

## MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

## *ANÁLISIS ENERGÉTICO DE UN EDIFICIO EN EL PARQUE TECNOLÓGICO DE MIÑANO*

### **Alumna**

Nerea Moreno Uriel

### **Director**

Iván Flores Abascal

### **Departamento**

Máquinas y Motores térmicos

Curso académico 2018/2019

*Bilbao, 12 de junio de 2019*

## **Resumen**

El objetivo de este Trabajo Fin de Máster es la creación de un modelo en *TRNSYS* del edificio Miñano 2 de TECNALIA en el Parque Tecnológico de Miñano (Álava), que, validado con datos de consumo reales, permita el análisis de diferentes acciones de mejora enfocadas a adquirir la calificación de *NZEB*. Para ello, en base a la información disponible acerca del estado actual del edificio y sus instalaciones, se modela el edificio en tres dimensiones mediante *SketchUp+Trnsys3d*, se caracteriza en *TRNBuild* y, por último, se simula en *TRNSYS*. En todo momento se describe la metodología seguida, los recursos empleados y las hipótesis realizadas. Así, los resultados obtenidos, su validación mediante consumos de gas reales y los datos de consumos eléctricos, permiten llevar a cabo un exhaustivo análisis de las demandas térmica y eléctrica actuales del edificio. De este modo, se observa potencial de mejora en la satisfacción de la demanda térmica, para lo que se proponen posibles acciones enfocadas a lograr una mayor eficiencia energética del edificio. Finalmente, se extraen las conclusiones más relevantes con respecto a la realización de este trabajo.

*Palabras clave:* modelo, edificio, Miñano, eficiencia energética, simulación, *SketchUp*, *TRNSYS*

## **Laburpena**

Master Bukaerako Lan honen helburu nagusia Miñanoko Parke Teknologikoan (Araba) dagoen TECNALIA-ren Miñano 2 eraikinaren *TRNSYS* modeloa egitea da. Modelo honen baliozkotzeak kontsumo datu errealek bidez, *NZEB* kalifikazioa lortzeko hobekuntza neurrien azterketa ahalbidetzen du. Horretarako, eraikinari buruz eta haren instalazioei eskuragai dagoen informazioa kontuan hartuta, eraikinaren hiru dimentsioko eredua egiten da *SketchUp+TrnsysS3d* programa erabilita, haren propietateak *TRNBuild* erabiliz sartzen dira, eta azkenik, *TRNSYS* programarekin simulazioa egiten da. Halaber, jarraitzen den metodologia,

erabilitako baliabideak eta egindako hipotesiak deskribatzen dira. Gainera, lortutako emaitzekin, haien balioztazearekin gas kontsumoen bidez eta elektrizitate kontsumo datuekin, eraikinaren egungo elektrizitate- eta bero-eskarien azterketa sakona egiten da. Horrela, bero-eskariaren asetzean hobekuntza potentzial handia ikusten da eta horretarako, zenbait ekintza proposatzen dira eraikinaren energia-eraginkortasuna hobeto dadin. Azkenik, egindako lanarekiko amaierako konklusioak ateratzen dira.

Funtsezko hitzak: modeloa, eraikina, Miñao, energia-eraginkortasuna, simulazioa, *SketchUp*, *TRNSYS*

## ***Abstract***

The aim of this Master Final Project is to create a *TRNSYS* model of TECNALIA's Miñano 2 building in the Technology Park of Miñano in Álava, which validated with real consumption data, allows the analysis of different improvement actions to achieve the *NZEB* standard. This is achieved by three-dimensional modelling of the building with *SketchUp*, its characterization and its simulation with *TRNSYS*, considering available information about the current condition of it and its installations. The methodology, resources and assumptions that are applied are always described. Thus, the results obtained, their validation through real gas consumption data and electricity consumption data allows to carry out an exhaustive analysis of the building's current thermal and electrical demands. In this way, a potential for improvement is observed in the satisfaction of thermal demand, for which possible actions are proposed focused on achieving greater energy efficiency of the building. Finally, the most relevant conclusions are drawn regarding the realization of this work.

Keywords: model, building, Miñano, energy efficiency, simulation, *SketchUp*, *TRNSYS*

## ÍNDICE

	Pag.
<i>Resumen</i> .....	2
<i>Laburpena</i> .....	2
<i>Abstract</i> .....	3
MEMORIA .....	6
1 INTRODUCCIÓN.....	6
2 CONTEXTO.....	7
2.1 PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO .....	11
3 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO.....	13
4 BENEFICIOS DEL TRABAJO.....	15
5 DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS.....	18
6 ANÁLISIS DE RIESGOS .....	22
7 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA. ....	23
METODOLOGÍA.....	29
8 DESCRIPCIÓN DE TAREAS.....	29
9 DIAGRAMA DE GANTT.....	33
10 SITUACIÓN DEL EDIFICIO MIÑANO 2.....	34
10.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO.....	34
10.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES .....	36
10.2.1 Instalación térmica.....	36
10.2.2 Instalación eléctrica .....	40
11 CÁLCULOS .....	42
11.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....	42
11.2 CONFIGURACIÓN DEL MODELO DEL EDIFICIO .....	49
11.3 CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DEL EDIFICIO .....	54
11.3.1 Envoltente y particiones interiores del edificio.....	54
11.3.2 Régimen de operación.....	63
11.4 SIMULACIÓN DEL MODELO CON TRNSYS.....	86
12 DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS.....	90
12.1 VALIDACIÓN DEL MODELO.....	90
12.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS.....	93

12.3	ANÁLISIS DE CONSUMOS ELÉCTRICOS .....	99
12.4	PROPUESTAS DE MEJORA .....	104
12.4.1	Mejora de la eficiencia de la instalación.....	104
12.4.2	Otras propuestas de mejora .....	110
	ASPECTOS ECONÓMICOS.....	112
13	DESCARGO DE GASTOS .....	112
	CONCLUSIONES .....	114
	FUENTES DE INFORMACIÓN.....	115
	ANEXOS.....	117
	ANEXO I.....	118
	ANEXO II.....	121
	ANEXO III.....	137
	ANEXO IV.....	143
	ANEXO V.....	144
	ANEXO VI.....	147

## **LISTA DE TABLAS**

Tabla 1. Demanda térmica anual por plantas de ambos edificios .....	27
Tabla 2. Resumen de consignas de temperatura y humedad relativa para las climatizadoras .....	40
Tabla 3. Zonas térmicas en el Edificio Oeste .....	50
Tabla 4. Zonas térmicas en el Edificio Este .....	50
Tabla 5. Tipos de construcción en el Edificio Oeste .....	59
Tabla 6. Tipos de construcción en el Edificio Este .....	61
Tabla 7. Luminarias de las zonas térmicas del Edificio Oeste .....	70
Tabla 8. Luminarias de las zonas térmicas del Edificio Este .....	71
Tabla 9. Ganancias por iluminación en el Edificio Oeste .....	72
Tabla 10. Ganancias por iluminación en el Edificio Este .....	73
Tabla 11. Dispositivos causantes de las ganancias internas por equipos eléctricos .....	75
Tabla 12. Ganancias internas por equipos eléctricos en el Edificio Oeste .....	76
Tabla 13. Ganancias internas por equipos eléctricos en el Edificio Este .....	77
Tabla 14. Consignas de temperatura y humedad relativa para las zonas térmicas .....	78
Tabla 15. Consumo de gas natural anual estimado y consumos anuales de gas natural reales .....	90
Tabla 16. Consumos de gas natural por calefacción y ACS estimados y consumos de gas natural reales .....	92
Tabla 17. Comparación de la demanda de calefacción de la muestroteca (Edificio Este) ....	98
Tabla 18. Consumos eléctricos mensuales debidos a la refrigeración y consumos eléctricos totales reales .....	100
Tabla 19. Descargo de gastos del TFM .....	112
Tabla 20. Climatizadoras instaladas en Miñano 2 y sus consumos eléctricos estimados ...	137
Tabla 21. Extractores instalados en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados .....	139
Tabla 22. Luminarias instaladas en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados .....	141
Tabla 23. Equipos ofimáticos instalados en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados .....	141
Tabla 24. Fancoils instalados en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados	142
Tabla 25. Bombas instaladas en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados	142
Tabla 26. Relación de materiales constructivos empleados en los cerramientos .....	143
Tabla 27. Características de las zonas térmicas del modelo del Edificio Oeste .....	145
Tabla 28. Características de las zonas térmicas del modelo del Edificio Este .....	146
Tabla 29. Demanda de calefacción para las zonas térmicas del modelo Edificio Oeste .....	148
Tabla 30. Demanda de refrigeración para las zonas térmicas del modelo Edificio Oeste ...	148
Tabla 31. Demanda de calefacción para las zonas térmicas del modelo Edificio Este .....	148
Tabla 32. Demanda de refrigeración para las zonas térmicas del modelo Edificio Este ....	148

## LISTA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1. Localización del Edificio Miñano 2 de TECNALIA en el Parque Tecnológico de Miñano (Álava). Fuente: Google Maps .....	11
Ilustración 2. Modelo en tres dimensiones del Edificio Oeste en SketchUp.....	23
Ilustración 3. Modelo en tres dimensiones del Edificio Este en SketchUp .....	24
Ilustración 4. Diagrama de flujo del procedimiento de simulación .....	25
Ilustración 5. Edificio Miñano 2 de TECNALIA. Edificio antiguo (izq) y ampliación (dcha). Fuente: TECNALIA .....	34
Ilustración 6. Esquema de la distribución del Edificio Miñano 2. Fuente: TECNALIA .....	35
Ilustración 7. Esquema de la generación de calor en Miñano 2. Fuente: TECNALIA .....	37
Ilustración 8. Esquema de la generación de frío en Miñano 2. Fuente: TECNALIA .....	39
Ilustración 9. Situación de la zona térmica OB_11 en el Edificio Oeste (SketchUp+Trnsys3d) .....	52
Ilustración 10. Ejemplo de paredes adyacentes de la planta baja del Edificio Oeste.....	53
Ilustración 11. Ejemplo de definición de un material en TRNBuild .....	55
Ilustración 12. Definición de un tipo de construcción mediante el “ <i>Construction Type</i> ” <i>Manager (TRNBuild)</i> .....	56
Ilustración 13. Detalle de las características del tipo de ventana ( <i>TRNBuild</i> ) .....	62
Ilustración 14. Adjudicación de los tipos constructivos a cada superficie ( <i>TRNBuild</i> ) .....	63
Ilustración 15. Características de la ganancia por ocupación <i>ASHRAE_115W-Person_AIII_24°C (TRNBuild)</i> .....	65
Ilustración 16. Características de la ganancia por ocupación <i>ASHRAE_145W-Person_AVI_24°C (TRNBuild)</i> .....	66
Ilustración 17. Definición de la ganancia interna por ocupación en una zona térmica ( <i>TRNBuild</i> ).....	69
Ilustración 18. Definición del <i>type</i> de calefacción (izq) y refrigeración (dcha) en TRNBuild ..	79
Ilustración 19. Definición del <i>type</i> ventilación en TRNBuild .....	84
Ilustración 20. Vista de la simulación del Edificio Oeste en TRNSYS.....	88
Ilustración 21. Vista de la simulación del Edificio Este en TRNSYS .....	89
Ilustración 22. Perfil izquierdo y vista frontal del modelo del Edificio Oeste en SketchUp ..	118
Ilustración 23. Vista trasera del modelo del Edificio Oeste en SketchUp.....	118
Ilustración 24. Vista frontal del modelo del Edificio Oeste en SketchUp .....	119
Ilustración 25. Perfil izquierdo y vista frontal del modelo del Edificio Este en SketchUp.....	119
Ilustración 26. Vista trasera del modelo del Edificio Este en SketchUp .....	120
Ilustración 27. Perfil derecho y Vista frontal del modelo del Edificio Este en SketchUp.....	120

## **LISTA DE GRÁFICAS**

Gráfica 1. Evolución del consumo de energía final en edificios residenciales y comerciales, de servicios y de administración pública en España. 1990-2017. (Elaboración propia. Fuente: MINETUR/IDAE [3]) .....	8
Gráfica 2. Reparto del consumo de energía final en España. 2017. (Elaboración propia. Fuente: MINETUR/IDAE [3]) .....	8
Gráfica 3. Señal de ocupación en días de jornada partida <i>TRNSYS</i> .....	67
Gráfica 4. Señal de ocupación en días de jornada intensiva .....	68
Gráfica 5. Señal de ocupación del comedor durante una semana .....	68
Gráfica 6. Señal de ON/OFF para los equipos de la instalación de calefacción .....	80
Gráfica 7. Demanda térmica anual de calefacción y refrigeración.....	94
Gráfica 8. Demanda térmica de calor total mensual.....	95
Gráfica 9. Demanda térmica de frío total mensual .....	96
Gráfica 10. Reparto de las demandas de calefacción y refrigeración anuales por edificios y plantas.....	96
Gráfica 11. Reparto de consumos eléctricos para el año 2018 .....	102
Gráfica 12. Potencia de calefacción y refrigeración horaria requerida por el área de farmacia .....	106
Gráfica 13. Resultados de potencia de calefacción y refrigeración demandada en el Edificio Oeste.....	108
Gráfica 14. Resultados de potencia de calefacción y refrigeración demandada en el Edificio Este .....	108

## **LISTA DE ACRÓNIMOS**

PCI	Poder Calorífico Inferior
PCS	Poder Calorífico Superior
EER	<i>Energy Efficiency Ratio</i> – Coeficiente de Eficiencia Frigorífica
COP	<i>Coefficient of Performance</i> - Coeficiente de rendimiento
RITE	Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios
CTE	Código Técnico de la Edificación
ACS	Agua Caliente Sanitaria
NZEB	<i>Nearly Zero Energy Building</i> – Edificio de Consumo Energético Casi Nulo

# MEMORIA

---

## 1 INTRODUCCIÓN

Este documento contiene la memoria del Trabajo Fin de Máster titulado *“Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano”*

En primer lugar, se presenta el contexto en el que se enmarca este trabajo, los motivos que llevan a la realización de este, su objetivo y el alcance que comprende. También se exponen los beneficios técnicos, económicos, sociales y medioambientales que acarrearán la realización de este trabajo.

Asimismo, se describen cuáles son los requerimientos en cuanto a información, tratado de esta y recursos informáticos para llevar a cabo este trabajo y los posibles riesgos que entraña la realización de este.

A continuación, se describe brevemente la solución propuesta para realizar el trabajo. En este apartado, se detallan los modelos empleados para la simulación, los resultados obtenidos y las conclusiones que derivan de estos.

Una vez finalizada la memoria, se explica la metodología seguida en el desarrollo del trabajo. Se describen las tareas, fases y procedimientos llevados a cabo en el trabajo, el cual se divide en tres etapas principalmente: la realización de los modelos del edificio, la simulación de estos y validación y análisis de los resultados obtenidos y, por último, la redacción de la memoria.

En el apartado de la metodología también se describe la situación de partida y la información de la que se dispone con respecto al edificio a analizar, se explican los cálculos realizados y el procedimiento de la simulación y, por último, se analizan los resultados obtenidos y se plantean las líneas de acción para algunas propuestas de mejora en función de dicho análisis.

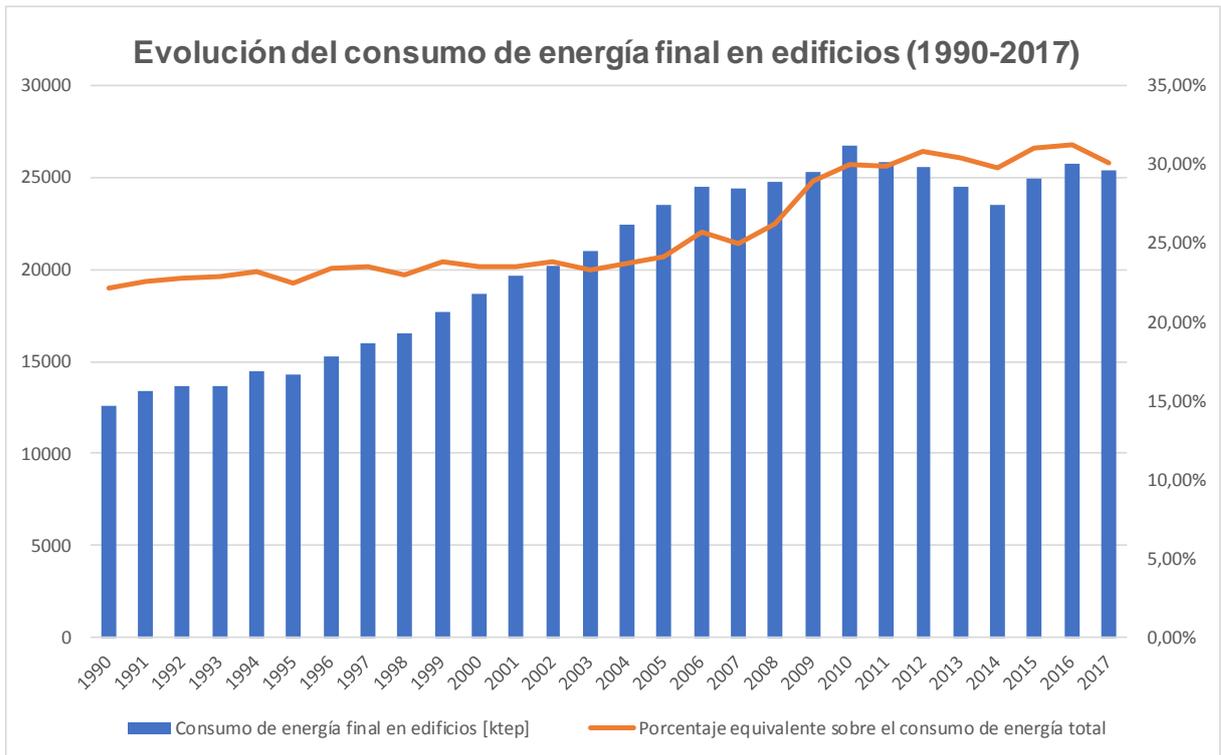
Además, en lo que respecta a los aspectos económicos, en este documento se expone el descargo de gastos correspondiente a un trabajo de estas características. Y, finalmente, se dedica un apartado a destacar las conclusiones más relevantes de este trabajo.

## 2 CONTEXTO

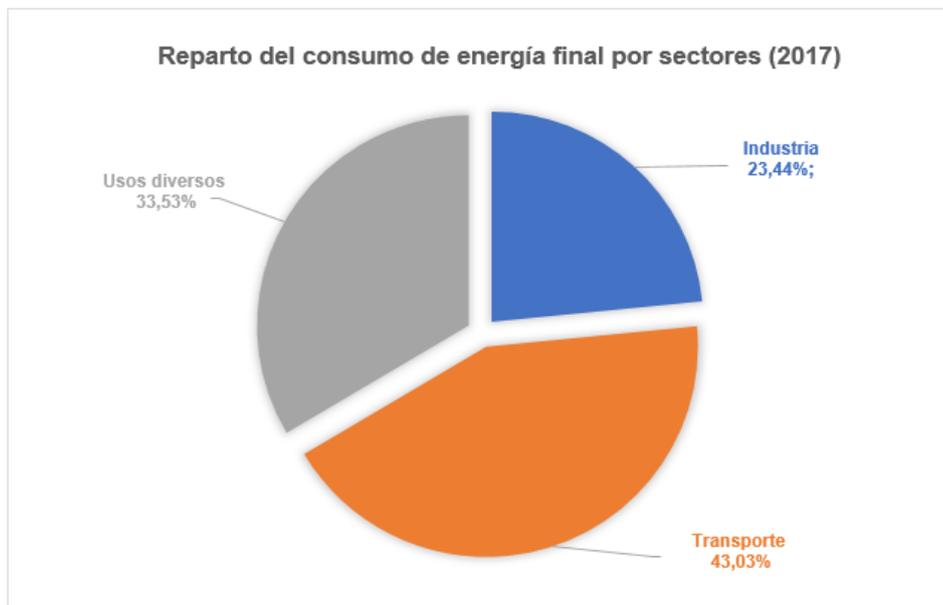
A escala mundial, los esfuerzos por combatir y frenar los efectos del cambio climático no cesan. Reflejo de esto es el *Acuerdo de París*, al cual se llega en diciembre de 2015 y entra en vigor en noviembre de 2016, tras la firma de al menos 55 países responsables como mínimo del 55% de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero, entre los que se encuentra el país más contaminante del mundo, China. [1].

A escala continental, la Unión Europea, que adopta un papel de liderazgo en dicho acuerdo, sigue una estrategia aún más ambiciosa y pretende lograr de aquí a 2050 una economía neutra en carbono. La hoja de ruta hasta 2050 comprende iniciativas como el paquete de medidas para alcanzar el *Objetivo 20-20-20* para el año 2020 y basado en este paquete, el *Marco sobre clima y energía para 2030*. En este contexto, la Directiva de Eficiencia Energética (Enero 2019) revisa el objetivo del 27% de mejora de la eficiencia energética y lo establece en al menos un 32,5% para el año 2030 con respecto a las proyecciones para el 2030 realizadas en 2007 para el Objetivo 20-20-20 [2]. De este modo, todos los países de la Unión Europea están obligados a utilizar la energía de manera más eficiente en todos los estadios de la cadena energética, incluyendo la generación, transmisión, distribución y consumo final.

En el caso concreto de España, en el año 2017 se consumió una cantidad de energía de en torno a 25406 ktep en edificios, tanto de carácter residencial como de servicios, comerciales y de administración pública, lo que supone aproximadamente el 30% del consumo final de energía. Como se aprecia en la *Gráfica 1*, este consumo no ha hecho sino aumentar en las últimas décadas, y a pesar de una pequeña caída en los años de crisis económica, en los últimos años continúa creciendo.



Gráfica 1. Evolución del consumo de energía final en edificios residenciales y comerciales, de servicios y de administración pública en España. 1990-2017. (Elaboración propia. Fuente: MINETUR/IDAE [3])



Gráfica 2. Reparto del consumo de energía final en España. 2017. (Elaboración propia. Fuente: MINETUR/IDAE [3])

En el reparto por sectores de consumo de energía final *Gráfica 2* durante el año 2017, un 33,53% se debe a usos diversos entre los que se encuentra el uso en edificios (30,15%) como sector mayoritario. De este modo, se pone de manifiesto la importancia de considerar la mejora en la eficiencia energética en edificios, ya que estos consumen en torno a un tercio del total consumido en España.

En este marco de lucha mundial contra el cambio climático y de compromiso para alcanzar la máxima eficiencia energética en todos los ámbitos, la Unión Europea promueve la *Directiva de Eficiencia Energética en Edificios* (EPBD, 2010/31/EC) [4]. En ella se hace referencia a la implantación en 2020 de los denominados edificios de consumo energético casi nulo (NZEB) para todos aquellos que sean de nueva construcción.

En la línea de esa directiva europea, por su parte, la Comunidad Autónoma de Euskadi promulga el *DECRETO 178/2015, de 22 de septiembre sobre la sostenibilidad energética del sector público de la Comunidad Autónoma de Euskadi* [5]. En este decreto, se presentan objetivos específicos de ahorro, eficiencia energética y de uso de energías renovables con el fin de evolucionar hacia un parque de edificios públicos que cumplan con las características NZEB.

En este contexto surge el proyecto EREITEN II, el cual trata de profundizar en el desarrollo industrial de nuevos sistemas térmicos y productos especialmente diseñados y caracterizados para mejorar la sostenibilidad energética de los edificios. De modo que las soluciones planteadas en este proyecto cumplan con los requisitos técnicos impuestos en el marco de la *Directiva de Eficiencia Energética en Edificios* (EPBD, 2010/31/EC). Además, en previsión de que los principios introducidos en el decreto se extenderán al total del parque de edificios de la Comunidad Autónoma Vasca, con este proyecto se busca el posicionamiento puntero del tejido industrial vasco en conocimientos y desarrollos en tecnologías y soluciones innovadoras dirigidas a la mejora de la eficiencia energética de los edificios.

El proyecto EREITEN II está formado por un consorcio de empresas vascas de tres tipos: empresas de tipo ESE (Empresas de Servicios

Energéticos), empresas industriales y centros tecnológicos, entre los que se encuentra TECNALIA. Los bloques de actividades a desarrollar en el proyecto son tres: el desarrollo de una herramienta de selección y evaluación de sistemas *NZEB*, el diseño de nuevos equipos y soluciones *NZEB* y su implementación en tres demostradores, y, por último, la verificación del comportamiento real de las nuevas instalaciones desarrolladas y sistemas *NZEB* implementados a través de ciertos indicadores definidos previamente.

Este trabajo se enmarca en el segundo bloque de actividades, es decir, en el del diseño de nuevos equipos y soluciones *NZEB*, así como su implementación en tres demostradores: uno a nivel edificio existente, otro a nivel edificio de nueva construcción y el último, a nivel distrito. Estos demostradores buscan abarcar todas las posibles casuísticas que se puedan dar en cuanto a los sistemas de climatización y agua caliente sanitaria en edificios.

El demostrador a nivel edificio existente es el edificio MIÑANO 2 de TECNALIA, que se encuentra en el parque tecnológico de Miñano (Álava) *Ilustración 1*. Se trata de un edificio de construcción antigua cuyos usos son principalmente laboratorios y oficinas. En concreto, está compuesto por dos edificios independientes, el edificio antiguo y el de ampliación, que se conectan mediante un edificio de comunicación con escaleras y ascensor. La construcción del edificio antiguo data de 1997, y fue reformado en 2012. El edificio de ampliación, por su parte, fue construido en 2003.

En este proyecto se pretende rehabilitar su sistema térmico con el fin de evolucionar hacia un edificio de carácter *NZEB*. Se decide actuar principalmente sobre la demanda térmica del edificio ya que, mediante estudios previos se ha visto que es el ámbito que presenta mayor potencial de mejora. Concretamente, se desea sustituir una de sus calderas de 300 kW por dos calderas de pellets de 150 kW cada una conectadas en cascada y llevar a cabo una mejora innovadora en la integración de un motor de cogeneración ya existente pero actualmente en desuso.



Ilustración 1. Localización del Edificio Miñano 2 de TECNALIA en el Parque Tecnológico de Miñano (Álava).  
Fuente: Google Maps

## 2.1 PLANTEAMIENTO DEL TRABAJO

Antes de llevar a cabo la rehabilitación de la instalación térmica del edificio Miñano 2 de TECNALIA mediante la incorporación de las calderas de pellets y la puesta en funcionamiento del motor de cogeneración es necesario realizar un análisis y evaluación de la situación actual del edificio y de todas sus instalaciones, así como de su consumo y demanda energéticos, teniendo en cuenta sus requerimientos específicos y su perfil de usos. De este modo, se garantiza una implementación de las soluciones planteadas que se ajuste a las necesidades del edificio y a los requerimientos *NZEB*, así como la disposición de datos de referencia para contrastar y validar después la implementación de estas soluciones.

Para realizar este análisis previo, se desarrolla un plan de monitorización de los sistemas que componen la instalación del edificio con el fin de conocer los consumos de la instalación de la forma más desgregada posible. Además, para contrastar estos consumos y ver si efectivamente se adecúan a las

necesidades reales del edificio, o, por el contrario, estas necesidades se pueden satisfacer con consumos menores, se realiza la simulación del edificio mediante TRNSYS. Con esta simulación, se pretende conocer la demanda energética aproximada que requiere un edificio con una construcción y localización geográfica, un perfil de usos y unas necesidades idealmente homólogas a las del edificio real.

De este modo, el análisis del edificio Miñano 2 y de sus instalaciones actuales, así como el requerimiento de conocer su demanda energética conducen al planteamiento de este trabajo: *Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano*.

### 3 OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO

El objetivo de este trabajo es la creación de un modelo en *TRNSYS* del edificio Miñano 2 de TECNALIA, el cual, validado con datos de consumo reales de gas natural, permita el análisis de diferentes acciones de mejora con el fin de aumentar la eficiencia energética del edificio y alcanzar la calificación *NZEB*.

Las diferentes tareas que realizar en este trabajo se presentan en los siguientes puntos, con el fin de delimitar el alcance de este.

- Estudio y aprendizaje de los programas de modelado y simulación energética, en este caso *SketchUp+Trnsys3d*, *TRNBuild* y *TRNSYS*.
- Análisis profundo y comprensión del edificio y recopilación de datos, teniendo en cuenta todos los factores relevantes para el modelado y las simulaciones: elementos y materiales constructivos de envolvente, cerramientos interiores, huecos, etc., usos, ocupación, características de las instalaciones térmicas y eléctricas, control de los equipos de acondicionamiento y ventilación y horarios de operación...
- Creación de dos modelos en tres dimensiones que representan el conjunto Miñano 2 con *SketchUp+Trnsys3d*. Se estudian por separado la parte este y la parte oeste del edificio debido a la falta de planos del conjunto del edificio y por la facilidad para tratar tanto los datos de entrada como los resultados de las simulaciones que esto supone.
- Caracterización de ambos modelos en *TRNBuild* mediante la asignación de sus características constructivas y el tipo de acondicionamiento, ventilación y ganancias internas que se dan en cada una de las zonas térmicas que conforma cada modelo.
- Simulación de ambos modelos de edificio en *TRNSYS*.

- Validación de ambos modelos mediante la comparación de los resultados obtenidos con los consumos de gas natural que se dan en el edificio en el 2018.
- Análisis de los resultados de demandas térmicas de calor y frío obtenidos y determinación de las zonas o plantas más exigentes en este aspecto.
- Análisis de los consumos eléctricos derivados de la satisfacción de la demanda térmica y del conjunto del edificio como parte del análisis energético de este.
- Indicación de las posibles líneas de mejora en lo que se refiere a la eficiencia energética del edificio

## 4 BENEFICIOS DEL TRABAJO

La realización del trabajo descrito en el presente documento, el análisis energético del edificio Miñano 2 de TECNALIA, en el contexto descrito, así como las conclusiones y líneas de mejora determinadas, conllevan una serie de beneficios tanto para la propia empresa como para la población en general.

A continuación, se describen los principales beneficios económicos, sociales y medioambientales que aporta este trabajo

- **Beneficios económicos y sociales**

Un modelo en *TRNSYS* de un edificio, que además esté validado con datos de consumo reales, supone una herramienta que posibilita análisis de diferentes alternativas posibles que implementar en el edificio. Estas alternativas pueden referirse a elementos constructivos o a sistemas y equipos para el abastecimiento de la demanda térmica, entre otros. De este modo, es posible simular el comportamiento de varias soluciones y estimar cuál es la mejor sin necesidad de implementar la solución previamente, con el coste económico que eso supone.

Junto con el modelo, todo el estudio previo de la instalación y del edificio, imprescindible para la creación y simulaciones de este y el análisis de los resultados obtenidos contribuyen a un mejor conocimiento de lo que sucede actualmente en el edificio. Lo cual es beneficioso en dos aspectos.

Por un lado, la mayor y mejor comprensión de la operación del conjunto del edificio como de la realización del trabajo, permite establecer los criterios para la contratación de la gestión de los servicios energéticos en el edificio. Y es que, con este trabajo y el resto de las tareas relativas a este edificio enmarcadas en el proyecto EREITEN II, se espera determinar la demanda térmica aproximada del edificio, el estado de los equipos instalados que satisfacen esta demanda, así como de las redes de tuberías y conductos de ventilación existentes, y si el conjunto de la instalación opera de modo eficiente y con el mayor rendimiento posible.

De modo que, en el momento de seleccionar una empresa para este cometido, la elección esté mejor fundamentada y sea lo más beneficiosa posible para el cliente, teniendo en cuenta el compromiso entre la calidad de los servicios y el coste económico de estos.

Por otro lado, para cumplir los objetivos marcados en el proyecto EREITEN II, en este caso la implementación de soluciones *NZEB* en el edificio de Miñano 2, es necesario conocer perfectamente el comportamiento del edificio, sus necesidades y su estado actual. Por tanto, la información y conclusiones recopiladas en este trabajo junto con el modelo validado del edificio Miñano 2 que permite el análisis de diferentes alternativas, permiten el trazado de una línea base sobre la que trabajar y plantear cómo llevar a cabo los objetivos definidos en el proyecto EREITEN II, con los beneficios económicos que este tipo de proyectos suponen para una empresa.

Por último, en caso de llevarse a cabo el estudio en detalle de las mejoras planteadas o incluso la implementación de alguna de ellas, así como la sustitución de la caldera planteada en el proyecto EREITEN II o cualquier otra solución *NZEB*, esto supone una mayor actividad empresarial y por tanto puede favorecer la creación de puestos de trabajo ya sea dentro de la empresa como en otras empresas relacionadas del sector, con los beneficios económicos y sociales que eso supone.

- **Beneficios medioambientales y contribución al desarrollo sostenible**

Con los resultados obtenidos en las simulaciones y su correspondiente análisis, por un lado, y con los datos recogidos más tarde, tras implantarse el plan de monitorización planteado para el edificio, será posible identificar el potencial de mejora. Concretamente aquellos aspectos que puedan mejorar la eficiencia energética del edificio de modo que se acerque a la calificación de *NZEB*.

Además de las medidas marcadas como objetivo en el proyecto EREITEN II, la sustitución de la caldera Roca de 300kW por dos calderas de pellets y la puesta en marcha del motor de cogeneración, se esbozan algunas propuestas

de mejora tras realizar el análisis energético del edificio. Estas, están enfocadas a pequeñas modificaciones en el conjunto de la instalación que pueden contribuir a la mejora de la eficiencia energética del edificio.

De este modo, las propuestas de mejora y las conclusiones planteadas en este trabajo pretenden una reducción del consumo de gas natural para calefacción y ACS, así como del consumo eléctrico, el cual en gran medida es producido mediante fuentes de energía no renovables. Y al mismo tiempo intentar sacar el máximo rendimiento a la instalación teniendo en cuenta los requerimientos del edificio y las personas que lo ocupan.

Como ya se ha mostrado, actualmente en España, los edificios son grandes consumidores de energía final por lo que cualquier mejora en su eficiencia energética implica un menor consumo de energía eléctrica y térmica. Por lo tanto, con esa mejora de la eficiencia se contribuye a la reducción de contaminantes como el dióxido de carbono y otros gases de efecto invernadero procedentes de la generación de energía eléctrica y también de la combustión del gas natural. Esto a su vez, se alinea con la búsqueda del desarrollo sostenible y los objetivos de descarbonización marcados por las mencionadas políticas energéticas europeas y por el Pacto de París.

## 5 DESCRIPCIÓN DE REQUERIMIENTOS

Realizar el estudio energético del Edificio Miñano 2 requiere analizar además de sus instalaciones o su construcción y el estado de esta, los consumos que se dan en el edificio. Estos pueden ser básicamente de tres tipos: consumos eléctricos, consumos de agua caliente sanitaria y consumos de energía térmica para calefacción.

El consumo eléctrico se caracteriza y cuantifica mediante el recuento de equipos eléctricos instalados, su potencia y sus condiciones de funcionamiento. Estos datos se pueden reunir mediante inspección interna del personal de la propia empresa o mediante una auditoría energética externa del edificio. Además, los datos de las facturas remitidas por la compañía eléctrica pueden ayudar a ajustar y completar el análisis.

Por otro lado, es posible determinar el consumo de agua caliente sanitaria si se conoce cuánta energía térmica se emplea para producir la cantidad demandada en unas condiciones determinadas o si se monitorizan los depósitos que abastecen de ACS al edificio, de modo que se cuantifique su consumo mediante un contador.

En cuanto al consumo de energía térmica, este se puede cuantificar para calefacción mediante las facturas de consumo de energía primaria, gas natural en este caso, y mediante las de consumo eléctrico para la refrigeración. No obstante, esos valores no son suficientes para caracterizar la demanda térmica del edificio si no se dispone de contadores adicionales que midan el consumo de los equipos de climatización. Para el cálculo de la demanda térmica es necesario conocer las cargas térmicas del edificio (Ver Apartado 11.1) que son diferentes en cada momento ya que dependen de la construcción del edificio, la ocupación y usos y del tiempo meteorológico, entre otros. Es posible realizar este cálculo de las cargas térmicas sucesivamente a lo largo del día y durante días o meses mediante programas informáticos, de otro modo, el cálculo resulta ser muy laborioso y poco flexible.

Actualmente existe una amplia variedad de recursos y programas informáticos que pueden dar respuesta a esta problemática de calcular la demanda térmica de un edificio.

Para realizar una simulación informática de estas características se requieren tres tipos de herramientas. La primera, para tratar y elaborar el archivo con los datos meteorológicos correspondientes, la segunda, para construir y ajustar el modelo del edificio en cuanto a geometría, construcción, usos, etc., y la tercera para realizar la simulación propiamente dicha.

- **Herramientas para la obtención de datos climáticos**

La demanda térmica de un edificio depende en gran parte de su comportamiento ante unas condiciones climáticas determinadas: la temperatura exterior, la humedad del ambiente, la radiación solar, las condiciones de viento, etc. Todos estos factores vienen determinados por la localización geográfica del edificio y a su vez, por el clima en ese lugar.

Para lograr archivos que se puedan importar a la simulación del edificio y que incluyan series históricas de datos climáticos existen diferentes opciones. Una de ellas es la web de *EnergyPlus* [6], que cuenta con una base de datos con series meteorológicas para más de 2100 localizaciones en todo el mundo, siendo aproximadamente la mitad en Estados Unidos. El archivo con los datos climáticos horarios de la localización deseada se puede descargar en formato *.epw*, admitido por la mayoría de programas de simulación.

Otra opción es emplear *Meteonorm* [7]. Este programa ofrece series históricas horarias desde 2010 con datos de más de 30 parámetros meteorológicos, incluyendo temperaturas y radiación solar, para cualquier parte del mundo. Además, los archivos output están disponibles en 36 formatos predefinidos que cubren la mayoría de los programas informáticos para aplicaciones de diseño de edificios y energía solar.

- **Programas para modelado en tres dimensiones**

La definición geométrica del modelo del edificio a simular se puede llevar a cabo mediante diferentes softwares de modelado en tres dimensiones y en su caso, los correspondientes *plug-in* o complementos de los programas de simulación.

