow Selector (6ports)	180.00 m	48.90 m	✓
Lowest Indoor Unit(Sub Condition 1)	-	0	✓
Limit Density	0.440 kg/m³	0.000 kg/m³	✓
Additional Charge	-	59.968 kg	✓
Total Charge	-	81.968 kg	✓
Central Control			✓

Estado Global

✓

Confederación Hidrográfica del Guadalquivir en Sevilla Cumplimiento

Planta Tercera Sistema 1

Reglas	Especificación	Diseño	Ok
Outdoor Units	-	3 Unit	✓
Indoor Units (Control Boards)	64 Unit	52 Unit	✓
Outdoor Combined Rated HP	-	46 HP	✓
Outdoor Combined Rated Cooling	-	130.40 kW	✓
Outdoor Combined Rated Heating	-	146.50 kW	✓
Indoor Combined Rated Cooling	-	163.10 kW	✓
Indoor Combined Corrected Cooling	-	115.09 kW	✓
Indoor Combined Rated Heating	-	182.80 kW	✓
Indoor Combined Corrected Heating	-	149.23 kW	✓
Indoor Units Combined Capacity Code	-	58.8	✓
Outdoor Combined Capacity Code	-	46	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco exterior (refrigeración)	-10.0°C - 46.0°C	35.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo exterior (calefacción)	-20.0°C - 15.5°C	6.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo seco interior (refrigeración)	18.0°C - 32.0°C	27.0°C	✓
Rango de temperatura del bulbo húmedo interior (refrigeración)	15.0°C - 24.0°C	19.0°C	✓
Rango de humedad relativa interior (refrigeración):	20% - 80%	47%	✓
Intervalo de temperatura del bulbo seco interior (calefacción)	15.0°C - 28.0°C	20.0°C	✓
Capacity Ratio	70 - 135%	127.8 %	✓
Total Pipe Length	1000.00 m	441.20 m	✓
Farthest Piping Real Length	160.00 m	81.70 m	✓
Farthest Piping Equivalent Length	160.00 m	81.70 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Real Length	-	62.70 m	✓
Farthest Piping From 1st Indoor Branching Equivalent Length	65.00 m	62.70 m	✓
Farthest Piping Between Outdoor Units Equivalent Length	15.00 m	2.00 m	✓
Main Piping Real Length(L1)	80.00 m	17.00 m	✓
Main Piping Equivalent Length(L1e)	80.00 m	17.00 m	✓
Greatest Indoor Unit Connecting Piping Real Length	30.00 m	10.00 m	✓
Total Real Piping Length Per Branch in One Multi FS Unit (4/6 branch)	50.00 m	26.00 m	✓
Greatest Outdoor Unit Connecting Piping Equivalent Length	10.00 m	1.00 m	✓
Greatest Piping Between Branches Equivalent Length	50.00 m	22.00 m	✓
Highest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Lowest Outdoor Unit	-	0.00 m	✓
Highest Indoor Unit	30.00 m	0.00 m	✓
Lowest Indoor Unit	50.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Between Indoor and Outdoor Units(H1)	-	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units(H2)	40.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Outdoor Units(H3)	5.00 m	0.00 m	✓
Greatest Height Difference Between Indoor Units in One Flow Selector Ur	3.00 m	0.00 m	✓
Total Piping Real Length After Multi Flow Selector (4ports)	120.00 m	58.80 m	✓
Total Piping Real Length After Multi Flow Selector (6ports)	180.00 m	70.00 m	✓
Lowest Indoor Unit(Sub Condition 1)	-	0	✓
Limit Density	0.440 kg/m³	0.000 kg/m³	✓
Additional Charge	-	61.976 kg	✓
Total Charge	-	94.976 kg	✓
Central Control			✓

Estado Global

✓

Planta Baja Sistema 1

Unidades Exteriores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMY-AP2616FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1406FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1206FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)

Unidades Interiores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMU-AP0057MH-E	6	0.6HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0097MH-E	4	1.0HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0077MH-E	1	0.8HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0157MH-E	8	1.7HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0187MH-E	1	2.0HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0127MH-E	5	1.3HP Compact 4-way Cassette

Juntas de Derivación

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-BT24FE	1	Outdoor Unit Branch Kit
RBM-BY55E	8	Y-Joint
RBM-BY205FE	1	Y-Joint
RBM-BY305FE	1	Y-Joint
RBM-BY55FE	1	Y-Joint

Selectores de Flujo

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-Y1801F6PE	1	Multi Flow Selector (6way)
RBM-Y1801F4PE	3	Multi Flow Selector (4way)

Accesorios

Modelo	Cantidad	Descripción
RBC-AMT32E	25	Wired remote controller
RBC-UM21PG(W)-E	25	Ceiling Panel

Longitud de Tubería

Díámetro de tubería	Longitud total	Gas	Descarga	Líquido
1/4"	108.00 m	0.00 m	0.00 m	108.00 m
3/8"	196.50 m	72.50 m	0.00 m	124.00 m
1/2"	90.50 m	70.50 m	18.00 m	2.00 m
5/8"	99.00 m	89.00 m	0.00 m	10.00 m
3/4"	18.00 m	0.00 m	2.00 m	16.00 m
7/8"	24.00 m	1.00 m	10.00 m	13.00 m
1-1/8"	40.00 m	11.00 m	29.00 m	0.00 m
1-3/8"	29.00 m	29.00 m	0.00 m	0.00 m

Carga Adicional de Refrigerante

Refrigerante (R410A)	Cantidad	Descripción
Unidad exterior	22.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	37.844 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
TOTAL:	59.844 kg	

Temperatura Exterior de Diseño

Modo	Descripción	Temperature
Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	42.8 °C
Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	-0.4 °C

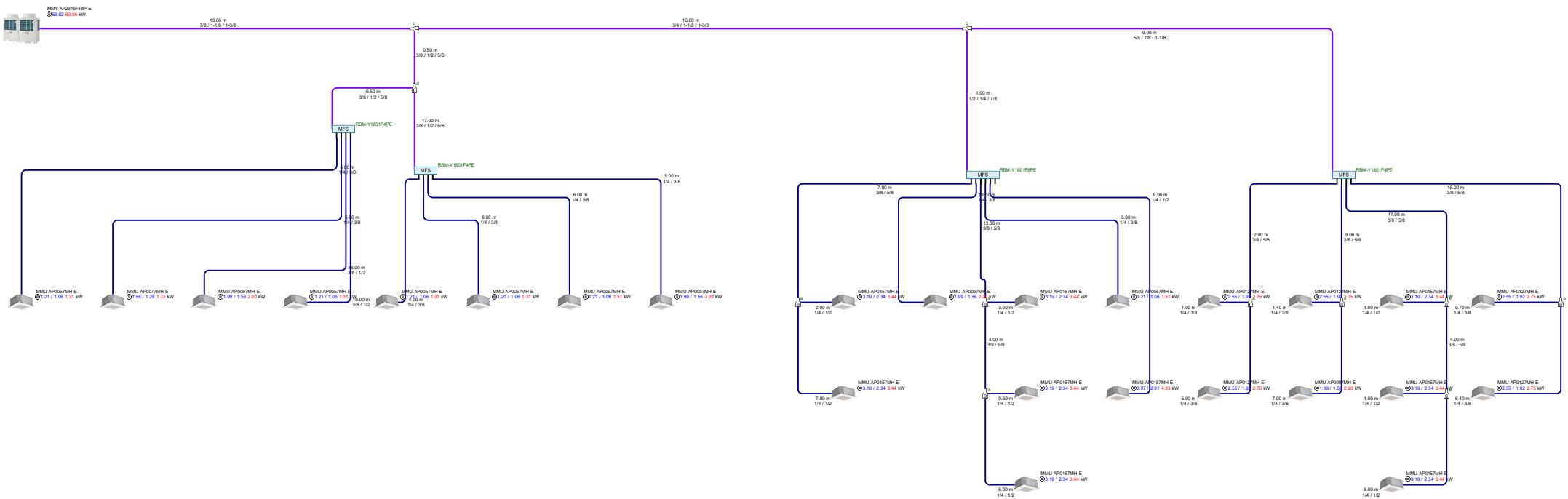
Información Eléctrica (Exteriores)

Propiedad	Valor	Descripción
MOCP (A)	80	Maximum Overcurrent Protection
MCA (A)	66.8	Minimum Circuit Amps
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Información Eléctrica (Interiores)

Propiedad	Valor	Descripción
Total MCA (A)	10.29	
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Planta Baja Sistema 1



Información del sistema	
Unidades interiores	25 of 58
Capacity Ratio	116.4%
Longitud total de las tuberías	2763.00 m
Indoor Cap. Tot./Sen.	59.02 kW/45.12 kW
Indoor Cap. Heat.	63.96 kW
Building diversity	0%

Outdoor/Indoor Legend	
Unit Name	
Model Name	
Room Name	
Capacidad corregida	Tot./Sens./ Heat.

Piping Legend	
Actual Length	
Liquid / Discharge Gas / Suction Gas diameters	
Note: It is the responsibility of the consultant or contractor, to verify and confirm that the equipment selection and system design is correct before installation.	

Branches Legend		
a	RBM-BY55E	(x8)
b	RBM-BY205FE	(x1)
c	RBM-BY305FE	(x1)
d	RBM-BY55FE	(x1)

Flow Selector Legend		
	RBM-Y1801F6PE	(x1)
	RBM-Y1801F4PE	(x3)

Control Wiring Legend
Outdoor - Indoor Control Wiring*
Central Control Wiring*
Outdoor Units Control Wiring*
Remote Controller Wiring*

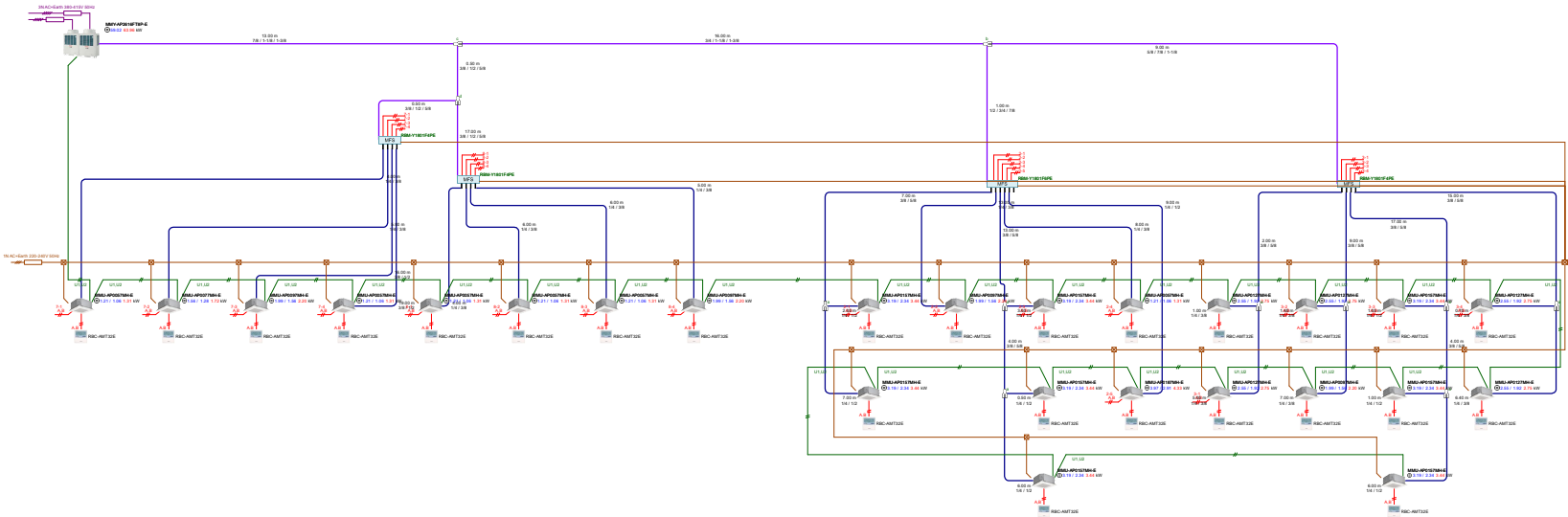
Label
U1,U2
U3,U4
U5,U6
A,B

Wiring Size and Length
1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
1.25mm² to 2.0mm² up to 100m
0.5mm² to 2.0mm² up to 500m (Wireless Remote Controller up to 400m). Group Control wiring is up to 200m

* 2 core, no polarity, shielded

Note: Power Wiring should comply with Local, National and International Regulation.

Planta Baja Sistema 1



Symbol Legend
Control
Power
Remote Control
Signal
Piping*

*Note: Pipe diameters in inch

Branches Legend
RBM-BY55E
RBM-BY205FE
RBM-BY305FE
RBM-BY55FE

a
b
c
d

(x8)
(x1)
(x1)
(x1)

Flow Selector Legend
RBM-Y1801F6PE
RBM-Y1801F4PE

(x1)
(x3)

Planta Baja Sistema 2

Unidades Exteriores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMY-MAP1206HT8P-E	1	Super Modular Multi System (SMMS-e)

Unidades Interiores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMU-AP0157MH-E	8	1.7HP Compact 4-way Cassette

Juntas de Derivación

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-BY55E	2	Y-Joint
RBM-BY105E	5	Y-Joint

Accesorios

Modelo	Cantidad	Descripción
RBC-AMT32E	8	Wired remote controller
RBC-UM21PG(W)-E	8	Ceiling Panel

Longitud de Tubería

Diámetro de tubería	Longitud total	Gas	Descarga	Líquido
1/4"	8.80 m	0.00 m	0.00 m	8.80 m
3/8"	7.00 m	0.00 m	0.00 m	7.00 m
1/2"	111.40 m	8.80 m	0.00 m	102.60 m
5/8"	7.00 m	7.00 m	0.00 m	0.00 m
7/8"	15.60 m	15.60 m	0.00 m	0.00 m
1-1/8"	87.00 m	87.00 m	0.00 m	0.00 m

Carga Adicional de Refrigerante

Refrigerante (R410A)	Cantidad	Descripción
Unidad exterior	11.500 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	17.594 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
TOTAL:	29.094 kg	

Temperatura Exterior de Diseño

Modo	Descripción	Temperature
Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C
Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C

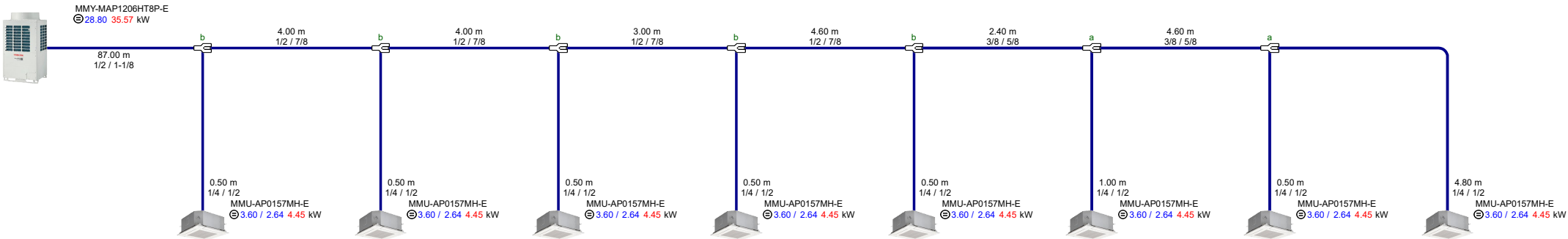
Información Eléctrica (Exteriores)

Propiedad	Valor	Descripción
MOCP (A)	32	Maximum Overcurrent Protection
MCA (A)	26.1	Minimum Circuit Amps
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Información Eléctrica (Interiores)

Propiedad	Valor	Descripción
Total MCA (A)	4.72	
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Planta Baja Sistema 2



Información del sistema	
Unidades interiores	8 of 27
Capacity Ratio	113.3%
Longitud total de las tuberías	118.40 m
Indoor Cap. Tot./Sen.	28.80 kW/21.12 kW
Indoor Cap. Heat.	35.57 kW
Building diversity	0%

Outdoor/Indoor Legend	
Unit Name	
Model Name	
Room Name	
⊖ Capacidad corregida	Tot./Sens./ Heat.