Uno de los programas de modelado en tres dimensiones más flexibles y con mayor variedad de complementos para utilizar en simulación energética de edificios es *SketchUp* [8]. Con este software se pueden modelar todo tipo de edificios u objetos, partiendo de planos previos o empezando de cero. En el ámbito de la simulación energética de edificios que es en el que se enmarca este trabajo, este software se emplea junto con un *plug-in*, *Trnsys3d* [9] por ejemplo. De este modo, es posible definir el edificio fácilmente gracias al carácter intuitivo de *SketchUp* y al mismo tiempo, mediante los datos de los tipos de superficies del modelo, se asegura que el modelo definido pueda ser procesado después por el programa de simulación propiamente dicho, *TRNSYS* en el caso de utilizar *Trnsys3d*.

Otro programa muy empleado en el modelado de edificios es el módulo de *DesignBuilder* [10]. Este no necesita un *plug-in* adicional ya que la simulación posterior se lleva a cabo en el mismo programa *DesignBuilder* mediante otro módulo. En este caso, además de definir el modelo geoméricamente se pueden introducir y almacenar datos para los cálculos de actividad, iluminación y climatización, entre otros.

- **Programas de simulación energética de edificios**

Estos softwares, en general, se pueden clasificar en dos grandes grupos, los motores de cálculo, que son aquellos que se encargan de resolver dinámicamente las ecuaciones termodinámicas y las correspondientes a los fenómenos físicos que afectan a los edificios y su comportamiento, y, por otro lado, los que facilitan la introducción de información para los modelos, pero dependen de otro motor de cálculo, denominados interfaces [11].

Dos de los motores de cálculo más empleados para la simulación de edificios son *EnergyPlus* y *TRNSYS*. Una de las principales diferencias entre ambos, es que *TRNSYS*, además de edificios permite simular otro tipo de sistemas como instalaciones fotovoltaicas para ACS, equipos de calentamiento, ventilación y acondicionamiento de aire o pilas de combustible, entre otros.

Por otro lado, en lo que se refiere a la simulación de edificios, ambos motores requieren una interfaz que facilite la introducción de la información. Por ejemplo, *DesignBuilder* y *OpenStudio* son dos interfaces muy empleadas para *EnergyPlus* y *TRNBuild* para *TRNSYS*, por su parte.

## 6 ANÁLISIS DE RIESGOS

El análisis energético del Edificio Miñano 2 que se lleva a cabo en este trabajo se basa principalmente en las simulaciones informáticas realizadas, junto con la información de las instalaciones recogida in situ y auditorías energéticas realizada al edificio. Por tanto, el principal riesgo que entraña un trabajo de estas características es la incertidumbre propia de este tipo de simulaciones.

Esta incertidumbre se produce a causa de diferentes factores, entre ellos los más relevantes son:

- La incertidumbre de los datos de partida, tanto los referentes a la construcción del edificio, como los referentes a las instalaciones y sistemas existentes. Los datos de entrada como los materiales de construcción, la configuración de los cerramientos, el funcionamiento de los sistemas instalados, el uso de las instalaciones y el edificio... pueden ser incompletos, simplificados o poco precisos.
- Hipótesis, aproximaciones y simplificaciones realizadas. Estas se producen a lo largo de todo el proceso de modelado y simulación por falta de información o por conveniencia, considerando que no tendrán efectos relevantes en los resultados finales.
- La incertidumbre debida a que las condiciones climáticas generadas por el archivo que se introduce en el modelo son similares a las reales, pero no reflejan la realidad exacta del tiempo meteorológico del año considerado.

Dado que no se realiza una inversión económica para realizar este trabajo y los resultados obtenidos son para uso interno de TECNALIA, se considera que no hay riesgos de tipo económico o de responsabilidad frente a terceros.

## 7 DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA.

Teniendo en cuenta los requerimientos descritos previamente, para completar el análisis energético del edificio Miñano 2 se ha empleado la simulación informática, concretamente los programas *SketchUp* junto con el *plug-in Trnsys3d* para el modelado en tres dimensiones, *TRNBuild* y *TRNSYS* para la configuración y ejecución de la simulación y un archivo meteorológico *Meteornorm*.

Tras un primer análisis de la información cedida por la empresa sobre el edificio y las instalaciones, la cual se ha completado a lo largo de la realización de este trabajo, se configura el modelo del edificio en cuestión. En este caso, como se comenta anteriormente, se realizan dos modelos, uno para la parte oeste, que es la más antigua del edificio, y otro que comprende la parte este y de construcción más reciente.

De este modo, empleando el software *SketchUp+Trnsys3d* resultan los siguientes modelos en tres dimensiones:

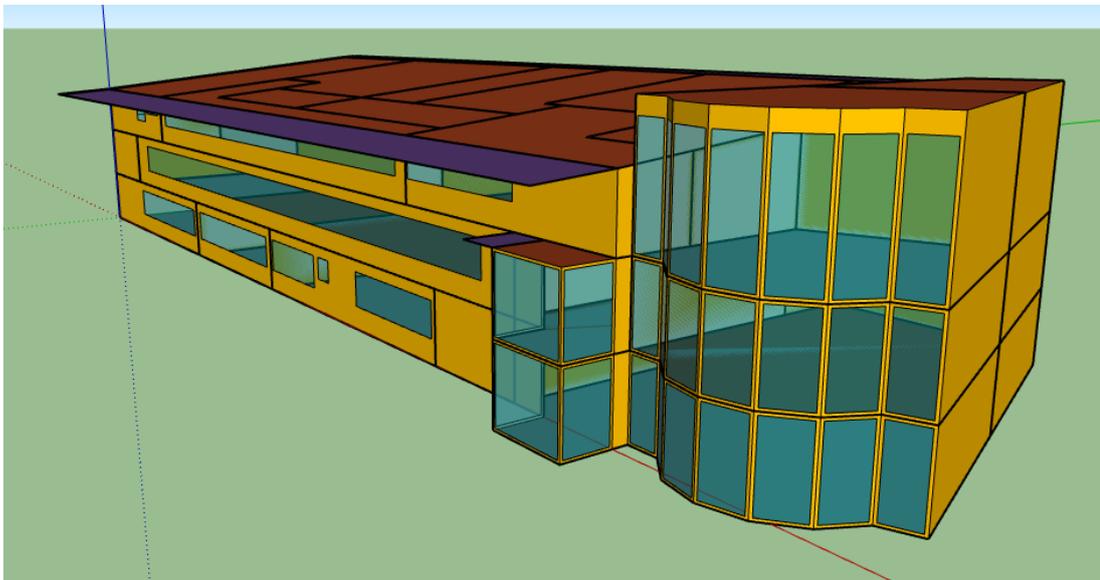


Ilustración 2. Modelo en tres dimensiones del Edificio Oeste en SketchUp

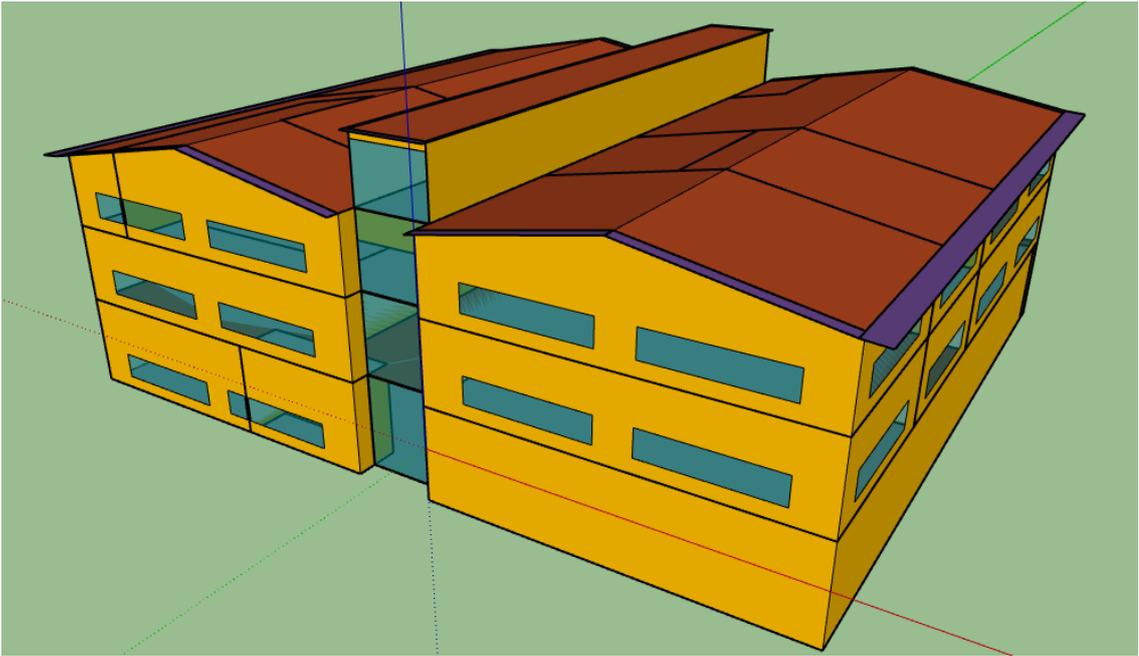


Ilustración 3. Modelo en tres dimensiones del Edificio Este en SketchUp

Se muestran más vistas de ambos modelos en el Anexo I. Con todas ellas es posible comprender mejor el verdadero aspecto del conjunto del edificio en la realidad.

Partiendo de estos dos modelos en tres dimensiones, estos se terminan de definir en *TRNBuild*. En este programa, para cada una de las zonas térmicas definidas para cada modelo en el paso anterior, se introducen sus propiedades y características, para lo cual se emplea la información disponible sobre el edificio (planos, proyectos de renovación, etc.) y se realizan las suposiciones pertinentes. Las características que se introducen son las siguientes:

- Características constructivas: configuración y materiales de fachadas, cubiertas y particiones interiores horizontales y verticales.
- Características de los huecos: propiedades de los cristales de ventanas, cristaleras, lucernarios, etc.
- Régimen de operación de la zona térmica: se determinan si existen cargas térmicas en la zona térmica (Ver apartado 11.1), y de ser así de qué tipo y su valor. Estas cargas son las siguientes:

- *Infiltración y ventilación*
- *Ganancias internas debidas a ocupación, iluminación y equipos eléctricos*
- *Calefacción y refrigeración*

En el momento de introducir estos datos acerca de las ganancias se han de tener en cuenta factores como horarios de ocupación de las diferentes zonas, número de ocupantes, características de los equipos presentes en cada zona, los horarios de operación de los equipos de climatización y sus consignas, etc.

Con los modelos ya definidos y empleando el archivo meteorológico para Vitoria desarrollado con *Meteonorm*, se procede a la simulación en *TRNSYS* de cada uno de los modelos, Edificio Oeste y Edificio Este.

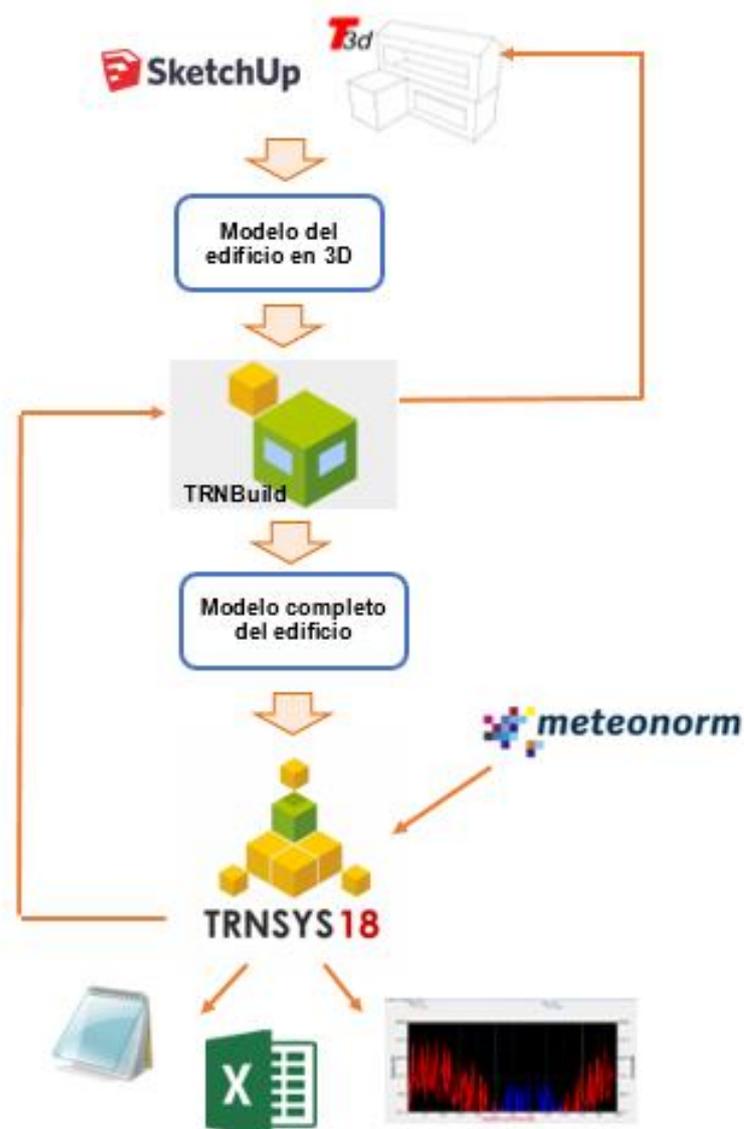


Ilustración 4. Diagrama de flujo del procedimiento de simulación

Se muestra en la *Ilustración 4* un diagrama de flujo en el que se representa el procedimiento seguido desde el modelado en tres dimensiones hasta lograr los resultados finales junto con las herramientas empleadas con el fin de facilitar la comprensión del lector.

Para ambos modelos, la simulación se ejecuta para una duración de un año, con lo que se obtienen, entre otras cosas, las temperaturas que se dan dentro de cada zona térmica, la radiación solar incidente, y en lo que se centra gran parte de este trabajo, la demanda térmica anual de calefacción y refrigeración para todas aquellas zonas térmicas que en la actualidad cuentan con sistemas de calefacción y/o refrigeración como fancoils, radiadores o climatizadoras.

En el caso de la demanda térmica, los resultados se extraen en un fichero de tipo texto que a su vez se importa a Excel para facilitar su manipulación.

Así, se obtiene que la **demanda térmica anual de calefacción** para el conjunto del edificio es de **366.220kWh**, siendo aproximadamente un 43% lo que demanda la parte oeste (Edificio Oeste) y el resto, un 57%, lo que demanda la parte este (Edificio Este). Considerando una superficie calefactada de 5418m<sup>2</sup> que supone la suma de todas las zonas térmicas calefactadas en ambos modelos, resulta una demanda de 67,59kWh/m<sup>2</sup> al año, que se traduce en un **consumo de gas anual de 83,22kWh/m<sup>2</sup>**, al considerar los rendimientos de las calderas de gas natural existentes y las pérdidas térmicas en la distribución.

Igualmente se obtiene una **demanda térmica anual de refrigeración** de **43.772kWh**, de los cuales un 57% es demandado por la parte este del edificio, un 29% por la parte oeste y el resto, un 14%, se corresponde con la demanda de la sala de servidores informáticos que se encuentra en la última planta del Edificio Oeste, la cual es abastecida mediante 2 enfriadoras. En este caso, la demanda térmica de frío supone 8,08kWh/m<sup>2</sup> que deriva en un **consumo eléctrico de 3,06kWh/m<sup>2</sup> al año** para satisfacer esa demanda.

Para caracterizar lo que ocurre en el edificio resulta interesante conocer cómo se reparte la demanda térmica en las diferentes plantas para cada modelo. Se obtienen los siguientes resultados en ese aspecto:

EDIFICIO OESTE			
CALEFACCIÓN [kWh]		REFRIGERACIÓN[kWh]	
OB	93596,28	OB	2395,16
O1	31672,15	O1	4833,07
O2	33441,95	O2	11663,07
<b>TOTAL</b>	<b>158710,38</b>	<b>TOTAL</b>	<b>18891,29</b>

EDIFICIO ESTE			
CALEFACCIÓN [kWh]		REFRIGERACIÓN[kWh]	
EB	128392,21	EB	11076,32
E1	43374,90	E1	9957,76
E2	35742,50	E2	3846,91
<b>TOTAL</b>	<b>335901,83</b>	<b>TOTAL</b>	<b>24880,99</b>

Tabla 1. Demanda térmica anual por plantas de ambos edificios

Así, se observa que una parte considerable de la demanda térmica del conjunto del edificio, tanto de calor como de frío, procede de la planta baja del Edificio Este. Y es que el 78% de la superficie de esta planta está ocupado por una serie de laboratorios de que se dedican a actividades farmacéuticas, para las cuales se requieren unas condiciones de temperatura y humedad muy estrictas. Además, en esta misma planta existe una sala denominada muestroteca que ha de estar a 25°C y con una humedad relativa del 65% durante todo el año las 24 horas del día.

Durante la realización del trabajo y tras analizar los resultados obtenidos y compararlos con los datos de las facturas de consumo eléctrico y de gas natural del conjunto del edificio se observan algunos aspectos de relevancia:

- Especialmente en los meses de verano, la demanda térmica resultante en *TRNSYS* y el consumo de gas natural que resulta de la misma difieren en más de un 90% en relación al consumo de gas natural real. Y esto, además de a la incertidumbre inherente a los modelos, se debe a que el circuito primario entre las calderas y el distribuidor, así como el ramal del circuito secundario correspondiente a la climatización del área

de farmacia se encuentran en funcionamiento las 24 horas del día debido a las exigencias de la muestroteca. Esta situación implica además de las pérdidas térmicas, el funcionamiento ininterrumpido de las bombas correspondientes, que supone un consumo eléctrico de 166.186,2kWh al año, lo que resulta alrededor de un 15,1% del consumo eléctrico total registrado en el año 2018.

- Existe un depósito de agua caliente sanitaria de 500l que se abastece del agua caliente producida por las calderas. Una bomba de 4kW se encarga de impulsar el agua desde calderas a este depósito, la cual trabaja de 7:00 a 00:00 todos los días del año, lo que supone un consumo eléctrico anual de unos 24820kWh.

Para poner solución a estas cuestiones y teniendo como objetivo el aumento de la eficiencia en todo momento, se propone, por un lado, estudiar la posibilidad de instalar una caldera y una enfriadora independientes que den servicio exclusivamente al área de farmacia, o modificar la configuración de las calderas existentes actualmente. Por otro lado, se propone el calentamiento del depósito de ACS mediante una resistencia eléctrica actualmente desconectada.

Tanto las simulaciones realizadas y los correspondientes resultados, como su posterior comparación y análisis y la información obtenida a lo largo del trabajo, permiten conocer el orden de magnitud de los problemas que se dan en el funcionamiento de la instalación, y, por lo tanto, del potencial de mejora existente. Efectivamente, tal y como se intuía en la propia empresa, los resultados obtenidos parecen indicar que el máximo potencial de mejora se encuentra en la satisfacción de la demanda térmica de calefacción. Por otro lado, se percibe la necesidad de obtener información más completa y precisa sobre los consumos energéticos disgregados, algo que se puede remediar mediante la instalación de contadores térmicos y eléctricos en puntos estratégicos de la instalación, un plan de monitorización que actualmente se está llevando a cabo.

# METODOLOGÍA

---

## 8 DESCRIPCIÓN DE TAREAS

A continuación, se describen a grandes rasgos las diferentes tareas y procedimientos llevados a cabo en la elaboración del presente trabajo. Todas ellas se agrupan en 6 fases o paquetes de trabajo.

La primera fase del trabajo es la correspondiente a la **Investigación previa (P.T.1)**. Se trata de una fase de introducción y acercamiento al trabajo y lo que se realiza en él. Para ello se realizan las siguientes actividades o tareas:

- **Búsqueda de información (T.1.1):** se recaba información sobre la simulación energética en edificios, sus fundamentos teóricos y los datos requeridos.
- **Análisis de los datos de partida (P.T.1.2):** esta tarea se divide a su vez en tres actividades:
  - **Estudio de la información disponible (T.1.2.1):** se analiza la información acerca del edificio y sus instalaciones.
  - **Visita a Miñano 2 (T.1.2.2):** se visita el edificio para conocer el aspecto real de este e inspeccionar las instalaciones.
  - **Análisis de datos (T.1.2.3):** se examina la información y conclusiones recogidas en las tareas anteriores y se selecciona lo más útil y se detecta si falta más información relevante.
- **Introducción a los programas de simulación (T.1.3):** se estudia el funcionamiento de los programas empleados: *SketchUp*, *TRNBuild* y *TRNSYS*.

Tras este preliminar, se comienza con la configuración del modelo y las correspondientes simulaciones. De este modo, el siguiente paquete de trabajo se corresponde con la **Elaboración de los modelos 3D (P.T.2)** que a su vez consta de:

- **Zonificación del edificio (P.T.2.1):** se determinan las zonas térmicas de cada parte del edificio mediante las tareas **Zonificación del Edificio Oeste (T.2.1.1)** y **Zonificación del Edificio Este (T.2.1.2)**
- **Modelado 3D (P.T.2.2):** se realizan sendos modelos en tres dimensiones con SketchUp+Trnsys3d. Esta actividad, de modo similar a la anterior, se divide en **Modelo Edificio Oeste 3D (T.2.2.1)** y **Modelo Edificio Este 3D (T.2.2.2)**.

El siguiente paso es caracterizar los modelos y dotarles de las características aproximadas del edificio real, lo que da lugar a la fase **Caracterización de los modelos (P.T.3)**, la cual consta de las subsiguientes tareas:

- **Definición de las características constructivas (T.3.1):** se determinan los materiales y configuración de la construcción de las partes este y oeste del edificio.
- **Características constructivas en TRNBuild (P.T.3.2):** se introducen los materiales y configuraciones constructivas tanto para el modelo del Edificio Oeste, **Construcción Edificio Oeste TRNBuild (T.3.2.1)**, como para el del Edificio Este, **Construcción Edificio Este TRNBuild (T.3.2.2)**.
- **Definición del régimen de operación (P.T.3.3):**
  - **Estudio previo (T.3.3.1):** se estudia el funcionamiento de las instalaciones del edificio en cuanto a calefacción, refrigeración, ventilación, infiltraciones y ganancias internas y las respectivas consignas de funcionamiento.
  - **Segunda visita a Miñano 2 (T.3.3.2):** A modo de apoyo para el análisis se realiza una segunda visita al edificio; en la que se contrasta el estudio previo.
- **Régimen de operación en TRNBuild (P.T.3.4):** se introducen las condiciones de calefacción, refrigeración, ventilación, ganancias internas e infiltraciones en TRNBuild para cada modelo; **Régimen**

### **Operación Edificio Oeste TRNBuild (T.3.4.1) y Régimen Operación Edificio Este TRNBuild (T.3.4.2).**

A continuación, se procede a la ejecución de las simulaciones correspondientes mediante el paquete de trabajo **Simulación de los modelos en TRNSYS (P.T.4)**. Esta fase consta de:

- **Tercera visita a Miñano 2 (T.4.1):** se realiza para el ajuste y perfeccionamiento de los modelos.
- **Simulación Edificio Oeste (T.4.2):** en *TRNSYS* y para el Edificio Oeste se introducen datos adicionales, se configura la simulación y se ejecuta
- **Simulación Edificio Este (T.4.3):** en *TRNSYS* y para el Edificio Este se introducen datos adicionales, se configura la simulación y se ejecuta.

Tras realizar las simulaciones, se estudian los resultados obtenidos en la fase **Análisis de resultados (P.T.5)**, cuyas tareas son las siguientes:

- **Análisis resultados simulaciones (T.5.1):** se tratan y estudian los resultados de demanda térmica de las simulaciones
- **Comparativa de consumos térmicos (T.5.2):** se comparan los consumos de gas natural reales con los que resultan de las dos simulaciones.
- **Análisis de consumos eléctricos (T 5 3):** se realiza un desglose del consumo eléctrico y se compara con datos reales.
- **Propuestas de mejora (T.5.4):** se plantean las líneas de trabajo para la mejora de la eficiencia energética del edificio.

Y finalmente, se procede a la **Redacción de la memoria del trabajo (P.T.6)**. Esta tarea se subdivide a su vez en tareas que se corresponden con los diferentes apartados del documento. Además, en ella se incluye la realización del descargo de gastos del trabajo.

La fecha de **inicio** de este trabajo se plantea el **1 de febrero de 2019**. Con un horario de lunes a viernes y teniendo en cuenta las vacaciones de Semana Santa, se prevé su **finalización el 7 de junio de 2019**.

### **Tareas críticas del trabajo**

La planificación del trabajo está hecha de manera más o menos escalonada, de modo que se inicia un grupo de tareas cuando ha finalizado el anterior. En la práctica puede ser que en algún momento se mezcle la realización de tareas de diferentes paquetes de trabajo, sin embargo, a grandes rasgos, se lleva a cabo el trabajo de forma progresiva.

### **Hitos**

Se dan dos únicos hitos durante la realización del trabajo:

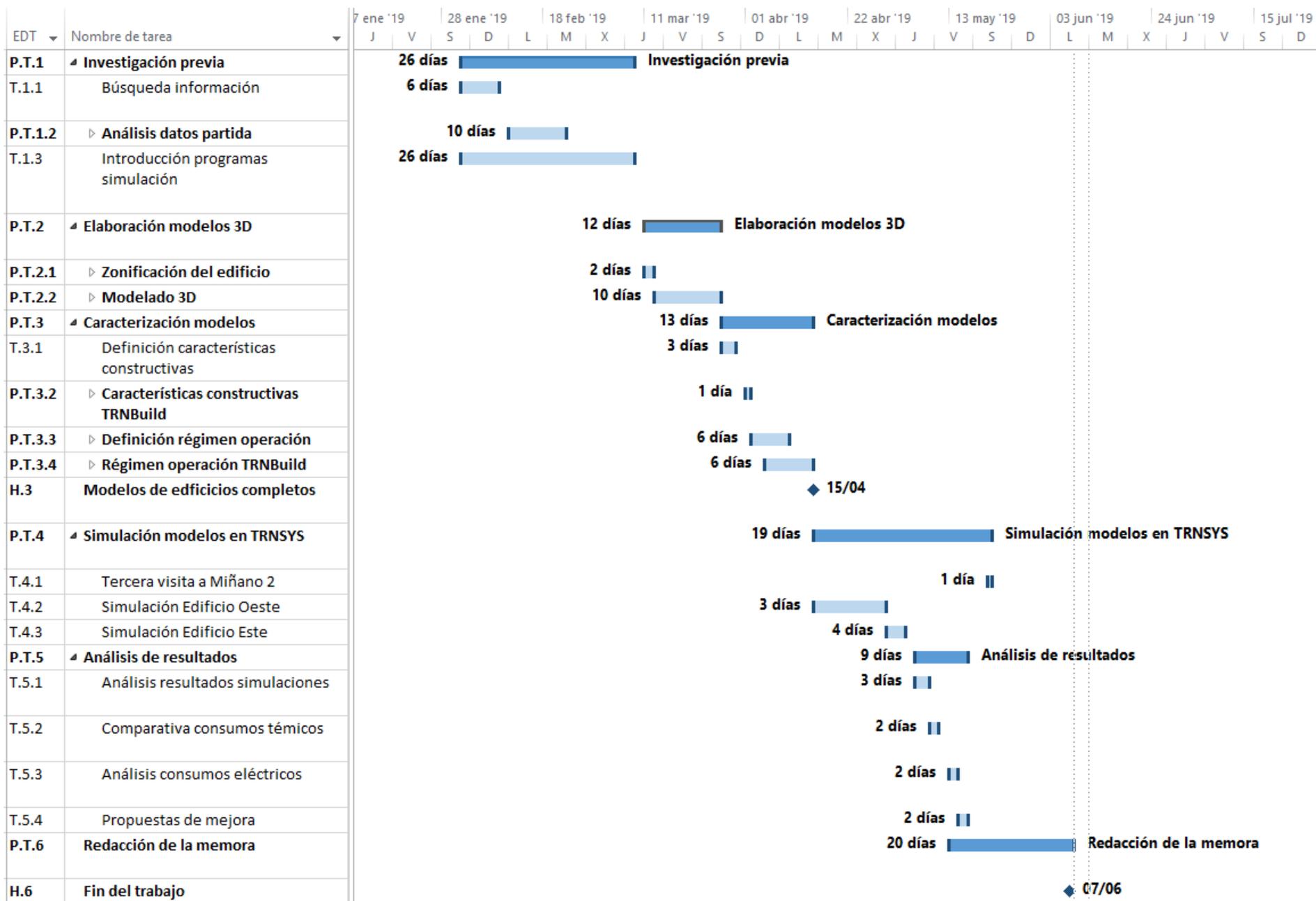
- **Modelos de edificios completos (H.3)**
- **Fin del trabajo (H.6)**

Cabe mencionar que para la presente planificación no se ha tenido en cuenta el tiempo de preparación de la exposición oral de este trabajo.

Asimismo, el tiempo de reuniones con el tutor no se distingue, sino que se incluye en términos generales en la duración de cada tarea.

En el siguiente apartado se presenta el **Diagrama de Gantt** de la planificación del trabajo.

## 9 DIAGRAMA DE GANTT



## 10 SITUACIÓN DEL EDIFICIO MIÑANO 2

En este apartado se realiza una breve descripción del Edificio Miñano 2 y sus instalaciones con el fin de comprender mejor el desarrollo del trabajo y las referencias efectuadas a los mismos.

### 10.1 DESCRIPCIÓN DEL EDIFICIO

Como se comenta en la memoria, el Edificio Miñano 2 está compuesto realmente por dos edificios independientes unidos por un bloque a modo de edificio de conexiones. La parte de la ampliación y el bloque de conexiones fueron construidos en 2003 y el edificio antiguo, a pesar de ser construido antes (1997) fue renovado en 2012. La superficie edificada que suma el edificio en su conjunto asciende a más de 5479m<sup>2</sup>.



Centro Miñano2 (edificio Antiguo)



Centro Miñano2 (Ampliación)

Ilustración 5. Edificio Miñano 2 de TECNALIA. Edificio antiguo (izq) y ampliación (dcha). Fuente: TECNALIA

Cada uno de los edificios consta de tres alturas no coincidentes entre ellas, pero unidas mediante el bloque de recepción y escaleras (conexiones). En cuanto a las oficinas y laboratorios, estos se reparten de la siguiente manera: las dos plantas bajas, tanto en el edificio antiguo como en la ampliación (I+D y Farmacia), son dedicadas a laboratorios, en la primera planta o entreplanta del edificio antiguo únicamente existen oficinas, salas de reuniones, etc. y el resto de las oficinas y laboratorios se encuentran repartidos indistintamente en ambos edificios. Esto se puede observar en el esquema de la *Ilustración 6*:



Ilustración 6. Esquema de la distribución del Edificio Miñano 2. Fuente: TECNALIA

En lo que respecta a las **características constructivas**, ambos edificios son diferentes.

El **edificio más antiguo** cuenta con fachadas de ladrillo cara vista y cubierta de estructura de vigas y correas de madera laminada de inclinación a un agua. La fachada sur cuenta con un gran frente acristalado en toda su altura y tanto los huecos de este como los del resto del edificio son de cristal doble con cámara de aire. Los forjados son de viguetas y bovedillas y las particiones verticales interiores son principalmente de dos tipos: de fábrica o de tipo mampara.

En cuanto al **edificio de ampliación**, la fachada en toda su extensión es de tipo ventilada con paneles laminados a alta presión HPL anclados sobre fábrica de bloque y la cubierta es de estructura vista de madera laminada y panel sándwich curvo en dos vanos, la cubierta de la zona central entre ambos vanos (una galería corrida para instalaciones) es plana invertida. Todas las ventanas son de cristal doble con cámara de aire también, los forjados son de losa alveolar aligerada con casetones y los tabiques interiores son de fábrica.

El **edificio de comunicaciones** o conexiones cuenta con dos fachadas, la sur es completamente acristalada, con cristales dobles y cámara de aire igualmente, y de forma aproximadamente curva. La fachada norte es ventilada con las mismas características que la del edificio de ampliación. Y la cubierta es de tipo no transitable autoprotegida.

Actualmente, en el conjunto del edificio trabajan 150 personas que tienen el siguiente horario con flexibilidad a la entrada y la salida:

- Horario en jornada partida: de 7:30 a 18:30
- Horario en jornada intensiva: de 7:30 a 14:30

## **10.2 DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES**

Se distingue entre la instalación térmica, en la que se considera todo lo referente al acondicionamiento y climatización de aire y ACS, y por otro lado la instalación eléctrica, que incluye los equipos eléctricos instalados más representativos.

### **10.2.1 Instalación térmica**

En el edificio antiguo, la demanda térmica se satisface mediante fancoils de frío y calor de 4 tubos. En el bloque de conexiones la demanda se satisface con radiadores únicamente. Y en el caso del edificio de ampliación, en la planta baja, donde se encuentran los laboratorios de farmacia, las climatizadoras existentes, además de ventilación, se encargan de proporcionar calefacción o refrigeración. Y, por su parte, las plantas 2 y 4 son climatizadas mayoritariamente a través de fancoils de techo de cuatro tubos, aunque existe también algún radiador dependiendo de la zona.

#### **Generación de calor**

El agua caliente necesaria para el consumo de ACS y para abastecer a todos estos fancoils, climatizadoras y radiadores es producida por 4 calderas de gas natural: una caldera Roca de 300 kW y 3 calderas de condensación Baxi Roca de 110 kW cada una, como se menciona anteriormente. Estas

calderas funcionan en cascada en función de la demanda; en primer lugar, empiezan a funcionar las tres calderas Baxi Roca, y en caso de no cubrir la demanda de todo el edificio, se pone en funcionamiento la caldera Roca grande. Todas ellas trabajan contra el distribuidor, de modo que su señal de encendido se basa en la temperatura de impulsión del agua de cada una.

Las 4 calderas están operativas durante todo el año las 24 horas del día debido a la existencia de la muestroteca, una sala que, como se comenta anteriormente, se encuentra en el área de farmacia y precisa unas condiciones de humedad y temperatura constantes durante todo el año, por lo que, en caso de ser necesario, pueden entrar en funcionamiento en cualquier momento.

Existe asimismo una caldera de vapor de uso puntual en el área de farmacia alimentada de gas natural.

A continuación, se muestra un esquema de la instalación:

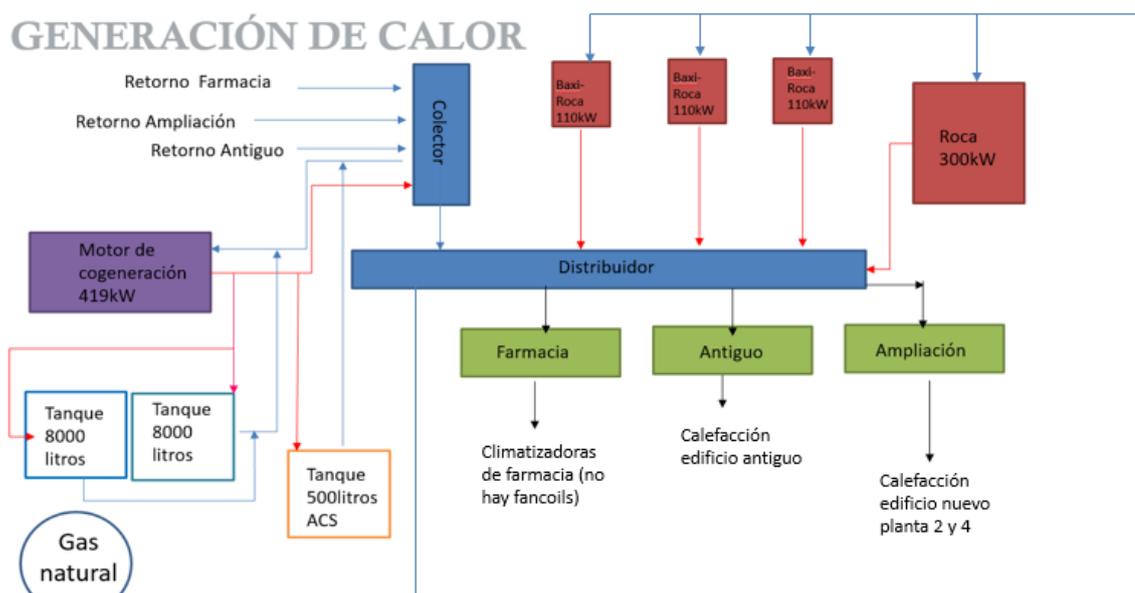


Ilustración 7. Esquema de la generación de calor en Miñano 2. Fuente: TECNALIA

En la actualidad, ni el motor de cogeneración ni los dos tanques de 8000 están en funcionamiento. Sin embargo, la bomba de 4kW del circuito del motor de cogeneración funciona de 7:00 a 00:00 durante todo el año para alimentar el tanque de ACS que se abastece de este circuito. Este depósito de 500l

suministra agua caliente sanitaria a todo el edificio en su conjunto y cuenta con una resistencia eléctrica que actualmente está desconectada.

Debido a las necesidades específicas de la muestroteca, el circuito primario de calefacción está en funcionamiento continuamente, es decir, las bombas que impulsan el agua desde las calderas al distribuidos funcionan 24 horas al día, independientemente de si las calderas están funcionando.

En cuanto a los circuitos secundarios, el circuito denominado “Antiguo” abastece a los fancoils y las 4 climatizadoras del edificio antiguo, el denominado “Ampliación” suministra agua caliente a los fancoils y 4 climatizadoras de las plantas 2 y 4 del edificio de ampliación, y por último, el circuito “Farmacia” abastece a las 9 climatizadoras que se encargan de la climatización y ventilación de la planta de farmacia y de la ventilación de algunas zonas de las plantas 2 y 4 del edificio nuevo. De estos tres circuitos, los dos primeros funcionan según el horario de ocupación, y el último (farmacia) está en marcha 24 horas durante todo el año, debido a que se encarga de suministrar agua caliente a la climatizadora de la muestroteca.

### **Generación de frío**

El agua fría que alimenta a fancoils y climatizadoras es producida mediante una única enfriadora Carrier 30RB-0462 de 447 kW. Esta funciona según la consigna impuesta para la temperatura de impulsión; si esta temperatura es superior a 10°C se pone en marcha, hasta que desciende de 8°C aproximadamente. Esta consigna se mantiene sea invierno o verano por las necesidades que presenta la muestroteca.

A continuación, se muestra un esquema de la instalación de refrigeración:

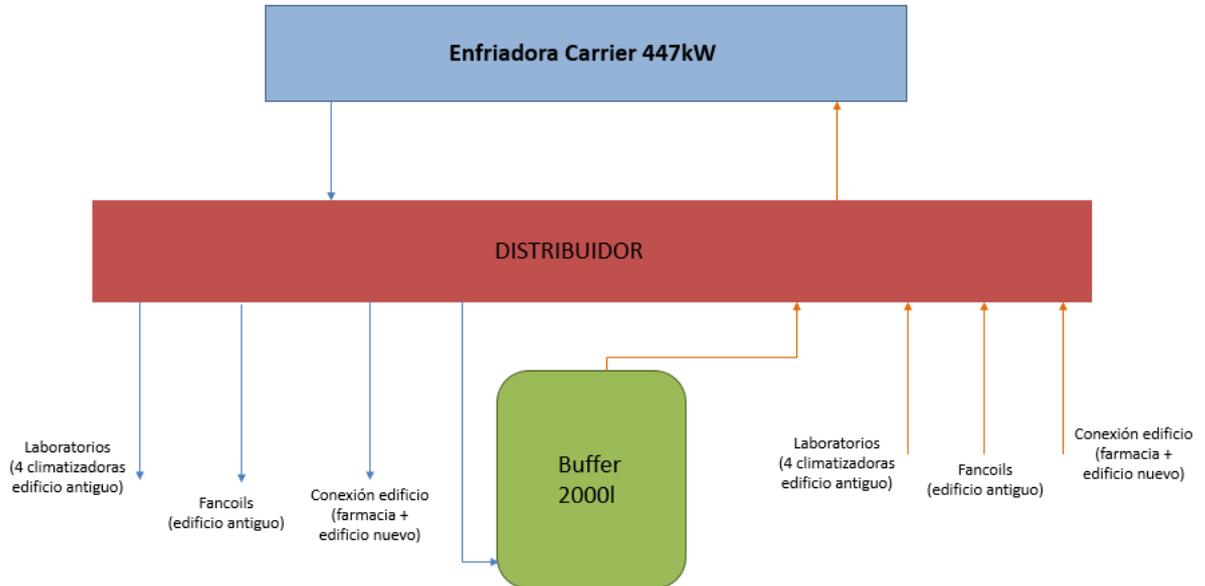


Ilustración 8. Esquema de la generación de frío en Miñano 2. Fuente: TECNALIA

Al igual que en el caso del circuito primario de calderas, la bomba de circulación de la enfriadora trabaja 24 durante todo el año, debido a la demanda de la muestroteca.

Por otro lado, como se aprecia en la *Ilustración 8* la enfriadora está conectada a un depósito de 2000l que actúa como un gran vaso de expansión, de modo que, cuando la producción de agua supera a la cantidad demandada el agua se recircula mediante este depósito.

Con respecto a los circuitos secundarios, los denominados “Laboratorios” y “Fancoils” abastecen al edificio antiguo de agua fría, el primero a las climatizadoras y el segundo a los fancoils. El ramal “Conexión edificios” abastece a todas las climatizadoras y fancoils del edificio de ampliación.

Existen otras dos enfriadoras auxiliares que trabajan 24 horas durante todo el año, que se encargan de la refrigeración de las salas donde se encuentran los servidores informáticos; una STULZ de 22,6kW y una Carrier de 13,4kW, siendo estas potencias térmicas.

### 10.2.2 Instalación eléctrica

A continuación, se enumeran los equipos más representativos en cuanto a consumo eléctrico que se encuentran instalados actualmente en el conjunto del edificio Miñano 2.

- *Climatizadoras*: como ya se ha comentado, excepto en la planta de farmacia donde se encargan de la climatización y la ventilación, se ocupan de la ventilación. Existe un total de 17 unidades de diferentes potencias y con diferentes consignas en función de la zona a la que dan servicio. Una de ellas, la que se encarga exclusivamente de la muestroteca, está en funcionamiento 24 horas 365 días al año. Se muestra la *Tabla 2* a modo de resumen con todas las consignas en función de la zona.

Descripción	Unidades	T <sub>min</sub> [°C]	T <sub>máx</sub> [°C]	HR [%]
Cimatizadoras Edificio Antiguo	4	21	25-26	50
Muestroteca	1	25		65
Climatizadora salas secas	1	25		35-40
Climatizadoras resto laboratorios farmacia	7	21		-
Climatizadors Edificio Ampliación plantas 2 y 4	4	21	25-26	50

Tabla 2. Resumen de consignas de temperatura y humedad relativa para las climatizadoras

- *Splits y Multi-splits*: en algunas zonas del edificio de ampliación la refrigeración se realiza mediante equipos autónomos, de tipo Split o multi-split.
- *Recuperadores de calor*: existen 5 recuperadores de calor en el conjunto del edificio, sin embargo, ni actualmente ni durante el año 2018 han funcionado.
- *Extractores*: estos equipos suman un total de 52 unidades y se encuentran en laboratorios, vitrinas de gases, cocina, etc.
- *Iluminación*: todas las luminarias existentes en el conjunto del edificio son de tipo fluorescente, salvo algún caso aislado de lámpara incandescente o focos LED. Cabe mencionar que, en el año 2019, se ha

llevado a cabo una renovación de toda la instalación y todas las lámparas se han sustituido por lámparas de tipo LED, sin embargo, el alcance de este trabajo no comprende el análisis de los consumos y demanda de este año, por lo que no se tiene en cuenta este aspecto.

- *Equipos ofimáticos*: dados los usos del edificio, existen en torno a 200 ordenadores de mesa y portátiles, además de impresoras, trituradoras de papel, televisiones o proyectores, entre otros. En este grupo se incluyen equipos como frigoríficos o máquinas expendedoras.
- *Fancoils*: el total de unidades instaladas asciende a 104. Son de frío y calor de 4 tubos en su mayoría, y de los tipos pared y techo.
- *Otros*: existen 1 equipo de aire comprimido, 12 cromatógrafos que prácticamente funcionan las 24 horas del día, además de al menos 8 bombas correspondientes a los circuitos de agua fría y caliente para la climatización del edificio, entre otros.

En el Anexo III se presenta un recuento aproximado de todos estos equipos con más detalle.

## 11 CÁLCULOS

En este apartado se presentan los fundamentos teóricos en los que se basan parte de los cálculos realizados, así como las etapas del procedimiento seguido hasta ejecutar la simulación en *TRNSYS*.

Cabe mencionar que, para la configuración y caracterización de los modelos, así como para la configuración de las simulaciones correspondientes, se emplean como referencia los manuales que se adjuntan con la licencia de *TRNSYS*, esto es, los correspondientes a *SketchUp+Trnsys3d*, *TRNBuild* y *TRNSYS*.

### 11.1 FUNDAMENTOS TEÓRICOS

A continuación, se explican algunos aspectos teóricos importantes para comprender el desarrollo de este trabajo sobre el análisis energético del Edificio Miñano 2.

En el análisis energético de un edificio cualquiera es necesario plantear 2 cálculos:

- **Cálculo de la demanda térmica** que es utilizado para determinar la cantidad de energía que requiere el edificio. Es el resultado de la suma de la potencia térmica demandada por el edificio a lo largo de un periodo de tiempo, por ejemplo, un mes o un año.
- **Cálculo de las cargas térmicas** que es empleado para diseñar la instalación térmica. Es decir, se calcula la potencia térmica necesaria en un momento determinado para mantener unas ciertas condiciones de confort en el edificio o estancia considerados.

Se define *carga térmica* como el fenómeno que tiende a modificar la temperatura o la humedad del aire interior. Aquellas cargas térmicas que vayan a originar una variación de temperatura se denominan *cargas térmicas sensibles*. Por su parte, las que vayan a originar una alteración del contenido en humedad del aire se denominan *cargas térmicas latentes* [12].

Por otro lado, es posible clasificar las cargas térmicas en función de su origen con respecto al edificio:

- *Cargas térmicas procedentes del ambiente exterior.* En este grupo se incluyen:
  - Las cargas por transmisión a través de muros, puertas, paredes, techos y cubiertas.
  - Las cargas por radiación a través de superficies acristaladas, ventanas y lucernarios.
  - Las cargas debidas a infiltraciones de aire exterior a través de aperturas en la envolvente, carpintería, etc.
  - Las cargas introducidas mediante la ventilación.
- *Cargas térmicas generadas en el interior del edificio.* Las principales en este grupo son:
  - Cargas por iluminación
  - Cargas generadas por las personas que ocupan el edificio
  - Cargas generadas por los equipos informáticos, eléctricos, etc.

Todas estas cargas, en función de su naturaleza y la época del año, invierno o verano, pueden favorecer la calefacción o refrigeración del edificio, en el sentido de que contribuyen a la misma y, por tanto, es necesaria una potencia térmica inferior para satisfacer las condiciones de confort. O, por el contrario, afectar negativamente y contribuir a una demanda de potencia térmica de calefacción o refrigeración superior.

Esto se puede concluir de la aplicación del Primer Principio de la Termodinámica al edificio (o a una zona térmica del mismo), considerándolo un sistema abierto en régimen estacionario en el que no se produce ni consume trabajo y no hay variación de energía cinética y potencial. Lo que da como resultado la expresión:

$$0 = \dot{Q} + \sum \dot{m}_{in} * h_{in} - \sum \dot{m}_{out} * h_{out} \quad Ec. 1$$

Si se consideran las ganancias internas y solares como flujos de energía de entrada (o ganancias) y las cargas térmicas por transmisión, ventilación e infiltraciones como flujos de energía de salida (o pérdidas) se llega a:

$$\dot{Q} = \dot{Q}_{TRANS} + \dot{Q}_{INF} + \dot{Q}_{VENT} - \dot{Q}_{SOLAR} - \dot{Q}_{ILUM} - \dot{Q}_{PERS} - \dot{Q}_{EQUIP} \quad [W] \quad Ec. 2$$

donde

$\dot{Q}_{TRANS}$  es la carga térmica por transmisión a través de cerramientos

$\dot{Q}_{INF}$  es la carga térmica debida a infiltraciones

$\dot{Q}_{VENT}$  representa la carga térmica debida a la ventilación

$\dot{Q}_{SOLAR}$  es la carga térmica debida la radiación solar

$\dot{Q}_{ILUM}$  es la carga térmica debida a la iluminación

$\dot{Q}_{PERS}$  es la carga térmica que introducen las personas

$\dot{Q}_{EQUIP}$  es la carga térmica introducida por los equipos eléctricos, informáticos, etc.

$\dot{Q}$  es la potencia térmica requerida para cerrar el balance:

Si  $\dot{Q} > 0$  entonces  $\dot{Q}$  es potencia térmica de calefacción

Si  $\dot{Q} < 0$  entonces  $\dot{Q}$  es potencia térmica de refrigeración

A continuación, se muestra cómo se calcula cada una de las cargas térmicas consideradas.

### Carga térmica por transmisión a través de cerramientos

Para el cálculo de esta carga de tipo sensible se consideran muros, techos, cubierta, suelo, paredes interiores y superficies acristaladas como cerramientos.

$$\dot{Q}_{TRANS} = U * A * (T_i - T_e) \quad [W] \quad Ec. 3$$

donde

$U$  es el coeficiente global de transferencia de calor del cerramiento considerado (transmitancia térmica)  $[W/m^2 K]$

$A$  es la superficie de cerramiento expuesta a la diferencia de temperaturas  $[m^2]$

$T_i$  es la temperatura del aire interior  $[K]$

$T_e$  es la temperatura del aire exterior  $[K]$

### Carga térmica por radiación a través de superficies acristaladas

La radiación solar, tras atravesar superficies acristaladas, ventanas lucernarios, etc. incide sobre las superficies interiores del edificio o zona térmica considerados. Esto produce un calentamiento de esas superficies, aumentando la temperatura del ambiente interior. Se trata por tanto de una ganancia térmica sensible.

La carga térmica por radiación solar se obtiene sumando las ganancias de cada superficie de captura según la expresión:

$$\dot{Q}_{SOLAR} = \sum_j \dot{Q}_{SOLAR_j} = \sum_j I_{SOLAR_j} \sum_j A_{SOLAR_{n_j}} \quad [W] \quad Ec. 4$$

donde

$I_{solar_j}$  es la irradiancia solar en la orientación  $j$   $[W/m^2]$

$A_{solar_{n_j}}$  es el área de *superficie receptora equivalente* de la superficie  $n$  que tiene orientación  $j$   $[m^2]$

La *superficie receptora equivalente* se calcula:

$$A_{SOLAR} = A * F_S * F_F * g \quad [m^2] \quad Ec. 5$$

donde

$A$  es el área de superficie receptora considerada [ $m^2$ ]

$F_S$  es el factor de sombreado de la superficie [-]

$F_F$  es el factor de reducción por los marcos del sistema de acristalamiento. Es igual a la relación entre el área de superficie transparente y el área de superficie total del sistema de acristalamiento. [-]

$g$  es el coeficiente de transmisión de la superficie (factor solar) [-]

### Carga térmica por infiltraciones de aire exterior o debida a ventilación

Esta carga térmica tiene una componente sensible y otra latente, ya que al introducir un flujo de aire que incluye vapor de agua, el contenido en humedad del aire interior varía.

Tanto para el caso de infiltración como para el de ventilación, el cálculo de la carga térmica, o pérdida térmica en este caso, sigue la misma expresión:

$$\dot{Q}_{INF} = \rho * \dot{V} * (c_{p\ aire} * (T_i - T_e) + c_{p\ agua} * (w_i - w_e)) \quad [W] \quad Ec. 6$$

$$\dot{Q}_{VENT} = \rho * \dot{V} * (c_{p\ aire} * (T_i - T_e) + c_{p\ agua} * (w_i - w_e)) \quad [W] \quad Ec. 7$$

donde

$\rho$  es la densidad del aire [ $kg/m^3$ ]

$\dot{V}$  es el caudal del flujo de ventilación o infiltración [ $m^3/s$ ]

$C_{p\ aire}$  es el calor específico del aire [ $J/kg\ K$ ]

$T_i$  es la temperatura del aire interior [ $K$ ]

$T_e$  es la temperatura del aire exterior [ $K$ ]

$C_{p\ agua}$  es el calor específico del agua [ $J/kg\ K$ ]

$w_i$  es la humedad absoluta en el ambiente interior [ $kg\ vapor/kg\ aire$ ]

$w_e$  es la humedad absoluta en el aire exterior [ $kg\ vapor/kg\ aire$ ]

Para el caudal de infiltración, si se desconoce su valor real y no se dispone de recursos para medirlo, se emplea un valor aproximado en función del tipo de edificio, sus usos y su antigüedad.

En el caso de la ventilación, excepto en edificios de viviendas, el caudal de ventilación se calcula en base a la *Exigencia de calidad del aire interior* de la Instrucción Técnica IT 1.1.4.2 del Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) [13]

### Carga térmica por iluminación

Las cargas térmicas debidas a la iluminación artificial del interior del edificio o de la zona térmica son de tipo sensible. Para su cálculo se considera que la potencia íntegra de las lámparas se transforma en calor sensible.

Si las lámparas son de tipo fluorescente, para el cálculo de la carga se ha de incluir el consumo complementario de las reactancias mediante el coeficiente 1,25:

$$\dot{Q}_{ILUM} = 1,25 * n * P \quad [W] \quad Ec. 8$$

Para cualquier otro tipo de lámparas la expresión resulta:

$$\dot{Q}_{ILUM} = n * P \quad [W] \quad Ec. 9$$

donde

$n$  es el número de lámparas

$P$  es la potencia de cada lámpara [W]

### Carga térmica por ocupación

La carga térmica que aportan las personas que ocupan el edificio o la zona térmica, tiene una componente sensible y otra latente.

Debido a que la temperatura media del cuerpo es superior a la de los objetos que le rodean se produce una transferencia de calor por radiación. Asimismo, la superficie de la piel se encuentra a una mayor temperatura que el aire a su alrededor, por lo que se produce un flujo de calor convectivo al aire interior. Y, además, si se produce contacto entre las personas y los objetos que les rodean, se produce una transferencia de calor por conducción.

A todo esto, se añade el aporte de energía por la respiración, debido a la cual existe aporte de vapor de agua al aire interior, y la sudoración, que aporta también vapor al ambiente.

De este modo, la carga térmica por ocupación se calcula:

$$\dot{Q}_{PERS} = n * (c_{s\ pers} + c_{l\ pers}) \quad [W] \quad Ec. 10$$

donde

$n$  es el número de personas que ocupan la estancia o el edificio

$C_{s\ pers}$  es el calor sensible que aporta cada persona [W]

$C_{l\ pers}$  es el calor latente que aporta cada persona [W]

Los valores de calor latente y sensible aportados por cada persona dependen de su actividad metabólica, y por tanto de la actividad que realicen. Es posible encontrar valores tabulados para estos parámetros en bibliografía y manuales de referencia.

### Carga térmica generada por equipos

Todos los equipos informáticos, electrodomésticos y similares conectados a la red disipan energía en forma de calor. Para calcular la carga térmica originada por ellos, se considera que su potencia íntegramente se transforma en calor sensible.

$$\dot{Q}_{EQUIP} = n * P \quad [W] \quad Ec. 11$$

donde

$n$  es el número de equipo

$P$  es la potencia de cada equipo [W]

Si se considera que todos los equipos no funcionan a la vez, se puede aplicar un factor de simultaneidad (menor que la unidad) tanto a las ganancias introducidas por un tipo de equipo o a la suma de todas las ganancias introducidas por todos los equipos.

Por lo tanto, una vez definidas todas las cargas térmicas y conociendo su valor en cada momento en cada zona térmica considerada, es posible calcular la demanda térmica de la zona por individual, de un conjunto de zonas o de un edificio completo para un periodo de tiempo determinado.

## **11.2 CONFIGURACIÓN DEL MODELO DEL EDIFICIO**

### **11.2.1. Hipótesis y simplificaciones**

Como se comenta en apartados anteriores, debido a que no se dispone de planos del edificio en su conjunto y por mayor facilidad para tratar tanto los datos de partida como los resultados posteriores, se estudian por separado los dos edificios que conforman el conjunto del edificio de Miñano 2. Por un lado, la parte de construcción más antigua, en lo que sigue denominado Edificio Oeste, y por el otro, la parte construida posteriormente a modo de ampliación, en lo que sigue el Edificio Este. El bloque de unión, el cual aloja el ascensor y las escaleras que sirven de conexión entre ambos, fue construido al mismo tiempo que el Edificio Este, pero por correspondencia con los planos (ver Anexo II) se estudia junto con el Edificio Oeste.

Con el fin de hacer más sencillas la posterior configuración geométrica del modelo y la simulación energética de los edificios, se ha llevado a cabo una simplificación de la zonificación de ambos. Esta se ha realizado en función de los usos y las condiciones de climatización de cada zona.

Principalmente, aquellas zonas no climatizadas y anexas se han unificado, es el caso de pasillos, archivos y aseos, así como aquellas con las mismas

condiciones de climatización y usos relacionados, por ejemplo, despachos o salas de reuniones dentro de oficinas, o zonas grandes de laboratorios. Especialmente en el caso del Edificio Este, también se ha tenido en cuenta la disposición en planta de las zonas, considerando zonas del núcleo o perimetrales, por su diferente comportamiento térmico.

Esto ha dado lugar a un total de 35 zonas en el Edificio Oeste y 22 en el Edificio Este, como se muestra en las *Tablas 2 y 3*. Para designar cada zona térmica, se emplea O para aquellas que se encuentran en el Edificio Oeste y E para las que están en el Este, y B, 1 y 2 para indicar en la planta en la que se encuentra. Los números siguientes no tienen ningún significado concreto, simplemente sirven para enumerar las zonas.

EDIFICIO OESTE			
Planta	Zona	Uso	Área [m <sup>2</sup> ]
Baja	OB_1	Lab	104,15
	OB_2	Lab	78,00
	OB_3	Lab	116,97
	OB_4	Pasillo + aseos	87,10
	OB_5	Lab	68,99
	OB_6	Lab	99,01
	OB_7	Lab	69,19
	OB_8	Lab	69,46
	OB_9	Pasillo	70,94
	OB_10	Lavandería + residuos	34,59
	OB_11	Recepción	134,76
	OB_12	Taller	34,91
OB_ESC	Escaleras	6,45	
Primera	O1_1	Sala reuniones	39,69
	O1_2	Oficinas	470,87
	O1_3	Archivo	44,47
	O1_4	Oficinas	34,59
	O1_5	Recepción	77,08
	O1_6	Oficinas	34,91
	O1_7	Lab	67,98
	O1_8	Lab	110,51
	O1_9	Lab	77,98
O1_ESC	Escaleras	6,45	
Segunda	O2_1	Lab	171,03
	O2_2	Pasillo+ Almacén	76,24
	O2_3	Pasillo + aseos	67,38
	O2_4	Sala reuniones	35,41
	O2_5	Lab	46,33
	O2_6	Comedor	70,60
	O2_7	Lab	166,05
	O2_8	Lab	59,49
	O2_9	Lab	84,36
	O2_10	Lab	78,88
	O2_11	Recepción	70,03
	O2_12	Servidores informáticos	41,96

Tabla 3. Zonas térmicas en el Edificio Oeste

EDIFICIO ESTE			
Planta	Zona	Uso	Área [m <sup>2</sup> ]
Baja-Farmacia	EB_1	Lab farma	714,06
	EB_2	Lab	149,16
	EB_3	Lab	121,34
	EB_4	Sala máq	143,43
	EB_micro	Lab	13,91
	EB_mues	Lab	21,88
	EB_ss	Lab	58,91
	Primera	E1_1	Lab
E1_2		Aseos	131,74
E1_3		Lab Pharamlab	241,43
E1_4		Escaleras	19,43
E1_5		Pasillo	212,75
E1_6		Lab	348,32
E1_7		Lab	125,31
Segunda	E2_1	Oficinas	140,71
	E2_2	Lab	82,01
	E2_3	Salón actos+ofis	257,68
	E2_4	Escaleras	19,43
	E2_5	Pasillo+aseos	316,48
	E2_6	Oficinas	118,15
	E2_7	Oficinas	285,23
Etorre	Galería instalaciones	116,76	

Tabla 4. Zonas térmicas en el Edificio Este

Cabe mencionar que la reducción del número de zonas no ha sido significativa, ya que se desea conocer la demanda térmica del modo más disgregado posible.

### 11.2.2. Construcción del modelo en Sketchup-Trnsys3d

Por tanto, como se menciona anteriormente, el modelo del edificio se define geoméricamente mediante *SketchUp* y el *plug-in Trnsys3d* que permite definir las zonas térmicas del edificio para que posteriormente sean reconocidas por el motor de cálculo *TRNSYS*.

Las zonas térmicas no se tienen por qué corresponder con las divisiones reales del edificio, o aquellas que se realizarían para modelos en tres dimensiones cuyo fin no sea la simulación energética. Las zonas térmicas de *Trnsys3d* se diferencian de las de *SketchUp*, en que en las primeras se simulará el flujo dinámico de energía, por tanto, se han de tener en cuenta para su definición factores como su disposición en planta o las condiciones de climatización.

De este modo, para definir las zonas térmicas de ambos edificios en *Trnsys3d* se emplea la zonificación del apartado anterior (*Tablas 3 y 4*) ya que tiene en consideración estos factores.

En la *Ilustración 9* se muestra recuadrada en azul una zona térmica del Edificio Oeste según *Trnsys3d*, en este caso se trata de la zona de la entrada principal al edificio y recepción (OB\_11). También se observan los ejes de referencia. En *SketchUp* el eje verde indica por defecto la dirección Norte, lo cual se considera a la hora de orientar correctamente el modelo, de modo que se corresponda con la realidad. En el caso del Edificio Este, la fachada norte tiene cierto ángulo de inclinación con respecto al norte geográfico, como se puede ver en la *Ilustración 1*. Este factor se tendrá en cuenta más adelante; inicialmente se considera con la misma orientación que el Edificio Oeste.

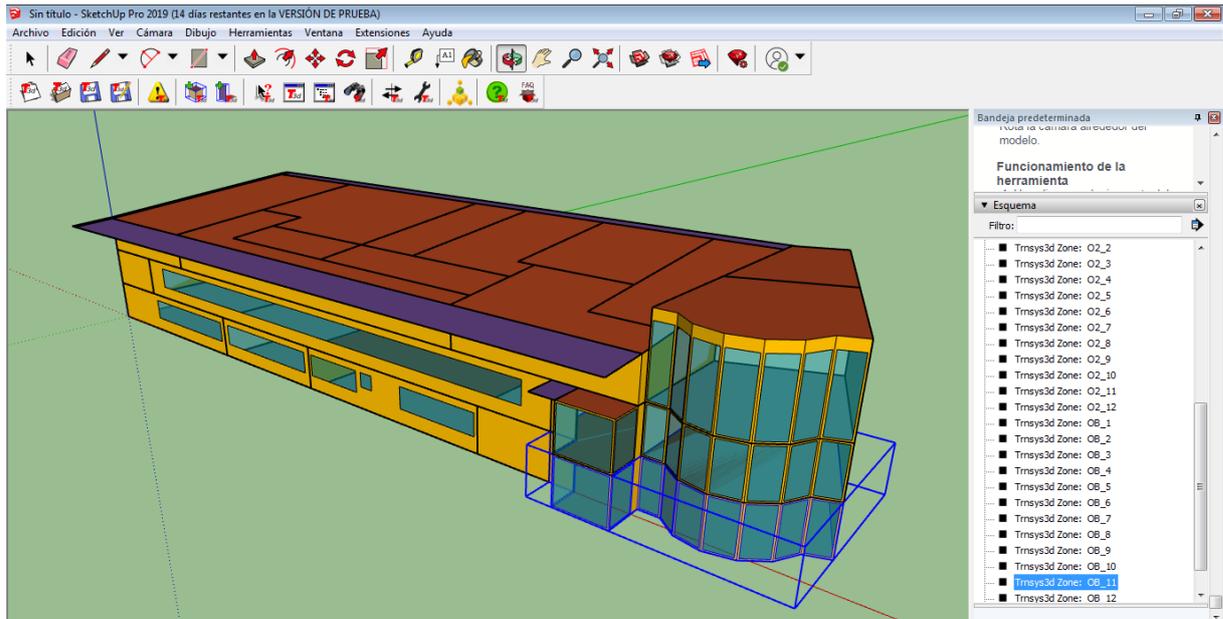


Ilustración 9. Situación de la zona térmica OB\_11 en el Edificio Oeste (SketchUp+Trnsys3d)

El proceso hasta llegar al modelo del edificio completo consiste en construir las zonas térmicas sucesivamente. En cada una de ellas se han de tener en cuenta los siguientes puntos:

- *Ventanas*: se dibujan en cada zona térmica según corresponda, teniendo en cuenta que la ventana no puede ocupar una superficie completa de la zona, sino que se ha de dejar cierto margen de fachada. De este modo, Trnsys3d reconoce directamente esa figura como una ventana. Esto ocurre por ejemplo en el edificio de unión, cuya fachada sur, en la realidad, está constituida por una cristalera en toda su altura, sin embargo, en el modelo se observan zonas de fachada.

- *Tipo de pared*: las paredes de cada zona térmica pueden ser exteriores (tipo EXTERNAL), interiores (tipo ADJACENT) o tener una condición de contorno determinada (tipo BOUNDARY). En el caso concreto de toda la pared derecha del Edificio Oeste, al ser esta adyacente al Edificio Este, se ha definido como tipo BOUNDARY para representarla como adiabática casi en su totalidad, como se verá en apartados posteriores. Y del mismo modo, se ha definido a la parte correspondiente de la pared izquierda del Edificio Este.

- *Techos y suelos*: para caracterizar una cara de la zona térmica como suelo se le define como tipo FLOOR y condición de contorno GROUND (para indicar que está en contacto con el suelo). Si se trata de una cara que representa la cubierta, esta ha de ser de tipo ROOF. Por último, en caso de tratarse de un forjado, las dos caras correspondientes a las zonas térmicas inferior y superior se definen con el tipo CEILING, aunque en una de ellas se corresponda esta cara con el suelo de la zona

Una vez definidas todas las zonas térmicas y las características de sus caras, es necesario unirlas, de modo que las paredes y forjados de zonas adyacentes se fijen con dicha condición de adyacencia. Para ello se emplea la opción de *Trnsys3d* “*Surface matching*”, además es posible verificar el resultado mediante la herramienta “*Rendering by Boundary*”. En la *Ilustración 10* se observan en rojo las paredes con condición de adyacencia de la planta baja del Edificio Oeste.

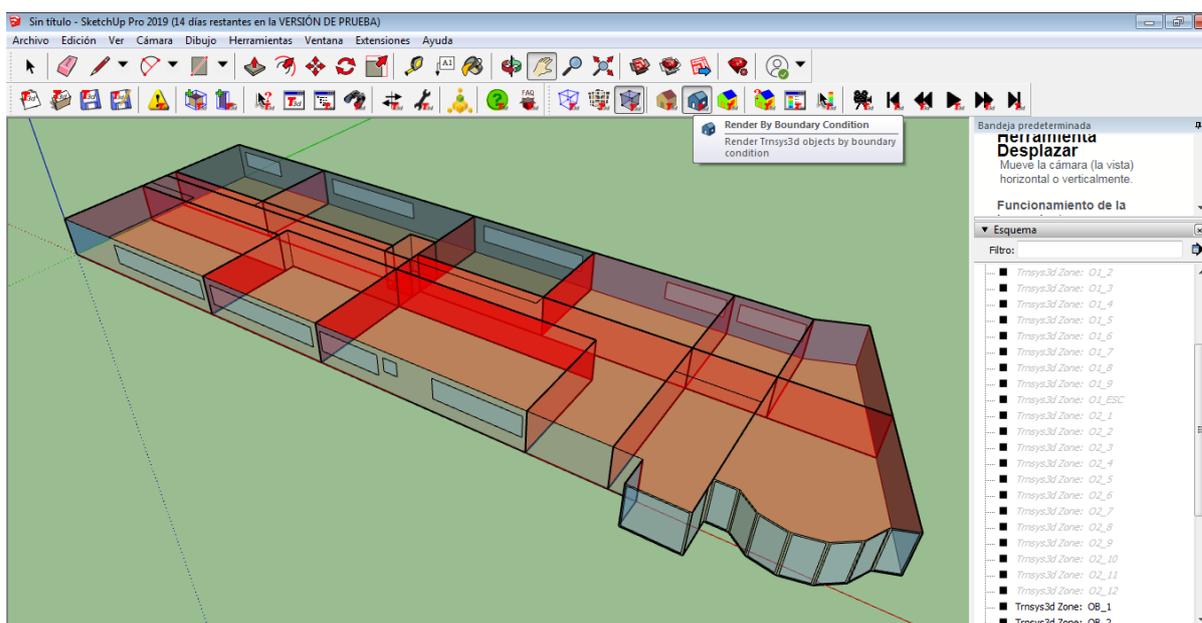


Ilustración 10. Ejemplo de paredes adyacentes de la planta baja del Edificio Oeste

Es verdaderamente importante definir las zonas térmicas cuidadosamente, evitando por ejemplo los espacios entre ellas, así como los tipos de sus superficies para que la adyacencia de todas las zonas no dé problemas al importar este archivo en etapas posteriores del proceso de modelado.

Por último, se añaden al edificio los elementos que puedan ejercer sombra sobre el edificio a estudiar. Se trata de los elementos morados que se observan en la *Ilustración 9*. Tanto en el caso del Edificio Oeste como en el del Este, únicamente se han añadido los aleros. Los edificios colindantes no se han representado, ya que se encuentran a cierta distancia, como es habitual en un parque tecnológico, o no ejercen sombra sobre el edificio de Miñano 2.

Cada uno de los dos modelos en tres dimensiones de ambos edificios generados en *Trnsys3d* ha de ser guardado en un archivo con extensión *.idf*, que será importado posteriormente en *TRNBuild*.

### **11.3 CARACTERIZACIÓN DEL MODELO DEL EDIFICIO**

Una vez que se dispone de los modelos geométricos de los edificios, es necesario definir sus envolventes y cerramientos, sus condiciones de climatización, etc. Esto se lleva a cabo en el programa *TRNBuild*. En *TRNBuild* se toma como archivo de partida el resultante del paso anterior, en extensión *.idf*, el cual se importa, dando lugar a un nuevo archivo de extensión *.b18*. En la importación se indica el hemisferio en el que se encuentra el edificio a estudiar, hemisferio norte en este caso, de modo que el cálculo de los ángulos de acimut sea el correcto. En el archivo *.b18* resultante se introduce la información tal y como se describe a continuación.

#### **11.3.1 Envoltente y particiones interiores del edificio**

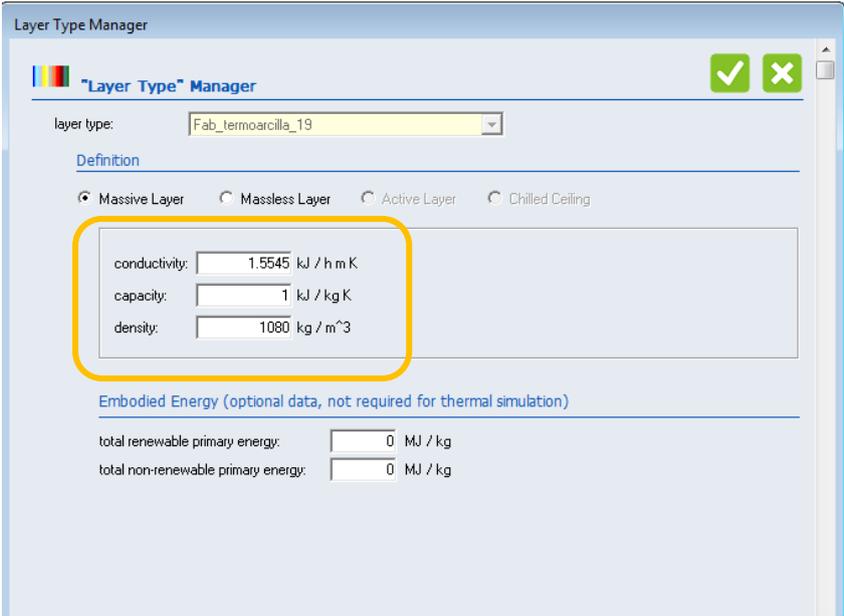
Como se puede deducir del *Apartado 11.1*, en la simulación energética de edificios, las características constructivas de los mismos cobran una relevancia considerable ya que determinan en gran medida la demanda térmica de los mismos.

Datos como la antigüedad y la calidad de la construcción, el grado de aislamiento de techos, suelos, muros, ventanas y puertas y el área de todos ellos condicionan el comportamiento térmico del edificio. Por lo tanto, para obtener unos resultados fiables en la simulación, es necesario que la

envolvente y los cerramientos interiores del edificio sean lo más fieles a la realidad posible.

La información acerca de los edificios es limitada, especialmente en lo que se refiere a la construcción. Se dispone de los planos constructivos, información genérica sobre los materiales y composición de muros, suelos, forjados, etc. y algunos planos de sección incompletos. Partiendo de esta información y tomando como referencia el Catálogo de elementos constructivos del CTE [14], se han configurado la envolvente, los cerramientos y las ventanas de ambos edificios. Este catálogo sirve como instrumento de ayuda para cumplir con las exigencias generales impuestas por los requisitos de Habitabilidad, Salubridad, Protección frente al ruido y Ahorro de Energía, establecidas en el Código Técnico de Edificación (CTE). Así, se pretende garantizar que las construcciones consideradas no solo se asemejen a la realidad, sino que además sean consistentes con lo que exige la normativa.

Antes de definir los diferentes tipos de construcción en *TRNBuild*, con el “*Layer Type*” Manager se añaden todos los materiales que se vayan a utilizar, indicando su calor específico, densidad y conductividad, tal y como se muestra en la *Ilustración 11*, para el caso de la fábrica de termoarcilla de 19 cm de espesor.



Layer Type Manager

layer type: Fab\_termoarcilla\_19

Definition

Massive Layer  Massless Layer  Active Layer  Chilled Ceiling

conductivity: 1.5545 kJ / h m K

capacity: 1 kJ / kg K

density: 1080 kg / m<sup>3</sup>

Embodied Energy (optional data, not required for thermal simulation)

total renewable primary energy: 0 MJ / kg

total non-renewable primary energy: 0 MJ / kg

Ilustración 11. Ejemplo de definición de un material en TRNBuild

Los valores de conductividad, calor específico y densidad de los distintos materiales se toman del mencionado Catálogo de elementos constructivos del CTE [14]. En el Anexo IV se presenta una tabla resumen con todos los materiales empleados para ambos edificios y sus respectivas propiedades.

A continuación, mediante el “*Construction Type*” Manager se conforman los diferentes tipos de fachadas, suelos, forjados tabiques, etc. añadiendo sucesivas capas los materiales definidos introduciendo su espesor.