Piping Legend	
Actual Length	
Liquid / Suction Gas diameters	
Note: It is the responsibility of the consultant or contractor, to verify and confirm that the equipment selection and system design is correct before installation.	

Branches Legend		
a	RBM-BY55E	(x2)
b	RBM-BY105E	(x5)

Control Wiring Legend
Outdoor - Indoor Control Wiring*
Central Control Wiring*
Outdoor Units Control Wiring*
Remote Controller Wiring*

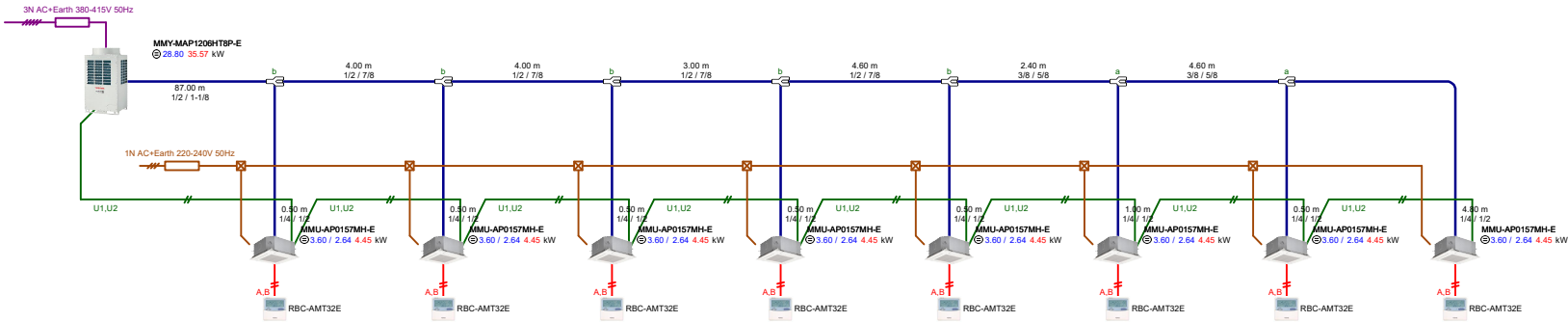
Label
U1,U2
U3,U4
U5,U6
A,B

Wiring Size and Length
1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
1.25mm² to 2.0mm² up to 100m
0.5mm² to 2.0mm² up to 500m (Wireless Remote Controller up to 400m). Group Control wiring is up to 200m

* 2 core, no polarity, shielded

Note: Power Wiring should comply with Local, National and International Regulation.

Planta Baja Sistema 2



Symbol Legend
Control
Power
Remote Control
Signal
Piping*

*Note: Pipe diameters in inch

Branches Legend
RBM-BY55E
RBM-BY105E

a
b

(x2)
(x5)

Planta Primera Sistema 1

Unidades Exteriores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMY-AP4416FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1606FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1406FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)

Unidades Interiores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMU-AP0097MH-E	19	1.0HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0057MH-E	2	0.6HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0157MH-E	12	1.7HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0077MH-E	10	0.8HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0127MH-E	3	1.3HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0187MH-E	2	2.0HP Compact 4-way Cassette

Juntas de Derivación

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-BT24FE	2	Outdoor Unit Branch Kit
RBM-BY55E	4	Y-Joint
RBM-BY305FE	4	Y-Joint
RBM-BY105FE	4	Y-Joint
RBM-BY205FE	2	Y-Joint

Selectores de Flujo

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-Y1801F4PE	11	Multi Flow Selector (4way)

Accesorios

Modelo	Cantidad	Descripción
RBC-AMT32E	48	Wired remote controller
RBC-UM21PG(W)-E	48	Ceiling Panel

Longitud de Tubería

Diámetro de tubería	Longitud total	Gas	Descarga	Líquido
1/4"	292.70 m	0.00 m	0.00 m	292.70 m
3/8"	267.30 m	220.70 m	0.00 m	46.60 m
1/2"	115.00 m	72.00 m	17.50 m	25.50 m
5/8"	65.60 m	46.60 m	0.00 m	19.00 m
3/4"	29.50 m	0.00 m	25.50 m	4.00 m
7/8"	93.50 m	25.50 m	20.00 m	48.00 m
1-1/8"	35.00 m	20.00 m	15.00 m	0.00 m
1-3/8"	51.00 m	15.00 m	36.00 m	0.00 m
1-5/8"	36.00 m	36.00 m	0.00 m	0.00 m

Carga Adicional de Refrigerante

Refrigerante (R410A)	Cantidad	Descripción
Unidad exterior	33.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	58.417 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
TOTAL:	91.417 kg	

Temperatura Exterior de Diseño

Modo	Descripción	Temperature
Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C
Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C

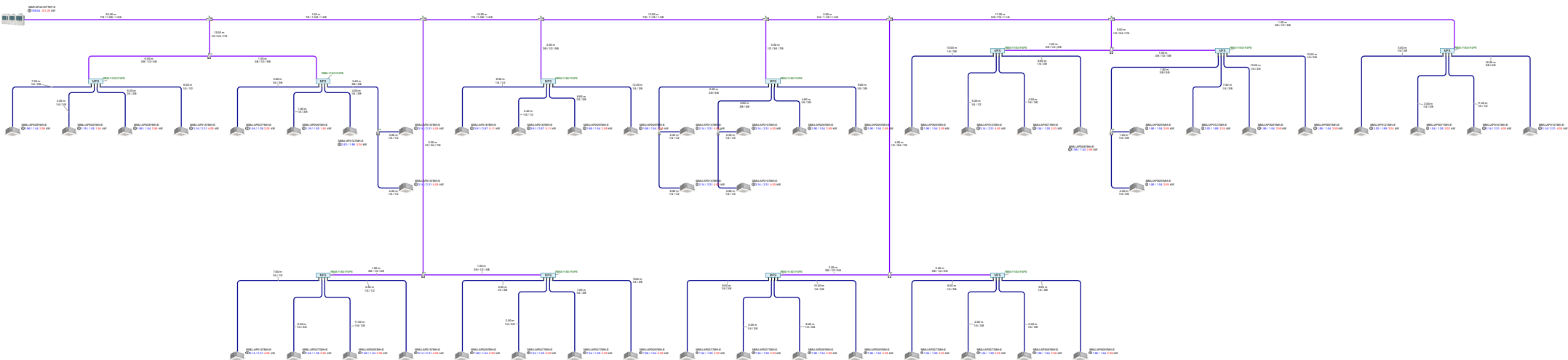
Información Eléctrica (Exteriores)

Propiedad	Valor	Descripción
MOCP (A)	125	Maximum Overcurrent Protection
MCA (A)	112.3	Minimum Circuit Amps
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Información Eléctrica (Interiores)

Propiedad	Valor	Descripción
Total MCA (A)	19.89	
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Planta Primera Sistema 1



Información del sistema	
Unidades interiores	48 of 64
Capacity Ratio	128.1%
Longitud total de las tuberías	435.80 m
Indoor Cap. Tot./Sen.	108.04 kW/82.95 kW
Indoor Cap. Heat.	141.25 kW
Building diversity	0%

Outdoor/Indoor Legend	
Unit Name	
Model Name	
Room Name	
Capacidad corregida	Tot./Sens./ Heat.

Piping Legend	
Actual Length	
Liquid / Discharge Gas / Suction Gas diameters	
Note: It is the responsibility of the consultant or contractor, to verify and confirm that the equipment selection and system design is correct before installation.	

Branches Legend		
a	RBM-BY55E	(x4)
b	RBM-BY305FE	(x4)
c	RBM-BY105FE	(x4)
d	RBM-BY205FE	(x2)

Flow Selector Legend	
	RBM-Y1801F4PE (x11)

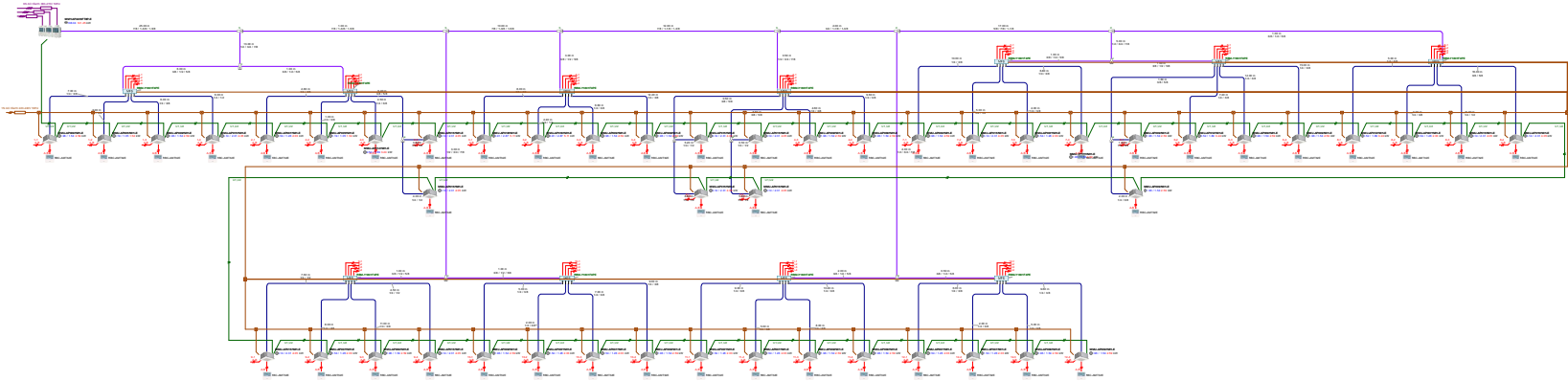
Control Wiring Legend	Label	Wiring Size and Length
Outdoor - Indoor Control Wiring*	U1,U2	1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
Central Control Wiring*	U3,U4	1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
Outdoor Units Control Wiring*	U5,U6	1.25mm² to 2.0mm² up to 100m
Remote Controller Wiring*	A,B	0.5mm² to 2.0mm² up to 500m (Wireless Remote Controller up to 400m). Group Control wiring is up to 200m

* 2 core, no polarity, shielded

Note: Power Wiring should comply with Local, National and International Regulation.

Symbol Legend	
Control	
Power	
Remote Control	
Signal	
Piping*	
*Note: Pipe diameters in inch	
Branches Legend	
RBM-BY55E	a (x4)
RBM-BY305FE	b (x4)
RBM-BY105FE	c (x4)
RBM-BY205FE	d (x2)
Flow Selector Legend	
RBM-Y1801F4PE	(x11)

Planta Primera Sistema 1



Planta Segunda Sistema 1

Unidades Exteriores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMY-AP3816FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP2006FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1806FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)

Unidades Interiores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMU-AP0157MH-E	13	1.7HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0097MH-E	3	1.0HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0057MH-E	6	0.6HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0127MH-E	5	1.3HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0077MH-E	10	0.8HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0187MH-E	3	2.0HP Compact 4-way Cassette

Juntas de Derivación

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-BT24FE	1	Outdoor Unit Branch Kit
RBM-BY305FE	4	Y-Joint
RBM-BY55E	6	Y-Joint
RBM-BY205FE	1	Y-Joint
RBM-BY105FE	2	Y-Joint

Selectores de Flujo

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-Y1801F4PE	7	Multi Flow Selector (4way)
RBM-Y1801F6PE	1	Multi Flow Selector (6way)

Accesorios

Modelo	Cantidad	Descripción
RBC-AMT32E	40	Wired remote controller
RBC-UM21PG(W)-E	40	Ceiling Panel

Longitud de Tubería

Díámetro de tubería	Longitud total	Gas	Descarga	Líquido
1/4"	257.00 m	0.00 m	0.00 m	257.00 m
3/8"	227.50 m	182.70 m	0.00 m	44.80 m
1/2"	110.80 m	74.30 m	19.00 m	17.50 m
5/8"	44.80 m	44.80 m	0.00 m	0.00 m
3/4"	32.90 m	0.00 m	17.50 m	15.40 m
7/8"	61.30 m	17.50 m	2.00 m	41.80 m
1-1/8"	33.40 m	2.00 m	31.40 m	0.00 m
1-3/8"	55.20 m	31.40 m	23.80 m	0.00 m
1-5/8"	23.80 m	23.80 m	0.00 m	0.00 m

Carga Adicional de Refrigerante

Refrigerante (R410A)	Cantidad	Descripción
Unidad exterior	22.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	59.968 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
TOTAL:	81.968 kg	

Temperatura Exterior de Diseño

Modo	Descripción	Temperature
Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C
Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C

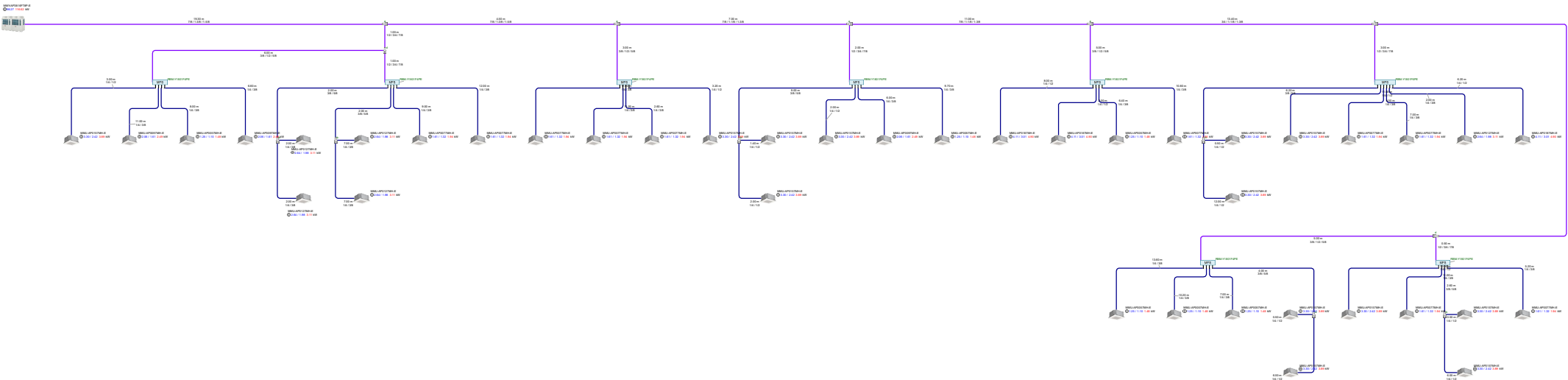
Información Eléctrica (Exteriores)

Propiedad	Valor	Descripción
MOCP (A)	125	Maximum Overcurrent Protection
MCA (A)	94.2	Minimum Circuit Amps
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Información Eléctrica (Interiores)

Propiedad	Valor	Descripción
Total MCA (A)	17.18	
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Planta Segunda Sistema 1



Información del sistema	
Unidades interiores	40 of 64
Capacity Ratio	128.8%
Longitud total de las tuberías	373.50 m
Indoor Cap. Tot./Sen.	98.27 kW/75.08 kW
Indoor Cap. Heat.	116.62 kW
Building diversity	0%

Outdoor/Indoor Legend	
Unit Name	
Model Name	
Room Name	
Capacidad corregida	Tot./Sens./ Heat.

Piping Legend	
Actual Length	
Liquid / Discharge Gas / Suction Gas diameters	
Note: It is the responsibility of the consultant or contractor, to verify and confirm that the equipment selection and system design is correct before installation.	