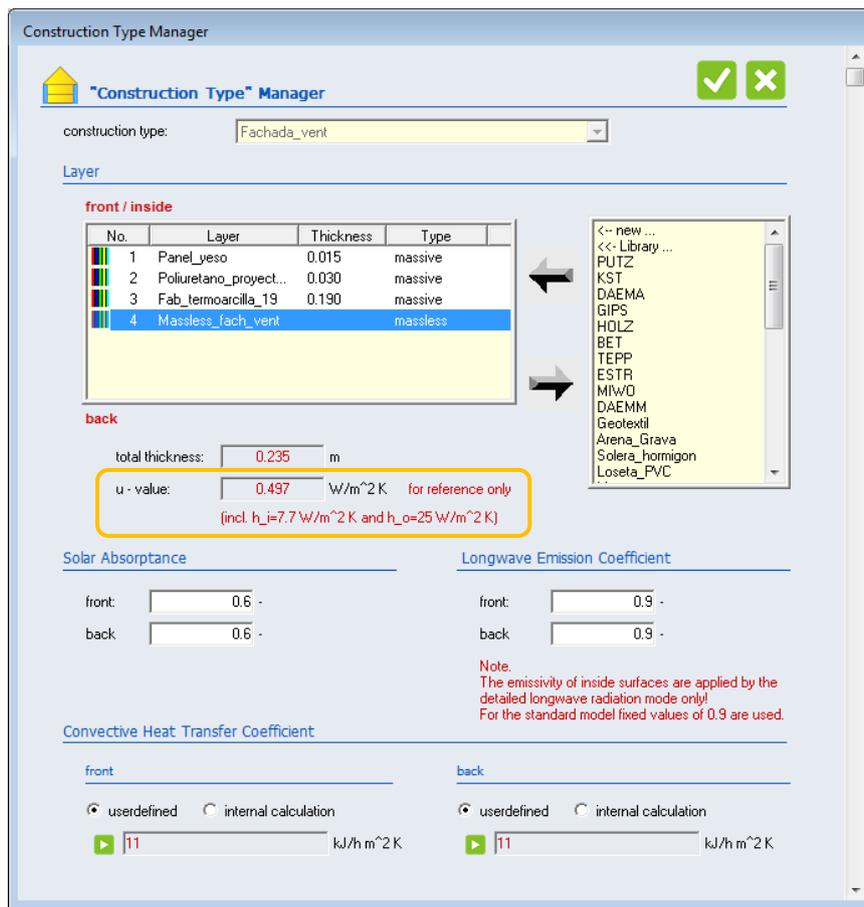


Ilustración 12. Definición de un tipo de construcción mediante el “*Construction Type*” Manager (TRNBuild)

En la *Ilustración 12* se muestra la configuración de la fachada ventilada del Edificio Este, así como el coeficiente de transmitancia ( $U[W/m^2K]$ ) que utilizará el programa para calcular los flujos de calor a través de todos los cerramientos. En este tipo de construcción, los paneles exteriores absorben la radiación solar y el aire caliente de la cámara de menor densidad asciende por convección, dando lugar al denominado “efecto chimenea”. Este flujo de aire, que evita la

acumulación de calor en la fachada, en principio es ascendente, pero por condiciones exteriores de viento y temperatura puede ser mayor o menor e incluso llegar a invertir su sentido. Para simular este tipo de fachada, el CTE recomienda despreciar las capas exteriores del cerramiento, dejando el muro base, y sustituirlas por la resistencia superficial interior [15]. Para ello, se añade una capa de material sin masa cuya resistencia superficial se calcula así:

$$R = R_{s\ int} - R_{s\ ext} = \frac{1}{11} - \frac{1}{64} = 0,075 \frac{hm^2K}{kJ} \quad Ec. 12$$

De este modo, la suma de la resistencia superficial de este material y la resistencia superficial exterior ( $1/64 \text{ hm}^2\text{K/kJ}$ ) da como resultado la resistencia superficial interior.

A continuación, en las *Tablas 5 y 6* se presenta a modo de resumen la configuración de todos los tipos de cerramientos empleados para ambos edificios y el coeficiente de transmitancia  $U \text{ [W/m}^2\text{K]}$  resultante.

## EDIFICIO OESTE

Tipo cerramiento	Id	Id TrnBuild	Material	Espesor [m]	U [W/m <sup>2</sup> K]
Fachada	FA1	M2	Ladrillo caravista	0,120	0,502
			Cámara aire	0,020	
			Panel PV50 (Aislante)	0,050	
			Mortero	0,010	
			Tabicón de ladrillo hueco doble	0,090	
			Mortero	0,020	
			TOTAL	0,310	
Fachada	FA2	M5	Mortero	0,020	0,491
			Media asta de ladrillo hueco doble	0,120	
			Cámara aire	0,020	
			Panel PV50 (Aislante)	0,050	
			Mortero	0,010	
			Tabicón de ladrillo hueco doble	0,090	
			Mortero	0,020	
			TOTAL	0,330	
Fachada	FA3	M8	Ladrillo caravista	0,120	0,499
			Cámara aire	0,100	
			Panel PV50 (Aislante)	0,050	
			Mortero	0,010	
			Tabicón de ladrillo hueco doble	0,090	
			Mortero	0,020	
			TOTAL	0,390	
Fachada	FA4	Fachada_ventilada	Capa sin masa (aire R=0,075 m2 h K/kJ)	-	0,497
			Fábrica termoarcilla	0,190	
			Poliuretano proyectado	0,030	
			Panel yeso	0,015	
			TOTAL	0,235	
Fachada	FA5	Fachada_SSBB	Ladrillo caravista	0,120	0,387
			Cámara aire	0,100	
			Panel PV50 (Aislante)	0,050	
			Mortero	0,010	
			Tabicón de ladrillo hueco doble	0,090	
			Mortero	0,020	
			Cámara aire	0,100	
			Panel yeso	0,010	
TOTAL	0,500				
Medianera	ME1	Separación	Enlucido yeso	0,015	1,297
			Media asta ladrillo perforado	0,120	
			Cámara aire	0,100	
			Tabicón de ladrillo hueco doble	0,090	
			Mortero	0,020	
			TOTAL	0,345	
Medianera	ME2	Fachada_separación	Enlucido yeso	0,015	2,264
			Media asta ladrillo perforado	0,120	
			Enlucido yeso	0,015	
			TOTAL	0,150	
Tabique	TA1	Mampara_10cm	Panel yeso	0,100	1,754
			TOTAL	0,100	
Tabique	TA2	Mampara_7cm	Panel yeso	0,100	2,222
			TOTAL	0,100	
Tabique	TA3	Aseo	Azulejo	0,01	2,714
			Mortero	0,020	
			Tabicón de ladrillo hueco doble	0,090	
			Mortero	0,020	
			TOTAL	0,14	
Tabique	TA4	M4	Mortero	0,020	2,772
			Tabicón de ladrillo hueco doble	0,090	
			Mortero	0,020	
			TOTAL	0,130	

Tabique	TA5	Tabique_fábrica	Enlucido yeso	0,015	2,419
			Mortero	0,020	
			Ladrillo machetón LHD	0,070	
			Mortero	0,020	
			Enlucido yeso	0,015	
			TOTAL	0,140	
Suelo	SU1	Suelo	Geotextil	0,002	2,732
			Arena-grava	0,200	
			Solera de hormigón	0,200	
			TOTAL	0,402	
Suelo	SU2	Suelo_nuevo	Geotextil	0,002	2,570
			Arena-grava	0,200	
			Solera de hormigón	0,200	
			Mortero	0,030	
			TOTAL	0,432	
Forjado	FO1	Forjado_PB-P1	Moqueta	0,010	1,132
			Cámara aire	0,100	
			Forjado bovedillas 20+5	0,250	
			Cámara aire	0,150	
			Panel yeso	0,010	
			TOTAL	0,520	
Forjado	FO2	Forjado_P1-P2	Forjado bovedillas 20+5	0,250	2,778
			TOTAL	0,250	
Forjado	FO3	Forjado_recep	Losa maciza hormigón	0,250	3,704
			TOTAL	0,250	
Cubierta	CU1	Cubierta	Lámina acero galvanizado	0,005	0,315
			Poliuretano proyectado	0,040	
			Cámara de aire ventilada	0,020	
			Poliuretano proyectado	0,040	
			Lámina madera	0,010	
			TOTAL	0,115	
Cubierta	CU2	Cubierta_recepción	Lámina bituminosa	0,035	0,467
			Panel poliestireno extruido	0,050	
			Mortero áridos ligeros	0,100	
			Losa hormigón áridos ligeros	0,200	
			TOTAL	0,385	

Tabla 5. Tipos de construcción en el Edificio Oeste

**EDIFICIO ESTE**

Tipo cerramiento	Id	Id TrnBuild	Material	Espesor [m]	U [W/m <sup>2</sup> K]
Fachada	FA4	Fachada_ventilada	Capa sin masa (aire R=0,075 m <sup>2</sup> h K/kJ)	-	0,497
			Fábrica termoarcilla	0,190	
			Poliuretano proyectado	0,030	
			Panel yeso	0,015	
			TOTAL	0,235	
Medianera	ME2	Fachada_separación	Enlucido yeso	0,015	2,264
			Media asta ladrillo perforado	0,120	
			Enlucido yeso	0,015	
			TOTAL	0,150	
Tabique	TA5	Tabique_fabrica	Enlucido yeso	0,015	2,419
			Mortero	0,020	
			Ladrillo machetón LHD	0,070	
			Mortero	0,020	
			Enlucido yeso	0,015	
			TOTAL	0,140	
Tabique	TA6	Tabique_nanotec	Panel yeso	0,100	1,229
			Enlucido yeso	0,015	
			Mortero	0,020	
			Ladrillo machetón LHD	0,070	
			Mortero	0,020	
			Enlucido yeso	0,015	
			TOTAL	0,240	
Tabique	TA7	Tabique_lab_farma	Resina fenólica	0,003	0,674
			Poliestireno extruido	0,044	
			Resina fenólica	0,003	
			TOTAL	0,050	
Tabique	TA8	Tabique_muestroteca	Enlucido yeso	0,015	0,579
			Mortero	0,020	
			Ladrillo machetón LHD	0,070	
			Mortero	0,020	
			Enlucido yeso	0,015	
			Resina fenólica	0,003	
			Poliestireno extruido	0,044	
			Resina fenólica	0,003	
			TOTAL	0,190	
Suelo	SU3	Suelo_farma_PVC	Geotextil	0,002	2,230
			Arena-grava	0,200	
			Solera hormigón	0,200	
			Loseta PVC	0,014	
			TOTAL	0,416	
Suelo	SU4	Suelo_farma_gres	Geotextil	0,002	2,638
			Arena-grava	0,200	
			Solera hormigón	0,200	
			Gres	0,030	
			TOTAL	0,432	
Suelo	SU5	Suelo_farma_terrazo	Geotextil	0,002	2,570
			Arena-grava	0,200	
			Solera hormigón	0,200	
			Mortero cemento	0,030	
			TOTAL	0,432	

Forjado	FO3	Forjado_Farma_P2	Losa alveolar	0,370	1,607
			Cámara aire >15cm	0,200	
			Panel yeso	0,020	
			TOTAL	0,590	
Forjado	FO4	Forjado_P2_P4	Losa alveolar	0,320	2,717
			TOTAL	0,320	
Cubierta	CU3	Cubierta_torre	Mortero cemento	0,010	0,456
			Panel poliestireno extruido	0,050	
			Lámina bituminosa	0,066	
			Mortero áridos ligeros	0,100	
			TOTAL	0,226	
Cubierta	CU4	Cubierta_naves	Chapa Zinc	0,001	0,466
			Cámara de aire ventilada	0,050	
			Tablero OSB	0,012	
			Panel poliestireno extruido	0,060	
			Tablero OSB	0,012	
			TOTAL	0,135	

Tabla 6. Tipos de construcción en el Edificio Este

En cuanto a las ventanas de ambos edificios, tras verificarlo in situ, se concluye que, en general, son doblemente acristaladas y con cámara de aire intermedia. Determinar un tipo nuevo de ventanas en *TRNBuild* requiere conocer con precisión sus características y propiedades y un archivo complementario en ASCII. Dado que no se dispone de estos datos y queda fuera del alcance de este trabajo, se emplea un único tipo de ventana de la librería de *TRNBuild* para ambos edificios; de configuración 4/10/4 mm de doble cristal con cámara de aire,  $U=1,62 \text{ W/m}^2\text{K}$  y en el que se determina un coeficiente U para el marco similar al del área acristalada, tal y como se muestra en la *Ilustración 13*.

Window Type Manager

Window Type Manager

window type:

---

**Glazing**

ID number:  WinID Pool Lib

slope of window:  userdefined  surface orientation

For 1 glazing module width:  height:

u - value:  values acc. to glazing library (for reference only)

g - value:

ID spacer:

---

**Optional Properties of Shading Devices**

**Additional Thermal Resistance**

internal device:  h m^2 K/kJ

external device:  h m^2 K/kJ

**Radiation depending shading control (internal model)**

Close if total radiation on window >  kJ/h m^2

Open if total radiation on window <  kJ/h m^2

**Daylight Properties (required if window is used in thermal zone with daylight sensor points)**

Visible light transmittance:  (acc. to glazing library for reference only)

Material name unshaded:  Used names have to be defined in the radiance matrial file.

Material name shaded:

---

**Frame**

window frame fraction:

c - value (1/R):  kJ/h m^2 K (without conv. + rad. heat transfer coefficients!)

solar absorptance:

emissivity:

---

**Glazing + Frame**

**Front (inside) - Convective Heat Transfer Coefficient**

userdefined  internal calculation

kJ/h m^2 K

**Back (outside) - Convective Heat Transfer Coefficient**

userdefined  internal calculation

kJ/h m^2 K

**Embodied Energy (optional data, not required for thermal simulation)**

total renewable primary energy:  MJ / m^2

total non-renewable primary energy:  MJ / m^2

Ilustración 13. Detalle de las características del tipo de ventana (TRNBuild)

Una vez definidos los tipos de construcciones y ventanas a emplear, se añaden estos sucesivamente a cada una de las superficies de las zonas térmicas definidas, como se muestra en la *Ilustración 14*.

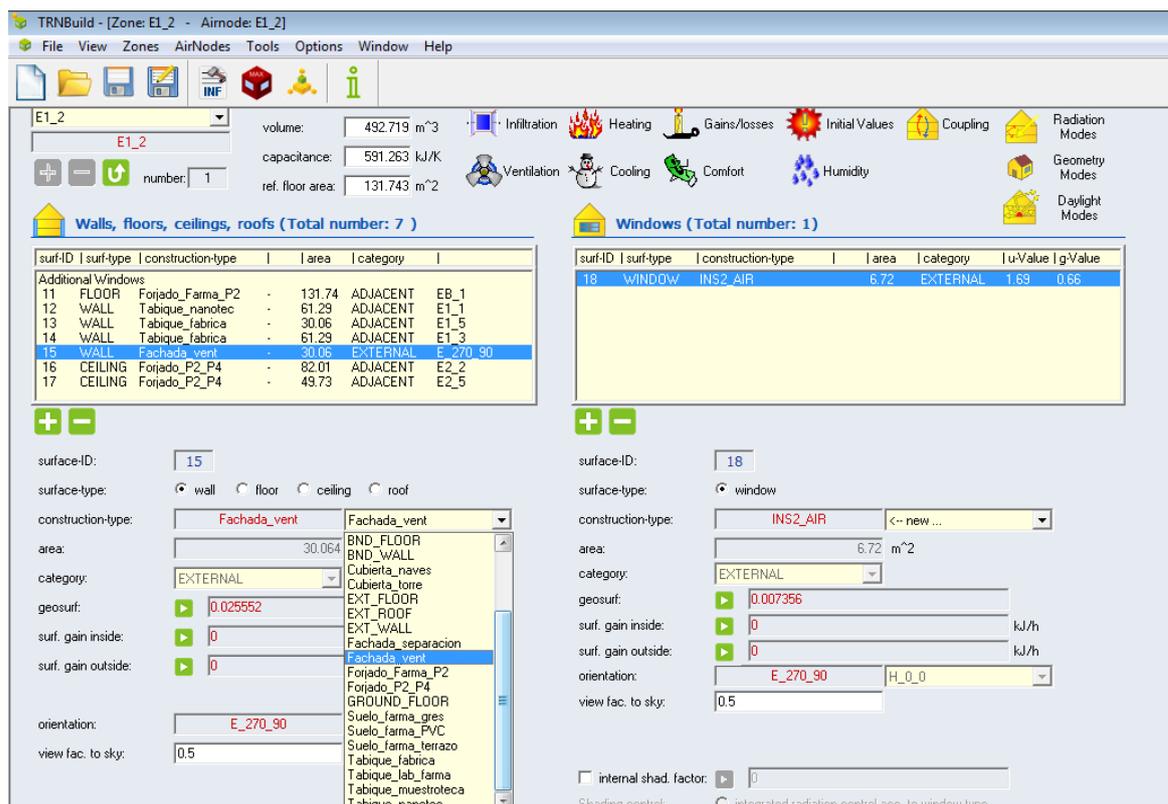


Ilustración 14. Adjudicación de los tipos constructivos a cada superficie (TRNBuild)

### 11.3.2 Régimen de operación

Para calcular la demanda térmica de los edificios es necesario implementar en cada zona térmica de los modelos el régimen de infiltraciones, ventilación, climatización, etc. para incluir las cargas térmicas pertinentes y así calcular la demanda térmica (Apartado 11.1).

- **Consideraciones generales**

- El *volumen* de cada zona térmica se multiplica por 0,9 para considerar el espacio ocupado por los cerramientos.

- La *capacitancia* de cada zona por defecto, es el resultado de multiplicar el volumen por la capacitancia del aire 1,2 kJ/m<sup>3</sup>K, sin embargo, en todas las zonas consideradas existe mobiliario, equipos de distinta índole, etc. por lo que la inercia térmica es mayor. Esto se tiene en cuenta multiplicando la capacitancia inicial por 5 en cada una de las zonas definidas.

- **Infiltraciones**

Como se comenta anteriormente, las infiltraciones provocan pérdidas de energía (pérdidas en invierno, ganancias en verano) en el edificio, condicionando la demanda térmica del mismo. El valor de estas se estima, ya que se desconoce su valor real y no se dispone de recursos para su medición.

Debido al tipo de usos que se dan en el conjunto del edificio de Miñano 2; siendo estos laboratorios y oficinas, existe un gran número de extractores en funcionamiento. Esto da lugar a que ambas partes del edificio trabajen con una cierta depresión, provocando una tasa de infiltraciones algo superior a la que se da en viviendas (0,1-0,2 ren/h). Se estima un valor de tasa de infiltraciones de 0,45 ren/h para el conjunto del edificio.

Tanto en el modelo del Edificio Oeste como en el del Edificio Este, las infiltraciones se activan en todas las zonas térmicas que tengan una superficie en contacto con el exterior, es decir, que dispongan de fachada o cubierta.

- **Ganancias internas**

Las ganancias solares son calculadas por el propio TRNSYS en función de la localización del modelo y el archivo meteorológico introducido, por lo que no es necesario introducirlas manualmente.

Las ganancias por ocupación, iluminación y equipos eléctricos se introducen como sigue. Cabe mencionar, que todas ellas se han de introducir con unidades [kJ/h].

- i. Ganancias internas por ocupación

Para el cálculo de los flujos de energía que introducen las personas se toman valores de la librería de *TRNBuild*. Se trata de valores de potencia recomendados por la ASHRAE, en su publicación *2013 ASHRAE Handbook Fundamentals*, según la actividad de los ocupantes y la temperatura de la estancia.

En zonas térmicas correspondientes a oficinas, salas de reuniones, despachos y usos similares, se emplea el tipo *ASHRAE\_115W-Person\_AIII\_24°C*, correspondiente a personas que están sentadas o realizan trabajo muy ligero, como puede ser trabajar con un ordenador.

En aquellas zonas térmicas correspondientes a laboratorios y usos similares, se emplea el tipo *ASHRAE\_145W-Person\_AVI\_24°C*, que se refiere a las ganancias debidas a actividades como andar y estar de pie.

Las características de estos dos tipos de ganancia son:

- *ASHRAE\_115W-Person\_AIII\_24°C*:

The screenshot shows the 'Gain/loss Type Manager' dialog box with the following configuration:

- Gain/loss type name:** ASHRAE\_115W-Person\_AIII\_24C
- Gain/loss Category:** people
- Radio buttons:**  absolute gain/loss,  gain/loss related to reference floor area
- Radiative:** 151.2 kJ / h
- Convective:** 100.8 kJ / h
- Electric Power Fraction:** 0 -
- Note:** The electric power has no influence on the thermal energy balance.
- Abs. Humidity:** 0.066 kg / hr

Ilustración 15. Características de la ganancia por ocupación *ASHRAE\_115W-Person\_AIII\_24°C* (TRNBuild)

- *ASHRAE\_145W-Person\_AVI\_24°C*:

The screenshot shows the 'Gain/loss Type Manager' window with the following details:

- Gain/loss type name:** ASHRAE\_145W-Person\_AVI\_24C
- Gain/loss Category:** people
- Gain type:**  absolute gain/loss
- Radiative:** 156.6 kJ/h
- Convective:** 113.4 kJ/h
- Electric Power Fraction:** 0 (fraction of actual radiative + convective power)
- Abs. Humidity:** 0.103 kg/hr
- Note:** The electric power has no influence on the thermal energy balance.

Ilustración 16. Características de la ganancia por ocupación *ASHRAE\_145W-Person\_AVI\_24°C* (TRNBuild)

Estos valores son por persona y absolutos, es decir, no son relativos al área. Por tanto, para calcular estas ganancias internas debidas a las personas en cada zona térmica, además de la *Ecuación 10* se ha de considerar el horario de ocupación del edificio en su conjunto, dando lugar a la siguiente expresión:

$$\dot{Q}_{PERS} = N_{PERS} * P * OCC \quad [kJ/h] \quad Ec. 13$$

donde

$N_{PERS}$ : es el número de personas en la zona térmica

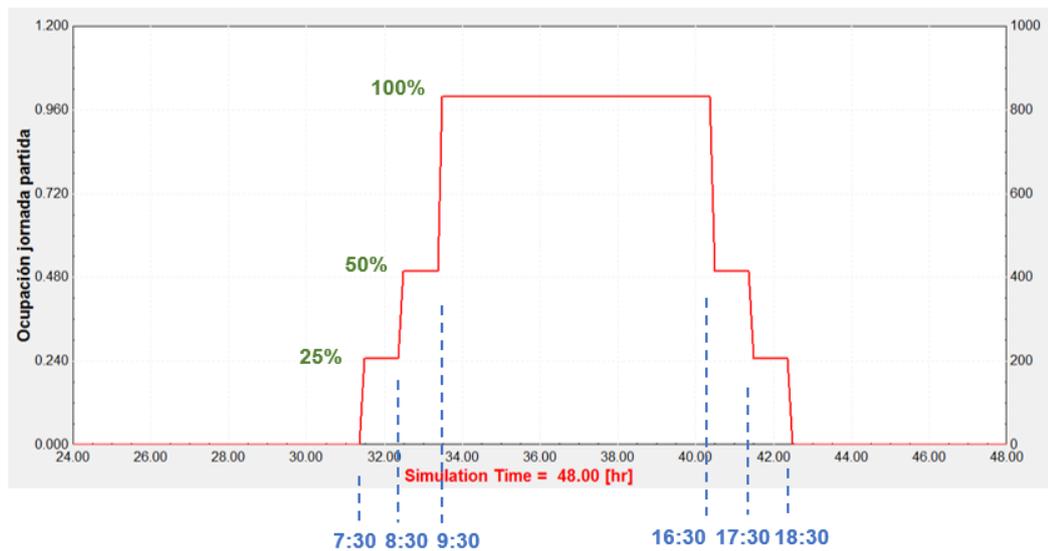
$P$ : es la potencia liberada por cada persona [kJ/h]

OCC: es la señal de ocupación en la zona térmica

Para implementar el horario de ocupación se realizan un calendario en *TRNSYS* (posteriormente) con el calendario laboral de Miñano 2. Se implementan los días festivos, y se diferencian los días con jornada partida o intensiva, dando lugar a dos tipos de señal, cuyo valor se encuentra entre 0 y 1,

Jornada de lunes a jueves:

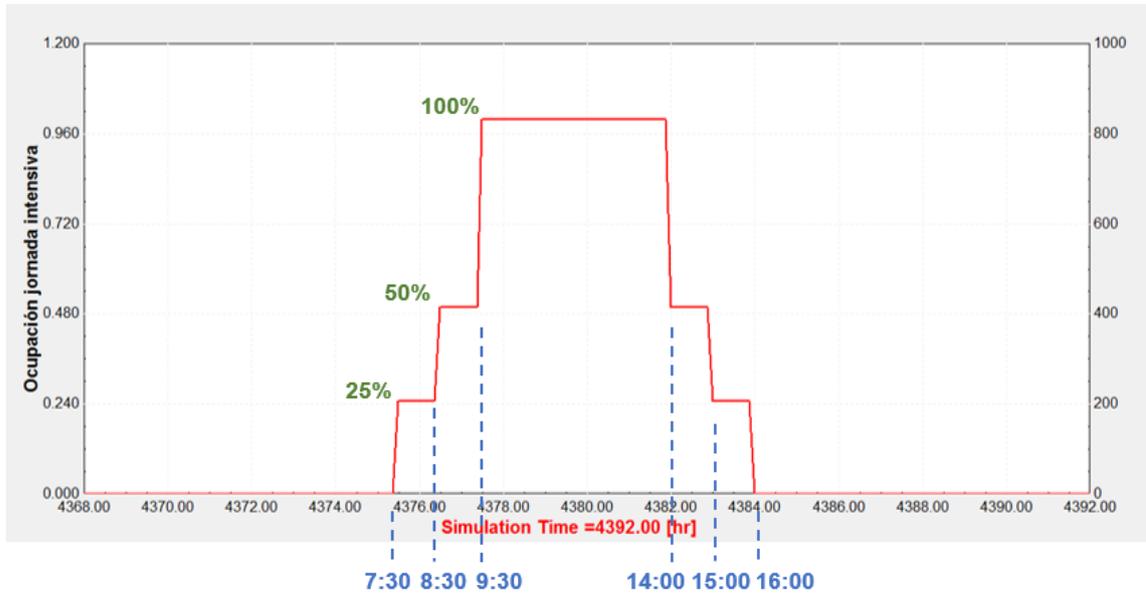
Entrada de 7:30 a 9:30 y salida a partir de las 16:30, debido a esta flexibilidad en los horarios se configura una señal escalonada, como se observa en la *Gráfica 3*.



Gráfica 3. Señal de ocupación en días de jornada partida *TRNSYS*

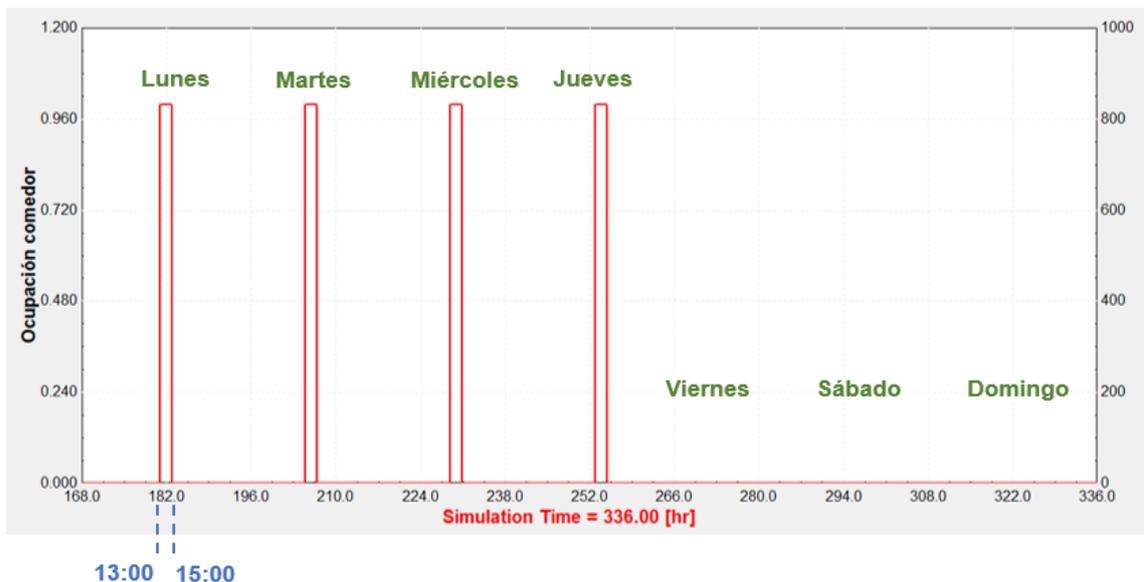
Jornada de los viernes y durante el periodo de jornada intensiva (15/06-15/09):

Entrada de 7:30 a 9:30 y salida de las 14:00, debido a esta flexibilidad en los horarios se configura una señal escalonada de nuevo, como se observa en la *Gráfica 4*.



Gráfica 4. Señal de ocupación en días de jornada intensiva

En la zona del Edificio Oeste correspondiente al comedor (O2\_6), las ganancias por ocupación se producen durante las horas de la comida, por lo que la señal es diferente, y únicamente en el periodo de jornada partida. En la *Gráfica 5* se muestra la señal durante una semana en dicho periodo, donde únicamente existe ocupación de 13:00 a 15:00 y es constante.



Gráfica 5. Señal de ocupación del comedor durante una semana

En zonas de paso como pueden ser pasillos, aseos o zonas de escaleras no se consideran las ganancias por ocupación.

Teniendo todo esto en cuenta, se definen las ganancias por ocupación en cada zona multiplicando el tipo de ganancia por un *INPUT* denominado *OCC\_nombrezona*. Este *input* se define más tarde en TRNSYS, y es el resultado de multiplicar el número de personas por la señal correspondiente de ocupación. En la *Ilustración 17* se muestra un ejemplo:

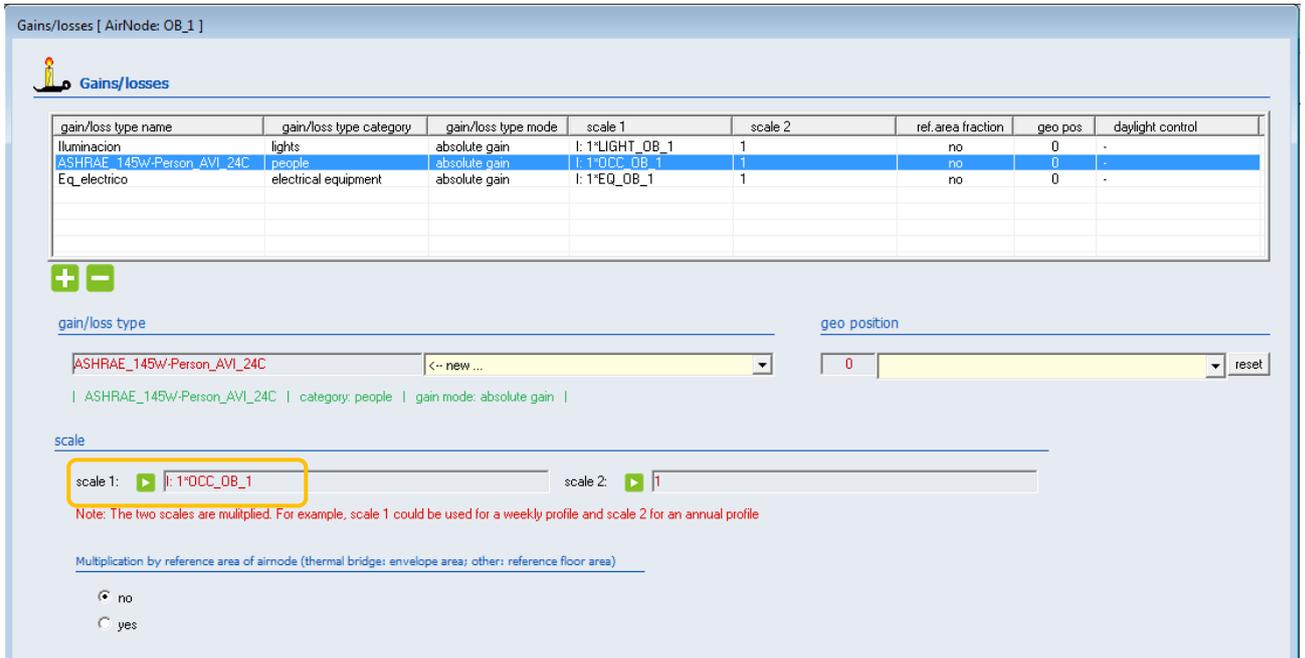


Ilustración 17. Definición de la ganancia interna por ocupación en una zona térmica (TRNBuild)

ii. Ganancias internas por iluminación

Como ya se ha comentado, el tipo de luminaria predominante en el conjunto del edificio de Miñano 2 es el fluorescente, existiendo alguna de tipo incandescente y LED de modo residual. Las de tipo incandescente se encuentran en aseos, lugares donde no se consideran las ganancias por iluminación, y la de tipo LED es un caso aislado. Por lo que se calculan las ganancias según la expresión de las lámparas fluorescentes:

$$\dot{Q}_{ILUM} = 1,25 * N_{ILUM} * P * OCC \text{ [kJ/h]} \quad Ec.14$$

donde

$N_{ILUM}$ : es el número de luminarias en la zona térmica

$P$ : es la potencia liberada por cada luminaria [kJ/h]

OCC: es la señal de ocupación en la zona térmica

La señal de ocupación utilizada para estas ganancias es la misma que para la ocupación (*Gráficas 3 y 4*) ya que se considera que, al tratarse de zonas de trabajo, oficinas y laboratorios, la iluminación deber ser suficiente y durante toda la jornada de trabajo. En el caso del comedor, se emplea asimismo la señal correspondiente (*Gráfica 5*) ya que el resto del tiempo esta sala no se utiliza salvo en momentos puntuales.

Este tipo de ganancias se activan en ambos edificios, en aquellas zonas térmicas en las que se considera la ocupación.

Se consideran los siguientes datos respecto las lámparas existentes en las diferentes áreas de las partes este y oeste del edificio. Todas ellas son de tipo fluorescente a excepción de 16 luminarias en el vestíbulo de entrada que son de tipo LED.

EDIFICIO OESTE		Nº lámparas equiv	Potencia/lámpara [W]
Planta baja	Laboratorios	26	36
		12	26
		300	14
		20	58
	Lav, residuos y manten	10	58
		4	58
Planta primera	Oficinas	8	26
		118	14
	Salas reuniones y visitas	24	14
Planta segunda	Comedor	56	14
	Laboratorios	168	14
		2	26
	Oficinas	140	14

Tabla 7. Luminarias de las zonas térmicas del Edificio Oeste

EDIFICIO ESTE		Nº lámparas equiv	Potencia/lámpara [W]
Planta baja	Hall entrada	14	80
		16	6*
		4	36
		10	26
	Laboratorio control calidad y micro	20	14
		6	14
	Laboratorios farmacia	104	14
	Laboratorios sólidos	156	14
		8	58
		2	58
Zona estériles	54	14	
Sólidos	66	14	
Planta primera	Zona trabajo nanotec	8	14
	Zona cromatografía	66	14
		2	58
	Laboratorios	142	14
		12	36
1	26		
Planta segunda	Zona trabajo LABSAN	60	14
	Salas reunione pasillo	24	14
	Oficinas	54	54
	Sala reuniones SSCC	16	14
	Despachos SSCC	40	14
	Zona trabajo SSCC	104	14
	Sala multiusos	96	14

Tabla 8. Luminarias de las zonas térmicas del Edificio Este

Dado que las zonas en las que se agrupan las luminarias no coinciden exactamente con las zonas térmicas definidas en los modelos, se seleccionan las luminarias que dan servicio al grupo de zonas térmicas con usos similares y se realiza el reparto oportuno en proporción al área de cada zona térmica.

En las siguientes dos tablas se muestran las ganancias por iluminación para cada uno de los modelos. En la columna “Iluminación potencia [W]” se incluye el factor 1,25 correspondiente a las reactancias de las lámparas fluorescentes, excepto en el caso de las lámparas LED anteriormente mencionadas. El valor de la columna “Iluminación potencia [kJ/h] se introduce en *TRNSYS* y se multiplica por la señal de ocupación como muestra la *Ecuación 14*.

EDIFICIO OESTE	Zona	Uso	Área [m2]	Iluminación Potencia[W]	Iluminación Potencia[kJ/h]
Planta baja	OB_1	Lab	104,154	1180,00	4248
	OB_2	Lab	78,000	1180,00	4248
	OB_3	Lab	116,970	1180,00	4248
	OB_4	Pasillo + aseos	87,102	0,00	0
	OB_5	Lab	68,992	1180,00	4248
	OB_6	Lab	99,011	1180,00	4248
	OB_7	Lab	69,189	1180,00	4248
	OB_8	Lab	69,462	1180,00	4248
	OB_9	Pasillo	70,939	0,00	0
	OB_10	Lavandería + residuos	34,589	0,00	0
	OB_11	Recepción	134,755	667,00	2401,2
	OB_12	Taller	34,910	507,50	1827
	OB_ESC	Escaleras	6,450	0,00	0
Planta primera	O1_1	Sala reuniones	39,685	210,00	756
	O1_2	Oficinas	470,871	1912,00	6883,2
	O1_3	Archivo	44,470	0,00	0
	O1_4	Oficinas	34,589	210,00	756
	O1_5	Recepción	77,076	0,00	0
	O1_6	Oficinas	34,910	210,00	756
	O1_7	Lab	67,980	0,00	0
	O1_8	Lab	110,510	0,00	0
	O1_9	Lab	77,980	0,00	0
	O1_ESC	Escaleras	6,450	0,00	0
Planta segunda	O2_1	Lab	171,032	909,17	3273
	O2_2	Pasillo+ Almacén	76,236	0,00	0
	O2_3	Pasillo + aseos	67,380	0,00	0
	O2_4	Sala reuniones	35,413	0,00	0
	O2_5	Lab	46,328	909,17	3273
	O2_6	Comedor	70,602	980,00	3528
	O2_7	Lab	166,054	909,17	3273
	O2_8	Lab	59,491	909,17	3273
	O2_9	Lab	84,357	909,17	3273
	O2_10	Lab	78,876	909,17	3273
	O2_11	Recepción	70,028	0,00	0
	O2_12	Servidores informáticos	41,959	0,00	0

Tabla 9. Ganancias por iluminación en el Edificio Oeste

EDIFICIO ESTE	Zona	Uso	Área [m2]	Iluminación Potencia[W]	Iluminación Potencia[kJ/h]
Planta baja-Farmacia	EB_1	Lab farma	714,060	5110,6	18398,16
	EB_2	Lab	149,160	350	1260
	EB_3	Lab	121,340	1820	6552
	EB_4	Sala máq	143,430	0	0
	EB_micro	Lab	13,910	105	378
	EB_mues	Lab	21,880	0	0
	EB_ss	Lab	58,910	444,4	1599,84
Planta primera	E1_1	Lab	140,710	140	504
	E1_2	Aseos	131,740	0	0
	E1_3	Lab Pharmalab	241,430	1300	4680
	E1_4	Escaleras	19,430	0	0
	E1_5	Pasillo	212,750	0	0
	E1_6	Lab	348,320	2262,55	8145,18
	E1_7	Lab	125,310	794,95	2861,82
Planta segunda	E2_1	Oficinas	140,710	2296,35	8266,86
	E2_2	Lab	82,010	1348,65	4855,14
	E2_3	Salón actos+ofis	257,680	0	0
	E2_4	Escaleras	19,430	0	0
	E2_5	Pasillo+aseos	316,480	0	0
	E2_6	Oficinas	118,150	1470	5292
	E2_7	Oficinas	285,230	4480	16128
	Etorre	Desván	116,760	0	0

Tabla 10, Ganancias por iluminación en el Edificio Este

### iii. Ganancias internas por equipos

Los equipos considerados en este tipo de ganancias son principalmente ordenadores de mesa y portátiles, no obstante, en algunas estancias del edificio existen máquinas expendedoras, frigoríficos, proyectores o equipos grandes de laboratorio como cromatógrafos, entre otros.

En general, tanto para el Edificio Oeste como para el Edificio Este, las ganancias introducidas por los equipos ofimáticos se han calculado según la expresión:

$$\dot{Q}_{EQ} = (N_{Ord} * P + N_{Port} * P) * OCC \quad [kJ/h] \quad Ec. 15$$

donde

$N_{Ord}$ : es el número de ordenadores de mesa en la zona térmica

$N_{Port}$ : es el número de ordenadores portátiles en la zona térmica

$P$ : es la potencia liberada por cada ordenador [kJ/h]

$OCC$ : es la señal de ocupación en la zona térmica

La señal de ocupación utilizada para estas ganancias es la misma que para la ocupación (*Gráficas 3 y 4*) ya que se considera que, al tratarse de zonas de trabajo, oficinas y laboratorios, los equipos ofimáticos están en funcionamiento prácticamente durante toda la jornada de trabajo.

Se distinguen algunos casos singulares:

En la zona térmica correspondiente a la entreplanta del edificio de unión (O1\_5 del Edificio Oeste), existe una máquina expendedora de bebidas, otra de café y una impresora. Las ganancias introducidas por estos equipos en esta zona térmica y en aquellas con este tipo de equipos, se calculan como sigue:

$$\dot{Q}_{EQ} = (\%_{MCafé} * N_{MCafé} * P + \%_{Imp} * N_{Imp} * P + \%_{MBeb} N_{MBeb} * P) * OCC \text{ [kJ/h] Ec. 16}$$

donde

$\%_{MCafé}$ : es el porcentaje de tiempo con respecto a la señal de ocupación en que la máquina de café está funcionando (25%)

$\%_{Imp}$ : es el porcentaje de tiempo con respecto a la señal de ocupación en que la impresora está funcionando (12,5%)

$\%_{MBeb}$ : es el porcentaje de tiempo con respecto a la señal de ocupación en que la máquina expendedora de bebidas está funcionando (100%)

$N_{MCafé}$ : es el número de máquinas expendedoras de café en la zona térmica

$N_{Imp}$ : es el número de impresoras en la zona térmica

$N_{MBeb}$ : es el número de máquinas expendedoras de bebidas en la zona térmica

$P$ : es la potencia liberada por cada equipo [kJ/h]

OCC: es la señal de ocupación en la zona térmica

Siendo la señal de ocupación la de las *Gráficas 3 y 4* de nuevo.

En zonas térmicas como el comedor (O2\_6), en la que existen 6 frigoríficos, o la sala de servidores informáticos (O2\_12) donde hay 10 equipos, en los dos casos funcionando las 24 horas del día, se introduce como ganancia simplemente la potencia equivalente del conjunto de quipos sin señal de ocupación.

En el laboratorio denominado *PharmaLab* (zona térmica E1\_3), existen 12 cromatógrafos que prácticamente están en funcionamiento las 24 horas del día y unos 25 ordenadores que se emplean aproximadamente durante el horario de ocupación. Por ello, para introducir estas ganancias en la zona se introduce la suma de la potencia equivalente de los 12 cromatógrafos y la potencia introducida por los ordenadores según la *Ecuación 15*.

Cabe mencionar que este laboratorio comienza su actividad a mediados de agosto de 2018. Sin embargo, dado que previamente existe actividad de trabajo y a modo de compensación por posibles equipos que no se hayan considerado con total precisión en otras zonas térmicas, se mantienen las ganancias para todo el año para el cálculo de la demanda térmica en esta zona.

Considerando los equipos más representativos y sus potencias:

Equipo	Potencia [W]	% uso en el horario de ocupación
Ordenador mesa	190	100%
Ordenador portátil	30	100%
Máquina expendedora café	1800	25%
Máquina expendedora refrescos	780	100%
Máquina expendedora snacks	450	100%
Impresora	300	12,50%
6 frigoríficos	800	100%
Ordenador servidor	150	100%
Cromatógrafo	600	100%

Tabla 11. Dispositivos causantes de las ganancias internas por equipos eléctricos

En la *Tabla 11* se presenta en el caso de las impresoras y las máquinas de café el porcentaje de tiempo que se utilizan durante el horario de ocupación.

En las siguientes dos tablas se muestran las ganancias internas resultantes para cada zona térmica. La columna denominada “Nº equipos” incluye ordenadores de mesa, portátiles o servidores según los existentes en cada zona, salvo en los casos indicados.

EDIFICIO OESTE	Zona	Uso	Nº Personas	Nº Equipos	Potencia [W]	Potencia [kJ/h]
Planta baja	OB_1	Lab	2	1	190	684
	OB_2	Lab	1	1	190	684
	OB_3	Lab	2	2	380	1368
	OB_4	Pasillo + aseos	0	0	0	0
	OB_5	Lab	1	2	220	792
	OB_6	Lab	1	2	220	792
	OB_7	Lab	1	2	220	792
	OB_8	Lab	1	2	220	792
	OB_9	Pasillo	0	0	0	0
	OB_10	Lavandería + residuos	0	0	0	0
	OB_11	Recepción	1	1	190	684
	OB_12	Taller	3	4	760	2736
	OB_ESC	Escaleras	0	0	0	0
Planta primera	O1_1	Sala reuniones	4	5	150	540
	O1_2	Oficinas	22	26	4300	15480
	O1_3	Archivo	0	0	0	0
	O1_4	Oficinas	2	3	90	324
	O1_5	Recepción	0	Máq café+máq refrescos+impresora	1267,5	4563
	O1_6	Oficinas	4	6	1140	4104
	O1_7	Lab	0	0	0	0
	O1_8	Lab	0	0	0	0
	O1_9	Lab	0	0	0	0
	O1_ESC	Escaleras	0	0	0	0
Planta segunda	O2_1	Lab	2	7	1330	4788
	O2_2	Pasillo+ Almacén	0	0	0	0
	O2_3	Pasillo + aseos	0	Máq café+máq refrescos+máq snacks	1680	6048
	O2_4	Sala reuniones	0	0	0	0
	O2_5	Lab	2	2	380	1368
	O2_6	Comedor	20	8		0
	O2_7	Lab	2	4	440	1584
	O2_8	Lab	1	2	380	1368
	O2_9	Lab	2	3	410	1476
	O2_10	Lab	2	4	440	1584
	O2_11	Recepción	0	0	0	0
	O2_12	Servidores informáticos	0	10	1500	5400

Tabla 12. Ganancias internas por equipos eléctricos en el Edificio Oeste

EDIFICIO ESTE	Zona	Uso	Nº Personas	Nº Equipos	Potencia[W]	Potencia[kJ/h]
Planta baja-Farmacia	EB_1	Lab farma	20	30	5700	20520
	EB_2	Lab	1	2	380	1368
	EB_3	Lab	2	3	410	1476
	EB_4	Sala máq	0	0	0	0
	EB_micro	Lab	1	2	380	1368
	EB_mues	Lab	0	0	0	0
	EB_ss	Lab	1	2	380	1368
Planta primera	E1_1	Lab	4	6	820	2952
	E1_2	Aseos	0	0	0	0
	E1_3	Lab Pharmalab	15	25+12 cromatógrafos	11950	43020
	E1_4	Escaleras	0	0	0	0
	E1_5	Pasillo	0	0	0	0
	E1_6	Lab	7	10	1420	5112
	E1_7	Lab	5	7	1010	3636
Planta segunda	E2_1	Oficinas	14	15	2690	9684
	E2_2	Lab	2	3	410	1476
	E2_3	Salón actos+ofis	0	0	0	0
	E2_4	Escaleras	0	0	0	0
	E2_5	Pasillo+aseos	0	0	0	0
	E2_6	Oficinas	8	8	1520	5472
	E2_7	Oficinas	15	15	2850	10260
	Etorre	Desván	0	0	0	0

Tabla 13. Ganancias internas por equipos eléctricos en el Edificio Este

Del mismo modo que sucede con las ganancias por iluminación, la potencia en [kJ/h] resultante en cada zona térmica se multiplica en *TRNSYS* por la señal de ocupación o de funcionamiento, según corresponda, tal y como se explica en este apartado.

- **Calefacción y refrigeración**

Una vez definidas las ganancias internas que se producen en cada zona térmica y las pérdidas que suponen la ventilación y las infiltraciones, se calcula la potencia de calefacción o refrigeración necesaria para cerrar el balance (*Ecuación 2*) de modo que se mantengan las condiciones de temperatura y humedad relativa deseadas que se muestran en la *Tabla 14*.

<i>Edificio</i>	<i>Área</i>	<i>T<sub>mín</sub> [°C]</i>	<i>T<sub>máx</sub> [°C]</i>	<i>HR [%]</i>
Oeste	Servidores informáticos	15	25	-
Este	Farmacia	21		50
Este	Salas secas	25		35-40
Este	Muestroteca	25		65
Oeste y Este	General	21	25	50

Tabla 14. Consignas de temperatura y humedad relativa para las zonas térmicas

A continuación, se explica cómo se definen los *type* de calefacción y refrigeración en cada zona térmica, según el área a la que corresponda, para lograr estas condiciones. Se emplea como criterio para activar o no la calefacción y la refrigeración, la información recogida en los planos de instalaciones (Anexo II), así como en las conversaciones mantenidas con mantenimiento.

### Área General

En este grupo se encuentran zonas térmicas del Edificio Oeste y del Edificio Este correspondientes a oficinas, salas de reuniones, laboratorios generales (se excluyen los de uso farmacéutico), recepción y rellanos, comedor, pasillos y vestuarios.

Cabe mencionar que los valores de consigna determinados para esta área cumplen con la *Exigencia de Calidad del Ambiente* del apartado IT.1.1.4.1 del *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)* [13].

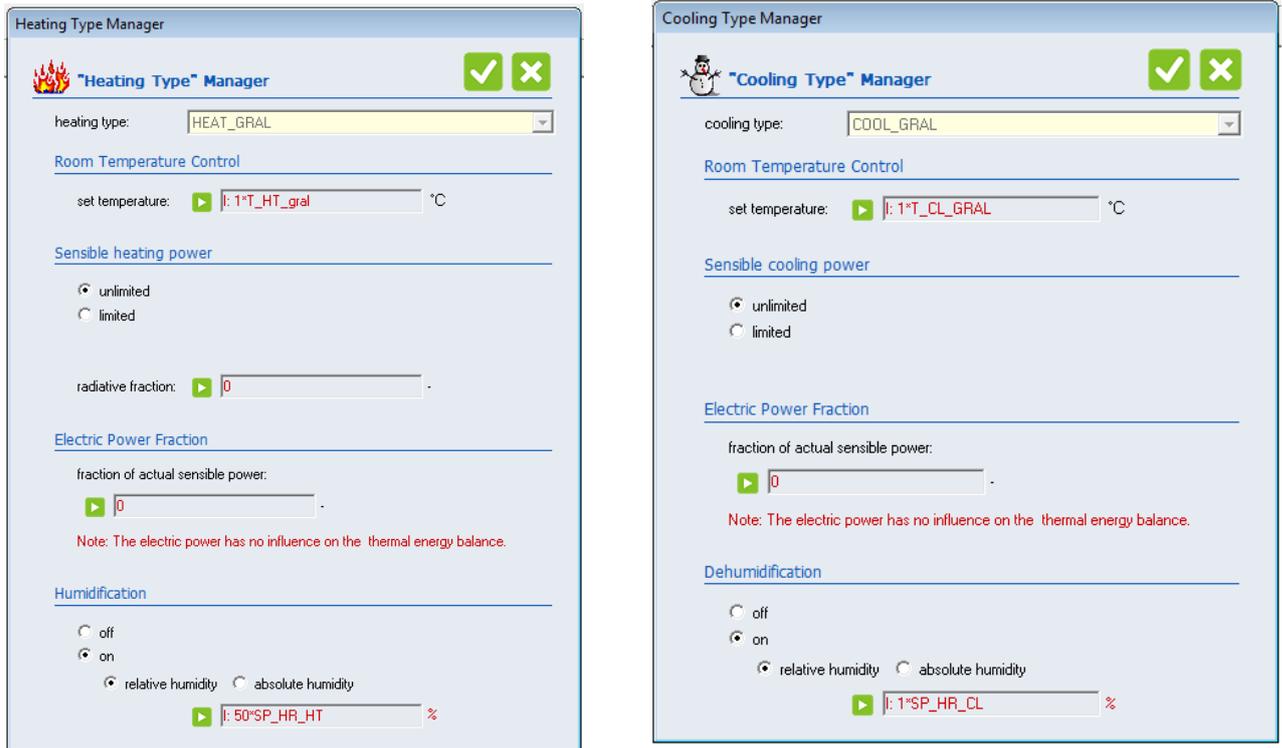


Ilustración 18. Definición del *type* de calefacción (izq) y refrigeración (dcha) en TRNBuild

Como se observa en la *Ilustración 18* la calefacción y la refrigeración se definen de forma similar en *TRNBuild*.

En el caso del modo calefacción, se define un *type*, en este caso denominado *HEAT\_GRAL*, con la temperatura y humedad relativa de consigna deseadas y una potencia ilimitada que permite calcular la demanda real. Dado que las consignas de temperatura y humedad están activas durante un número determinado de horas al día, estos parámetros se introducen mediante un *input* (*T\_HT\_GRAL* y *SP\_HR\_HT*) que se define en *TRNSYS*, de modo similar a como se definen las ganancias internas, de la siguiente manera:

$$\text{Set Temperature: } 1 * T_{HT\_GRAL} = 1 * (16 + 5 * (SP_{J\_part} + SP_{J\_int})) \text{ [}^{\circ}\text{C]} \quad \text{Ec. 17}$$

$$\text{Relative humidity: } 50 * SP_{HR\_HT} = 50 * (SP_{J\_part} + SP_{J\_int}) \text{ [%]} \quad \text{Ec. 18}$$



donde

SP\_J\_part es la señal de control para la instalación, que representa su horario de funcionamiento, tomando un valor unitario durante el periodo de jornada partida y nulo el resto del tiempo. El horario de funcionamiento es el siguiente:

Lunes, martes, miércoles y jueves de 6:30 a 17:00 y viernes de 6:30 a 14:00

Sábados, domingos y festivos: apagado

SP\_J\_int es la señal de control para la instalación, que representa su horario de funcionamiento, tomando un valor unitario durante el periodo de jornada intensiva y nulo el resto del tiempo. El horario de funcionamiento es el siguiente:

Lunes, martes, miércoles, jueves y viernes de 6:30 a 14:00

Sábados, domingos y festivos: apagado

A continuación, se muestra como ejemplo la señal de control para la primera semana del año 2018, donde el lunes coincide con el festivo del 1 de enero.



Gráfica 6. Señal de ON/OFF para los equipos de la instalación de calefacción

Para el modo refrigeración, se define igualmente el *type* denominado COOL\_GRAL y las correspondientes consignas empleando *inputs* que serán determinados después en TRNSYS con las mismas señales de encendido y apagado de los equipos. En este caso las consignas resultan:

$$\text{Set Temperature: } 1 * T_{CL\_GRAL} = 1 * (100 - 75 * (SP_{J\_part} + SP_{J\_int})) [^{\circ}C] \text{ Ec. 19}$$

$$\text{Relative humidity: } 1 * SP_{HR\_CL} = 1 * (100 - 40 * (SP_{J\_part} + SP_{J\_int})) [%] \text{ Ec. 20}$$



De este modo, en todas las zonas térmicas de este grupo se pretende mantener una humedad relativa que de 50%-60%, una temperatura entre 21°C y 25°C cuando el edificio está ocupado y una temperatura mínima de 16°C durante las horas en las que no lo está.

### Área Farmacia

Esta área reúne las zonas térmicas correspondientes a los laboratorios de actividad farmacéutica de la planta baja del Edificio Este, y al igual que en el caso del *Área general*, las consignas cumplen con la *Exigencia de Calidad del Ambiente* del apartado IT.1.1.4.1 del *Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE)* [13]

Para definir el type de calefacción de los laboratorios farmacéuticos se procede de forma análoga al apartado anterior, definiéndose en este caso el denominado *HEAT\_FARM* con las siguientes consignas:

$$\text{Set Temperature: } 1 * T_{HT\_farm} = 1 * (16 + 5 * \text{Horario\_farm}) [^{\circ}C] \text{ Ec. 21}$$

$$\text{Relative humidity: } 50 * \text{Horario\_farm} = 50 * (\text{Horario\_farm}) [%] \text{ Ec. 22}$$



Y de la misma manera se determina el type de refrigeración *COOL\_FARM*, cuyas consignas son:

$$\text{Set Temperature: } 1 * T_{CL\_farm} = 1 * (100 - 78 * \text{Horario\_farm}) [^{\circ}C] \text{ Ec. 23}$$

$$\text{Relative humidity: } 1 * SP_{HR\_CL\_farm} = 1 * (100 - 40 * \text{Horario\_farm}) [%] \text{ Ec. 24}$$



La variable *Horario\_farm* se corresponde con la señal de apagado y encendido de los equipos del sistema de calefacción de estas zonas del edificio. Siendo de valor unitaria durante el periodo de encendido y nula el resto del tiempo. Este horario difiere del que tiene el área general, de hecho, es el mismo durante todo el año y es el siguiente:

Días laborables: de 7:00 a 19:00

Sábados, domingos y festivos: apagado

Así, se pretende mantener en todas las zonas térmicas de farmacia una temperatura de en torno a 21°C y una humedad relativa del 50-60% en dicho horario los días laborables, y una temperatura mínima de 16°C el resto del tiempo.

### Área Salas Secas

Las consignas de la zona térmica de esta área (*Tabla 14*) vienen determinadas por los requerimientos que imponen las actividades que ahí se realizan.

Los equipos de calefacción y refrigeración de los laboratorios agrupados en esta área mantienen el mismo horario de funcionamiento que los farmacéuticos. Por tanto, para definir los *type* de calefacción y refrigeración de esta zona térmica se emplea de nuevo la señal *Horario\_farm*.

Para calefacción, en este caso las consignas resultan:

$$\text{Set Temperature: } 1 * T_{HT\_ss} = 1 * (20 + 5 * \text{Horario\_farm}) \quad [^{\circ}\text{C}] \quad \text{Ec. 25}$$

$$\text{Relative humidity: } 35 * \text{Horario\_farm} = 35 * (\text{Horario\_farm}) \quad [\%] \quad \text{Ec. 26}$$



Y para refrigeración, las consignas son:

$$\text{Set Temperature: } 1 * T_{CL\_ss} = 1 * (100 - 75 * \text{Horario\_farm}) \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{Ec. 27}$$

$$\text{Relative humidity: } 1 * SP_{HR\_CL\_ss} = 1 * (100 - 60 * (\text{Horario\_farm})) \text{ [%]} \quad \text{Ec. 28}$$



Con estas consignas se busca mantener una temperatura de 25°C y una humedad de 35-40% mientras estas salas están ocupadas y una temperatura de 20°C el resto del tiempo.

### Área Muestroteca

Esta sala requiere una temperatura de 25°C y humedad relativa de 65% constantes durante los 365 días del año, por lo que para definir los *types* de calefacción y refrigeración no es necesario utilizar ninguna señal de encendido y apagado introducida en TRNSYS. En este caso, para la zona térmica correspondiente, se configuran las consignas tanto de calefacción como de refrigeración directamente en *TRNBuild* y con los mismos valores:

$$\text{Set Temperature: } 25 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{Ec. 29}$$

$$\text{Relative humidity: } 65 \text{ [%]} \quad \text{Ec. 30}$$

### Área Servidores informáticos

En esta sala se mantiene la temperatura entre 15°C y 25°C durante todo el año para preservar el correcto funcionamiento de los equipos informáticos que se encuentran ahí. Para establecer las consignas de la zona térmica que se corresponde con esta sala se procede de manera similar al caso de la muestroteca, definiéndolas en *TRNBuild* sin emplear ninguna señal de control de *TRNSYS*:

$$\text{Calefacción:} \quad \text{Set Temperature: } 15 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{Ec. 31}$$

$$\text{Refrigeración:} \quad \text{Set Temperature: } 25 \text{ [}^\circ\text{C]} \quad \text{Ec. 32}$$

- **Ventilación**

El régimen de ventilación se define aparte de las infiltraciones, ya que en este caso se trata de un caudal de aire exterior controlado. Dado que gran parte de ambos edificios está ocupada por laboratorios distribuidos en todas las plantas, se considera que la categoría de la calidad del aire interior IDA 1, según lo que establece el RITE [13] para el conjunto del edificio. El RITE establece asimismo que, para esta categoría de calidad de aire interior, el caudal mínimo de aire exterior es de 20l/s por persona ó 72m<sup>3</sup>/h por persona.

Como se observa en la siguiente ilustración, el modo de definir la ventilación en una zona térmica es similar a la definición de la calefacción o refrigeración. Para ello se selecciona la unidad en la que se introduce el caudal de ventilación, [ren/h], y si es aire exterior, como sucede en este caso ya que las climatizadoras existentes no alcanzan a acondicionar el aire a la temperatura de consigna, o con unas condiciones determinadas.

Ventilation Type Manager

ventilation type: VENT\_E1\_6

Supply air flow

air change rate

: 1\*VENT\_E1\_6 1/h

Specific fan power (related to supply air flow): 0 kJ/hr / (m<sup>3</sup>/hr)

Note: The spec. fan power has no influence on the thermal energy balance.

Supply air conditioning

external by other component  
 internal calculation

Temperature of supply air flow

outside air  
 userdefined

Humidity of Air Flow

relative humidity  
 absolute humidity  
 outside air  
 userdefined

Ilustración 19. Definición del type ventilación en TRNBuild

De nuevo, para introducir este tipo de pérdidas se vuelve a utilizar un *input*  $VENT\_(\text{NOMBRE ZONA})$  que será definido después en TRNSYS como:

$$VENT\_ZONA = \frac{1}{V} * N_{PERS} * \dot{V}_{VENT} * (SP\_J\_part + SP\_J\_int) \left[ \frac{ren}{h} \right] \quad Ec. 33$$

donde

$V$ : es el volumen reducido de la zona térmica [ $m^3$ ]

$N_{PERS}$ : es el número de personas que ocupan la zona térmica

$\dot{V}_{VENT}$ : es caudal de ventilación,  $72m^3/h$  por persona

Al igual que para los modos de calefacción y refrigeración, se emplea una señal con el fin de indicar cuándo está activada la ventilación. En este caso, las climatizadoras que se encargan de la ventilación tienen el mismo horario de funcionamiento que los dispositivos de calefacción y refrigeración correspondientes al *Área general* del apartado anterior, por lo que se emplea la misma señal,  $SP\_J\_part+SP\_J\_int$ .

La ventilación sólo se ha activado en aquellas zonas térmicas en las que existen equipos como fancoils o radiadores para la calefacción y refrigeración, y además climatizadoras que solo se encargan de la ventilación. De este modo, en este tipo de zonas térmicas se tiene en consideración cómo afecta esta introducción de aire fresco por parte de las climatizadoras en las cargas térmicas, y por tanto, en la demanda. En aquellas zonas en las que las climatizadoras se encargan de introducir aire fresco a la temperatura de calefacción o refrigeración de consigna, como los laboratorios de farmacia (planta baja del edificio este) donde no existen fancoils y las climatizadoras se encargan de la climatización y ventilación, no se activa la ventilación, ya que en el balance de cargas térmicas no existe esta pérdida por aire fresco exterior de ventilación.

En el Anexo V se muestran a modo de resumen sendas tablas para cada uno de los modelos con los *types* que cada zona térmica tiene activados, así como sus usos y su área y volumen real (el reducido resulta de multiplicar este volumen real por el coeficiente 0,9).

## 11.4 SIMULACIÓN DEL MODELO CON TRNSYS

Tras definir y caracterizar completamente los modelos de los edificios Oeste y Este en *TRNBuild*, cada uno de los archivos de extensión *.b18* se ha de importar de nuevo al formato *.idf*, logrando así dos nuevos archivos con los modelos en tres dimensiones y todas sus características constructivas, de climatización, ventilación, etc.

Estos nuevos archivos en extensión *.idf*, ya están dispuestos para la simulación en *TRNSYS*. Para componer la simulación, se puede emplear el asistente disponible para crear un proyecto de edificio multizona, de modo que los *types* básicos para comenzar la simulación se incluyen automáticamente. Durante este proceso, se selecciona el archivo *.idf* en el que se encuentra el modelo deseado y se indica si el edificio está realmente orientado según los puntos cardinales, o, por el contrario, existe un ángulo entre la orientación norte definida en SketchUp y la orientación norte real. Esto sucede para el caso del Edificio Este, en el que su fachada norte forma un ángulo de aproximadamente  $19,13^\circ$  con respecto al norte real. Por tanto, en el caso del Edificio Oeste, se mantiene la orientación original y para el Edificio Este se introduce el ángulo de rotación en el sentido de rotación indicado para el modelo del edificio.

En la *Ilustración 20* se muestra cómo resulta la pantalla de TRNSYS para la simulación del Edificio Oeste. Se han señalado los diferentes bloques que se explican a continuación.

1. Mediante estos bloques se configura la señal de consigna para la climatización y ventilación del edificio, es decir, indica cuándo están encendidos los equipos de calefacción, refrigeración y ventilación. Se distinguen dos calendarios, uno para el periodo de jornada partida y otro para el periodo de jornada intensiva, ya que el horario varía.
2. Con estos bloques se configura la señal de ocupación que se explica en el apartado anterior. Esta señal se emplea para limitar en el tiempo las ganancias internas por ocupación, iluminación y equipos.

3. Se corresponde con los bloques necesarios para configurar la señal de ocupación del comedor, empleada tanto para las ganancias por ocupación como por iluminación, la cual está activa únicamente en el periodo de jornada partida.
4. Mediante estos bloques se introduce la señal del horario de operación de los equipos del área de farmacia. Esta señal se ha introducido en esta simulación, ya que, a pesar de que el área de farmacia se encuentra en el Edificio Este, limita con la fachada derecha del edificio Oeste en la planta baja. Por tanto, la condición de contorno para esta fachada, que se ha determinado de tipo BOUNDARY, es que, al otro lado de la pared, la temperatura es aproximadamente como la del área de farmacia. Para incluir esto se determina la temperatura de la condición de contorno como:  $16+5*SP\_Farmacia$ , de forma similar a como se definen los modos de calefacción y refrigeración, donde SP\_Farmacia es la señal de farmacia configurada en este bloque. Para el resto de plantas, la condición de contorno que se ha definido es que la temperatura a ambos lados es la misma, algo asimilable a lo que sucede en la realidad.
5. En este *type* se definen y calculan todos los inputs que necesita el modelo del edificio. (Las partes de las ecuaciones incluidas con llaves verdes en las ecuaciones descritas en el apartado anterior se especifican en este *type*)
6. Es el *type* correspondiente al modelo del edificio. Desde aquí se puede acceder a TRNBuild y realizar modificaciones en el modelo
7. En este *type* se introduce el archivo con los datos climáticos correspondientes a Vitoria en este caso, que es la localización disponible más cercana a Miñano. Se emplea un archivo de Meteonorm.
8. En este grupo se incluyen todos los *type* que se encargan de representar gráficamente las variables que se deseen, por ejemplo, temperaturas o demandas de calor y frío en diferentes zonas térmicas.

9. Mediante este *type* se selecciona aquella variable que se desee obtener integrada en un archivo de salida, por ejemplo, la demanda de calefacción mensual para todas las zonas térmicas climatizadas durante un año.

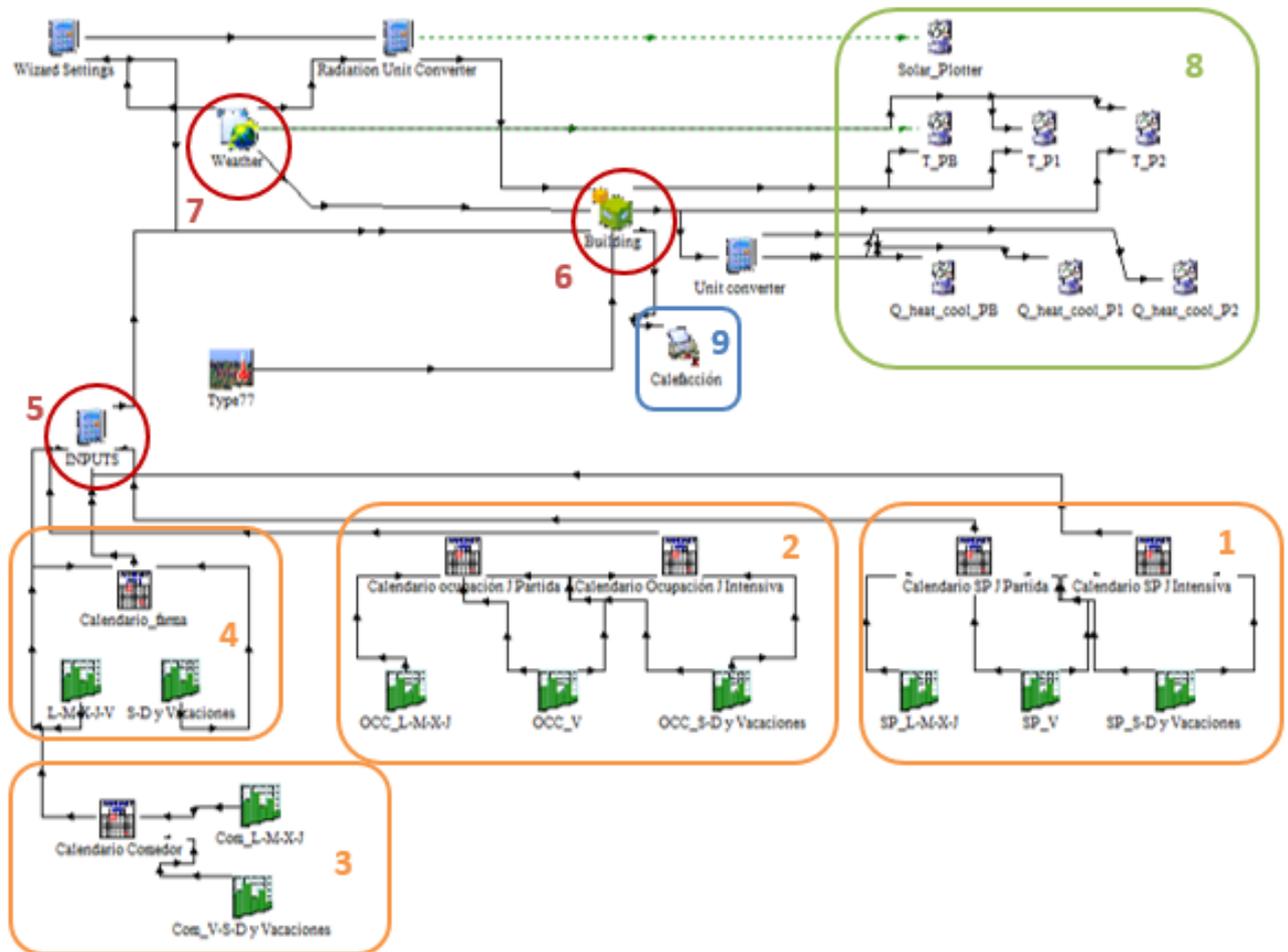


Ilustración 20. Vista de la simulación del Edificio Oeste en TRNSYS

La pantalla resultante para la simulación del modelo del Edificio Este resulta similar a la del Edificio Oeste, como se puede apreciar en la *Ilustración 21*. De nuevo se han señalado los bloques más relevantes de la simulación siguiendo el mismo criterio que para el Edificio Oeste. La diferencia más notable es que, en este caso no se incluye la señal que indica la ocupación del comedor, ya que este no se encuentra en esta parte del edificio.

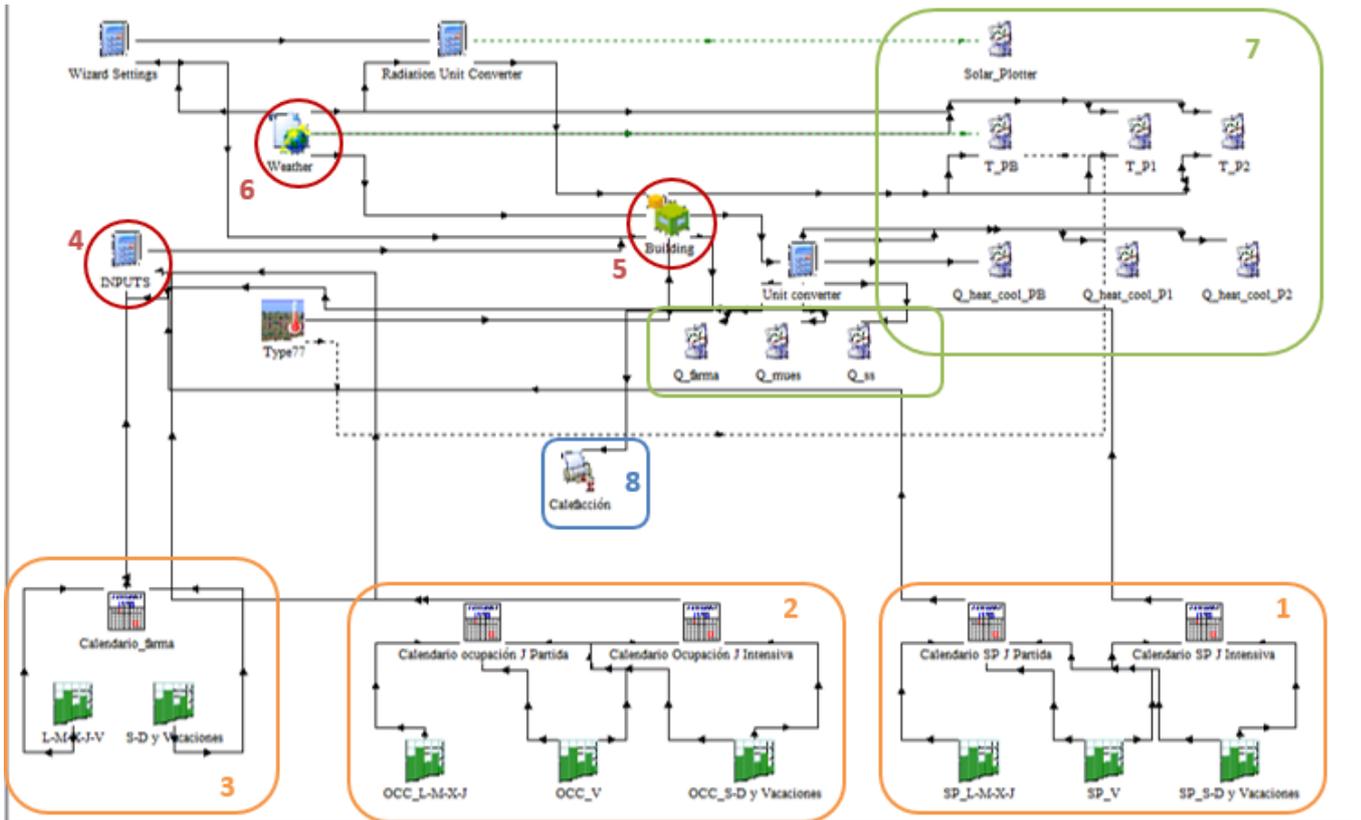


Ilustración 21. Vista de la simulación del Edificio Este en TRNSYS

Por último, se selecciona el periodo de tiempo en el que se quiere realizar la simulación en cada uno de los modelos, en este caso un año completo en ambos modelos, y se corren las dos simulaciones.

Así se calcula la demanda térmica de calefacción y refrigeración aproximada que requiere un edificio de las características de Miñano 2 durante un año. Los resultados de demanda térmica para cada una de las zonas térmicas requeridas e integrados cada hora que se obtienen en la simulación se extraen en un archivo de texto que se importa a Excel para facilitar su manipulación.

En concreto, la simulación es para el año 2018, ya que a la hora de configurar el calendario de días festivos y vacaciones para las señales de ocupación y de apagado y encendido de los equipos, se ha adoptado el calendario laboral de 2018 para dicho edificio.

## 12 DESCRIPCIÓN DE LOS RESULTADOS

En este apartado se validan los modelos creados, y se describen y analizan los resultados obtenidos en las simulaciones que se han realizado según lo explicado en los apartados anteriores. Tras este análisis se plantean algunas posibles acciones de mejora en cuanto a la eficiencia energética del edificio.

### 12.1 VALIDACIÓN DEL MODELO

A modo de validación de ambos modelos la información más relevante es la referente a los datos de consumo reales de gas natural disponibles, ya que se sabe que este gas se encarga de satisfacer la demanda térmica del edificio al completo. Por ello, se lleva a cabo a continuación una comparación de los resultados obtenidos en las simulaciones con los datos de las facturas de gas del año 2018 completo y algunos datos del 2017 y 2019.