Branches Legend		
a	RBM-BY305FE	(x4)
b	RBM-BY55E	(x6)
c	RBM-BY205FE	(x1)
d	RBM-BY105FE	(x2)

Flow Selector Legend		
	RBM-Y1801F4PE	(x7)
	RBM-Y1801F6PE	(x1)

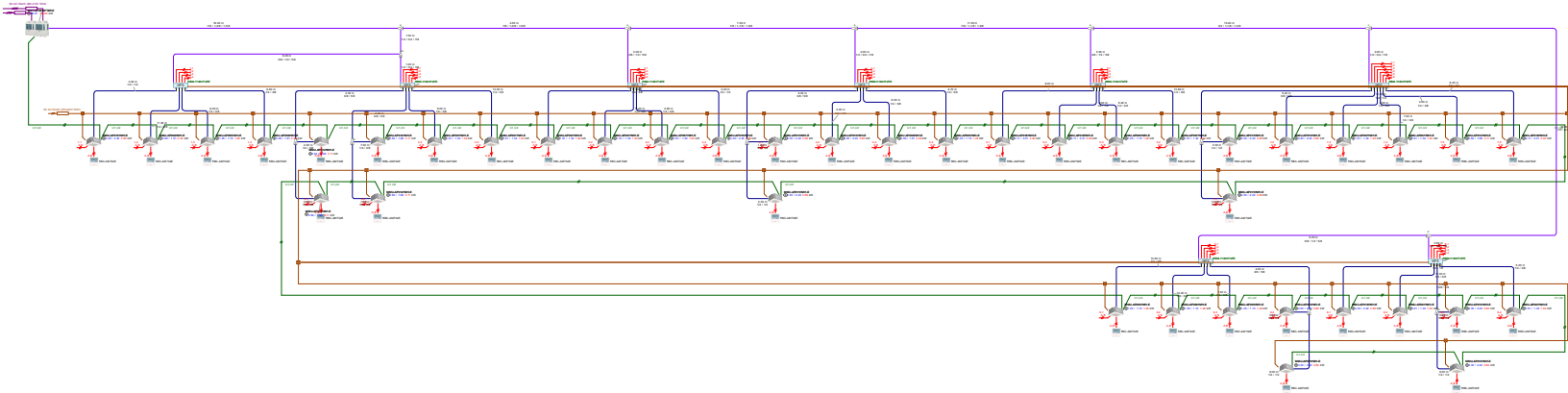
Control Wiring Legend	Label	Wiring Size and Length
Outdoor - Indoor Control Wiring*	U1,U2	1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
Central Control Wiring*	U3,U4	1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
Outdoor Units Control Wiring*	U5,U6	1.25mm² to 2.0mm² up to 100m
Remote Controller Wiring*	A,B	0.5mm² to 2.0mm² up to 500m (Wireless Remote Controller up to 400m). Group Control wiring is up to 200m

* 2 core, no polarity, shielded

Note: Power Wiring should comply with Local, National and International Regulation.

Symbol Legend	
Control	
Power	
Remote Control	
Signal	
Piping*	
*Note: Pipe diameters in inch	
Branches Legend	
RBM-BY305FE	a (x4)
RBM-BY55E	b (x6)
RBM-BY205FE	c (x1)
RBM-BY105FE	d (x2)
Flow Selector Legend	
RBM-Y1801F4PE	(x7)
RBM-Y1801F6PE	(x1)

Planta Segunda Sistema 1



Planta Tercera Sistema 1

Unidades Exteriores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMY-AP4616FT8P-E	1	Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1806FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)
MMY-MAP1406FT8P-E		Super Heat Recovery Multi System (SHRM-e)

Unidades Interiores

Modelo	Cantidad	Descripción
MMU-AP0157MH-E	11	1.7HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0097MH-E	13	1.0HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0077MH-E	6	0.8HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0127MH-E	14	1.3HP Compact 4-way Cassette
MMU-AP0057MH-E	8	0.6HP Compact 4-way Cassette

Juntas de Derivación

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-BT24FE	2	Outdoor Unit Branch Kit
RBM-BY55E	18	Y-Joint
RBM-BY305FE	5	Y-Joint
RBM-BY205FE	2	Y-Joint

Selectores de Flujo

Modelo	Cantidad	Descripción
RBM-Y1801F4PE	7	Multi Flow Selector (4way)
RBM-Y1801F6PE	1	Multi Flow Selector (6way)

Accesorios

Modelo	Cantidad	Descripción
RBC-AMT32E	52	Wired remote controller
RBC-UM21PG(W)-E	52	Ceiling Panel

Longitud de Tubería

Diámetro de tubería	Longitud total	Gas	Descarga	Líquido
1/4"	219.70 m	0.00 m	0.00 m	219.70 m
3/8"	308.90 m	171.70 m	0.00 m	137.20 m
1/2"	86.00 m	66.00 m	4.50 m	15.50 m
5/8"	121.20 m	119.20 m	0.00 m	2.00 m
3/4"	45.50 m	0.00 m	15.50 m	30.00 m
7/8"	77.30 m	15.50 m	25.00 m	36.80 m
1-1/8"	38.50 m	25.00 m	13.50 m	0.00 m
1-3/8"	43.80 m	13.50 m	30.30 m	0.00 m
1-5/8"	30.30 m	30.30 m	0.00 m	0.00 m

Carga Adicional de Refrigerante

Refrigerante (R410A)	Cantidad	Descripción
Unidad exterior	33.000 kg	Refrigerante con el que sale de fábrica
Refrigerante suplementario	61.976 kg	Cantidad necesaria para las tuberías en el centro
TOTAL:	94.976 kg	

Temperatura Exterior de Diseño

Modo	Descripción	Temperature
Refrigeración	Temperatura en bulbo seco	35.0 °C

Temperatura Exterior de Diseño

Modo	Descripción	Temperature
Calefacción	Temperatura en bulbo húmedo	6.0 °C

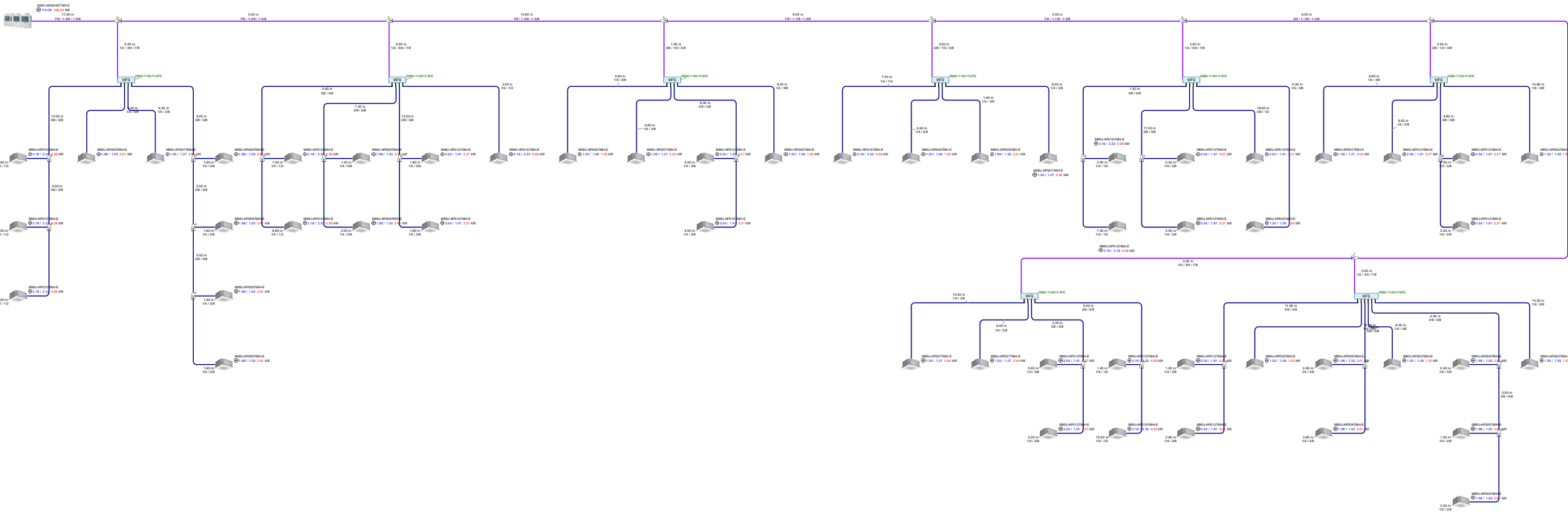
Información Eléctrica (Exteriores)

Propiedad	Valor	Descripción
MOCP (A)	160	Maximum Overcurrent Protection
MCA (A)	116.5	Minimum Circuit Amps
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Información Eléctrica (Interiores)

Propiedad	Valor	Descripción
Total MCA (A)	19.9	
Sistemas de protección (A)		
Wire (cable size) (mm²) or AWG (#)		

Planta Tercera Sistema 1



Información del sistema	
Unidades interiores	52 of 64
Capacity Ratio	127.8%
Longitud total de las tuberías	445.20 m
Indoor Cap. Tot./Sen.	115.09 kW/88.56 kW
Indoor Cap. Heat.	149.23 kW
Building diversity	0%

Outdoor/Indoor Legend	
Unit Name	
Model Name	
Room Name	
Capacidad corregida	Tot./Sens./ Heat.

Piping Legend	
Actual Length	
Liquid / Discharge Gas / Suction Gas diameters	
Note: It is the responsibility of the consultant or contractor, to verify and confirm that the equipment selection and system design is correct before installation.	

Branches Legend		
a	RBM-BY55E	(x18)
b	RBM-BY305FE	(x5)
c	RBM-BY205FE	(x2)

Flow Selector Legend		
	RBM-Y1801F4PE	(x7)
	RBM-Y1801F6PE	(x1)

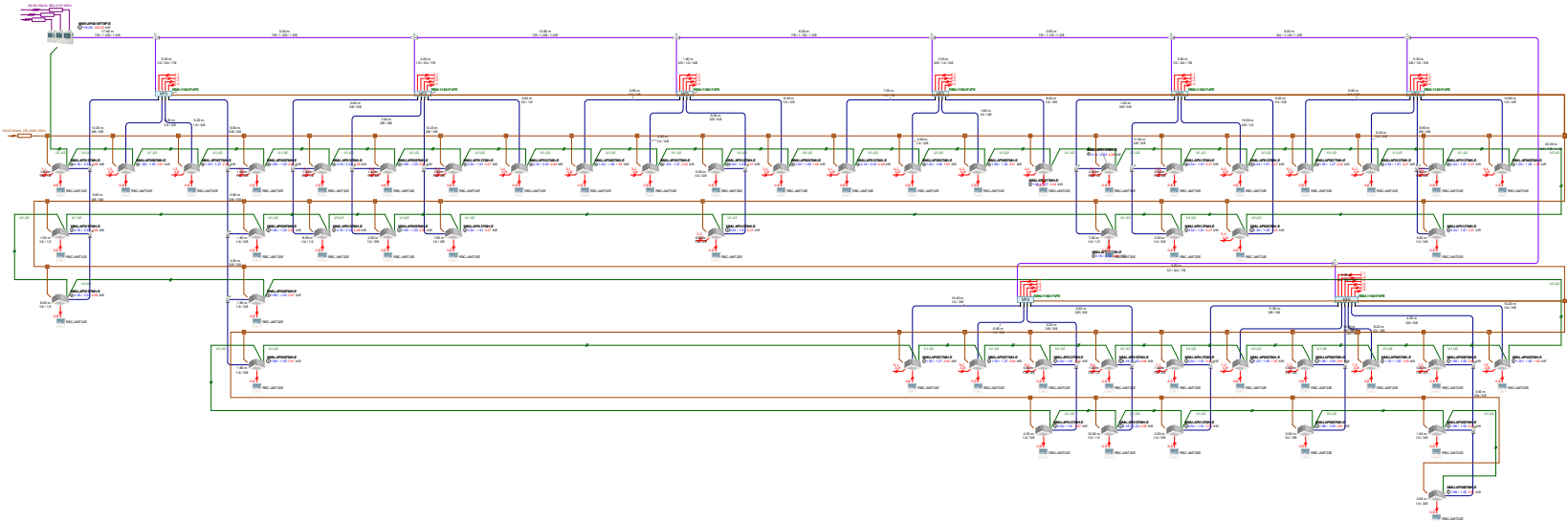
Control Wiring Legend	Label	Wiring Size and Length
Outdoor - Indoor Control Wiring*	U1,U2	1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
Central Control Wiring*	U3,U4	1.25mm² up to 1000m & 2.0mm² up to 2000m
Outdoor Units Control Wiring*	U5,U6	1.25mm² to 2.0mm² up to 100m
Remote Controller Wiring*	A,B	0.5mm² to 2.0mm² up to 500m (Wireless Remote Controller up to 400m). Group Control wiring is up to 200m

* 2 core, no polarity, shielded

Note: Power Wiring should comply with Local, National and International Regulation.

Symbol Legend	
Control	
Power	
Remote Control	
Signal	
Piping*	
*Note: Pipe diameters in inch	
Branches Legend	
RBM-BY55E	a (x18)
RBM-BY305FE	b (x5)
RBM-BY205FE	c (x2)
Flow Selector Legend	
RBM-Y1801F4PE	(x7)
RBM-Y1801F6PE	(x1)

Planta Tercera Sistema 1



8.3 Anexo 3. Distribución de Unidades Interiores y Exteriores Toshiba por plantas

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
PB_ST5	AP00157MHE x 8	36,00	24,80	40,00	4416,00	328,00
TOTALES		36,00	24,80	40,00	4416,00	328,00
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	20	28,80	19,84	32,00	3532,80	262,40
SIMULTANEIDAD (%)	75	21,60	14,88	24,00	2649,60	196,80
FINAL		21,60	14,88	24,00	2649,60	196,80
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	MMYMAP1204HT8E	33,50		37,50		

Tabla 45. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Baja 2. Instalación VRV Toshiba

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
P1_ST1	AP0057MHE x 2 AP0077MHE x 2 AP0097MHE x 4 AP00127MHE x 1 AP00157MHE x 3	23,83	17,03	26,80	3798,96	288,42
P1_ST2	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P1_ST3	AP0077MHE x 5 AP0097MHE x 3 AP00157MHE x 2	18,74	13,66	21,19	3179,88	237,60
P1_ST4	AP0077MHE x 2 AP0097MHE x 2	6,60	4,88	7,52	1227,60	92,40
P1_ST5	AP0097MHE x 4 AP00157MHE x 4 AP00187MHE x 2	26,66	18,22	29,96	3540,24	271,92
P1_ST6	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P1_ST7	AP0077MHE x 2 AP0097MHE x 6 AP00157MHE x 5 AP00187MHE x 1	32,54	22,77	36,63	4708,44	357,06
TOTALES		108,37	76,56	122,10	16455,12	1247,40
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	12	95,37	67,37	107,45	14480,51	1097,71
SIMULTANEIDAD (%)	75	71,53	50,53	80,59	10860,38	823,28
FINAL		71,53	50,53	80,59	10860,38	823,28
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	MMYMAP4414HT8E	123,50		138,00		

Tabla 46. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Primera. Instalación VRV Toshiba

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
P2_ST1	AP0057MHE x 1 AP0077MHE x 2 AP0097MHE x 2 AP00127MHE x 4 AP00157MHE x 1	22,03	15,70	24,70	3476,16	262,80
P2_ST2	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2_ST3	AP0057MHE x 2 AP0077MHE x 1 AP0097MHE x 1 AP00157MHE x 2 AP00187MHE x 1	16,56	11,59	18,58	2502,72	192,96
P2_ST4	AP0077MHE x 3	4,75	3,67	5,40	997,92	73,44
P2_ST5	AP0077MHE x 2 AP00157MHE x 4 AP00187MHE x 1	20,16	13,97	22,54	2717,28	204,48
P2_ST6	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2_ST7	AP0057MHE x 5 AP0077MHE x 2 AP00157MHE x 4 AP00187MHE x 1	26,28	18,65	29,38	4157,28	319,68
TOTALES		89,78	63,58	100,58	13851,36	1053,36
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	10	80,81	57,22	90,53	12466,22	948,02
SIMULTANEIDAD (%)	80	64,64	45,77	72,42	9972,98	758,42
FINAL		64,64	45,77	72,42	9972,98	758,42
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	MMYMAP3814HT8E	106,50		119,50		