Mes	Demanda Oeste [kWh]	Demanda Este [kWh]	Demanda total [kWh]	Consumo GN [kWh]	Consumo GN Factura 2018 [kWh]	Consumo GN Factura 2019 [kWh]	Consumo GN Factura 2017 [kWh]
En	34625,93	43473,83	78099,76	96152,37	89477	192997	143872
Feb	29609,10	38069,42	67678,52	83322,28	122349	112215	99871
Mar	22476,51	29076,20	51552,72	63469,03	116992		114684
Ab	12766,14	16497,87	29264,01	36028,33	180183		68481
May	4927,35	6563,99	11491,34	14147,54	40000		51266
Jun	480,71	780,95	1261,66	1553,29	33741		32890
Jul	89,42	176,21	265,63	327,03	47495		26412
Ag	39,96	167,44	207,40	255,34	43333		27265
Sept	729,88	1214,13	1944,01	2393,37	40337		43594
Oct	4664,62	7032,95	11697,57	14401,44	70794		85195
Nov	18709,42	24910,55	43619,98	53702,65	105277		
Dic	29591,33	39546,07	69137,39	85118,37	88866		
<b>TOTAL</b>	<b>158710,38</b>	<b>207509,61</b>	<b>366219,99</b>	<b>450871,03</b>	<b>978844</b>	<b>305212</b>	<b>693530</b>

Tabla 15. Consumo de gas natural anual estimado y consumos anuales de gas natural reales

Se considera un rendimiento medio del conjunto de las calderas de aproximadamente 95% referido al PCI, que adaptado a los datos de las facturas de gas en las que se considera el PCS, resulta un 85,5%. Para ello se considera para el gas natural una ratio PCI/PCS=90% [16]. Además, se consideran las pérdidas de calor inevitables por distribución hasta el punto de consumo, las cuales se aproximan a un 5%. Así, el rendimiento de la

instalación se estima en un 81,2%, el cual se emplea para estimar el consumo de gas natural requerido por la demanda térmica de los modelos de ambas partes del edificio.

En la *Tabla 15* se observa que el consumo de gas natural requerido por los modelos simulados en *TRNSYS* es bastante inferior al que se da en la realidad. Esto se debe a tres principales causas, el consumo de ACS, el consumo de gas natural por parte de una caldera de vapor y las pérdidas debidas a que el circuito primario de las 4 calderas y el secundario correspondiente están en funcionamiento constantemente.

En primer lugar, parte del agua caliente generada por las calderas se envía al depósito de 500l de ACS mediante un circuito que está en funcionamiento de 7:00 a 00:00 todos los días del año. Se sabe que el consumo anual de ACS fue de 370m<sup>3</sup> en 2017, suponiendo que este volumen de consumo se mantiene prácticamente igual todos los años, se puede realizar una estimación de su consumo térmico de la siguiente manera:

Suponiendo:

- Consumo:370 m<sup>3</sup>/año
- Temperatura media de red: 8°C
- Temperatura de suministro:65°C
- Calor específico del agua: 4,180 kJ/kg K
- Densidad del agua: 1000kg/m<sup>3</sup>

$$Energía\ suministrada\ anual = \rho * c_p * V * (T_{suministro} - T_{media\ red}) \quad [kJ] \quad Ec. 34$$

La energía térmica útil suministrada resulta 88.156.200kJ al año, lo que significa una potencia de 2,795kW. Si se considera que esta potencia es suministrada durante 17 horas al día durante los 365 días del año, resulta una energía térmica anual de 17.345,55kWh. Suponiendo que no hay pérdidas en la transferencia de calor y el mismo rendimiento para toda la instalación (calderas y distribución), del 81,2%, el consumo de gas natural que requiere la demanda de ACS se estima en 21.361,51kWh. Este consumo se puede

asimilar repartido equitativamente durante los 12 meses del año, lo que resulta un consumo de gas natural mensual de 1.780,13kWh.

De este modo, modificando en parte la tabla anterior y añadiendo los consumos estimados de gas natural debidos a la demanda de ACS, resulta la *Tabla 16*. En esta, se sigue observando que el consumo de gas natural real es significativamente mayor que el estimado, especialmente en los meses de verano. Esta diferencia, se atribuye al consumo por parte de la caldera de vapor y las pérdidas por recirculación de agua y el continuo funcionamiento del circuito primario de las calderas. El consumo de gas de la caldera de vapor se desconoce, ya que no se conocen los detalles de su funcionamiento, pero se sabe que su uso es puntual, por lo que, prácticamente el total de esta diferencia en el consumo de gas es atribuible a las pérdidas mencionadas.

Cabe mencionar, que el porcentaje considerado para las pérdidas térmicas puede ser optimista. Dada la antigüedad y el estado de la instalación, el aislamiento de las tuberías podría ser peor del supuesto dando lugar a unas pérdidas térmicas superiores a las consideradas. Sin embargo, al no disponer de recursos para medir dichas pérdidas, se supone ese valor.

En ese caso, en los meses de junio a septiembre, ambos incluidos, esas pérdidas suponen más del 90% del consumo de gas natural. Lo que pone de manifiesto el gran potencial de mejora en este aspecto.

Mes	Demanda calefacción [kWh]	Consumo GN por calefacción [kWh]	Consumo GN por ACS [kWh]	Consumo GN TOTAL [kWh]	Consumo GN Factura 2018 [kWh]	Consumo GN Factura 2019 [kWh]	Consumo GN Factura 2017 [kWh]
En	78099,76	96152,37	1780,13	97932,50	89477	192997	143872
Feb	67678,52	83322,28	1780,13	85102,40	122349	112215	99871
Mar	51552,72	63469,03	1780,13	65249,15	116992		114684
Ab	29264,01	36028,33	1780,13	37808,46	180183		68481
May	11491,34	14147,54	1780,13	15927,67	40000		51266
Jun	1261,66	1553,29	1780,13	3333,41	33741		32890
Jul	265,63	327,03	1780,13	2107,15	47495		26412
Ag	207,40	255,34	1780,13	2035,46	43333		27265
Sept	1944,01	2393,37	1780,13	4173,50	40337		43594
Oct	11697,57	14401,44	1780,13	16181,57	70794		85195
Nov	43619,98	53702,65	1780,13	55482,77	105277		
Dic	69137,39	85118,37	1780,13	86898,49	88866		
<b>TOTAL</b>	<b>366219,99</b>	<b>450871,03</b>	<b>21361,51</b>	<b>472232,54</b>	<b>978844</b>	<b>305212</b>	<b>693530</b>

Tabla 16. Consumos de gas natural por calefacción y ACS estimados y consumos de gas natural reales

Asimismo, considerando una superficie calefactada de alrededor de 5418m<sup>2</sup> y los consumos de gas del año 2018, resulta una demanda de calefacción de 180,7kWh/m<sup>2</sup>, un valor que resulta muy alto. Esto es indicativo de nuevo del gran potencial de mejora existente, y de que a pesar del error y la incertidumbre propias del modelado y de las simulaciones, tiene sentido que la demanda exigida por los modelos del edificio sea inferior a la que recogen las facturas de gas.

Por tanto, teniendo en cuenta que los datos en los meses de invierno y otoño se ajustan mejor, que el estado real de la instalación puede ser peor de lo supuesto, que se desconoce el consumo de gas disgregado por equipo o edificio y la información sobre el edificio disponible, se considera válida la demanda térmica solicitada por los modelos para este trabajo.

## **12.2 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS**

Dado que se consideran válidos los modelos de edificios creados, así como las hipótesis realizadas, se procede al análisis de los resultados obtenidos en sendas simulaciones.

Cabe recordar que en cada una de las simulaciones se obtienen datos de demanda térmica de calefacción y refrigeración para las diferentes zonas térmicas.

Se muestran los resultados obtenidos empleando los valores más representativos y en forma de gráficas para facilitar su comprensión. En el Anexo VI se presentan las correspondientes tablas con los resultados de demanda térmica para todas las zonas térmicas de cada modelo de edificio.

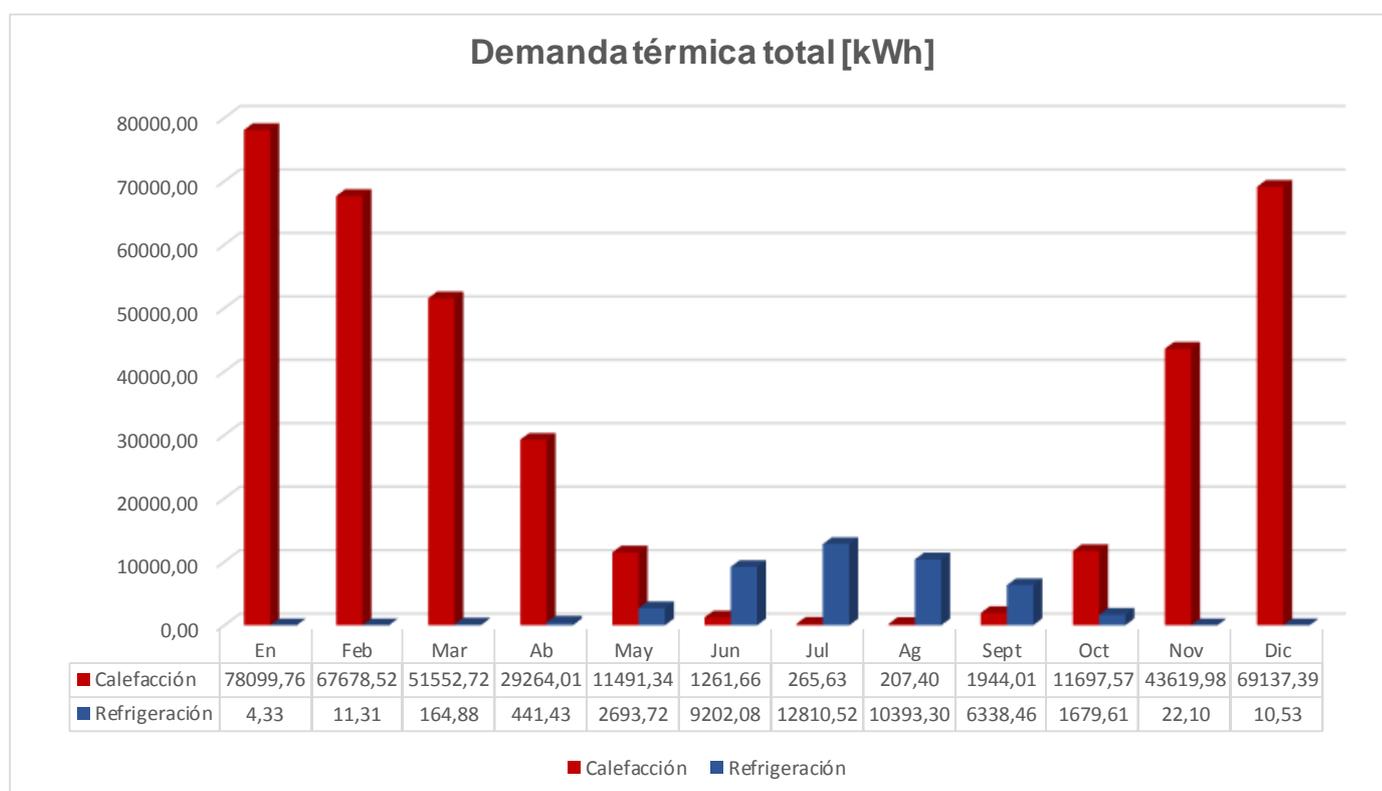
La demanda térmica anual de calefacción requerida por el conjunto del Edificio Miñano 2 resulta ser bastante mayor a la de refrigeración:

- Demanda térmica de calefacción: 366.220 kWh/año
- Demanda térmica de refrigeración: 43.772 kWh/año

Para una superficie acondicionada de unos 5418m<sup>2</sup>, que suman todas las zonas térmicas climatizadas de ambos modelos de edificio, esto supone una demanda de calefacción anual de 67,59kWh/m<sup>2</sup> y una demanda de refrigeración anual de 8,08kWh/m<sup>2</sup>.

En la *Gráfica 7* se muestran las demandas mensuales de calefacción y refrigeración totales, es decir, considerando los dos modelos de edificios. Como se comenta anteriormente, la calefacción y la refrigeración están activas tanto en invierno como en verano, algo que se refleja en dicha gráfica, en la que se observa demanda de frío durante la época invernal, y demanda de calor durante la estival. Teniendo en cuenta las condiciones climáticas de Vitoria y alrededores, tiene sentido que la calefacción pueda llegar a ser requerida en verano, ya que en esta época las temperaturas pueden descender a cerca de 10°C.

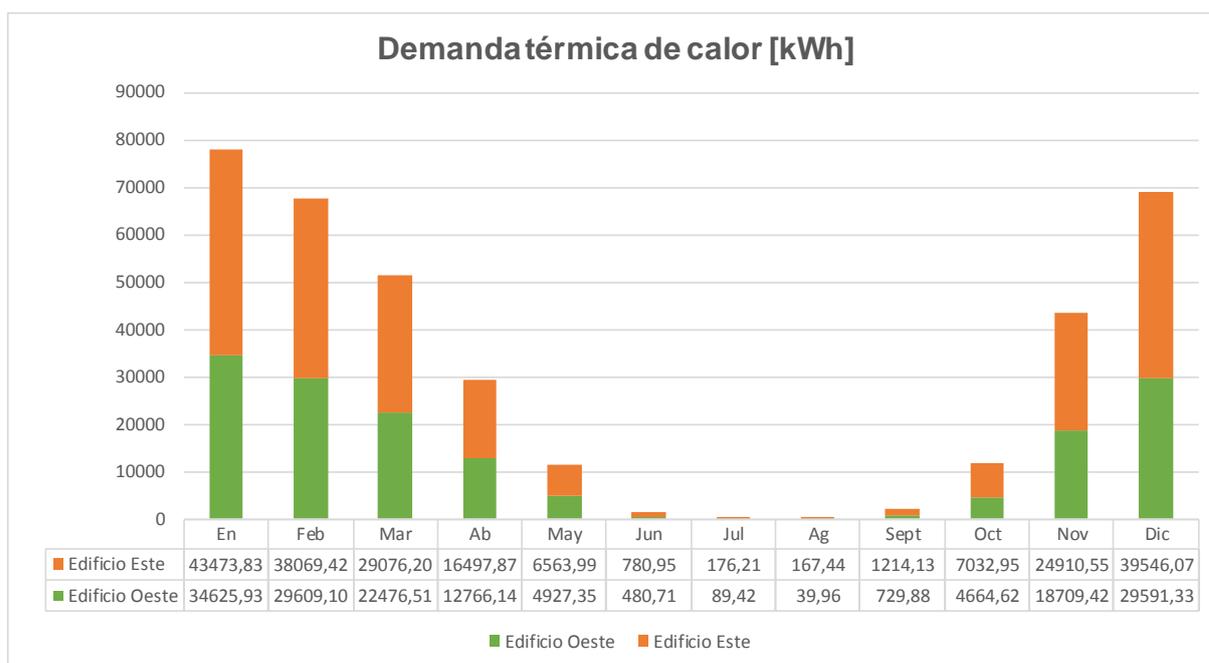
Por otro lado, se aprecia que el mes de mayor demanda de calefacción es enero, cuando se demandan alrededor de 78.100kWh, y el mes de mayor demanda de frío es julio, cuando se requieren 12.811kWh.



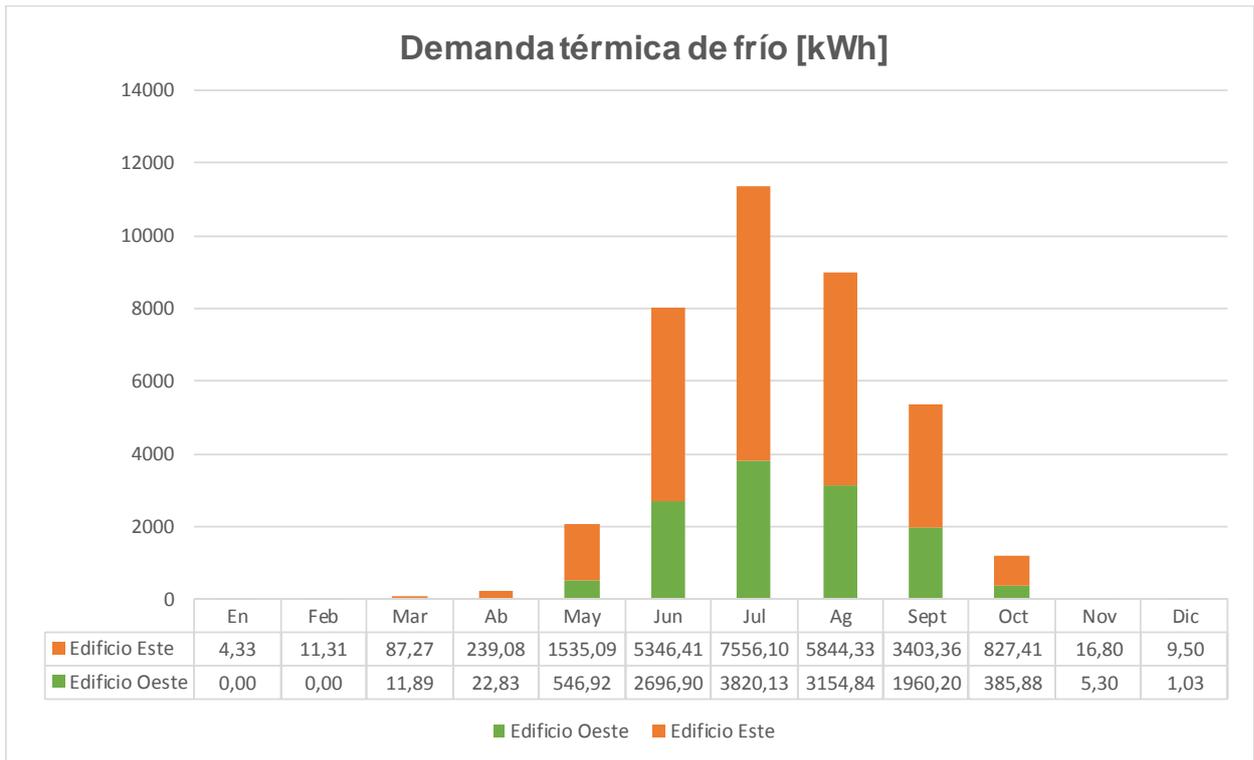
**Gráfica 7. Demanda térmica anual de calefacción y refrigeración**

En las *Gráficas 8 y 9* se muestran la demanda de calor y de frío respectivamente desglosadas en edificios, de modo que se puede ver qué proporción de la cantidad de energía es requerida por cada edificio.

Se observa que la parte del Edificio Este demanda más cantidad de energía tanto de calefacción como de refrigeración durante todo el año. Mientras que, en el caso de la calefacción, esta diferencia es pequeña y el reparto es más o menos equitativo, en el caso de la refrigeración, la diferencia se acentúa. Esto puede deberse a las condiciones de temperatura más restrictivas que presentan las zonas térmicas del Edificio Este. De hecho, en los meses de otoño-invierno, la poca demanda de refrigeración existente es del Edificio Este prácticamente en su totalidad.

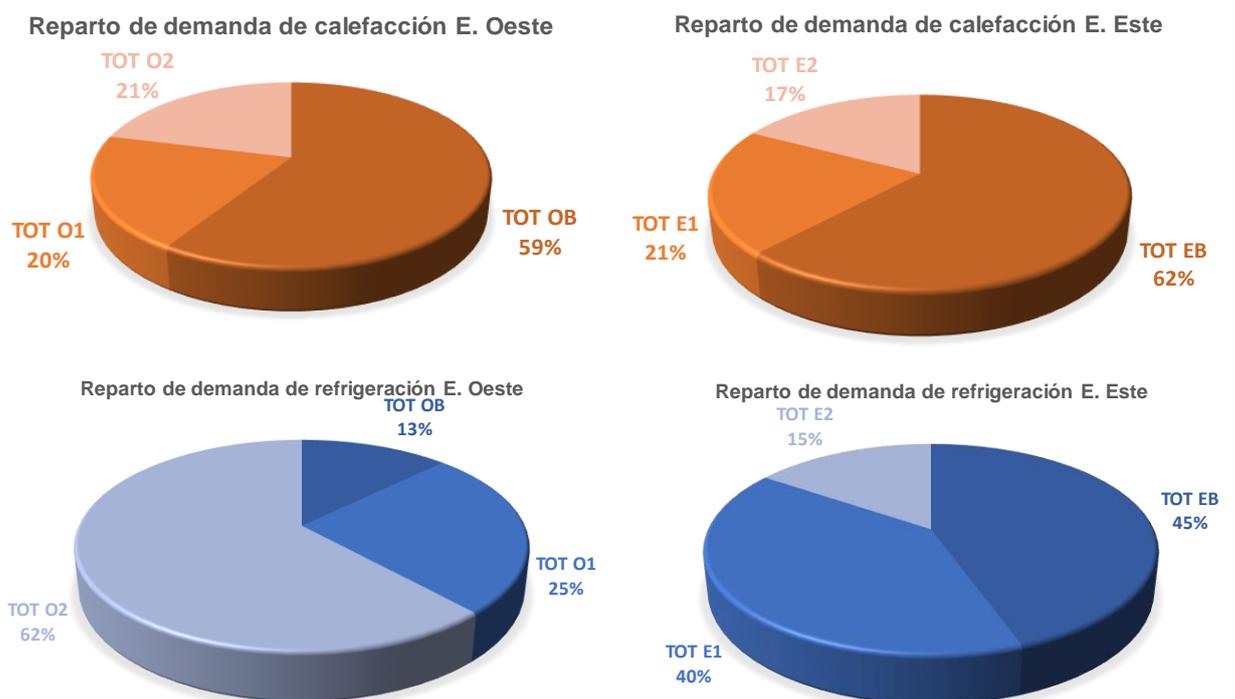


**Gráfica 8. Demanda térmica de calor total mensual**



Gráfica 9. Demanda térmica de frío total mensual

Por otro lado, para caracterizar mejor la situación actual del conjunto del edificio, también es interesante ver en qué plantas de cada edificio se demanda más energía, algo que viene condicionado por las exigencias de temperatura y humedad relativa, pero también por la propia configuración del edificio y su comportamiento respecto a las condiciones climáticas.



Gráfica 10. Reparto de las demandas de calefacción y refrigeración anuales por edificios y plantas

En el caso de la calefacción, se observa en la *Gráfica 10* que, en ambos edificios, las plantas que demandan más energía son las plantas bajas, es decir, las correspondientes a I+D en la parte oeste, que requiere un 59% del total anual, y Farmacia en el este, cuya demanda supone un 62% del total anual. Esto es debido en parte a que una gran superficie de estas plantas se encuentra calefactada y en el caso del área de farmacia, con condiciones muy exigentes, pero también influyen factores como la menor cantidad de huecos existentes en las fachadas de estas plantas, lo que impide que la radiación solar se introduzca directamente en las estancias.

En cuanto a la refrigeración, existe mayor diferencia entre lo que ocurre en cada edificio. En el caso del Edificio Oeste, la última planta es la que requiere más cantidad de energía de refrigeración, un 62%, con bastante diferencia con respecto a las plantas primera y baja. La superficie que cuenta con instalación para refrigeración (fancoils de 4 tubos o climatizadoras) es similar en todas las plantas (ver planos en Anexo II), así como las condiciones de temperatura que se exigen, por lo que esta diferencia entre plantas se puede deber a la exposición de la última planta a las condiciones climáticas: tiene un gran número de huecos, especialmente en la fachada sur, y además todas las estancias dan a cubierta directamente, por lo que la exposición solar en verano especialmente, es considerable.

Por su parte, en el Edificio Este, la planta que más energía de refrigeración demanda es la planta baja. En este edificio, en la última planta la mitad derecha no cuenta con acceso a refrigeración (ver planos Anexo II), a pesar de su gran exposición solar tanto por el hecho de que las estancias dan directamente a cubierta, como por el número de huecos de la fachada, de ahí su baja proporción de demanda con respecto al resto de plantas. Y en el caso de la planta baja, las condiciones que se han de mantener son más restrictivas, por lo que, a pesar de contar con pocos huecos, algo que favorece la refrigeración durante el invierno, esta exigencia en las condiciones hace que su demanda de refrigeración sea considerable.

En cuanto a la muestroteca, que es la zona que exige durante todo el año las 24 horas del día una temperatura constante y, por tanto, condiciona en gran medida el funcionamiento de toda la instalación térmica, se obtienen los siguientes resultados para la demanda de calefacción:

	Muestroteca (EB_mues) [kWh]	Total planta baja [kWh]	Total Edificio Este [kWh]	% Planta Baja	% Total Edificio Este	% Ambos Edificios
Enero	946,96	25485,212	43473,830	3,72%	2,18%	1,21%
Febrero	851,30	23954,534	38069,422	3,55%	2,24%	1,26%
Marzo	823,35	19769,586	29076,201	4,16%	2,83%	1,60%
Abril	694,67	11732,177	16497,871	5,92%	4,21%	2,37%
Mayo	520,60	4554,843	6563,989	11,43%	7,93%	4,53%
Junio	224,39	590,274	780,952	38,01%	28,73%	17,79%
Julio	97,03	144,258	176,210	67,26%	55,06%	36,53%
Agosto	127,17	154,716	167,439	82,19%	75,95%	61,32%
Septiembre	291,49	667,009	1214,132	43,70%	24,01%	14,99%
Octubre	562,66	4006,062	7032,947	14,05%	8,00%	4,81%
Noviembre	825,37	14136,573	24910,554	5,84%	3,31%	1,89%
Diciembre	1003,65	23196,970	39546,067	4,33%	2,54%	1,45%

Tabla 17. Comparación de la demanda de calefacción de la muestroteca (Edificio Este)

En la *Tabla 17* se observa que esta zona de la muestroteca, de unos 21,88m<sup>2</sup>, exige gran parte de la cantidad total demandada de calefacción durante los meses de más calor (marcados en rojo), especialmente en julio y agosto, si se considera su tamaño en comparación con todo el edificio. De hecho, presenta una demanda térmica de calefacción anual de 318,5kWh/m<sup>2</sup>, que es un valor muy elevado. Esto tiene cierta relevancia ya que, como se ha comentado previamente, se mantienen los circuitos primarios de calefacción y el secundario, al que se conecta la climatizadora de esta sala, en funcionamiento 24 horas durante todo el año, con los elevados consumos térmicos y eléctricos que eso conlleva.

Por su parte, la demanda de refrigeración de esta zona térmica no es significativa, e incluso en los meses de verano, no supera el 0,15% del total de demanda de frío para todo el edificio. Aunque, las exigencias de esta zona obligan a que el circuito primario de la enfriadora Carrier esté funcionando continuamente, por lo que este aspecto sí que tendrá repercusión en el consumo eléctrico del edificio.

## 12.3 ANÁLISIS DE CONSUMOS ELÉCTRICOS

Dada la influencia de los resultados obtenidos en lo que respecta a los consumos eléctricos y para completar el análisis energético del edificio, se procede a realizar un estudio de estos consumos considerando el conjunto del edificio.

Como se comenta en el *Apartado 10.2* la instalación cuenta con diversos equipos, entre los que se encuentra la enfriadora Carrier de 447kW. La demanda térmica de refrigeración es cubierta prácticamente en su totalidad por esta enfriadora, excepto en la zona térmica donde se encuentran los servidores informáticos en la segunda planta del Edificio Oeste (O2\_12), que cuenta con dos enfriadoras propias.

Teniendo en cuenta el coeficiente de eficiencia energética (EER) de cada enfriadora, es posible calcular el consumo eléctrico que supone la demanda de refrigeración.

Se consideran los siguientes coeficientes según las fichas técnicas de los equipos:

- EER enfriadora Carrier 447kW: 2,62
- EER enfriadora Carrier 13,4kW: 1,675
- EER enfriadora STULZ: 2,825

De nuevo las pérdidas térmicas en la distribución se suponen un 5% para todas las estancias excepto la de servidores informáticos, donde se desprecian, ya que las enfriadoras de esta sala se encuentran muy cerca de dicha sala.

Para el consumo de las enfriadoras de servicios informáticos se considera que cada una aporta la mitad de la demanda térmica de refrigeración.

En la *Tabla 18* se muestran los consumos eléctricos estimados tanto de la enfriadora Carrier grande como de las pequeñas de la zona de servidores informáticos y los consumos mensuales registrados en el año 2018 durante los primeros meses del 2019 para el conjunto del edificio Miñano 2. Se observa a simple vista que el consumo de las enfriadoras supone una parte muy pequeña

del total. En concreto, tomando como referencia el año 2018, la proporción de consumo eléctrico de las tres enfriadoras con respecto al total alcanza su máximo en julio, siendo un 5% aproximadamente, y su mínimo en diciembre, con un 0,004%.

Mes	Demanda OESTE [kWh]	Demanda ESTE [kWh]	Demanda Serv. Inform.[kWh]	Demanda TOTAL [kWh]	Consumo elect. Carrier [kWh]	Consumo elect. Enfriadoras Serv.Inform. [kWh]	Factura consumo eléctrico 2018 [kWh]	Factura consumo eléctrico 2019 [kWh]
En	0,00	4,33	0,00	4,33	1,57	0,00	78748	108941
Feb	0,00	11,31	0,00	11,31	4,10	0,00	78746	92394
Mar	11,89	87,27	65,73	164,88	35,95	31,25	82194	92872
Ab	22,83	239,08	179,52	441,43	94,97	85,36	85092	86576
May	546,92	1535,09	611,72	2693,72	754,92	290,87	92379	
Jun	2696,90	5346,41	1158,77	9202,08	2916,47	550,99	85380	
Jul	3820,13	7556,10	1434,29	12810,52	4124,97	682,00	94679	
Ag	3154,84	5844,33	1394,13	10393,30	3263,06	662,91	78918	
Sept	1960,20	3403,36	974,90	6338,46	1944,80	463,56	98173	
Oct	385,88	827,41	466,32	1679,61	439,93	221,74	111200	
Nov	5,30	16,80	0,00	22,10	8,01	0,00	107223	
Dic	1,03	9,50	0,00	10,53	3,82	0,00	107057	
<b>TOTAL</b>	<b>12605,91</b>	<b>24880,99</b>	<b>6285,38</b>	<b>43772,28</b>	<b>13592,58</b>	<b>2988,69</b>	<b>1099789</b>	<b>380783</b>

Tabla 18. Consumos eléctricos mensuales debidos a la refrigeración y consumos eléctricos totales reales

El circuito de alimentación a la enfriadora Carrier está en funcionamiento 24 horas durante todo el año, por lo que a pesar de que el consumo eléctrico del propio equipo no supone demasiado a lo largo del año, el consumo de la bomba necesaria puede tener un consumo considerable. Algo similar ocurre en el caso de la calefacción, como ya se ha comentado. En total, existen 5 bombas que funcionan ininterrumpidamente todos los días del año recirculando agua. Se calcula el consumo eléctrico que esto supone conociendo sus respectivas potencias. Este consumo suma un total de 166.186,2kWh, lo que supone alrededor de un 15,1% del consumo eléctrico total anual (año 2018). El consumo de cada bomba se muestra a continuación:

- Bomba impulsión circuito primario-enfriadora (11kW): 96.369kWh
- Bomba impulsión enfriadora-farmacia (1,5kW): 13.140kWh
- Bomba impulsión calderas Baxi Roca-distribuidor (0,25kW): 2.190kWh
- Bomba impulsión caldera Roca-distribuidor (0,72kW): 6.307,2
- Bomba impulsión distribuidor-farmacia (5,5kW): 48.180kWh

Además, se ha de considerar la bomba de 4kW que impulsa el agua hacia el depósito de 500l de ACS que funciona 17 horas todos los días del año. Su funcionamiento supone un consumo eléctrico de unos 24.820kWh al año.

Por otro lado, teniendo en cuenta los datos recogidos en una auditoria energética realizada al edificio en el año 2017 y asimilando que el consumo de iluminación se mantiene prácticamente igual de un año para otro, el consumo eléctrico en iluminación se estima en unos 114.646,25 kWh. Se procede del mismo modo para el consumo de los equipos ofimáticos, entre los que se contabilizan ordenadores, impresoras, proyectores o frigoríficos entre otros, resultando un consumo eléctrico por parte de estos dispositivos de unos 38.514kWh.

El consumo de los fancoils, que en total suman 104 unidades de potencias comprendidas entre 1,5kW y 20,1kW, suponiendo que durante el calendario laboral trabajan todos los días aproximadamente 10 horas, se estima en unos 200.200kWh.

En cuanto a las climatizadoras su consumo se puede estimar en base a su potencia y su tiempo de funcionamiento. Se agrupan en las que satisfacen la planta de farmacia, que tienen un horario de funcionamiento más amplio, especialmente la de la muestroteca que funciona ininterrumpidamente, y el resto:

- Climatizadoras farmacia: 168.145,579kWh
- Resto de climatizadoras: 69.078,95kWh

Existen una serie de equipos que entran en funcionamiento en septiembre de 2018 en el laboratorio de *PharmaLab* (Edificio Este): 6 cámaras climáticas de 3,1kW cada una que funcionan ininterrumpidamente y 12 cromatógrafos de unos 600W cada uno que también funcionan sin parar. Considerando el periodo de funcionamiento desde septiembre a diciembre del 2018, estos equipos han consumido 75.542,4kWh.

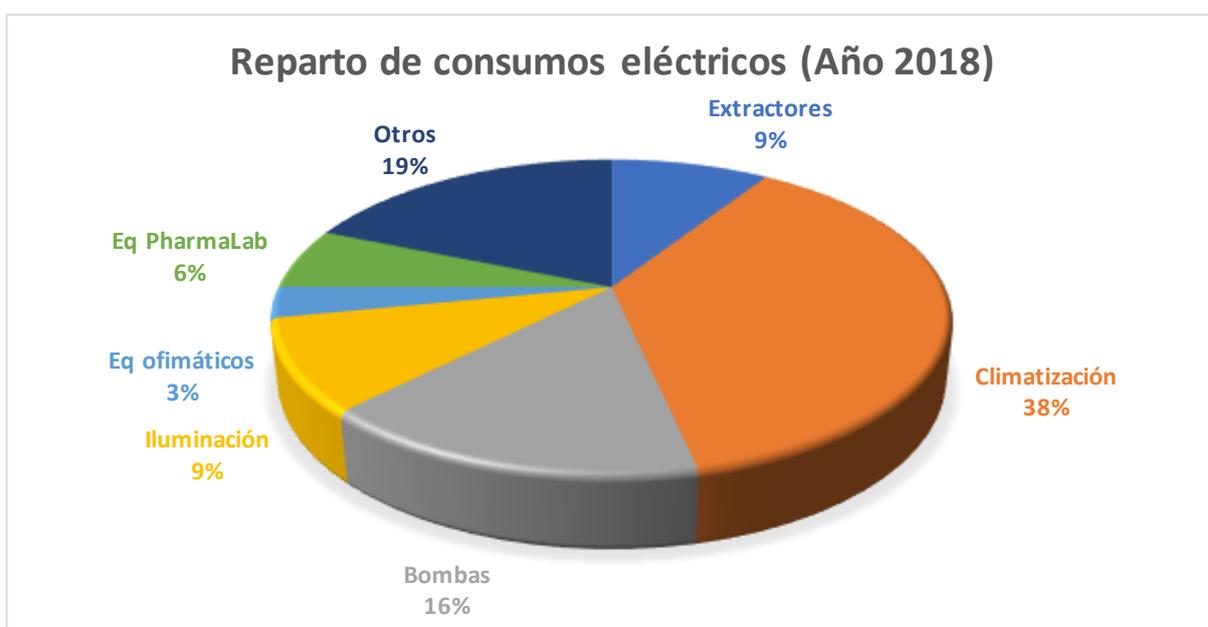
Además, existe un total de 52 extractores en el conjunto de la instalación, uno de ellos es de reciente instalación y no se tienen datos técnicos acerca de él. El consumo eléctrico anual de los 51 restantes se estima en 109.487,5kWh.

Se muestra el detalle de los cálculos correspondientes a estos consumos estimados en el Anexo III.

Existe una climatizadora nueva instalada en este mismo laboratorio, sin embargo, al igual que ocurre con otros muchos equipos, no se dispone de información sobre ella, por lo que su consumo eléctrico se incluye en el apartado de *Otros*.

Asimismo, en esta categoría de *Otros* se incluyen los consumos de equipos cuyas características técnicas y modo de funcionamiento no se conoce en detalle, como pueden ser: los splits y multi-splits, el extractor del cual no se tienen datos, el resto de las bombas de la instalación y otras dos cámaras climáticas entre otros.

Todas estas estimaciones dan lugar al reparto de consumos representados en la *Gráfica 11* que se muestra a continuación.



Gráfica 11. Reparto de consumos eléctricos para el año 2018

En el sector de climatización se incluye el consumo de fancoils, climatizadoras y enfriadoras. Estos equipos consumen una proporción considerable (38%) de la energía eléctrica anual consumida en todo el edificio. Además, se define otro sector en el que se incluyen las 5 bombas que trabajan ininterrumpidamente y la bomba correspondiente al ramal del depósito de ACS. Todas ellas suman un 16% del consumo total de energía eléctrica anual, un porcentaje significativo, teniendo en cuenta que durante una parte considerable de su tiempo de funcionamiento están recirculando agua sin necesidad.

También se observa que durante los 4 meses que han estado en funcionamiento algunos de los equipos nuevos de *PharmaLab*, han consumido más energía que la requerida para todos los equipos ofimáticos del edificio y se acercan al total atribuible a la iluminación.

En el sector denominado *Otros* se incluyen los equipos antes mencionados. Es el caso de las dos cámaras climáticas cuya potencia se desconoce, pero al igual que las otras 6 funcionan ininterrumpidamente, por lo que probablemente una proporción elevada del 19% se corresponda con estas cámaras.

## 12.4 PROPUESTAS DE MEJORA

Teniendo en cuenta la validación de las simulaciones de ambos edificios mediante los consumos de gas reales, los resultados obtenidos y su análisis considerando también los datos de consumos electricidad reales del año 2018, se observa cierto potencial de mejora, especialmente en lo que se refiere a la demanda térmica de calefacción.

Con respecto a posibles mejoras en la envolvente del edificio, además de tratarse de un edificio completamente construido, lo que limita las posibles acciones sobre esta, la falta de información completa y detallada sobre sus características constructivas impide su análisis en detalle, y, por tanto, determinar si existe potencial de mejora.

En lo que se refiere al consumo eléctrico, las luminarias fluorescentes han sido sustituidas por las de tipo LED en el año 2019, y el resto de los consumos se consideran inevitables, a excepción del de las bombas que funcionan ininterrumpidamente. El tiempo de funcionamiento de estas bombas podría verse reducido, con el ahorro económico que eso supone, con las mejoras que se explican a continuación.

### 12.4.1 Mejora de la eficiencia de la instalación

Se presentan las siguientes propuestas de mejora para el edificio Miñano 2 y sus instalaciones centradas en el aumento de la eficiencia en la satisfacción de la demanda térmica.

- **Modificación de la alimentación del depósito de ACS**

Como se estima en el *Apartado 12.2*, calentar el depósito de ACS supone alrededor de 21.361,51kWh de gas natural anuales. Además, se ha de tener en cuenta el funcionamiento de la bomba de 4kW durante 17 horas al día, que supone un consumo eléctrico de unos 24.820kWh.

Si se considera el precio del kWh de gas natural 0,06€ y el del kWh eléctrico 0,10€, el calentamiento del depósito de ACS supone un gasto anual de 3.763,69€.

Siendo este valor de carácter muy optimista, ya que el estado de la instalación en general no es bueno y las pérdidas térmicas podrían ser bastante mayores.

Una posible mejora podría ser calentar este depósito de agua mediante la resistencia eléctrica que tiene desconectada actualmente, suponiendo un ahorro de gas natural y de energía eléctrica.

La energía térmica útil que se ha de aportar al tanque de agua resulta ser 17.345,55kWh al año. Si se consideran unas pérdidas en el tanque del 20%, la energía eléctrica requerida es de 21.681,94 que considerando el precio del kWh a 0,1€, supone un coste de 2.168,19€.

Es decir, en el caso más favorable, en el que actualmente las pérdidas térmicas en la distribución sean razonablemente pequeñas, el ahorro es de 1.595,5€ como mínimo.

- **Equipos de generación de calor y frío independientes para el área de Farmacia**

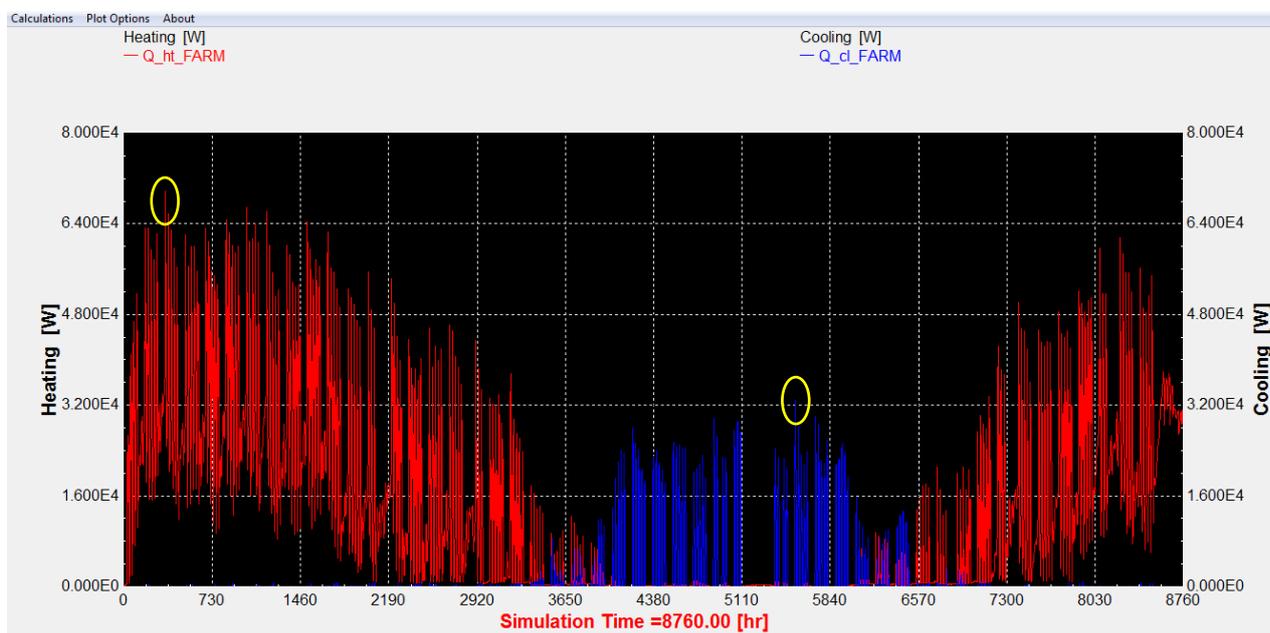
Dada la alta demanda térmica de calefacción y refrigeración que tiene el área de farmacia, debido en gran medida a las necesidades de la muestroteca, y los consumos eléctricos de las mencionadas 5 bombas de impulsión, 166.186,2kWh/año, que estas condiciones suponen, podría ser interesante instalar sendos equipos de generación de calor y frío para satisfacer la demanda de esta área. Y con ello evitar que las 5 bombas de los circuitos primarios y de distribución de agua caliente y agua fría estén en funcionamiento 24h todos los días. Ya que, considerando de nuevo 0,1€ el kWh eléctrico, el coste de este funcionamiento ininterrumpido asciende a 16.618,62€.

En caso de instalar en Farmacia equipos propios, las tres bombas de los circuitos primarios (2 en el de calefacción y 1 en el de refrigeración) pasarían a funcionar unas 10 horas al día durante los días laborables. Lo mismo sucedería con la bomba que impulsa el agua desde el distribuidor de refrigeración al Edificio Este, que aún tendría que satisfacer la demanda de los fancoils y el resto de las climatizadoras del edificio Este. La bomba de impulsión del distribuidor de agua de calefacción al circuito de farmacia, que alimenta todas

las climatizadoras de esta área, sin embargo, podría dejar de funcionar si se considera que las zonas de las plantas 2 y 4 del Edificio Este abastecidas por algunas de estas climatizadoras pasan a abastecerse con aquellas que únicamente dan servicio de ventilación a estas plantas.

Esta medida supondría un nuevo consumo anual de estas 4 bombas de 33.675kWh/año, lo que supone un gasto de 3.367,5€.

Para estimar la potencia de la caldera y la enfriadora necesarias para cubrir la demanda térmica de las zonas del área de farmacia, que supone más de un 78% de la superficie de la planta baja del Edificio Este aproximadamente, se simula en TRNSYS el modelo de este edificio durante un año. En la *Gráfica 12* se representan los valores de las potencias necesarias para calefacción y refrigeración para cada hora de estas zonas térmicas de farmacia, incluida la muestroteca. En concreto, la potencia pico de calefacción es de unos 69,9 kW, y la potencia pico de refrigeración requerida resulta unos 32,9kW.



Gráfica 12. Potencia de calefacción y refrigeración horaria requerida por el área de farmacia

En el caso de la calefacción:

Si se considera una caldera de condensación de gas natural de rendimiento 98% respecto al PCI, y unas pérdidas térmicas en la instalación del 5%, la potencia requerida para la caldera resultaría de unos 75kW, y aplicando un coeficiente de seguridad del 1,1, se requeriría una caldera de condensación de unos 82,5kW.

En el caso de la refrigeración:

Considerando unas pérdidas térmicas del 5% igualmente y un coeficiente de eficiencia energética (EER) de 2,65, se estima que se requeriría una enfriadora de potencia 13,1kW.

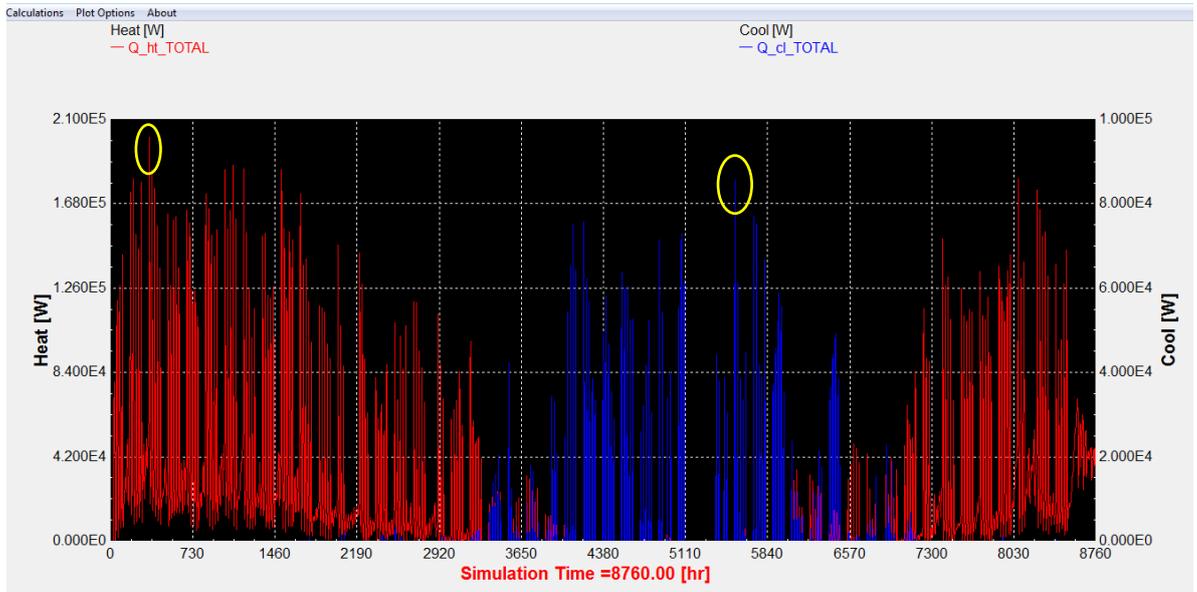
Por otro lado, teniendo en cuenta la instalación actualmente existente, se estudia la posible utilización de una de las calderas de condensación Baxi Roca de 110kW, para la satisfacción de la demanda térmica de farmacia.

Procediendo de manera análoga al caso de la planta de farmacia y la potencia que requiere, se calcula la potencia pico solicitada por el resto del edificio, es decir el Edificio Oeste y las plantas primera y segunda del Edificio Este junto con un laboratorio de la planta baja de este que se excluye del área de farmacia.

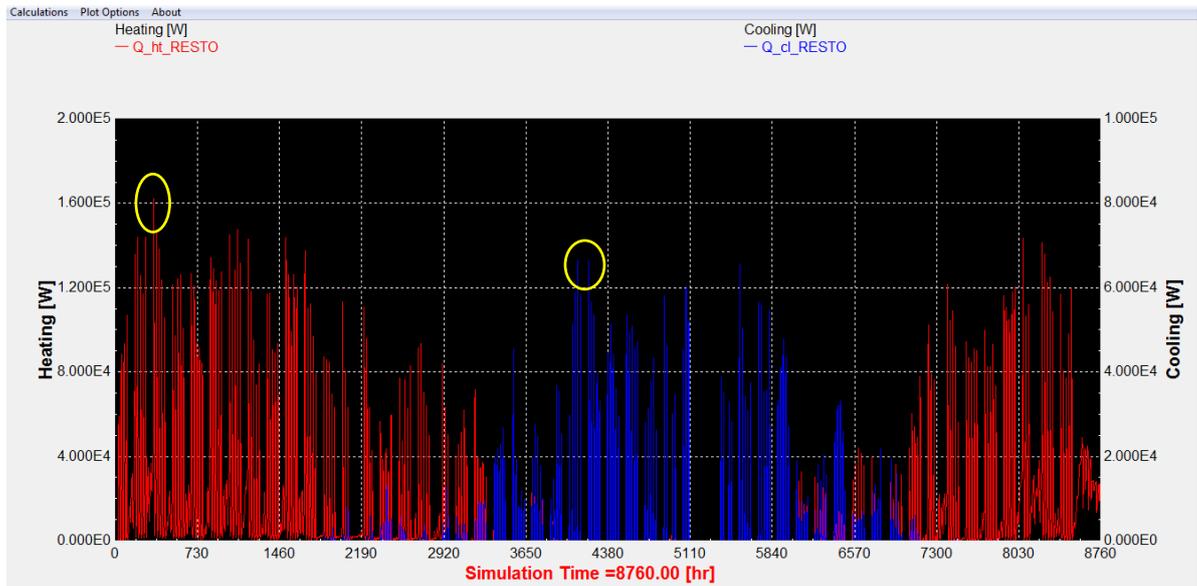
Dado que el conjunto del edificio está separado en dos modelos, se simula cada uno de ellos durante un año y se calcula la potencia pico, siendo esta el máximo de las potencias de calefacción horarias requeridas por cada conjunto de zonas térmicas, las pertenecientes al Edificio Oeste y las pertenecientes al Edificio Este.

Esto se puede hacer de forma gráfica, si los dos valores máximos se dan a la misma hora, como ocurre en el caso de la potencia de calefacción, o, en caso de darse los valores máximos en horas diferentes, extrayendo todos los valores de potencia en sendos archivos, sumando todas estas potencias y encontrando el valor máximo, como sucede en el caso de la potencia de refrigeración.

En las siguientes gráficas se muestran los resultados de las simulaciones para cada modelo de edificio:



Gráfica 13. Resultados de potencia de calefacción y refrigeración demandada en el Edificio Oeste



Gráfica 14. Resultados de potencia de calefacción y refrigeración demandada en el Edificio Este

De este modo, se obtienen los siguientes resultados:

- Potencia pico de calefacción: 348,50kW térmicos
- Potencia pico de refrigeración: 151,39kW térmicos

Considerando de nuevo un rendimiento del conjunto de las calderas y la distribución de un 81,2% e incluyendo un coeficiente de seguridad de valor 1,1, la potencia requerida resulta 472,12kW. Por tanto, la caldera Roca de 300kW junto con dos calderas Baxi Roca de 110kW, resultan suficientes para satisfacer la demanda térmica del conjunto del edificio excepto el área de farmacia.

El aislamiento de una de las calderas Baxi Roca de 110kW para dar servicio a la planta de farmacia, implica mantener la bomba que impulsa el agua desde el distribuidor a las climatizadoras de farmacia, y a su vez instalar una bomba independiente que impulse el agua del distribuidor a dicha caldera, de modo que únicamente estas dos bombas sean las que trabajen 24 horas durante todo el año.

Para tomar una decisión final a este respecto conviene analizar en profundidad ambas soluciones, la caldera nueva independiente para farmacia o el aislamiento de una existente y la satisfacción del resto de la demanda mediante las otras tres calderas. Para ello se puede emplear además de los nuevos datos de consumo recogidos, la simulación de ambos sistemas y ver su comportamiento en cuanto a consumos y eficiencia en la respuesta a la demanda de la planta de farmacia, por un lado, y del resto del edificio por el otro. Este análisis en detalle queda fuera del alcance de este trabajo, sin embargo, representa una oportunidad como línea futura de trabajo.

En el caso de la potencia de refrigeración, considerando unas pérdidas térmicas, el EER de la enfriadora Carrier y un coeficiente de seguridad de valor 1,1, la potencia eléctrica necesaria resulta 66,90kW.

La enfriadora Carrier actualmente instalada cuenta con 7 compresores de unos 25kW cada uno, por lo que, en principio con tres compresores sería capaz de satisfacer la demanda de refrigeración del conjunto del edificio. Por otro lado, para la demanda del área de farmacia que precisa de una potencia de unos 13,1kW, se puede estudiar el satisfacer esta demanda con una enfriadora independiente, o finalmente, mantener la instalación como está, lo que implica el funcionamiento continuo de las dos bombas correspondientes. El análisis de las dos opciones, para el cual sería conveniente la recogida de datos de

consumos específicos de los sistemas involucrados y analizarlos en detalle, y la toma de una decisión final queda fuera del alcance de este trabajo, presentando de nuevo una oportunidad como línea futura de trabajo.

Por último, se podría considerar la instalación de un único equipo para esta zona de farmacia; una bomba de calor reversible aerotermia. Este dispositivo tendría que ser capaz de satisfacer una demanda pico de 69,9kW de calefacción y 32,9kW de refrigeración. Estos equipos, por su alta eficiencia y su bajo consumo eléctrico ayudan a la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, por lo que podría contribuir a alcanzar el carácter de *NZEB* al edificio.

Por tanto, junto con las dos posibilidades planteadas tanto para calefacción como para refrigeración, se habría de considerar la de estudiar al mismo tiempo la bomba de calor reversible como único equipo para satisfacer ambas demandas y así tomar una decisión bien fundamentada.

#### **12.4.2 Otras propuestas de mejora**

Se presentan brevemente a continuación otras propuestas de mejora cuyo análisis en detalle queda fuera del alcance de este trabajo.

- **Puesta en marcha de los recuperadores**

Actualmente, hay 5 recuperadores instalados, 3 en la última planta del Edificio Oeste y los otros dos en la última planta del Edificio Este. Durante todo el año 2018 han estado apagados. Poner estos equipos en marcha contribuiría al ahorro energético del edificio aprovechando que ya están instalados.

- **Monitorización de las instalaciones**

Dada la poca información existente acerca de los consumos disgregados, tanto de gas como de electricidad, algo que permitiría un mayor y más fiable conocimiento de la instalación sería instalar contadores térmicos y eléctricos. Contabilizando los consumos más representativos se tiene mayor control de lo que ocurre en la instalación, es más fácil detectar funcionamientos erróneos y,

por tanto, prevenirlos y/o mejorarlos. Por ejemplo, sería interesante conocer el consumo térmico por plantas, así como el consumo de gas por caldera, para determinar si el control existente es correcto o se puede mejorar, y cuantificar las pérdidas térmicas que se dan en la distribución.

Una mayor cantidad de consumos contabilizados aporta más información para una toma de decisiones fiable y consecuente, no solo en lo que respecta al proyecto EREITEN II, sino también en posibles acciones futuras sobre el edificio.

De todos modos, la instalación de estos contadores se debería estudiar en función de la configuración de las propias instalaciones de conductos, equipos y tuberías, y teniendo en cuenta también el criterio económico que implica esta acción. Es decir, se ha de llegar a un compromiso entre la cantidad de información requerida y el coste que supone lograrla.

Actualmente, este plan de monitorización se encuentra en vías de ejecución.

# ASPECTOS ECONÓMICOS

Dado el carácter del trabajo realizado, basado en el análisis de simulaciones y sus resultados, en el que no se estudia en profundidad una mejora u obra que requiera una inversión económica no se aprecia necesaria la presentación de un presupuesto.

Sin embargo, dado que la realización de este trabajo sí supone una serie de gastos, se presenta a continuación el desglose de estos en el correspondiente descargo de gastos.

## 13 DESCARGO DE GASTOS

El descargo de gastos correspondiente a la realización de este Trabajo Fin de Máster se desglosa en las partidas siguientes: amortizaciones, horas internas, gastos y costes indirectos. El valor de este descargo asciende a un total de **24.742,07€**

CONCEPTO	COSTE TOTAL			
	Coste adquisición	Vida útil	Tiempo de uso	Ud
<b>Amortizaciones</b>				
Ordenador portátil	300,00 €	35040	680 h	5,82 €
Ratón ordenador	8,99 €	43800	680 h	0,14 €
Licencia anual SketchUp	274,00 €	8760	120 h	3,75 €
Licencia TRNSYS	4.500,00 €	87600	260 h	13,36 €
	Coste unitario	Ud	Nº unidades	Ud
<b>Horas internas</b>				
Tutor	50,00 €		20 h	1.000,00 €
Personal TECNALIA	50,00 €		40 h	2.000,00 €
Alumna	30,00 €		720 h	21.600,00 €
<b>Gastos</b>				
Folios	0,009 €		50 hoja	0,45 €
Viajes metro	1,150 €		60 viaje	69,00 €
Viajes Miñano	15,600 €		3 viaje (ida y vuelta)	46,80 €
<b>Costes indirectos</b>				
Electricidad	0,1000 €/kWh		27,2 kWh	2,72 €
Agua	0,5653 €/m <sup>3</sup>		0,06 m <sup>3</sup>	0,03 €
<b>TOTAL</b>				<b>24.742,07 €</b>

Tabla 19. Descargo de gastos del TFM

Como se puede observar en la *Tabla 19* la mayor parte del importe total (99,43%) que ha supuesto la realización de este trabajo, se debe a las horas internas del tutor, la persona de contacto en TECNALIA y la alumna. Dado el mayor número de horas trabajadas, las horas internas de la alumna tienen un peso superior en el descargo, suponiendo un 87,30% del importe total. Gracias al convenio de colaboración con TECNALIA mediante la Fundación EUSKOIKER, la alumna recibe una aportación económica de 1.520€ aproximadamente, con lo que se cubren una parte de las horas internas realizadas por la alumna.

A excepción de los costes procedentes del transporte; los viajes a Miñano para las visitas al edificio y los viajes a la universidad en metro, el importe del resto de partidas es prácticamente despreciable.

Cabe mencionar que el ordenador portátil junto con las licencias de *SketchUp* y *TRNSYS* ha sido prestado por TECNALIA para la realización del trabajo. Por tanto, los gastos correspondientes son sufragados por dicha empresa.

## CONCLUSIONES

---

En este apartado se exponen las conclusiones más relevantes de este trabajo.

- Mediante este trabajo se pretende crear un modelo *TRNSYS* validado del edificio Miñano 2 de TECNALIA ubicado en el Parque Tecnológico de Miñano (Álava).
- El modelo se valida mediante datos de consumos reales de gas.
- Con los resultados obtenidos en las simulaciones se estima y analiza la demanda actual del edificio, tanto de calefacción como de refrigeración, asimismo se analiza su demanda eléctrica
- Para el conjunto del edificio, la demanda anual de calefacción estimada supone 67,59kWh/m<sup>2</sup>, y la de refrigeración 8,08kWh/m<sup>2</sup>.
- Debido a las condiciones requeridas por el área de farmacia, y especialmente por la muestroteca con una demanda de calefacción anual de 318,5kWh/m<sup>2</sup>, existen unas pérdidas térmicas de calor considerables, y un consumo eléctrico anual de 166.186,2kWh debido a 5 bombas que funcionan ininterrumpidamente
- Se observa gran potencial de mejora en cuanto a la demanda térmica de calefacción. Se plantea la posibilidad de aislar el sistema de calefacción y refrigeración para el área de farmacia de 3 modos, y el calentamiento del depósito de ACS mediante una resistencia eléctrica, como medidas de mejora de eficiencia energética.
- En la realización del trabajo se encuentran dificultades para conocer de forma precisa el estado actual del edificio y sus instalaciones.

## FUENTES DE INFORMACIÓN

---

- [1] “Acuerdo de París” Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, París (Francia), 12 de diciembre de 2015. [En línea].  
Disponible en: [https://unfccc.int/sites/default/files/spanish\\_paris\\_agreement.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/spanish_paris_agreement.pdf)
- [2] European Commission. “Energy Efficiency Directive”. [En línea]. Disponible en: <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-directive>
- [3] Estudios, informes y estadísticas – Balances de energía final (1990-2017). Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). [En línea].  
Disponible en: <http://sieeweb.idae.es/consumofinal/default.asp>
- [4] Directiva 2010/31/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios, DOUE, núm. 153, de 18 de junio de 2010, páginas 13 a 35 (23 págs.). Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [En línea]. Disponible en:  
<https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>
- [5] DECRETO 178/2015, de 22 de septiembre, sobre la sostenibilidad energética del sector público de la Comunidad Autónoma de Euskadi, BOPV, núm 195, de 14 de octubre de 2015. Boletín Oficial del País Vasco. [En línea].  
Disponible en: <https://www.euskadi.eus/y22-bopv/es/bopv2/datos/2015/10/1504303a.shtml>
- [6] EnergyPlus. [En línea] Disponible en: <https://energyplus.net/>
- [7] Meteornorm [En línea] Disponible en:  
<https://meteonorm.com/en/meteonorm-features>
- [8] SketchUp [En línea] Disponible en: <https://www.sketchup.com/>
- [9] Trnsys3d [En línea] Disponible en:  
[https://trnsys.de/docs/trnsys3d/trnsys3d\\_uebersicht\\_en.htm](https://trnsys.de/docs/trnsys3d/trnsys3d_uebersicht_en.htm)

- [10] DesignBuilder [En línea]. Disponible en: <https://designbuilder.co.uk/>
- [11] Wikipedia. “Building performance simulation”. [En línea]. Disponible en: [https://en.wikipedia.org/wiki/Building\\_performance\\_simulation](https://en.wikipedia.org/wiki/Building_performance_simulation)
- [12] “Guía para el cálculo de las cargas térmicas en los edificios”. Ingemecánica. [En línea]. Disponible en: <https://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn255.html>
- [13] Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios, BOE, núm 207, de 29 de agosto de 2007, páginas 35931 a 35984. Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado. [En línea]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>
- [14] Catálogo de Elementos Constructivos del CTE, mayo 2008. Código Técnico de la Edificación (CTE) [En línea] Disponible en: [https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/nCatalog\\_infoEConstr/CAT-EC-v05.0\\_MAYO08.pdf](https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/aplicaciones/nCatalog_infoEConstr/CAT-EC-v05.0_MAYO08.pdf)
- [15] DA DB-HE /1 Cálculo de parámetros característicos de la envolvente, febrero 2005. Código Técnico de la Edificación. [En línea]. Disponible en: [https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo\\_de\\_parametros\\_caracteristicos.pdf](https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DA-DB-HE-1-Calculo_de_parametros_caracteristicos.pdf)
- [16] “Guía técnica: Diseño de centrales de calor eficientes” Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE). [En línea]. Disponible en: [https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos\\_11\\_Guia\\_tecnica\\_de\\_diseño\\_de\\_centrales\\_de\\_calor\\_eficientes\\_e53f312e.pdf](https://www.idae.es/uploads/documentos/documentos_11_Guia_tecnica_de_diseño_de_centrales_de_calor_eficientes_e53f312e.pdf)

# ANEXOS

## ANEXO I

### Detalles de los modelos en tres dimensiones

En este anexo se muestran las vistas más representativas de cada uno de los modelos.

#### EDIFICIO OESTE

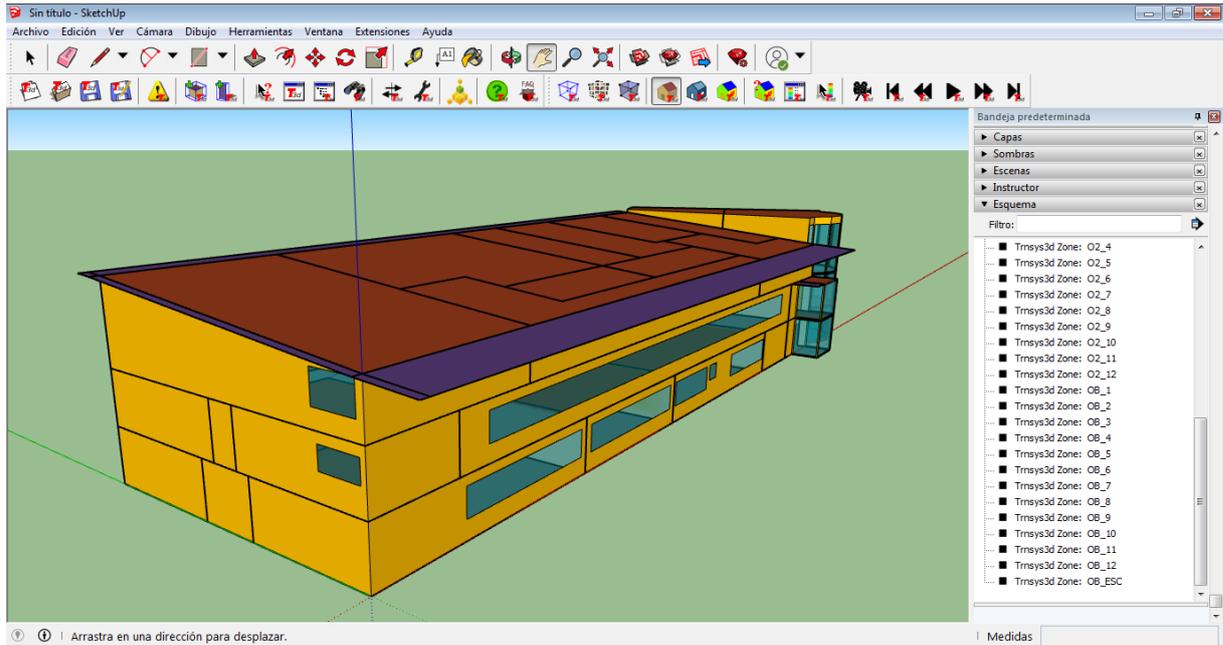


Ilustración 22. Perfil izquierdo y vista frontal del modelo del Edificio Oeste en SketchUp

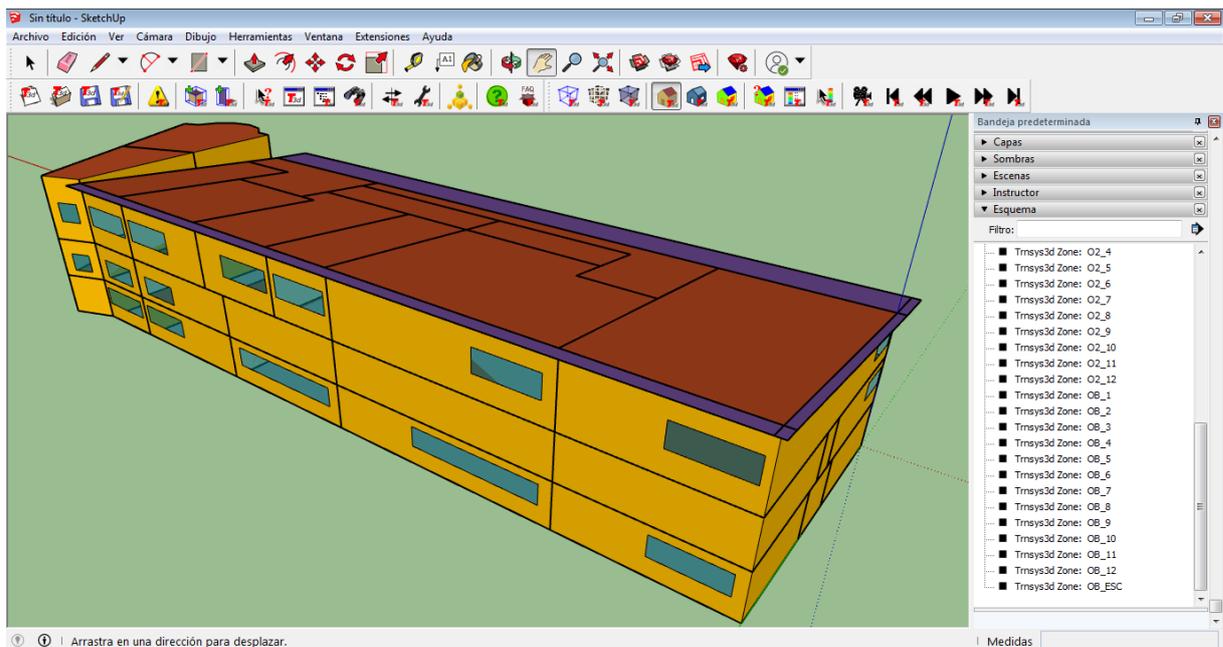


Ilustración 23. Vista trasera del modelo del Edificio Oeste en SketchUp

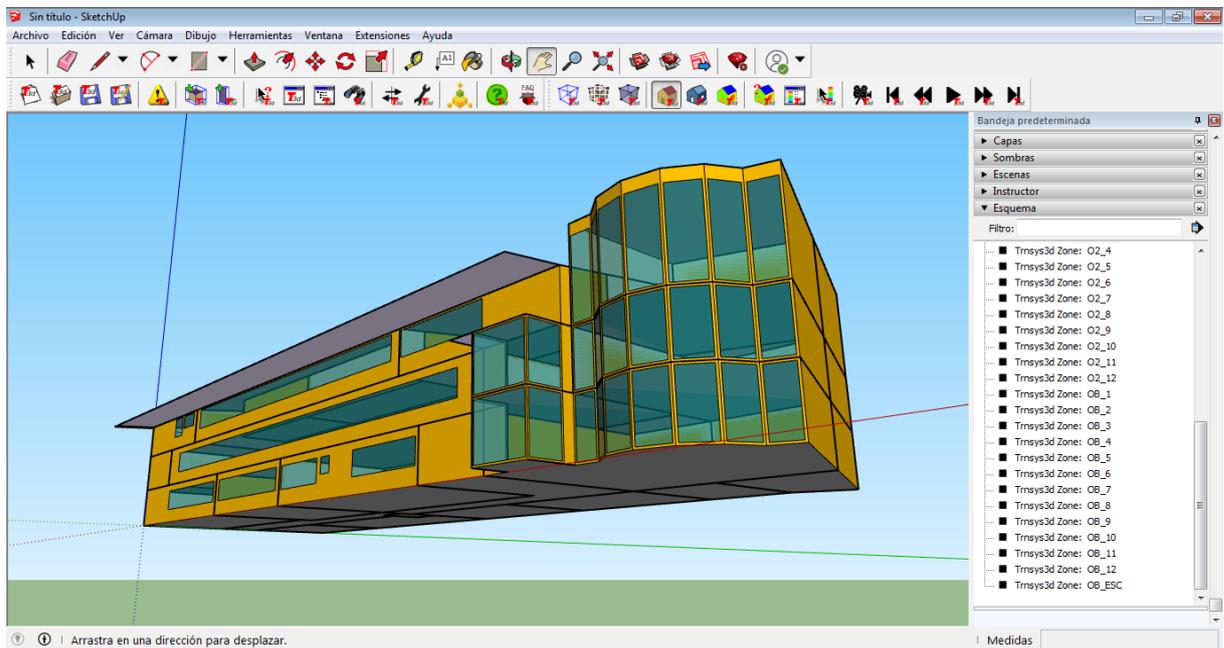


Ilustración 24. Vista frontal del modelo del Edificio Oeste en SketchUp

## EDIFICIO ESTE

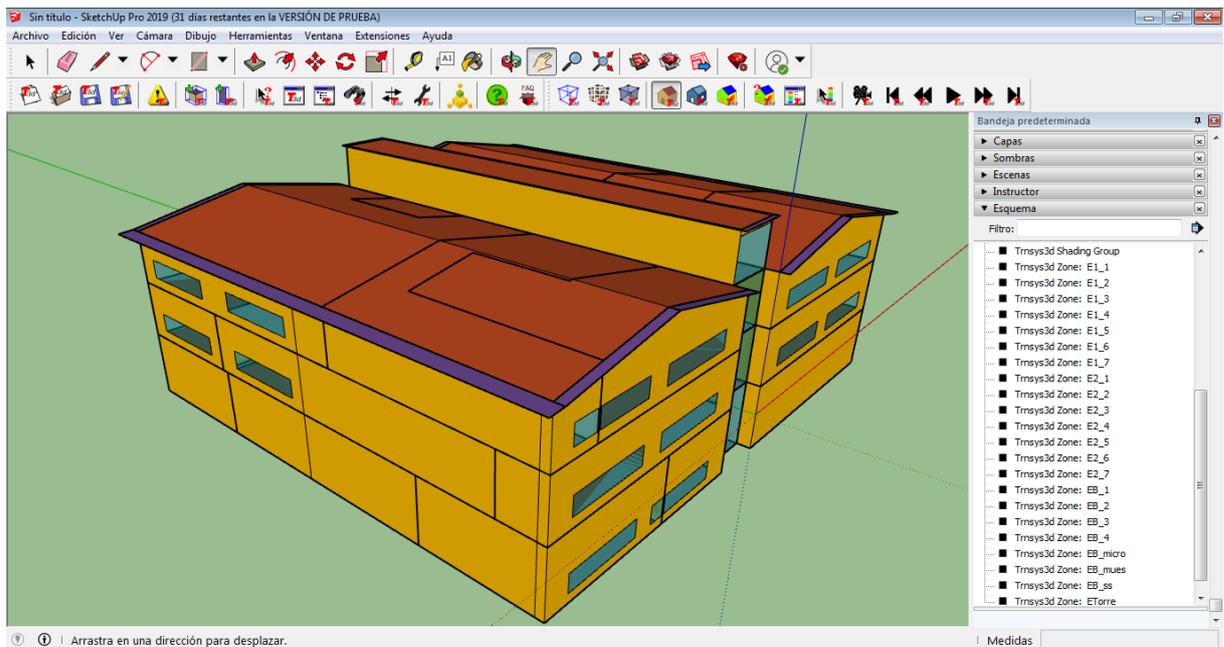


Ilustración 25. Perfil izquierdo y vista frontal del modelo del Edificio Este en SketchUp