Tabla 47. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Segunda. Instalación VRV Toshiba

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
P3_ST1	AP0077MHE x 1 AP0097MHE x 3 AP00157MHE x 3	17,54	12,38	19,73	2564,02	192,92
P3_ST2	AP0077MHE x 1 AP0097MHE x 2 AP00127MHE x 2 AP00157MHE x 3	20,75	14,56	23,22	2957,14	222,04
P3_ST3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P3_ST4	AP0057MHE x 3 AP0077MHE x 2 AP0097MHE x 1 AP00127MHE x 4 AP00157MHE x 3	29,27	20,82	32,69	4560,19	345,80
P3_ST5	AP0057MHE x 4 AP0077MHE x 2 AP0097MHE x 6 AP00127MHE x 7 AP00157MHE x 2	45,28	32,25	50,81	7253,79	553,28
P3_ST6	AP0057MHE x 1 AP0077MHE x 1 AP00127MHE x 1	5,46	4,00	6,12	994,45	75,71
TOTALES		118,30	84,01	132,57	18329,58	1389,75
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	9	107,65	76,45	120,64	16679,92	1264,67
SIMULTANEIDAD (%)	80	86,12	61,16	96,51	13343,94	1011,74
FINAL		86,12	61,16	96,51	13343,94	1011,74
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	MMYMAP4614HT8E	130,00		145,00		

Tabla 48. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Tercera. Instalación VRV Toshiba

8.4 Anexo 4. Distribución de Unidades Interiores y Exteriores Daikin por plantas

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
PB_ST1	FXZQ15M9 x 2 FXZQ20M9 x 1 FXZQ25M9 x 1	5,71	4,64	6,50	1465,13	195,64
PB_ST2	FXZQ15M9 x 1 FXZQ25M9 x 1 FXZQ40M9 x 3	12,71	9,50	14,21	2146,28	288,46
PB_ST3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PB_ST4	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PB_ST6	FXZQ15M9 x 3 FXZQ25M9 x 1	5,21	4,43	5,93	1426,57	189,21
PB_ST7	FXZQ32M9 x 2 FXZQ40M9 x 2 FXZQ50M9 x 1	15,57	11,07	17,35	2356,20	317,73
PB_ST8	FXZQ25M9 x 1 FXZQ32M9 x 3 FXZQ40M9 x 3	19,35	13,64	21,56	3020,22	405,55
TOTALES		58,55	43,27	65,55	10414,40	1396,58
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	16	49,18	36,35	55,06	8748,10	1173,13
SIMULTANEIDAD (%)	85	41,80	30,89	46,80	7435,88	997,16
FINAL		41,80	30,89	46,80	7435,88	997,16
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	RYYQ26T	73,50		82,50		

Tabla 49. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta baja 1. Instalación VRV Daikin

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
PB_ST5	FXZQ40M9 x 8	36,00	26,40	40,00	5280,00	712,00
TOTALES		36,00	26,40	40,00	5280,00	712,00
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	20	28,80	21,12	32,00	4224,00	569,60
SIMULTANEIDAD (%)	75	21,60	15,84	24,00	3168,00	427,20
FINAL		21,60	15,84	24,00	3168,00	427,20
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	RYYQ12T	33,50		37,50		

Tabla 50. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Baja 2. Instalación VRV Daikin

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
P1_ST1	FXZQ15M9 x 2 FXZQ20M9 x 2 FXZQ25M9 x 4 FXZQ32M9 x 1 FXZQ40M9 x 3	23,56	17,49	26,53	4462,92	599,94
P1_ST2	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P1_ST3	FXZQ20M9 x 5 FXZQ25M9 x 3 FXZQ40M9 x 2	18,74	13,93	21,19	3722,40	502,92
P1_ST4	FXZQ20M9 x 2 FXZQ25M9 x 2	6,60	4,88	7,52	1425,60	192,72
P1_ST5	FXZQ25M9 x 4 FXZQ40M9 x 4 FXZQ50M9 x 2	26,66	19,40	29,96	4276,80	579,48
P1_ST6	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P1_ST7	FXZQ20M9 x 2 FXZQ25M9 x 6 FXZQ40M9 x 5 FXZQ50M9 x 1	32,54	23,76	36,63	5583,60	755,04
TOTALES		108,11	79,46	121,84	19471,32	2630,10
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	12	95,14	69,93	107,22	17134,76	2314,49
SIMULTANEIDAD (%)	75	71,35	52,45	80,41	12851,07	1735,87
FINAL		71,35	52,45	80,41	12851,07	1735,87
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	RYYQ44T	124,00		138,00		

Tabla 51. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Primera. Instalación VRV Daikin

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
P2_ST1	FXZQ15M9 x 1 FXZQ20M9 x 2 FXZQ25M9 x 2 FXZQ32M9 x 4 FXZQ40M9 x 1	21,89	15,62	24,55	4021,92	539,28
P2_ST2	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2_ST3	FXZQ15M9 x 2 FXZQ20M9 x 1 FXZQ25M9 x 1 FXZQ40M9 x 2 FXZQ50M9 x 1	16,27	12,38	18,29	3032,64	408,24
P2_ST4	FXZQ20M9 x 3	4,75	3,67	5,40	1166,40	157,68
P2_ST5	FXZQ20M9 x 2 FXZQ40M9 x 4 FXZQ50M9 x 1	20,16	14,90	22,54	3283,20	444,24
P2_ST6	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P2_ST7	FXZQ15M9 x 5 FXZQ20M9 x 2 FXZQ40M9 x 4 FXZQ50M9 x 1	25,56	19,94	28,66	5032,80	674,64
TOTALES		88,63	66,53	99,43	16536,96	2224,08
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	10	79,77	59,88	89,49	14883,26	2001,67
SIMULTANEIDAD (%)	80	63,82	47,90	71,59	11906,61	1601,34
FINAL		63,82	47,90	71,59	11906,61	1601,34
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	RYYQ38T	106,00		120,00		

Tabla 52. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Segunda. Instalación VRV Daikin

PLANTA / SECTOR TÉRMICO	UNIDADES INTERIORES	CAPACIDAD REFRI. TOTAL (KW)	CAPACIDAD REFRI. SENSIBLE (KW)	CAPACIDAD CALEF. (KW)	CAUDAL DE AIRE (M3/H)	POTENCIA VENTILADOR (W)
P3_ST1	FXZQ20M9 x 1 FXZQ25M9 x 3 FXZQ40M9 x 3	17,54	12,81	19,73	3013,92	406,95
P3_ST2	FXZQ20M9 x 1 FXZQ25M9 x 2 FXZQ32M9 x 2 FXZQ40M9 x 3	20,75	14,85	23,22	3450,72	464,46
P3_ST3	-	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P3_ST4	FXZQ15M9 x 3 FXZQ20M9 x 2 FXZQ25M9 x 1 FXZQ32M9 x 4 FXZQ40M9 x 3	28,83	21,18	32,25	5342,06	714,90
P3_ST5	FXZQ15M9 x 4 FXZQ20M9 x 2 FXZQ25M9 x 6 FXZQ32M9 x 7 FXZQ40M9 x 2	44,70	32,32	50,23	8425,87	1128,40
P3_ST6	FXZQ15M9 x 1 FXZQ20M9 x 1 FXZQ32M9 x 1	5,31	4,00	5,97	1161,89	155,06
TOTALES		117,14	85,18	131,40	21394,46	2869,78
PERDIDAS ALTURA Y RAMALES (%)	9	106,59	77,51	119,58	19468,96	2611,50
SIMULTANEIDAD (%)	80	85,27	62,01	95,66	15575,17	2089,20
FINAL		85,27	62,01	95,66	15575,17	2089,20
CAPACIDAD UD EXTERIOR QUE ALIMENTA	RYYQ46T	130,00		145,00		

Tabla 53. Distribución de Uds. Int. por STs. de Planta Tercera. Instalación VRV Daikin

8.5 Anexo 5. Presupuestos discretos del sistema de climatización Toshiba

Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-MAP1206HT8P-E					Ud
Unidad exterior de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-MAP1206HT8P-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 33,5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), EER 3,35, SEER 6,03, consumo eléctrico nominal en refrigeración 10 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -10 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 37,5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), COP 3,89, SCOP 3,67, consumo eléctrico nominal en calefacción 9,65 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo húmedo del aire exterior en calefacción desde -25 hasta 15,5°C, de 1830x990x780 mm, 242 kg, potencia sonora en refrigeración 80 dBA, presión sonora en refrigeración 59 dBA, potencia sonora en calefacción 82 dBA, presión sonora en calefacción 61 dBA, caudal de aire 12200 m³/h, compresores tipo Twin Rotary, con tecnología Inverter, con capacidad de conexión de hasta 27 unidades interiores. El precio no incluye los elementos antivibratorios de suelo, la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Unidad exterior de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-MAP1206HT8P-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 33,5 kW y potencia calorífica nominal 37,5 kW. Con capacidad de conexión de hasta 27 unidades interiores.	1,000	13045,00	13045,00
Subtotal materiales:					13045,00
2 Mano de obra					
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	6,454	19,42	125,34
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	6,454	17,86	115,27
Subtotal mano de obra:					240,61
3 Costes directos complementarios					
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	13285,61	265,71
Costes directos (1+2+3):					13.551,32 €

Tabla 54. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP1206HT8P

Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP2616HT8P-E					Ud
Combinación de dos unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP2616HT8P-E "TOSHIBA", formada por una unidad modelo MMY-MAP1406HT8P-E y una unidad modelo MMY-MAP1206HT8P-E, potencia frigorífica nominal 73,5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), EER 3,3, SEER 5,85, consumo eléctrico nominal en refrigeración 22,3 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 82,5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), COP 3,96, SCOP 3,62, consumo eléctrico nominal en calefacción 20,9 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo húmedo del aire exterior en calefacción desde -25 hasta 15,5°C, presión sonora en refrigeración 62,5 dBA, presión sonora en calefacción 64,5 dBA, caudal de aire 24400 m³/h, compresores tipo Twin Rotary, con tecnología Inverter, con capacidad de conexión de hasta 58 unidades interiores. El precio no incluye los elementos antivibratorios de suelo, la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Combinación de dos unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP2616HT8P-E "TOSHIBA", formada por una unidad modelo MMY-MAP1406HT8P-E y una unidad modelo MMY-MAP1206HT8P-E, potencia frigorífica nominal 73,5 kW y potencia calorífica nominal 82,5 kW.	1,000	28710,00	28710,00
1.2	Ud	Kit de distribución de línea frigorífica, para combinación de unidades exteriores del sistema SMMS-e, modelo RBM-BT24E "TOSHIBA", formado por tres juntas, una para la línea de líquido, otra para la línea de gas y otra para el equilibrado de gas entre unidades.	1,000	246,00	246,00

Subtotal materiales:					28956,00
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	8,175	19,42	158,76
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	8,175	17,86	146,01
Subtotal mano de obra:					304,77
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	29260,77	585,22
Costes directos (1+2+3):					29.845,99 €

Tabla 55. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP1406HT8P

Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP3816HT8P-E					Ud
Combinación de dos unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP3816HT8P-E "TOSHIBA", formada por una unidad modelo MMY-MAP2206HT8P-E y una unidad modelo MMY-MAP1606HT8P-E, potencia frigorífica nominal 106,5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), EER 2,84, SEER 5,2, consumo eléctrico nominal en refrigeración 37,5 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 114 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), COP 3,8, SCOP 3,59, consumo eléctrico nominal en calefacción 30 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo húmedo del aire exterior en calefacción desde -25 hasta 15,5°C, presión sonora en refrigeración 64,5 dBA, presión sonora en calefacción 66,5 dBA, caudal de aire 31100 m³/h, compresores tipo Twin Rotary, con tecnología Inverter, con capacidad de conexión de hasta 40 unidades interiores. El precio no incluye los elementos antivibratorios de suelo, la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1	Materiales				
1.1	Ud	Combinación de dos unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP3816HT8P-E "TOSHIBA", formada por una unidad modelo MMY-MAP2206HT8P-E y una unidad modelo MMY-MAP1606HT8P-E, potencia frigorífica nominal 106,5 kW y potencia calorífica nominal 114 kW.	1,000	42010,00	42010,00
1.2	Ud	Kit de distribución de línea frigorífica, para combinación de unidades exteriores del sistema SMMS-e, modelo RBM-BT24E "TOSHIBA", formado por tres juntas, una para la línea de líquido, otra para la línea de gas y otra para el equilibrado de gas entre unidades.	1,000	246,00	246,00
Subtotal materiales:					42256,00
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	9,300	19,42	180,61
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	9,300	17,86	166,10
Subtotal mano de obra:					346,71
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	42602,71	852,05
Costes directos (1+2+3):					43.454,76 €

Tabla 56. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP3816HT8P

Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP4416HT8P-E					Ud
Combinación de dos unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP4416HT8P-E "TOSHIBA", formada por dos unidades modelo MMY-MAP2206HT8P-E, potencia frigorífica nominal 123 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), EER 2,65, SEER 5,07, consumo eléctrico nominal en refrigeración 46,4 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 128 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), COP 3,74, SCOP 3,49, consumo eléctrico nominal en calefacción 34,2 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo húmedo del aire exterior en calefacción desde -25 hasta 15,5°C, presión sonora en refrigeración 64 dBA, presión sonora en calefacción 65 dBA, caudal de aire 37000 m³/h, compresores tipo Twin Rotary, con tecnología Inverter, con capacidad de conexión de hasta 64 unidades interiores. El precio no incluye los elementos antivibratorios de suelo, la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Combinación de dos unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP4416HT8P-E "TOSHIBA", formada por dos unidades modelo MMY-MAP2206HT8P-E, potencia frigorífica nominal 123 kW y potencia calorífica nominal 128 kW.	1,000	48940,00	48940,00
1.2	Ud	Kit de distribución de línea frigorífica, para combinación de unidades exteriores del sistema SMMS-e, modelo RBM-BT24E "TOSHIBA", formado por tres juntas, una para la línea de líquido, otra para la línea de gas y otra para el equilibrado de gas entre unidades.	1,000	246,00	246,00
Subtotal materiales:					49186,00
2 Mano de obra					
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	9,600	19,42	186,43
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	9,600	17,86	171,46
Subtotal mano de obra:					357,89
3 Costes directos complementarios					
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	49543,89	990,88
Costes directos (1+2+3):					50.534,77 €

Tabla 57. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP4416HT8P

Unidad exterior de aire acondicionado VRF Toshiba modelo MMY-AP4616HT8P-E					Ud
Combinación de tres unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP4616HT8P-E "TOSHIBA", formada por dos unidades modelo MMY-MAP1606HT8P-E y una unidad modelo MMY-MAP1406HT8P-E, potencia frigorífica nominal 130 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), EER 3,18, SEER 5,44, consumo eléctrico nominal en refrigeración 40,9 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo seco del aire exterior en refrigeración desde -5 hasta 46°C, potencia calorífica nominal 145 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), COP 3,92, SCOP 3,67, consumo eléctrico nominal en calefacción 37 kW, rango de funcionamiento de temperatura de bulbo húmedo del aire exterior en calefacción desde -25 hasta 15,5°C, presión sonora en refrigeración 66,5 dBA, presión sonora en calefacción 68,5 dBA, caudal de aire 37400 m³/h, compresores tipo Twin Rotary, con tecnología Inverter, con capacidad de conexión de hasta 64 unidades interiores. El precio no incluye los elementos antivibratorios de suelo, la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Combinación de tres unidades exteriores de aire acondicionado SMMS-e, sistema VRF bomba de calor, para gas R-410A, alimentación trifásica (400V/50Hz), modelo MMY-AP4616HT8P-E "TOSHIBA", formada por dos unidades modelo MMY-MAP1606HT8P-E y una unidad modelo MMY-MAP1406HT8P-E, potencia frigorífica nominal 130 kW y potencia calorífica nominal 145 kW.	1,000	50745,00	50745,00
1.2	Ud	Kit de distribución de línea frigorífica, para combinación de unidades exteriores del sistema SMMS-e, modelo RBM-BT24E "TOSHIBA", formado por tres juntas, una para la línea de líquido, otra para la línea de gas y otra para el equilibrado de gas entre unidades.	1,000	246,00	246,00

				Subtotal materiales:	50991,00
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	9,727	19,42	188,90
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	9,727	17,86	173,72
				Subtotal mano de obra:	362,62
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	51353,62	1027,07
				Costes directos (1+2+3):	52.380,69 €

Tabla 58. Presupuesto Unitario Unidad Exterior VRV Toshiba MAP4616HT8P

Unidad interior de aire acondicionado de cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0057MH-E					Ud
Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0057MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 1,7 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), potencia calorífica nominal 1,9 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), consumo eléctrico nominal 0,016 kW, presión sonora a velocidad baja 28 dBA, caudal de aire a velocidad alta 430 m³/h, de 256x575x575 mm y 15 kg, con panel decorativo, modelo RBC-UM11PG(W)-E, de dimensiones 12x620x620 mm y peso 3 kg, válvula de expansión electrónica, sensor de presión, control individual de temperatura por microprocesador para regulación del flujo de refrigerante, toma de aire exterior, bomba y manguera de drenaje, con control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E. Incluso elementos para suspensión del techo. El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1	Materiales				
1.1	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0057MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 1,7 kW y potencia calorífica nominal 1,9 kW.	1,000	1531,00	1531,00
1.2	Ud	Control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E "TOSHIBA", formado por mando por infrarrojos y receptor para instalación en la unidad interior de aire acondicionado.	1,000	124,00	124,00
1.3	Ud	Kit de soportes para suspensión del techo, formado por cuatro varillas roscadas de acero galvanizado, con sus tacos, tuercas y arandelas correspondientes.	1,000	22,00	22,00
				Subtotal materiales:	1677,00
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	1,000	19,42	19,42
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	1,000	17,86	17,86
				Subtotal mano de obra:	37,28
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	1714,28	34,29
				Costes directos (1+2+3):	1.748,57 €

Tabla 59. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0057MHE

Unidad interior de aire acondicionado de cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0077MH-E					Ud
Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0077MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 2,2 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), potencia calorífica nominal 2,5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), consumo eléctrico nominal 0,023 kW, presión sonora a velocidad baja 28 dBA, caudal de aire a velocidad alta 552 m³/h, de 256x575x575 mm y 15 kg, con panel decorativo, modelo RBC-UM11PG(W)-E, de dimensiones 12x620x620 mm y peso 3 kg, válvula de expansión electrónica, sensor de presión, control individual de temperatura por microprocesador para regulación del flujo de refrigerante, toma de aire exterior, bomba y manguera de drenaje, con control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E. Incluso elementos para suspensión del techo. El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0077MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 2,2 kW y potencia calorífica nominal 2,5 kW.	1,000	1569,00	1569,00
1.2	Ud	Control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E "TOSHIBA", formado por mando por infrarrojos y receptor para instalación en la unidad interior de aire acondicionado.	1,000	124,00	124,00
1.3	Ud	Kit de soportes para suspensión del techo, formado por cuatro varillas roscadas de acero galvanizado, con sus tacos, tuercas y arandelas correspondientes.	1,000	22,00	22,00
Subtotal materiales:					1715,00
2 Mano de obra					
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	1,000	19,42	19,42
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	1,000	17,86	17,86
Subtotal mano de obra:					37,28
3 Costes directos complementarios					
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	1752,28	35,05
Costes directos (1+2+3):					1.787,33 €

Tabla 60. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0077MHE

Unidad interior de aire acondicionado de cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0097MH-E					Ud
Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0097MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 2,8 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), potencia calorífica nominal 3,2 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), consumo eléctrico nominal 0,025 kW, presión sonora a velocidad baja 28 dBA, caudal de aire a velocidad alta 570 m³/h, de 256x575x575 mm y 15 kg, con panel decorativo, modelo RBC-UM11PG(W)-E, de dimensiones 12x620x620 mm y peso 3 kg, válvula de expansión electrónica, sensor de presión, control individual de temperatura por microprocesador para regulación del flujo de refrigerante, toma de aire exterior, bomba y manguera de drenaje, con control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E. Incluso elementos para suspensión del techo. El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0097MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 2,8 kW y potencia calorífica nominal 3,2 kW.	1,000	1580,00	1580,00
1.2	Ud	Control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E "TOSHIBA", formado por mando por infrarrojos y receptor para instalación en la unidad interior de aire acondicionado.	1,000	124,00	124,00
1.3	Ud	Kit de soportes para suspensión del techo, formado por cuatro varillas roscadas de acero galvanizado, con sus tacos, tuercas y arandelas correspondientes.	1,000	22,00	22,00
Subtotal materiales:					1726,00

2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	1,000	19,42	19,42
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	1,000	17,86	17,86
Subtotal mano de obra:					37,28
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	1763,28	35,27
Costes directos (1+2+3):					1.798,55 €

Tabla 61. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0097MHE

Unidad interior de aire acondicionado de cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0127MH-E					Ud
Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0127MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 3,6 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), potencia calorífica nominal 4 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), consumo eléctrico nominal 0,027 kW, presión sonora a velocidad baja 29 dBA, caudal de aire a velocidad alta 594 m³/h, de 256x575x575 mm y 15 kg, con panel decorativo, modelo RBC-UM11PG(W)-E, de dimensiones 12x620x620 mm y peso 3 kg, válvula de expansión electrónica, sensor de presión, control individual de temperatura por microprocesador para regulación del flujo de refrigerante, toma de aire exterior, bomba y manguera de drenaje, con control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E. Incluso elementos para suspensión del techo. El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1	Materiales				
1.1	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0127MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 3,6 kW y potencia calorífica nominal 4 kW.	1,000	1622,00	1622,00
1.2	Ud	Control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E "TOSHIBA", formado por mando por infrarrojos y receptor para instalación en la unidad interior de aire acondicionado.	1,000	124,00	124,00
1.3	Ud	Kit de soportes para suspensión del techo, formado por cuatro varillas roscadas de acero galvanizado, con sus tacos, tuercas y arandelas correspondientes.	1,000	22,00	22,00
Subtotal materiales:					1768,00
2	Mano de obra				
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	1,000	19,42	19,42
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	1,000	17,86	17,86
Subtotal mano de obra:					37,28
3	Costes directos complementarios				
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	1805,28	36,11
Costes directos (1+2+3):					1.841,39 €

Tabla 62. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0127MHE

Unidad interior de aire acondicionado de cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0157MH-E					Ud
Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0157MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 4,5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), potencia calorífica nominal 5 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), consumo eléctrico nominal 0,03 kW, presión sonora a velocidad baja 30 dBA, caudal de aire a velocidad alta 660 m³/h, de 256x575x575 mm y 15 kg, con panel decorativo, modelo RBC-UM11PG(W)-E, de dimensiones 12x620x620 mm y peso 3 kg, válvula de expansión electrónica, sensor de presión, control individual de temperatura por microprocesador para regulación del flujo de refrigerante, toma de aire exterior, bomba y manguera de drenaje, con control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E. Incluso elementos para suspensión del techo. El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0157MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 4,5 kW y potencia calorífica nominal 5 kW.	1,000	1770,00	1770,00
1.2	Ud	Control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E "TOSHIBA", formado por mando por infrarrojos y receptor para instalación en la unidad interior de aire acondicionado.	1,000	124,00	124,00
1.3	Ud	Kit de soportes para suspensión del techo, formado por cuatro varillas roscadas de acero galvanizado, con sus tacos, tuercas y arandelas correspondientes.	1,000	22,00	22,00
Subtotal materiales:					1916,00
2 Mano de obra					
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	1,000	19,42	19,42
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	1,000	17,86	17,86
Subtotal mano de obra:					37,28
3 Costes directos complementarios					
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	1953,28	39,07
Costes directos (1+2+3):					1.992,35 €

Tabla 63. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0157MHE

Unidad interior de aire acondicionado de cassette VRF Toshiba modelo MMU-AP0187MH-E					Ud
Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0187MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 5,6 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 27°C, temperatura de bulbo húmedo del aire interior 19°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 35°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 24°C), potencia calorífica nominal 6,3 kW (temperatura de bulbo seco del aire interior 20°C, temperatura de bulbo seco del aire exterior 7°C, temperatura de bulbo húmedo del aire exterior 6°C), consumo eléctrico nominal 0,052 kW, presión sonora a velocidad baja 34 dBA, caudal de aire a velocidad alta 840 m³/h, de 256x575x575 mm y 15 kg, con panel decorativo, modelo RBC-UM11PG(W)-E, de dimensiones 12x620x620 mm y peso 3 kg, válvula de expansión electrónica, sensor de presión, control individual de temperatura por microprocesador para regulación del flujo de refrigerante, toma de aire exterior, bomba y manguera de drenaje, con control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E. Incluso elementos para suspensión del techo. El precio no incluye la canalización ni el cableado eléctrico de alimentación.					
Código	Unidad [Ud]	Descripción	Rendimiento [Ud]	Precio Unitario [€/Ud]	Importe [€]
1 Materiales					
1.1	Ud	Unidad interior de aire acondicionado, de cassette de 4 vías, para techo modular de 60x60 cm, sistema VRF, para gas R-410A, alimentación monofásica (230V/50Hz), modelo Slim MMU-AP0187MH-E "TOSHIBA", potencia frigorífica nominal 5,6 kW y potencia calorífica nominal 6,3 kW.	1,000	1834,00	1834,00
1.2	Ud	Control remoto inalámbrico, modelo RBC-AX32UM(W)-E "TOSHIBA", formado por mando por infrarrojos y receptor para instalación en la unidad interior de aire acondicionado.	1,000	124,00	124,00
1.3	Ud	Kit de soportes para suspensión del techo, formado por cuatro varillas roscadas de acero galvanizado, con sus tacos, tuercas y arandelas correspondientes.	1,000	22,00	22,00
Subtotal materiales:					1980,00

2		Mano de obra			
2.1	h	Oficial 1ª instalador de climatización.	1,000	19,42	19,42
2.2	h	Ayudante instalador de climatización.	1,000	17,86	17,86
Subtotal mano de obra:					37,28
3		Costes directos complementarios			
3.1	%	Costes directos complementarios	2,000	2017,28	40,35
Costes directos (1+2+3):					2.057,63 €

Tabla 64. Presupuesto Unitario Unidad Interior VRV Toshiba AP0187M

8.6 Anexo 6. Expedientes Calener-GT y Certificados de Eficiencia Energética

8.6.1 Expediente Calener-GT. Estado Inicial

8.6.2 Certificado de Eficiencia Energética. Estado Inicial

8.6.3 Expediente Calener-GT. Mejora Envolvente (1,2,1) y Sistema VRV Toshiba

8.6.4 Certificado de Eficiencia Energética. Mejora Envolvente (1,2,1) y Sistema VRV Toshiba

8.6.5 Expediente Calener-GT. Mejora Envolvente (2,2,2) y Sistema VRV Daikin

8.6.6 Certificado de Eficiencia Energética. Mejora Envolvente (2,2,2) y Sistema VRV Daikin

 Calificación Energética de Edificios	ANEXO PostCALENER: Informe de modificación de la Calificación Energética de Edificios
Proyecto	estadoactualcaso0

1. DATOS GENERALES

Nombre del proyecto				estadoactualcaso0			
Comunidad autónoma			Localidad				
Andalucía			Sevilla				
Tipo de edificio		Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)			
Oficinas		5606.39		2558.83			
Autor de la calificación original				Fecha de la calificación original			
ALBERTO				27/05/20			

2. INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	42.37	42.37	0.00	82.64	82.64	34.95	14.00	14.00	7.40
Iluminación	21.95	21.95	31.36	42.89	42.89	61.28	7.27	7.27	10.38
A.C.S.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	64.32	64.32	53.68	125.53	125.53	96.23	21.26	21.26	17.78

EF: Energía final (kW·h/m²), EP: Energía primaria (kW·h/m²), EM: Emisiones CO2 (kg CO2/m²)
orig: original, mod: modificado, ref: referencia, la superficie utilizada es la suma de la acondicionada y la no condicionada

3. ETIQUETA Y VALORES FINALES

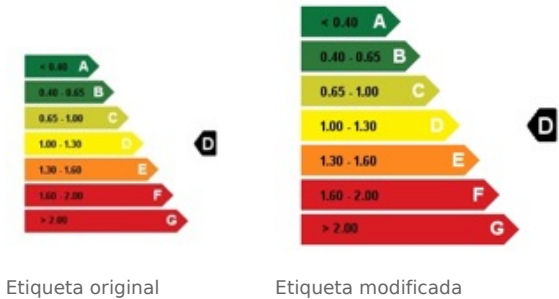
Calificación en emisiones:

Original: **D** IEE = 1.196
Modificada: **D** IEE = 1.196

Calificación en energía primaria no renovable:

Original: **E** IEE = 1.305
Modificada: **E** IEE = 1.305

IEE: Indicador de eficiencia energética = EM / EM ref.





Proyecto

estadoactualcaso0

CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Proyecto Manhattan		
Dirección	de Isabel la Católica - - - - -		
Municipio	Sevilla	Código Postal	41004
Provincia	Sevilla	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	B4	Año construcción	1900 - 1940
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	5711001TG3451S0001DI		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

☐ Edificio de nueva construcción	☒ Edificio Existente
☐ Vivienda ☐ Unifamiliar ☐ Bloque ☐ Bloque completo ☐ Vivienda individual	☒ Terciario ☒ Edificio completo ☐ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	ALBERTO BERMUDO GARCÍA	NIF/NIE	77847949X
Razón social	Razón Social	NIF	-
Domicilio	Altamira 29 5 - 4 A		
Municipio	Sevilla	Código Postal	41020
Provincia	Sevilla	Comunidad Autónoma	Andalucía
e-mail:	bermudogarciaalberto@gmail.com	Teléfono	676914954
Titulación habilitante según normativa vigente	INGENIERO INDUSTRIAL		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.1968.1156, de fecha 8-abr-2020		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m²·año)	
<47,44 A		<8,76 A	
47,44-77,0 B		8,76-14,24 B	
77,09-118,61 C		14,24-21,91 C	
118,61-154,19 D		21,91-28,48 D	27,01 D
154,19-189,77 E	159,47 E	28,48-35,06 E	
189,77-237,21 F		35,06-43,82 F	
=>237,21 G		=>43,82 G	

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 27/05/2020

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
Anexo II. Calificación energética del edificio.
Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	6624,53
---------------------------	---------

Imagen del edificio		Plano de situación	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m²)	Transmitancia (W/m²K)	Modo de obtención
P01_E01_PE001	Fachada	44,22	1,17	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	160,04	0,22	Usuario
P01_E02_PE001	Fachada	40,03	1,17	Usuario
P01_E02_PE002	Fachada	41,67	1,17	Usuario
P01_E02_FTER001	Suelo	278,79	0,22	Usuario
P01_E03_PE001	Fachada	32,80	1,17	Usuario
P01_E03_PE008	Fachada	29,16	1,17	Usuario
P01_E03_FE001	Cubierta	56,89	1,38	Usuario
P01_E03_TER001	Suelo	385,34	0,22	Usuario
P01_E04_PE001	Fachada	41,92	1,17	Usuario
P01_E04_FTER001	Suelo	111,47	0,22	Usuario
P01_E05_PE006	Fachada	36,80	1,17	Usuario
P01_E05_FTER001	Suelo	255,83	0,22	Usuario
P01_E06_FTER001	Suelo	128,91	0,22	Usuario
P01_E07_FTER001	Suelo	277,19	0,22	Usuario
P01_E08_PE001	Fachada	44,24	1,17	Usuario
P01_E08_PE002	Fachada	42,80	1,17	Usuario
P01_E08_PE003	Fachada	43,31	1,17	Usuario
P01_E08_PE004	Fachada	46,63	1,17	Usuario
P01_E08_PE005	Fachada	38,83	1,17	Usuario
P01_E08_FE002	Cubierta	404,90	1,38	Usuario
P01_E08_FTER001	Suelo	404,90	0,22	Usuario
P02_E01_PE003	Fachada	34,38	1,17	Usuario
P02_E01_PE004	Fachada	10,74	1,17	Usuario
P02_E02_PE004	Fachada	31,83	1,17	Usuario
P02_E03_PE001	Fachada	25,16	1,17	Usuario

P02_E03_PE002	Fachada	37,28	1,17	Usuario
P02_E05_PE001	Fachada	40,24	1,17	Usuario
P02_E05_PE002	Fachada	45,90	1,17	Usuario
P02_E05_PE003	Fachada	36,11	1,17	Usuario
P02_E06_PE001	Fachada	23,76	1,17	Usuario
P02_E07_PE001	Fachada	45,28	1,17	Usuario
P02_E07_PE002	Fachada	43,06	1,17	Usuario
P02_E07_PE008	Fachada	23,21	1,17	Usuario
P03_E01_PE003	Fachada	57,35	1,17	Usuario
P03_E01_PE004	Fachada	36,63	1,17	Usuario
P03_E02_PE004	Fachada	31,23	1,17	Usuario
P03_E03_PE001	Fachada	49,27	1,17	Usuario
P03_E03_PE002	Fachada	50,82	1,17	Usuario
P03_E05_PE001	Fachada	45,18	1,17	Usuario
P03_E05_PE002	Fachada	43,56	1,17	Usuario
P03_E05_PE003	Fachada	36,65	1,17	Usuario
P03_E06_PE001	Fachada	48,04	1,17	Usuario
P03_E07_PE001	Fachada	49,59	1,17	Usuario
P03_E07_PE002	Fachada	41,07	1,17	Usuario
P03_E07_PE008	Fachada	47,56	1,17	Usuario
P04_E01_PE002	Fachada	55,03	1,17	Usuario
P04_E01_PE003	Fachada	31,29	1,17	Usuario
P04_E01_PI001	Cubierta	211,69	1,38	Usuario
P04_E02_PE001	Fachada	45,77	1,17	Usuario
P04_E02_PE002	Fachada	51,12	1,17	Usuario
P04_E02_PI001	Cubierta	228,70	1,38	Usuario
P04_E03_PE001	Fachada	44,37	1,17	Usuario
P04_E03_PI001	Cubierta	111,46	1,38	Usuario
P04_E04_PE001	Fachada	44,65	1,17	Usuario
P04_E04_PE002	Fachada	39,23	1,17	Usuario
P04_E04_PI001	Cubierta	352,75	1,38	Usuario
P04_E05_PE001	Fachada	34,87	1,17	Usuario
P04_E05_PE002	Fachada	46,14	1,17	Usuario
P04_E05_PE003	Fachada	37,95	1,17	Usuario
P04_E05_PE009	Fachada	43,82	1,17	Usuario
P04_E05_PI001	Cubierta	557,58	1,38	Usuario
P04_E06_PE005	Fachada	30,23	1,17	Usuario
P04_E06_PI001	Cubierta	78,43	1,38	Usuario
P05_E01C001	Cubierta	49,90	1,01	Usuario
P05_E01C002	Cubierta	55,27	1,01	Usuario
P05_E01C003	Cubierta	71,59	1,01	Usuario
P05_E01C004	Cubierta	80,91	1,01	Usuario
P05_E01C005	Cubierta	70,41	1,01	Usuario
P05_E01C006	Cubierta	76,75	1,01	Usuario
P05_E01C007	Cubierta	58,22	1,01	Usuario
P05_E01C008	Cubierta	72,56	1,01	Usuario
P05_E01C009	Cubierta	80,76	1,01	Usuario
P05_E01C010	Cubierta	73,20	1,01	Usuario
P05_E01C011	Cubierta	63,84	1,01	Usuario
P05_E01C012	Cubierta	65,35	1,01	Usuario
P05_E01C013	Cubierta	75,49	1,01	Usuario
P05_E01C014	Cubierta	65,32	1,01	Usuario
P05_E01C015	Cubierta	71,08	1,01	Usuario
P05_E01C016	Cubierta	66,54	1,01	Usuario

P05_E01C017	Cubierta	69,68	1,01	Usuario
P05_E01C018	Cubierta	65,42	1,01	Usuario
P05_E01C019	Cubierta	73,54	1,01	Usuario
P05_E01C020	Cubierta	68,56	1,01	Usuario
P05_E01C021	Cubierta	81,19	1,01	Usuario
P05_E01C022	Cubierta	72,20	1,01	Usuario
P05_E01C023	Cubierta	53,15	1,01	Usuario
P05_E01C024	Cubierta	50,39	1,01	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m²)	Transmitancia (W/m²K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana vidrio Simple	Hueco	130,08	5,88	0,77	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	144,00	5,88	0,77	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	42,32	5,88	0,77	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	47,79	5,88	0,77	Usuario	Usuario
Puerta de madera	Hueco	15,00	2,46	0,07	Usuario	Usuario
Puerta de madera	Hueco	15,00	2,46	0,07	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Generadores de refrigeración

Nombre	Tipo	Potencia nominal (kW)	Rendimiento Estacional (%)	Tipo de Energía	Modo de obtención
BOMBA DE CALOR	Bomba de calor 2T	365,00	177,00	ElectricidadPeninsular	Usuario
TOTALES		365,00			

Sistemas secundarios de calefacción y/o refrigeración

Nombre	UTA PB OESTE				
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.				
Zona asociada	ZONA PB_ST1 ZONA PB_ST2 ZONA PB_ST3 ZONA PB_ST6 ZONA PB_ST8				
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)		
45,00	67,50	177	177		
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control		
No	No	No			

Nombre	UTA PB ESTE				
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.				
Zona asociada	ZONA PB_ST4 ZONA PB_ST5 ZONA PB_ST7				
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)		
45,00	36,96	177	177		
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control		
No	No	No			

Nombre	UTA P1 OESTE		
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.		
Zona asociada	ZONA P1_ST1 ZONA P1_ST2 ZONA P1_ST3 ZONA P1_ST4		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
45,00	64,62	177	177
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	UTA P1 ESTE		
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.		
Zona asociada	ZONA P1_ST6 ZONA P1_ST5 ZONA P1_ST7		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
45,00	61,68	177	177
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	UTA P2 OESTE		
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.		
Zona asociada	ZONA P2_ST1 ZONA P2_ST2 ZONA P2_ST3 ZONA P2_ST4		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
45,00	53,18	177	177
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	UTA P2 ESTE		
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.		
Zona asociada	ZONA P2_ST5 ZONA P2_ST6 ZONA P2_ST7		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
45,00	50,92	177	177
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	UTA P3 OESTE		
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.		
Zona asociada	ZONA P3_ST1 ZONA P3_ST4 ZONA P3_ST6		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
45,00	59,67	177	177
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	UTA P3 ESTE		
Tipo	Todo aire caudal constante uniz.		
Zona asociada	ZONA P3_ST3 ZONA P3_ST2 ZONA P3_ST5 ZONA CUBIERTA		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
45,00	72,98	177	177
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Ventilación y bombeo

Nombre	Tipo	Servicio asociado	Consumo de energía (kWh/año)
BOMBA PRIMARIO	Bomba	Calefaccion,Refrigeracion	5790,34
BOMBA SECUNDARIO PB	Bomba	Calefaccion,Refrigeracion	3432,29
BOMBA SECUNDARIO P1	Bomba	Calefaccion,Refrigeracion	3432,29
BOMBA SECUNDARIO P2	Bomba	Calefaccion,Refrigeracion	3432,29
BOMBA SECUNDARIO P3	Bomba	Calefaccion,Refrigeracion	3432,29
TOTALES			19519,50

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

Nombre del espacio	Potencia instalada (W/m²)	VEEI (W/m²100lux)	Iluminancia media (lux)
P01_E01	11,67	7,00	59,98
P01_E02	11,67	7,00	59,98
P01_E03	1,50	7,00	466,67
P01_E04	1,50	7,00	466,67
P01_E05	11,67	7,00	59,98
P01_E06	11,67	7,00	59,98
P01_E07	11,67	7,00	59,98
P01_E08	11,67	7,00	59,98
P02_E01	11,67	7,00	59,98
P02_E02	1,50	7,00	466,67
P02_E03	11,67	7,00	59,98
P02_E04	11,67	7,00	59,98
P02_E05	11,67	7,00	59,98
P02_E06	1,50	7,00	466,67
P02_E07	11,67	7,00	59,98
P03_E01	11,67	7,00	59,98
P03_E02	1,50	7,00	466,67
P03_E03	11,67	7,00	59,98
P03_E04	11,67	7,00	59,98
P03_E05	11,67	7,00	59,98
P03_E06	1,50	7,00	466,67
P03_E07	11,67	7,00	59,98
P04_E01	11,67	7,00	59,98
P04_E02	11,67	7,00	59,98
P04_E03	1,50	7,00	466,67
P04_E04	11,67	7,00	59,98
P04_E05	11,67	7,00	59,98
P04_E06	11,67	7,00	59,98
P05_E01	0,00	7,00	0,00

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso
P01_E01	160,04	perfildeusuario
P01_E02	278,79	perfildeusuario
P01_E03	385,34	noresidencial-8h-baja
P01_E04	111,47	noresidencial-8h-baja
P01_E05	255,83	perfildeusuario
P01_E06	128,91	perfildeusuario
P01_E07	277,19	perfildeusuario
P01_E08	404,90	perfildeusuario
P02_E01	319,99	perfildeusuario
P02_E02	67,33	noresidencial-8h-baja
P02_E03	278,79	perfildeusuario
P02_E04	83,62	perfildeusuario
P02_E05	257,07	perfildeusuario
P02_E06	137,60	noresidencial-8h-baja
P02_E07	396,29	perfildeusuario
P03_E01	319,99	perfildeusuario
P03_E02	67,33	noresidencial-8h-baja
P03_E03	278,79	perfildeusuario
P03_E04	83,62	perfildeusuario
P03_E05	257,07	perfildeusuario
P03_E06	137,60	noresidencial-8h-baja
P03_E07	396,29	perfildeusuario
P04_E01	211,71	perfildeusuario
P04_E02	228,72	perfildeusuario
P04_E03	111,47	noresidencial-8h-baja
P04_E04	352,74	perfildeusuario
P04_E05	557,60	perfildeusuario
P04_E06	78,43	perfildeusuario
P05_E01	1540,68	perfildeusuario

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	0,00
TOTALES	0	0	0	0,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	0,00
TOTALES	0

ANEXO II

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	B4	Uso	Certificación Existente
----------------	----	-----	-------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES					
<8,76 A 8,76-14,24 B 14,24-21,91 C 21,91-28,48 D 28,48-35,06 E 35,06-43,82 F =>43,82 G	27,01 D	CALEFACCIÓN		ACS			
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	B	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	-		
		1,75		0,00			
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN			
		Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹		Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	B	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	C
				3,71		9,25	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	35,20	233173,94
Emisiones CO ₂ por combustibles fósiles	0,00	0,00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<47,44 A 47,44-77,0 B 77,09-118,6 C 118,61-154,1 D 154,19-189,77 E 189,77-237,21 F =>237,21 G	159,47 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)	C	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)	-
		41,18		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)	C	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)	C
60,18	52,87				
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año)¹					

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<13,04 A 13,04-21,1 B 21,18-32,59 C 32,59-42,37 D 42,37-52,14 E 52,14-65,18 F =>65,18 G 37,39		<25,17 A 25,17-40,9 B 40,90-62,92 C 62,92-81,80 D 81,80-100,68 E 100,68-125,84 F =>125,84 G 54,63	
Demanda de calefacción (kWh/m²año)		Demanda de refrigeración (kWh/m²año)	

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m²·año)	
<47,44 A		<8,76 A	
47,44-77,0 B		8,76-14,24 B	
77,09-118,61 C		14,24-21,91 C	
118,61-154,19 D		21,91-28,48 D	
154,19-189,77 E		28,48-35,06 E	
189,77-237,21 F		35,06-43,82 F	
=>237,21 G		=>43,82 G	

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m²·año)		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m²·año)	
<13,04 A		<25,17 A	
13,04-21,1 B		25,17-40,9 B	
21,18-32,59 C		40,90-62,92 C	
32,59-42,37 D		62,92-81,80 D	
42,37-52,14 E		81,80-100,68 E	
52,14-65,18 F		100,68-125,84 F	
=>65,18 G		=>125,84 G	

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m²·año)										
Consumo Energía final (kWh/m²·año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m²·año)										
Demanda (kWh/m²·año)										

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Coste estimado de la medida

Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	23/07/19
---	----------

1. DATOS GENERALES

Nombre del proyecto				instalacionesvrv			
Comunidad autónoma				Localidad			
Andalucía				Sevilla			
Tipo de edificio		Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)			
Oficinas		5606.39		2558.83			
Autor de la calificación original				Fecha de la calificación original			
ALBERTO				25/05/20			

2. INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	16.37	16.37	0.00	33.07	33.07	58.84	5.60	5.60	13.76
Iluminación	9.58	9.58	13.69	18.72	18.72	26.74	3.17	3.17	4.53
A.C.S.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	25.95	25.95	55.03	51.79	51.79	85.58	8.77	8.77	18.29

EF: Energía final (kW·h/m²), EP: Energía primaria (kW·h/m²), EM: Emisiones CO2 (kg CO2/m²)

orig: original, mod: modificado, ref: referencia, la superficie utilizada es la suma de la acondicionada y la no condicionada

3. ETIQUETA Y VALORES FINALES

Calificación en emisiones:

Original: **B** IEE = 0.480

Modificada: **B** IEE = 0.480

Calificación en energía primaria no renovable:

Original: **B** IEE = 0.605

Modificada: **B** IEE = 0.605



Etiqueta original

Etiqueta modificada

IEE: Indicador de eficiencia energética = EM / EM ref.



CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Proyecto Manhattan		
Dirección	de Isabel la Católica - - - - -		
Municipio	Sevilla	Código Postal	41004
Provincia	Sevilla	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	B4	Año construcción	1900 - 1940
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	5711001TG3451S0001DI		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

☐ Edificio de nueva construcción	☒ Edificio Existente
☐ Vivienda ☐ Unifamiliar ☐ Bloque ☐ Bloque completo ☐ Vivienda individual	☒ Terciario ☒ Edificio completo ☐ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	ALBERTO BERMUDO GARCÍA	NIF/NIE	77847949X
Razón social	Razón Social	NIF	-
Domicilio	Altamira 29 5 - 4 A		
Municipio	Sevilla	Código Postal	41020
Provincia	Sevilla	Comunidad Autónoma	Andalucía
e-mail:	bermudogarciaalberto@gmail.com	Teléfono	676914954
Titulación habilitante según normativa vigente	INGENIERO INDUSTRIAL		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.1968.1156, de fecha 8-abr-2020		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m²·año)	
<42,20 A 42,20-68,5 B 68,57-105,49 C 105,49-137,13 D 137,13-168,78 E 168,78-210,98 F =>210,98 G	63,26 B	<9,02 A 9,02-14,65 B 14,65-22,54 C 22,54-29,30 D 29,30-36,06 E 36,06-45,08 F =>45,08 G	10,72 B

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 25/05/2020

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
Anexo II. Calificación energética del edificio.
Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)		6624,53	
Imagen del edificio		Plano de situación	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m²)	Transmitancia (W/m²K)	Modo de obtención
P01_E01_PE001	Fachada	44,22	0,49	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	160,04	0,22	Usuario
P01_E02_PE001	Fachada	40,03	0,49	Usuario
P01_E02_PE002	Fachada	41,67	0,49	Usuario
P01_E02_FTER001	Suelo	278,79	0,22	Usuario
P01_E03_PE001	Fachada	32,80	0,49	Usuario
P01_E03_PE008	Fachada	29,16	0,49	Usuario
P01_E03_FE001	Cubierta	56,89	0,50	Usuario
P01_E03_TER001	Suelo	385,34	0,22	Usuario
P01_E04_PE001	Fachada	41,92	0,49	Usuario
P01_E04_FTER001	Suelo	111,47	0,22	Usuario
P01_E05_PE006	Fachada	36,80	0,49	Usuario
P01_E05_FTER001	Suelo	255,83	0,22	Usuario
P01_E06_FTER001	Suelo	128,91	0,22	Usuario
P01_E07_FTER001	Suelo	277,19	0,22	Usuario
P01_E08_PE001	Fachada	44,24	0,49	Usuario
P01_E08_PE002	Fachada	42,80	0,49	Usuario
P01_E08_PE003	Fachada	43,31	0,49	Usuario
P01_E08_PE004	Fachada	46,63	0,49	Usuario
P01_E08_PE005	Fachada	38,83	0,49	Usuario
P01_E08_FE002	Cubierta	404,90	0,50	Usuario
P01_E08_FTER001	Suelo	404,90	0,22	Usuario
P02_E01_PE003	Fachada	34,38	0,49	Usuario
P02_E01_PE004	Fachada	10,74	0,49	Usuario
P02_E02_PE004	Fachada	31,83	0,49	Usuario
P02_E03_PE001	Fachada	25,16	0,49	Usuario

P02_E03_PE002	Fachada	37,28	0,49	Usuario
P02_E05_PE001	Fachada	40,24	0,49	Usuario
P02_E05_PE002	Fachada	45,90	0,49	Usuario
P02_E05_PE003	Fachada	36,11	0,49	Usuario
P02_E06_PE001	Fachada	23,76	0,49	Usuario
P02_E07_PE001	Fachada	45,28	0,49	Usuario
P02_E07_PE002	Fachada	43,06	0,49	Usuario
P02_E07_PE008	Fachada	23,21	0,49	Usuario
P03_E01_PE003	Fachada	57,35	0,49	Usuario
P03_E01_PE004	Fachada	36,63	0,49	Usuario
P03_E02_PE004	Fachada	31,23	0,49	Usuario
P03_E03_PE001	Fachada	49,27	0,49	Usuario
P03_E03_PE002	Fachada	50,82	0,49	Usuario
P03_E05_PE001	Fachada	45,18	0,49	Usuario
P03_E05_PE002	Fachada	43,56	0,49	Usuario
P03_E05_PE003	Fachada	36,65	0,49	Usuario
P03_E06_PE001	Fachada	48,04	0,49	Usuario
P03_E07_PE001	Fachada	49,59	0,49	Usuario
P03_E07_PE002	Fachada	41,07	0,49	Usuario
P03_E07_PE008	Fachada	47,56	0,49	Usuario
P04_E01_PE002	Fachada	55,03	0,49	Usuario
P04_E01_PE003	Fachada	31,29	0,49	Usuario
P04_E01_PI001	Cubierta	211,69	1,85	Usuario
P04_E02_PE001	Fachada	45,77	0,49	Usuario
P04_E02_PE002	Fachada	51,12	0,49	Usuario
P04_E02_PI001	Cubierta	228,70	1,85	Usuario
P04_E03_PE001	Fachada	44,37	0,49	Usuario
P04_E03_PI001	Cubierta	111,46	1,85	Usuario
P04_E04_PE001	Fachada	44,65	0,49	Usuario
P04_E04_PE002	Fachada	39,23	0,49	Usuario
P04_E04_PI001	Cubierta	352,75	1,85	Usuario
P04_E05_PE001	Fachada	34,87	0,49	Usuario
P04_E05_PE002	Fachada	46,14	0,49	Usuario
P04_E05_PE003	Fachada	37,95	0,49	Usuario
P04_E05_PE009	Fachada	43,82	0,49	Usuario
P04_E05_PI001	Cubierta	557,58	1,85	Usuario
P04_E06_PE005	Fachada	30,23	0,49	Usuario
P04_E06_PI001	Cubierta	78,43	1,85	Usuario
P05_E01C001	Cubierta	49,90	0,28	Usuario
P05_E01C002	Cubierta	55,27	0,28	Usuario
P05_E01C003	Cubierta	71,59	0,28	Usuario
P05_E01C004	Cubierta	80,91	0,28	Usuario
P05_E01C005	Cubierta	70,41	0,28	Usuario
P05_E01C006	Cubierta	76,75	0,28	Usuario
P05_E01C007	Cubierta	58,22	0,28	Usuario
P05_E01C008	Cubierta	72,56	0,28	Usuario
P05_E01C009	Cubierta	80,76	0,28	Usuario
P05_E01C010	Cubierta	73,20	0,28	Usuario
P05_E01C011	Cubierta	63,84	0,28	Usuario
P05_E01C012	Cubierta	65,35	0,28	Usuario
P05_E01C013	Cubierta	75,49	0,28	Usuario
P05_E01C014	Cubierta	65,32	0,28	Usuario
P05_E01C015	Cubierta	71,08	0,28	Usuario
P05_E01C016	Cubierta	66,54	0,28	Usuario

P05_E01C017	Cubierta	69,68	0,28	Usuario
P05_E01C018	Cubierta	65,42	0,28	Usuario
P05_E01C019	Cubierta	73,54	0,28	Usuario
P05_E01C020	Cubierta	68,56	0,28	Usuario
P05_E01C021	Cubierta	81,19	0,28	Usuario
P05_E01C022	Cubierta	72,20	0,28	Usuario
P05_E01C023	Cubierta	53,15	0,28	Usuario
P05_E01C024	Cubierta	50,39	0,28	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m²)	Transmitancia (W/m²K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana vidrio Simple	Hueco	130,08	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	144,00	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	42,32	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	47,79	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Puerta de madera	Hueco	15,00	2,46	0,07	Usuario	Usuario
Puerta de madera	Hueco	15,00	2,46	0,07	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Sistemas secundarios de calefacción y/o refrigeración

Nombre	MMYMAP1204HT8E_PB2		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR PB_ST5		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	339	339
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	MMYMAP2614HT8E_PB1		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR PB_ST1 UD INTERIOR PB_ST2 UD INTERIOR PB_ST3 UD INTERIOR PB_ST4 UD		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	339	339
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	MMYMAP4414HT8E_P1		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR P1_ST1 UD INTERIOR P1_ST2 UD INTERIOR P1_ST3 UD INTERIOR P1_ST4		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	339	339
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	MMYMAP3814HT8E_P2		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR P2_ST1 UD INTERIOR P2_ST2 UD INTERIOR P2_ST3 UD INTERIOR		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	339	339
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	MMYMAP4614HT8E_P3		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR P3_ST1 UD INTERIOR P3_ST2 UD INTERIOR P3_ST3 UD INTERIOR		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	339	339
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

Nombre del espacio	Potencia instalada (W/m²)	VEEI (W/m²100lux)	Iluminancia media (lux)
P01_E01	4,94	7,00	141,70
P01_E02	4,94	7,00	141,70
P01_E03	1,50	7,00	466,67
P01_E04	1,50	7,00	466,67
P01_E05	4,94	7,00	141,70
P01_E06	4,94	7,00	141,70
P01_E07	4,94	7,00	141,70
P01_E08	4,94	7,00	141,70
P02_E01	4,94	7,00	141,70
P02_E02	1,50	7,00	466,67
P02_E03	4,94	7,00	141,70
P02_E04	4,94	7,00	141,70
P02_E05	4,94	7,00	141,70
P02_E06	1,50	7,00	466,67
P02_E07	4,94	7,00	141,70
P03_E01	4,94	7,00	141,70
P03_E02	1,50	7,00	466,67
P03_E03	4,94	7,00	141,70
P03_E04	4,94	7,00	141,70
P03_E05	4,94	7,00	141,70
P03_E06	1,50	7,00	466,67
P03_E07	4,94	7,00	141,70
P04_E01	4,94	7,00	141,70
P04_E02	4,94	7,00	141,70
P04_E03	1,50	7,00	466,67
P04_E04	4,94	7,00	141,70
P04_E05	4,94	7,00	141,70
P04_E06	4,94	7,00	141,70
P05_E01	0,00	7,00	0,00

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso
P01_E01	160,04	perfildeusuario
P01_E02	278,79	perfildeusuario
P01_E03	385,34	noresidencial-8h-baja
P01_E04	111,47	noresidencial-8h-baja
P01_E05	255,83	perfildeusuario
P01_E06	128,91	perfildeusuario
P01_E07	277,19	perfildeusuario
P01_E08	404,90	perfildeusuario
P02_E01	319,99	perfildeusuario
P02_E02	67,33	noresidencial-8h-baja
P02_E03	278,79	perfildeusuario
P02_E04	83,62	perfildeusuario
P02_E05	257,07	perfildeusuario
P02_E06	137,60	noresidencial-8h-baja
P02_E07	396,29	perfildeusuario
P03_E01	319,99	perfildeusuario
P03_E02	67,33	noresidencial-8h-baja
P03_E03	278,79	perfildeusuario
P03_E04	83,62	perfildeusuario
P03_E05	257,07	perfildeusuario
P03_E06	137,60	noresidencial-8h-baja
P03_E07	396,29	perfildeusuario
P04_E01	211,71	perfildeusuario
P04_E02	228,72	perfildeusuario
P04_E03	111,47	noresidencial-8h-baja
P04_E04	352,74	perfildeusuario
P04_E05	557,60	perfildeusuario
P04_E06	78,43	perfildeusuario
P05_E01	1540,68	perfildeusuario

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	0,00
TOTALES	0	0	0	0,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	0,00
TOTALES	0

ANEXO II CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	B4	Uso	Certificación Existente
----------------	----	-----	-------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<9,02A 9,02-14,65B 14,65-22,54C 22,54-29,30D 29,30-36,06E 36,06-45,08F =>45,08G	10,72B	CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	-	
		2,93		0,00		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹	Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	C
			1,90		4,04	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	14,57	96496,43
Emisiones CO ₂ por combustibles fósiles	0,00	0,00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<42,20 A 42,20-68,5 B 68,57-105,4 C 105,49-137,1 D 137,13-168,78 E 168,78-210,98 F =>210,98 G	63,26 B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)	-
		26,89		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)	B	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)	C
13,88	23,07				
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) ¹					

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<21,75 A 21,75-35,3 B 35,35-54,38 C 54,38-70,70 D 70,70-87,01 E 87,01-108,77 F =>108,77 G	46,69	<9,74 A 9,74-15,82 B 15,82-24,34 C 24,34-31,64 D 31,64-38,94 E 38,94-48,68 F =>48,68 G	24,09
Demanda de calefacción (kWh/m²año)		Demanda de refrigeración (kWh/m²año)	

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m²·año)	
<42,20 A		<9,02 A	
42,20-68,5 B		9,02-14,65 B	
68,57-105,49 C		14,65-22,54 C	
105,49-137,13 D		22,54-29,30 D	
137,13-168,78 E		29,30-36,06 E	
168,78-210,98 F		36,06-45,08 F	
=>210,98 G		=>45,08 G	

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m²·año)		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m²·año)	
<21,75 A		<9,74 A	
21,75-35,3 B		9,74-15,82 B	
35,35-54,38 C		15,82-24,34 C	
54,38-70,70 D		24,34-31,64 D	
70,70-87,01 E		31,64-38,94 E	
87,01-108,77 F		38,94-48,68 F	
=>108,77 G		=>48,68 G	

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m²·año)										
Consumo Energía final (kWh/m²·año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m²·año)										
Demanda (kWh/m²·año)										

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Coste estimado de la medida

Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	23/07/19
---	----------

1. DATOS GENERALES

Nombre del proyecto				instalacionesvrv	
Comunidad autónoma			Localidad		
Andalucía			Sevilla		
Tipo de edificio		Superficie acondicionada (m²)		Superficie no acondicionada (m²)	
Oficinas		5606.39		2558.83	
Autor de la calificación original				Fecha de la calificación original	
ALBERTO				26/05/20	

2. INDICADORES ENERGÉTICOS ANUALES

Concepto	EF orig.	EF mod.	EF ref.	EP orig.	EP mod.	EP ref.	EM orig.	EM mod.	EM ref.
Climatización	13.88	13.88	0.00	27.93	27.93	58.83	4.73	4.73	13.75
Iluminación	9.58	9.58	13.69	18.72	18.72	26.74	3.17	3.17	4.53
A.C.S.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Total	23.46	23.46	55.02	46.65	46.65	85.57	7.90	7.90	18.28

EF: Energía final (kW·h/m²), EP: Energía primaria (kW·h/m²), EM: Emisiones CO2 (kg CO2/m²)

orig: original, mod: modificado, ref: referencia, la superficie utilizada es la suma de la acondicionada y la no condicionada

3. ETIQUETA Y VALORES FINALES

Calificación en emisiones:

Original: **B** IEE = 0.432

Modificada: **B** IEE = 0.432

Calificación en energía primaria no renovable:

Original: **B** IEE = 0.545

Modificada: **B** IEE = 0.545



Etiqueta original

Etiqueta modificada

IEE: Indicador de eficiencia energética = EM / EM ref.



CERTIFICADO DE EFICIENCIA ENERGÉTICA DE EDIFICIOS

IDENTIFICACIÓN DEL EDIFICIO O DE LA PARTE QUE SE CERTIFICA:

Nombre del edificio	Proyecto Manhattan		
Dirección	de Isabel la Católica - - - - -		
Municipio	Sevilla	Código Postal	41004
Provincia	Sevilla	Comunidad Autónoma	Andalucía
Zona climática	B4	Año construcción	1900 - 1940
Normativa vigente (construcción / rehabilitación)	NBE-CT-79		
Referencia/s catastral/es	5711001TG3451S0001DI		

Tipo de edificio o parte del edificio que se certifica:

☐ Edificio de nueva construcción	☒ Edificio Existente
☐ Vivienda ☐ Unifamiliar ☐ Bloque ☐ Bloque completo ☐ Vivienda individual	☒ Terciario ☒ Edificio completo ☐ Local

DATOS DEL TÉCNICO CERTIFICADOR:

Nombre y Apellidos	ALBERTO BERMUDO GARCÍA	NIF/NIE	77847949X
Razón social	Razón Social	NIF	-
Domicilio	Altamira 29 5 - 4 A		
Municipio	Sevilla	Código Postal	41020
Provincia	Sevilla	Comunidad Autónoma	Andalucía
e-mail:	bermudogarciaalberto@gmail.com	Teléfono	676914954
Titulación habilitante según normativa vigente	INGENIERO INDUSTRIAL		
Procedimiento reconocido de calificación energética utilizado y versión:	HU CTE-HE y CEE Versión 2.0.1968.1156, de fecha 8-abr-2020		

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA OBTENIDA:

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m²·año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO2/m²·año)	
<42,19 A 42,19-68,5 B 68,56-105,47 C 105,47-137,12 D 137,12-168,76 E 168,76-210,95 F =>210,95 G	57,25 B	<9,01 A 9,01-14,65 B 14,65-22,54 C 22,54-29,30 D 29,30-36,06 E 36,06-45,07 F =>45,07 G	9,70 B

El técnico abajo firmante declara responsablemente que ha realizado la certificación energética del edificio o de la parte que se certifica de acuerdo con el procedimiento establecido por la normativa vigente y que son ciertos los datos que figuran en el presente documento, y sus anexos:

Fecha 26/05/2020

Firma del técnico certificador:

- Anexo I.** Descripción de las características energéticas del edificio.
Anexo II. Calificación energética del edificio.
Anexo III. Recomendaciones para la mejora de la eficiencia energética.
Anexo IV. Pruebas, comprobaciones e inspecciones realizadas por el técnico certificador.

Registro del Organo Territorial Competente:

ANEXO I

DESCRIPCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS ENERGÉTICAS DEL EDIFICIO

En este apartado se describen las características energéticas del edificio, envolvente térmica, instalaciones, condiciones de funcionamiento y ocupación y demás datos utilizados para obtener la calificación energética del edificio.

1. SUPERFICIE, IMAGEN Y SITUACIÓN

Superficie habitable (m²)	6624,53
---------------------------	---------

Imagen del edificio		Plano de situación	

2. ENVOLVENTE TÉRMICA

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie (m²)	Transmitancia (W/m²K)	Modo de obtención
P01_E01_PE001	Fachada	44,22	0,43	Usuario
P01_E01_FTER001	Suelo	160,04	0,22	Usuario
P01_E02_PE001	Fachada	40,03	0,43	Usuario
P01_E02_PE002	Fachada	41,67	0,43	Usuario
P01_E02_FTER001	Suelo	278,79	0,22	Usuario
P01_E03_PE001	Fachada	32,80	0,43	Usuario
P01_E03_PE008	Fachada	29,16	0,43	Usuario
P01_E03_FE001	Cubierta	56,89	0,44	Usuario
P01_E03_TER001	Suelo	385,34	0,22	Usuario
P01_E04_PE001	Fachada	41,92	0,43	Usuario
P01_E04_FTER001	Suelo	111,47	0,22	Usuario
P01_E05_PE006	Fachada	36,80	0,43	Usuario
P01_E05_FTER001	Suelo	255,83	0,22	Usuario
P01_E06_FTER001	Suelo	128,91	0,22	Usuario
P01_E07_FTER001	Suelo	277,19	0,22	Usuario
P01_E08_PE001	Fachada	44,24	0,43	Usuario
P01_E08_PE002	Fachada	42,80	0,43	Usuario
P01_E08_PE003	Fachada	43,31	0,43	Usuario
P01_E08_PE004	Fachada	46,63	0,43	Usuario
P01_E08_PE005	Fachada	38,83	0,43	Usuario
P01_E08_FE002	Cubierta	404,90	0,44	Usuario
P01_E08_FTER001	Suelo	404,90	0,22	Usuario
P02_E01_PE003	Fachada	34,38	0,43	Usuario
P02_E01_PE004	Fachada	10,74	0,43	Usuario
P02_E02_PE004	Fachada	31,83	0,43	Usuario
P02_E03_PE001	Fachada	25,16	0,43	Usuario

P02_E03_PE002	Fachada	37,28	0,43	Usuario
P02_E05_PE001	Fachada	40,24	0,43	Usuario
P02_E05_PE002	Fachada	45,90	0,43	Usuario
P02_E05_PE003	Fachada	36,11	0,43	Usuario
P02_E06_PE001	Fachada	23,76	0,43	Usuario
P02_E07_PE001	Fachada	45,28	0,43	Usuario
P02_E07_PE002	Fachada	43,06	0,43	Usuario
P02_E07_PE008	Fachada	23,21	0,43	Usuario
P03_E01_PE003	Fachada	57,35	0,43	Usuario
P03_E01_PE004	Fachada	36,63	0,43	Usuario
P03_E02_PE004	Fachada	31,23	0,43	Usuario
P03_E03_PE001	Fachada	49,27	0,43	Usuario
P03_E03_PE002	Fachada	50,82	0,43	Usuario
P03_E05_PE001	Fachada	45,18	0,43	Usuario
P03_E05_PE002	Fachada	43,56	0,43	Usuario
P03_E05_PE003	Fachada	36,65	0,43	Usuario
P03_E06_PE001	Fachada	48,04	0,43	Usuario
P03_E07_PE001	Fachada	49,59	0,43	Usuario
P03_E07_PE002	Fachada	41,07	0,43	Usuario
P03_E07_PE008	Fachada	47,56	0,43	Usuario
P04_E01_PE002	Fachada	55,03	0,43	Usuario
P04_E01_PE003	Fachada	31,29	0,43	Usuario
P04_E01_PI001	Cubierta	211,69	1,85	Usuario
P04_E02_PE001	Fachada	45,77	0,43	Usuario
P04_E02_PE002	Fachada	51,12	0,43	Usuario
P04_E02_PI001	Cubierta	228,70	1,85	Usuario
P04_E03_PE001	Fachada	44,37	0,43	Usuario
P04_E03_PI001	Cubierta	111,46	1,85	Usuario
P04_E04_PE001	Fachada	44,65	0,43	Usuario
P04_E04_PE002	Fachada	39,23	0,43	Usuario
P04_E04_PI001	Cubierta	352,75	1,85	Usuario
P04_E05_PE001	Fachada	34,87	0,43	Usuario
P04_E05_PE002	Fachada	46,14	0,43	Usuario
P04_E05_PE003	Fachada	37,95	0,43	Usuario
P04_E05_PE009	Fachada	43,82	0,43	Usuario
P04_E05_PI001	Cubierta	557,58	1,85	Usuario
P04_E06_PE005	Fachada	30,23	0,43	Usuario
P04_E06_PI001	Cubierta	78,43	1,85	Usuario
P05_E01C001	Cubierta	49,90	0,16	Usuario
P05_E01C002	Cubierta	55,27	0,16	Usuario
P05_E01C003	Cubierta	71,59	0,16	Usuario
P05_E01C004	Cubierta	80,91	0,16	Usuario
P05_E01C005	Cubierta	70,41	0,16	Usuario
P05_E01C006	Cubierta	76,75	0,16	Usuario
P05_E01C007	Cubierta	58,22	0,16	Usuario
P05_E01C008	Cubierta	72,56	0,16	Usuario
P05_E01C009	Cubierta	80,76	0,16	Usuario
P05_E01C010	Cubierta	73,20	0,16	Usuario
P05_E01C011	Cubierta	63,84	0,16	Usuario
P05_E01C012	Cubierta	65,35	0,16	Usuario
P05_E01C013	Cubierta	75,49	0,16	Usuario
P05_E01C014	Cubierta	65,32	0,16	Usuario
P05_E01C015	Cubierta	71,08	0,16	Usuario
P05_E01C016	Cubierta	66,54	0,16	Usuario

P05_E01C017	Cubierta	69,68	0,16	Usuario
P05_E01C018	Cubierta	65,42	0,16	Usuario
P05_E01C019	Cubierta	73,54	0,16	Usuario
P05_E01C020	Cubierta	68,56	0,16	Usuario
P05_E01C021	Cubierta	81,19	0,16	Usuario
P05_E01C022	Cubierta	72,20	0,16	Usuario
P05_E01C023	Cubierta	53,15	0,16	Usuario
P05_E01C024	Cubierta	50,39	0,16	Usuario

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie (m²)	Transmitancia (W/m²K)	Factor Solar	Modo de obtención transmitancia	Modo de obtención factor solar
Ventana vidrio Simple	Hueco	130,08	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	144,00	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	42,32	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Ventana vidrio Simple	Hueco	47,79	1,83	0,64	Usuario	Usuario
Puerta de madera	Hueco	15,00	2,46	0,07	Usuario	Usuario
Puerta de madera	Hueco	15,00	2,46	0,07	Usuario	Usuario

3. INSTALACIONES TÉRMICAS

Sistemas secundarios de calefacción y/o refrigeración

Nombre	RYYQ12T_PB2		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR PB_ST5		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	397	397
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	RYYQ26T_PB1		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR PB_ST1 UD INTERIOR PB_ST2 UD INTERIOR PB_ST3 UD INTERIOR PB_ST4 UD		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	397	397
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	RYYQ44T_P1		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR P1_ST1 UD INTERIOR P1_ST2 UD INTERIOR P1_ST3 UD INTERIOR P1_ST4		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	397	397
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	RYYQ38T_P2		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR P2_ST1 UD INTERIOR P2_ST2 UD INTERIOR P2_ST3 UD INTERIOR		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	397	397
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

Nombre	RYYQ46T_P3		
Tipo	Aut. mediante unidades terminales		
Zona asociada	UD INTERIOR P3_ST1 UD INTERIOR P3_ST2 UD INTERIOR P3_ST3 UD INTERIOR		
Potencia calor (kW)	Potencia frío (kW)	Rendimiento estacional calor (%)	Rendimiento estacional frío (%)
0,00	0,00	397	397
Enfriamiento evaporativo	Recuperación de energía	Enfriamiento gratuito	Control
No	No	No	

4. INSTALACIÓN DE ILUMINACION

Nombre del espacio	Potencia instalada (W/m²)	VEEI (W/m²100lux)	Iluminancia media (lux)
P01_E01	4,94	7,00	141,70
P01_E02	4,94	7,00	141,70
P01_E03	1,50	7,00	466,67
P01_E04	1,50	7,00	466,67
P01_E05	4,94	7,00	141,70
P01_E06	4,94	7,00	141,70
P01_E07	4,94	7,00	141,70
P01_E08	4,94	7,00	141,70
P02_E01	4,94	7,00	141,70
P02_E02	1,50	7,00	466,67
P02_E03	4,94	7,00	141,70
P02_E04	4,94	7,00	141,70
P02_E05	4,94	7,00	141,70
P02_E06	1,50	7,00	466,67
P02_E07	4,94	7,00	141,70
P03_E01	4,94	7,00	141,70
P03_E02	1,50	7,00	466,67
P03_E03	4,94	7,00	141,70
P03_E04	4,94	7,00	141,70
P03_E05	4,94	7,00	141,70
P03_E06	1,50	7,00	466,67
P03_E07	4,94	7,00	141,70
P04_E01	4,94	7,00	141,70
P04_E02	4,94	7,00	141,70
P04_E03	1,50	7,00	466,67
P04_E04	4,94	7,00	141,70
P04_E05	4,94	7,00	141,70
P04_E06	4,94	7,00	141,70
P05_E01	0,00	7,00	0,00

5. CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO Y OCUPACIÓN

Espacio	Superficie (m²)	Perfil de uso
P01_E01	160,04	perfildeusuario
P01_E02	278,79	perfildeusuario
P01_E03	385,34	noresidencial-8h-baja
P01_E04	111,47	noresidencial-8h-baja
P01_E05	255,83	perfildeusuario
P01_E06	128,91	perfildeusuario
P01_E07	277,19	perfildeusuario
P01_E08	404,90	perfildeusuario
P02_E01	319,99	perfildeusuario
P02_E02	67,33	noresidencial-8h-baja
P02_E03	278,79	perfildeusuario
P02_E04	83,62	perfildeusuario
P02_E05	257,07	perfildeusuario
P02_E06	137,60	noresidencial-8h-baja
P02_E07	396,29	perfildeusuario
P03_E01	319,99	perfildeusuario
P03_E02	67,33	noresidencial-8h-baja
P03_E03	278,79	perfildeusuario
P03_E04	83,62	perfildeusuario
P03_E05	257,07	perfildeusuario
P03_E06	137,60	noresidencial-8h-baja
P03_E07	396,29	perfildeusuario
P04_E01	211,71	perfildeusuario
P04_E02	228,72	perfildeusuario
P04_E03	111,47	noresidencial-8h-baja
P04_E04	352,74	perfildeusuario
P04_E05	557,60	perfildeusuario
P04_E06	78,43	perfildeusuario
P05_E01	1540,68	perfildeusuario

6. ENERGÍAS RENOVABLES

Térmica

Nombre	Consumo de Energía Final, cubierto en función del servicio asociado (%)			Demanda de ACS cubierta (%)
	Calefacción	Refrigeración	ACS	
Sistema solar térmico	-	-	-	0,00
TOTALES	0	0	0	0,00

Eléctrica

Nombre	Energía eléctrica generada y autoconsumida (kWh/año)
Panel fotovoltaico	0,00
TOTALES	0

ANEXO II

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO

Zona climática	B4	Uso	Certificación Existente
----------------	----	-----	-------------------------

1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN EMISIONES

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES				
<9,01A 9,01-14,65B 14,65-22,54C 22,54-29,30D 29,30-36,06E 36,06-45,07F =>45,07G	9,70B	CALEFACCIÓN		ACS		
		Emisiones calefacción (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones ACS (kgCO ₂ /m ² año)	-	
		2,27		0,00		
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN		
		Emisiones globales (kgCO ₂ /m ² año) ¹	Emisiones refrigeración (kgCO ₂ /m ² año)	A	Emisiones iluminación (kgCO ₂ /m ² año)	C
			1,54		4,04	

La calificación global del edificio se expresa en términos de dióxido de carbono liberado a la atmósfera como consecuencia del consumo energético del mismo.

	kgCO ₂ /m ² .año	kgCO ₂ /año
Emisiones CO ₂ por consumo eléctrico	13,54	89675,52
Emisiones CO ₂ por combustibles fósiles	0,00	0,00

2. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE

Por energía primaria no renovable se entiende la energía consumida por el edificio procedente de fuentes no renovables que no ha sufrido ningún proceso de conversión o transformación.

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
<42,19A 42,19-68,5B 68,56-105,4C 105,47-137,1D 137,12-168,76E 168,76-210,95F =>210,95G	57,25B	CALEFACCIÓN		ACS	
		Energía primaria no renovable calefacción (kWh/m²año)	A	Energía primaria no renovable ACS (kWh/m²año)	-
		22,54		0,00	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
		Energía primaria no renovable refrigeración (kWh/m²año)	B	Energía primaria no renovable iluminación (kWh/m²año)	C
		11,88		23,07	
Consumo global de energía primaria no renovable (kWh/m²año) ¹					

3. CALIFICACIÓN PARCIAL DE LA DEMANDA ENERGÉTICA DE CALEFACCIÓN Y REFRIGERACIÓN

La demanda energética de calefacción y refrigeración es la energía necesaria para mantener las condiciones internas de confort del edificio.

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
	45,76		24,11
Demanda de calefacción (kWh/m ² año)		Demanda de refrigeración (kWh/m ² año)	

¹El indicador global es resultado de la suma de los indicadores parciales más el valor del indicador para consumos auxiliares, si los hubiera (sólo ed. terciarios, ventilación, bombeo, etc...). La energía eléctrica autoconsumida se descuenta únicamente del indicador global, no así de los valores parciales.

ANEXO III

RECOMENDACIONES PARA LA MEJORA DE LA EFICIENCIA ENERGÉTICA

CALIFICACIÓN ENERGÉTICA GLOBAL

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE (kWh/m ² •año)		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO (kgCO ₂ /m ² •año)	
<42,19 A		<9,01 A	
42,19-68,5 B		9,01-14,65 B	
68,56-105,47 C		14,65-22,54 C	
105,47-137,12 D		22,54-29,30 D	
137,12-168,76 E		29,30-36,06 E	
168,76-210,95 F		36,06-45,07 F	
=>210,95 G		=>45,07 G	

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS

DEMANDA DE CALEFACCIÓN (kWh/m ² •año)		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN (kWh/m ² •año)	
<21,75 A		<9,74 A	
21,75-35,3 B		9,74-15,82 B	
35,35-54,38 C		15,82-24,34 C	
54,38-70,70 D		24,34-31,64 D	
70,70-87,01 E		31,64-38,94 E	
87,01-108,77 F		38,94-48,68 F	
=>108,77 G		=>48,68 G	

ANÁLISIS TÉCNICO

Indicador	Calefacción		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior	Valor	% respecto al anterior
Consumo Energía primaria (kWh/m ² •año)										
Consumo Energía final (kWh/m ² •año)										
Emisiones de CO ₂ (kgCO ₂ /m ² •año)										
Demanda (kWh/m ² •año)										

Nota: Los indicadores energéticos anteriores están calculados en base a coeficientes estándar de operación y funcionamiento del edificio, por lo que solo son válidos a efectos de su calificación energética. Para el análisis económico de las medidas de ahorro y eficiencia energética, el técnico certificador deberá utilizar las condiciones reales y datos históricos de consumo del edificio.

DESCRIPCIÓN DE MEDIDA DE MEJORA

Características técnicas de la medida (modelo de equipos, materiales, parámetros característicos)

Coste estimado de la medida

Otros datos de interés

ANEXO IV

PRUEBAS, COMPROBACIONES E INSPECCIONES REALIZADAS POR EL TÉCNICO CERTIFICADOR

Se describen a continuación las pruebas, comprobaciones e inspecciones llevadas a cabo por el técnico certificador durante el proceso de toma de datos y de calificación de la eficiencia energética del edificio, con la finalidad de establecer la conformidad de la información de partida contenida en el certificado de eficiencia energética.

Fecha de realización de la visita del técnico certificador	23/07/19
---	----------