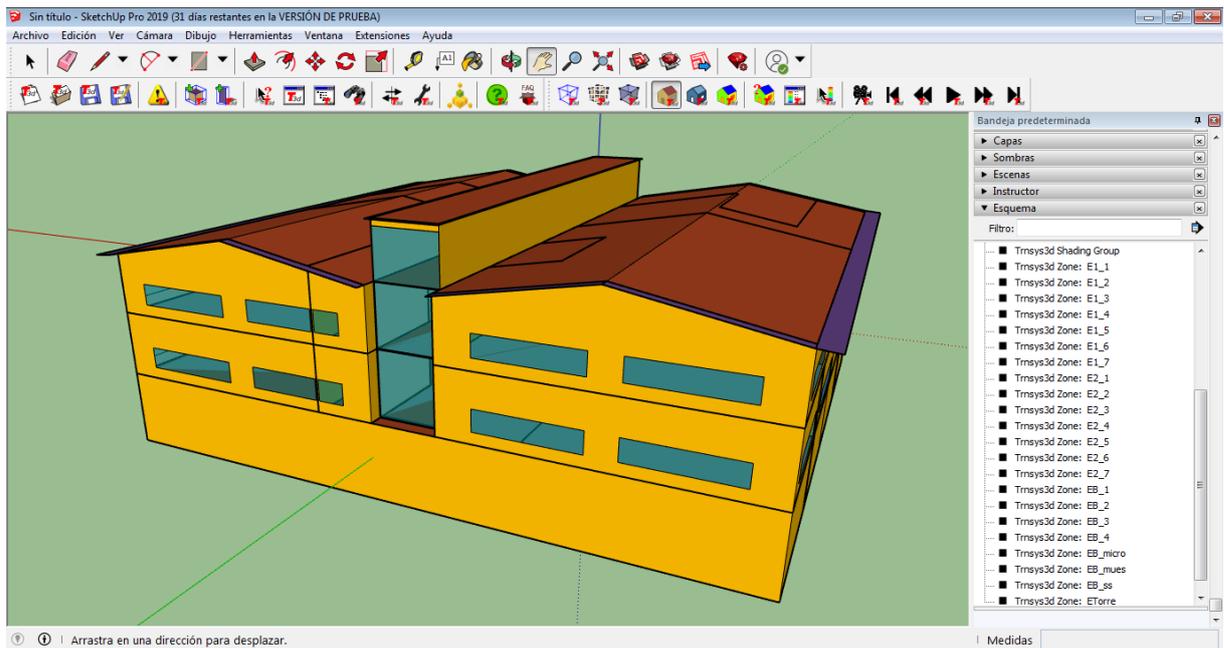


Ilustración 26. Vista trasera del modelo del Edificio Este en SketchUp

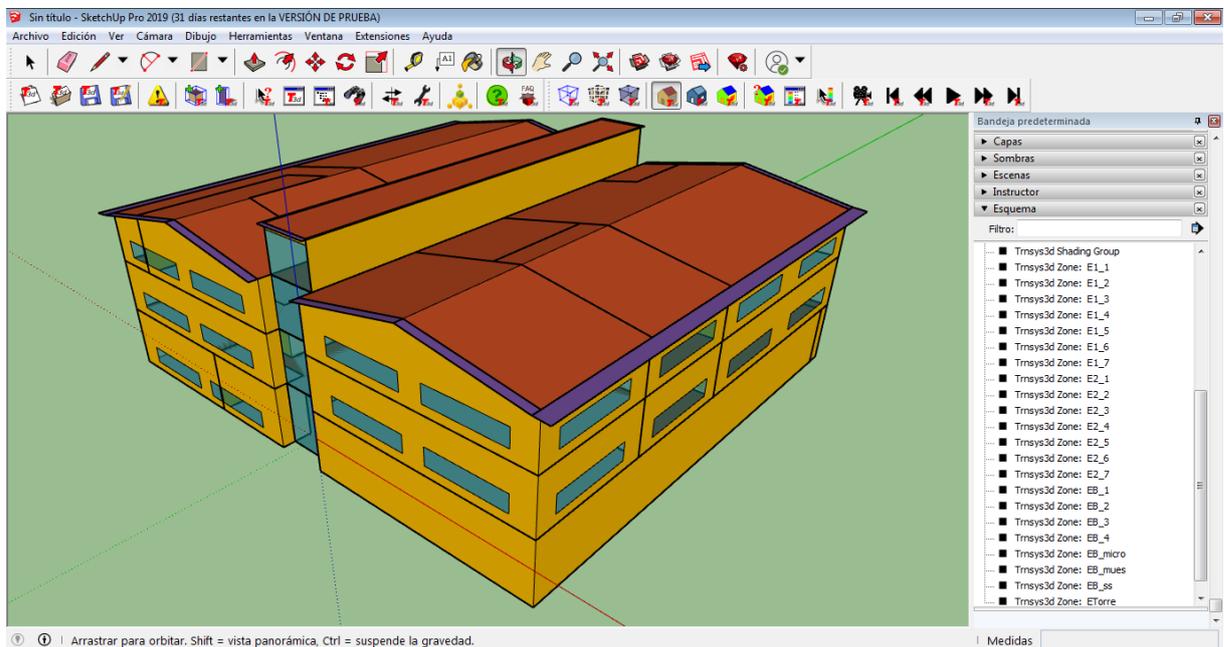


Ilustración 27. Perfil derecho y Vista frontal del modelo del Edificio Este en SketchUp

## **ANEXO II**

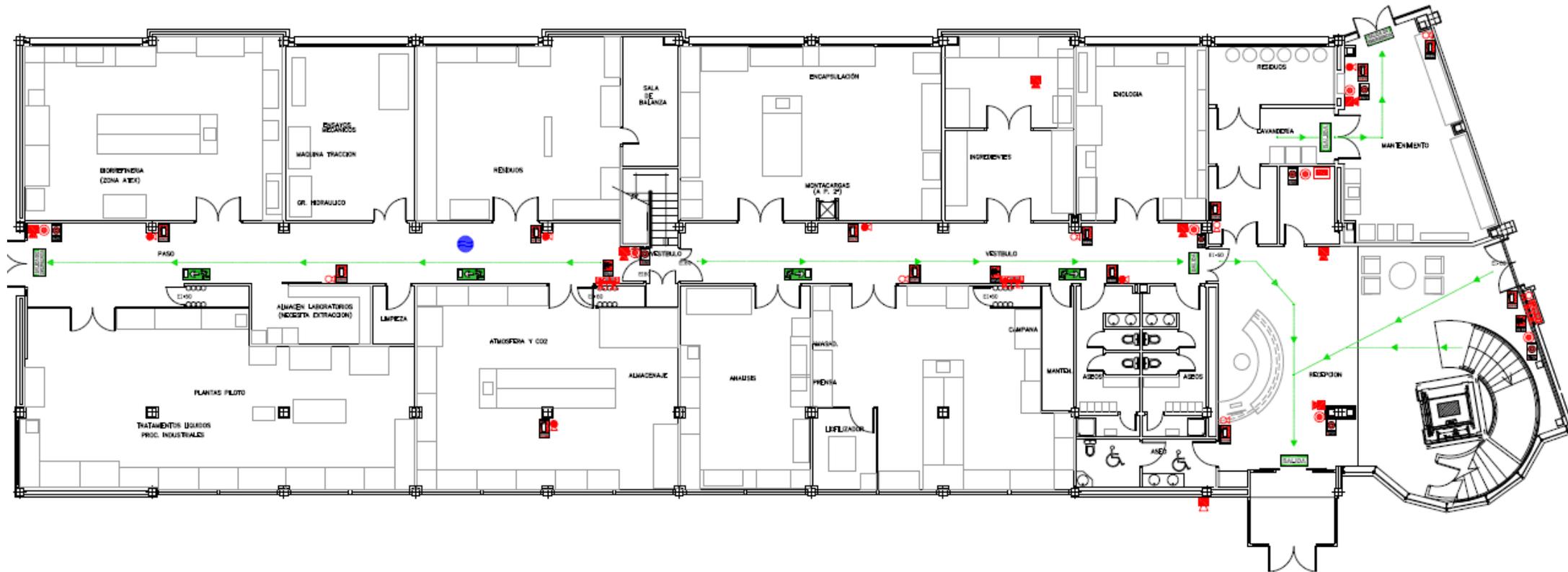
### **Planos del Edificio Miñano 2**

En este anexo se presentan los planos de planta de ambas partes del Edificio Miñano 2, Edificio Oeste (antiguo) y Edificio Este (nuevo), facilitados por TECNALIA. Estos planos muestran la distribución en planta de los diferentes tipos de estancias que hay en el edificio.

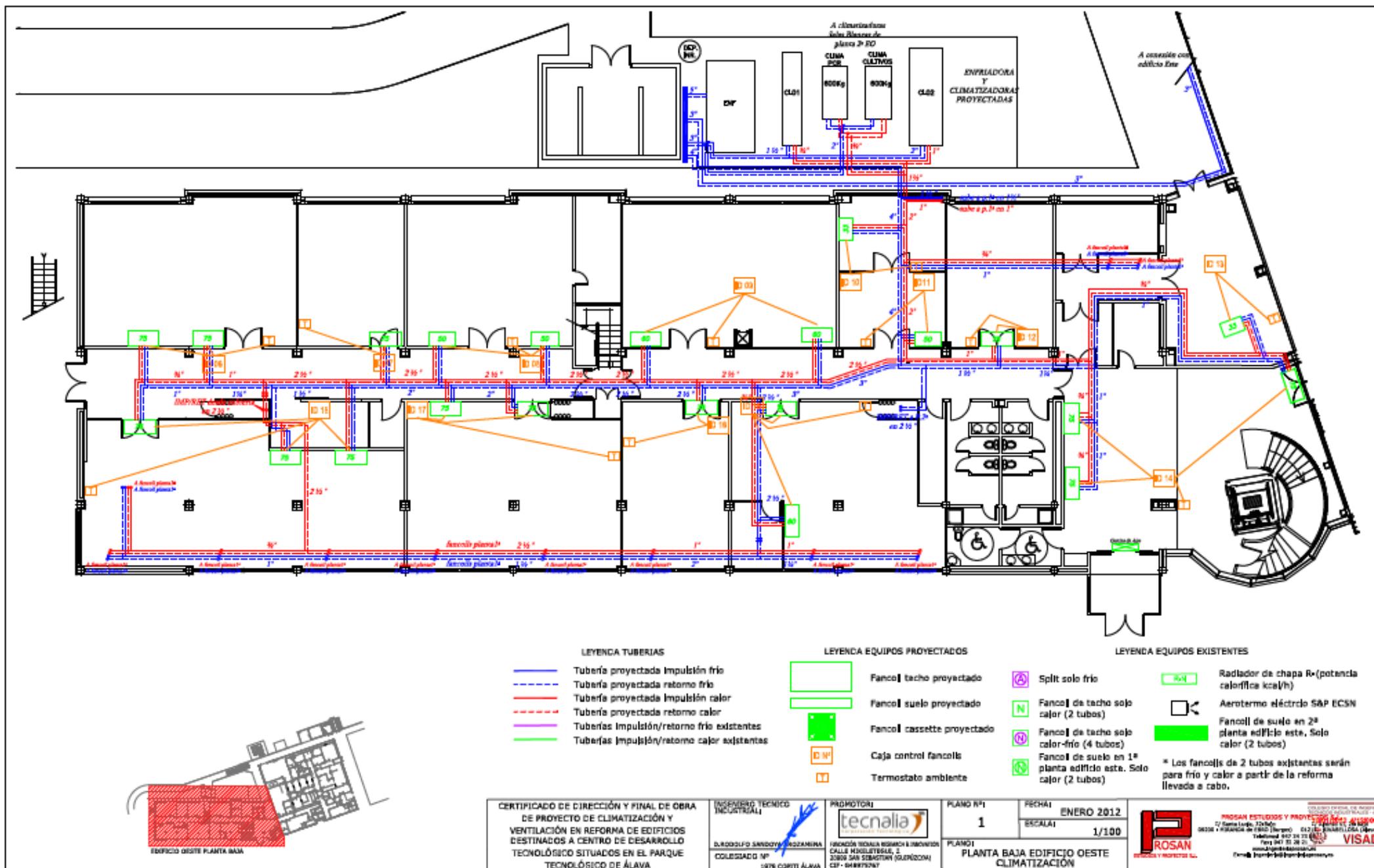
Asimismo, se muestran los planos en los que se representan las redes de distribución de calefacción y refrigeración y los conductos correspondientes a la ventilación. En el caso de la planta de farmacia no se dispone de esta información.

En primer lugar, se presentan los 9 planos correspondientes al Edificio Oeste y después 6 planos correspondientes al Edificio Este

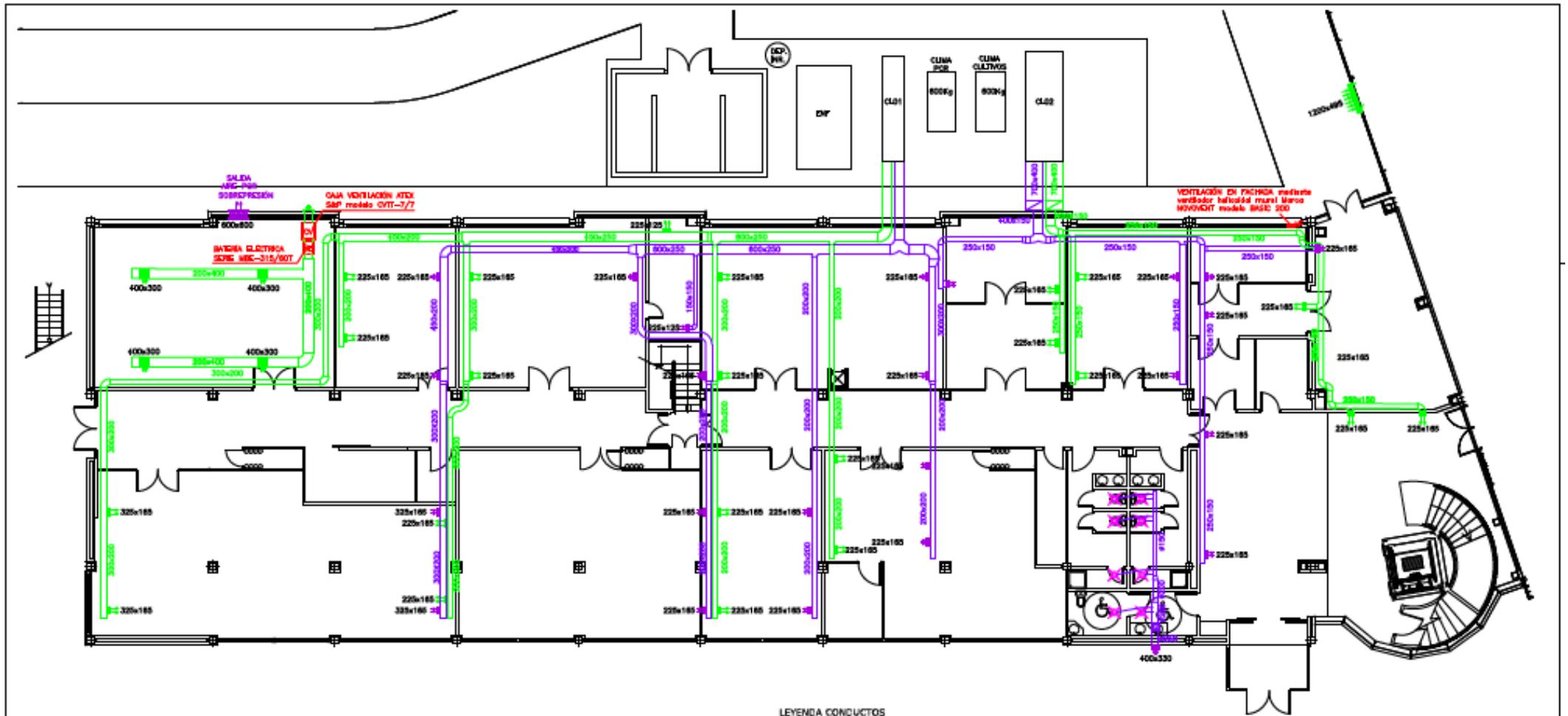
## PLANTA BAJA I+D (Planta baja Edificio Oeste)



# Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano



# Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano

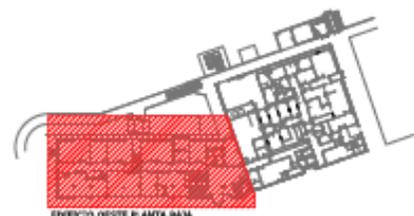


### LEYENDA CONDUCTOS

- Conducto Impulsión
- Conducto extracción
- ~ Conducto circular flexible
- ▲ Rejilla de Impulsión
- ▲ Rejilla de retorno
- Bocas de extracción aseos
- Ventilador extracción/Impulsión de conducto
- Compuerta de regulación
- Difusor rotacional

### LEYENDA EQUIPOS

- CV:** Caja de Ventilación marca SAP modelo CVTT 7/7-H
- BE:** Batería Eléctrica SERIE MBE-315/50T
- VF:** VENTILACIÓN EN FACHADA mediante ventilador helicoidal mural Marca NOVVOENT modelo BASIC 200
- CL01:** Climatizador aire primario
- CL02:** CLIMAVENETA AIR-EXCEL PR



CERTIFICADO DE DIRECCIÓN Y FINAL DE OBRA DE PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN EN REFORMA DE EDIFICIOS DESTINADOS A CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO SITUADOS EN EL PARQUE TECNOLÓGICO DE ÁLAVA.

INGENIERO TÉCNICO (MECÁNICA)  
 D. RODRIGO SANJOAÍN ROSAMARINA  
 COLEGIADO Nº 1476 GORTI ALAVA

PROMOTOR:  
**tecnalia**  
 INGENIERÍA TÉCNICA DE SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
 CALLE MIGUELLEBERRI, 2  
 48900 SAN SEBASTIÁN (GUERNICOM)  
 CIF: B48497947

PLANO Nº 1  
 2  
 PLANO 1  
 PLANTA BAJA EDIFICIO OESTE  
 VENTILACIÓN

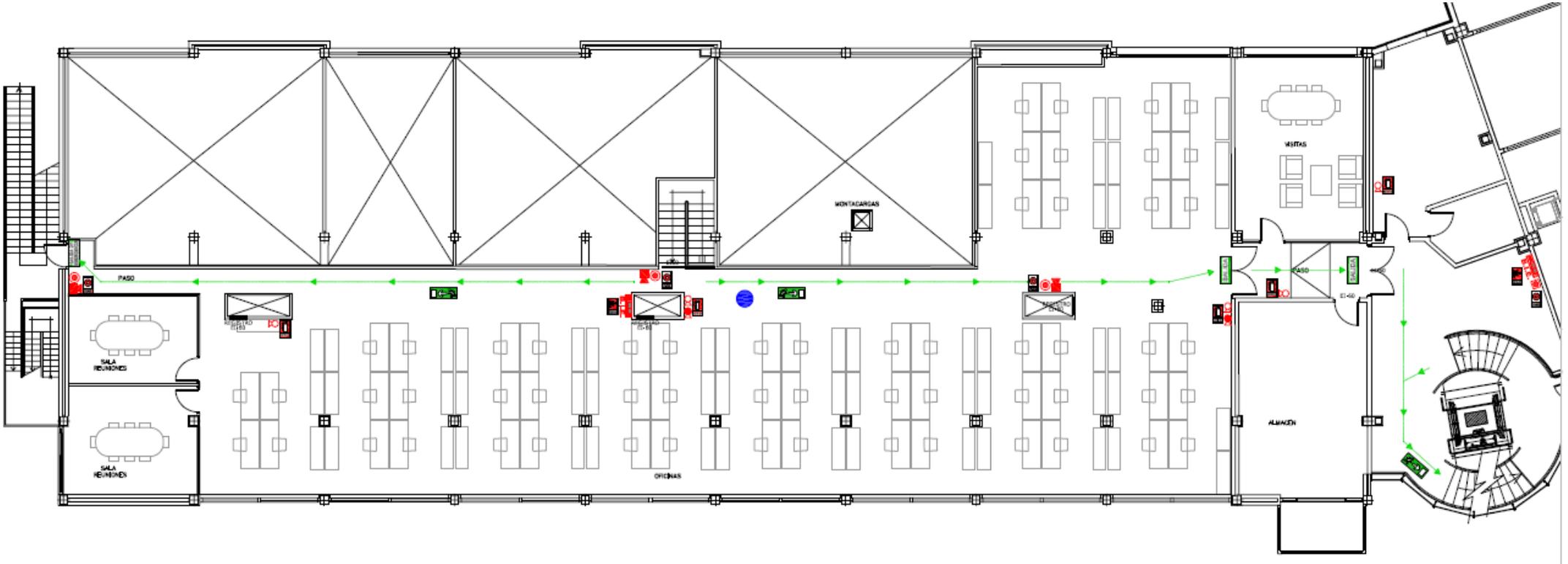
FECHA:  
 ENERO 2012  
 ESCALA:  
 1/100



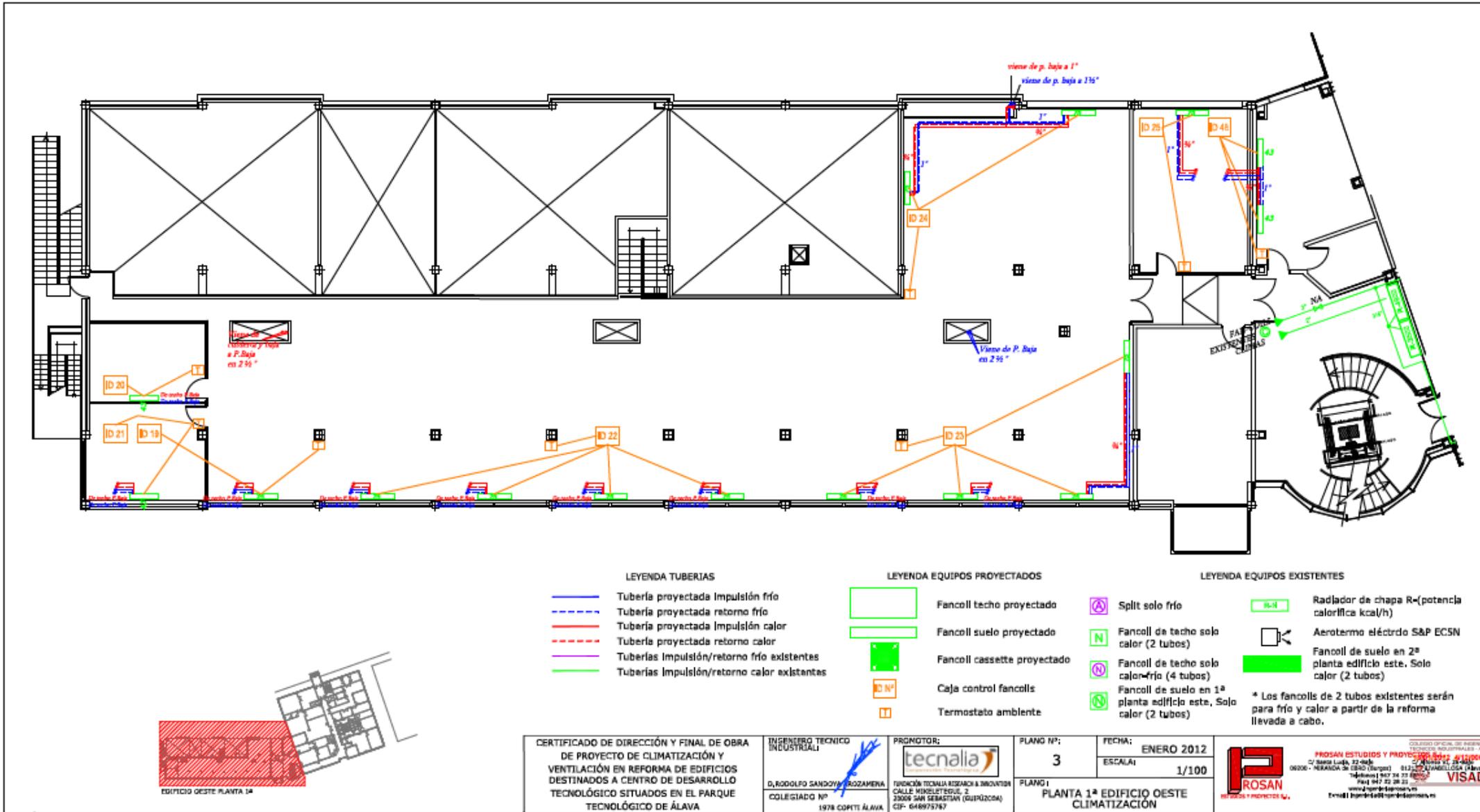
PROSAN ESTUDIOS Y PROYECTOS S.L.  
 C/ Euzkadi, 127-129  
 48900 SAN SEBASTIÁN (GUERNICOM)  
 Teléfono: 943 24 22 6633  
 Fax: 943 24 26 21  
 www.prosan.com  
 C/ Euzkadi, 127-129  
 48900 SAN SEBASTIÁN (GUERNICOM)  
 Teléfono: 943 24 22 6633  
 Fax: 943 24 26 21  
 www.prosan.com



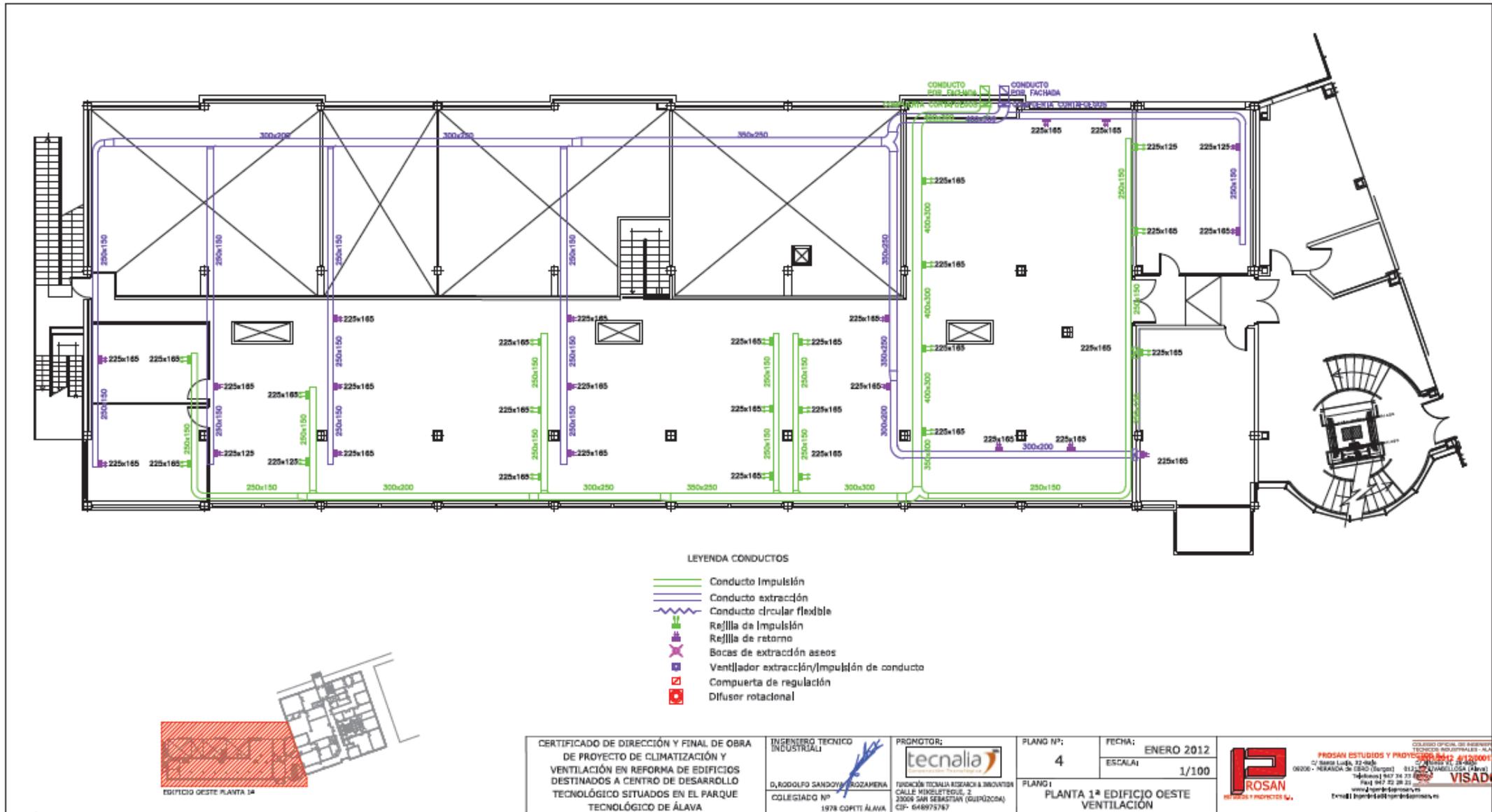
### ENTREPLANTA (Primera planta Edificio Oeste)



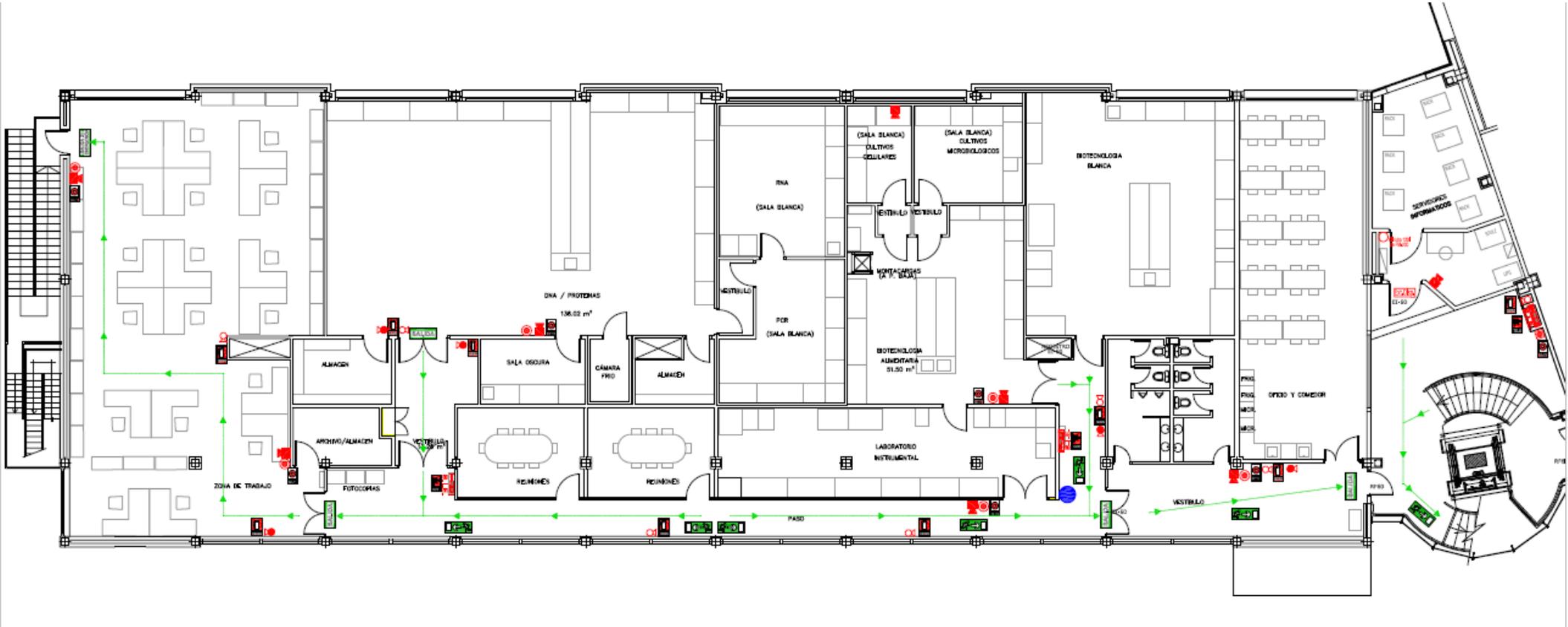
# Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano



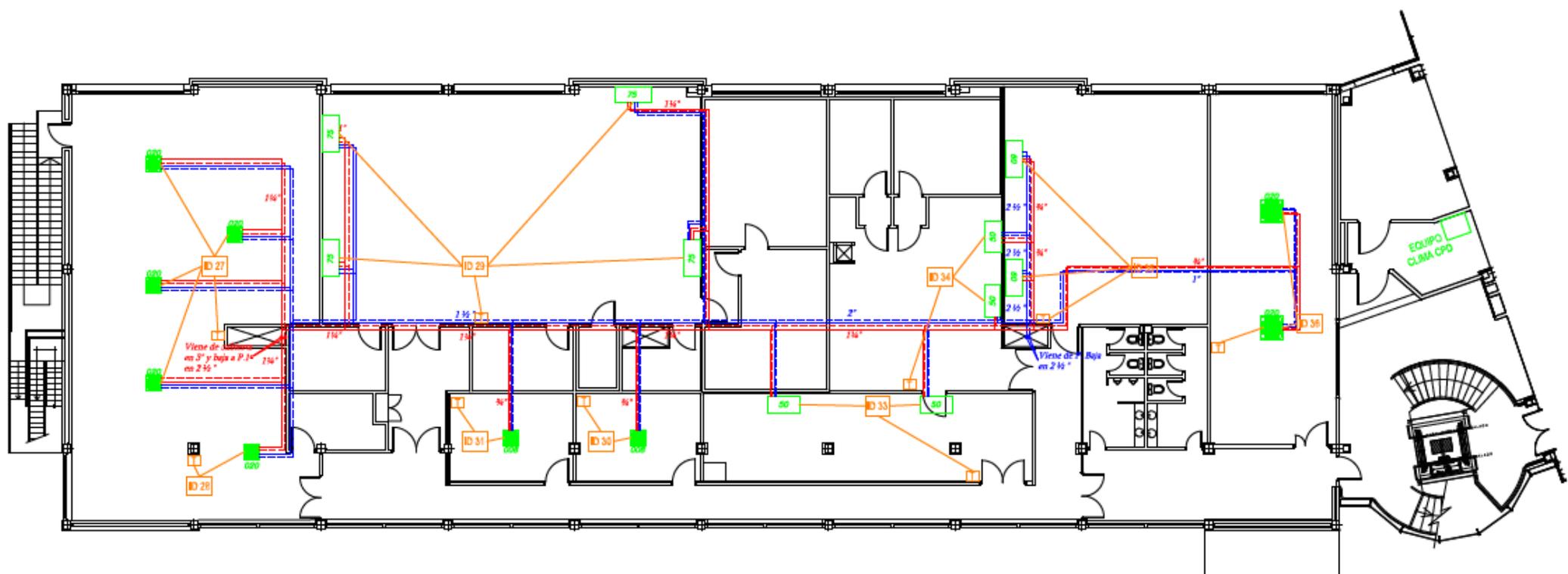
# Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano



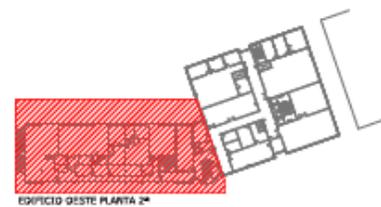
### PLANTA TERCERA (Segunda planta Edificio Oeste)



# Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano

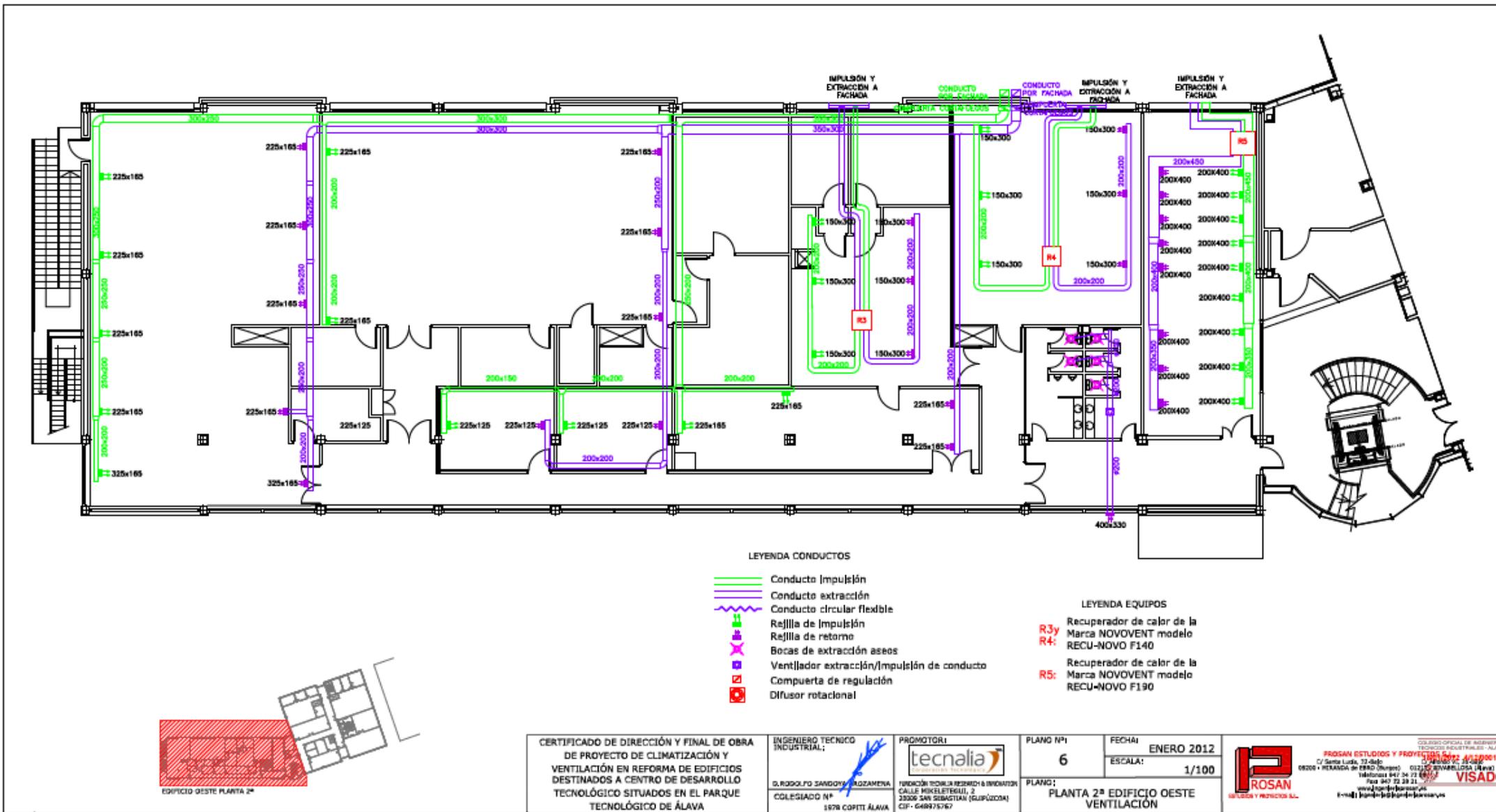


- |                         |   |                                    |                             |                                   |   |
|-------------------------|---|------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------|---|
| <b>LEYENDA TUBERIAS</b> |   | <b>LEYENDA EQUIPOS PROYECTADOS</b> |                             | <b>LEYENDA EQUIPOS EXISTENTES</b> |   |
|                         | Tubería proyectada impulsión frío           |                                    | Fancoil techo proyectado    |                                   | Radlador de chapa R-(potencia calorífica kcal/h)                  |
|                         | Tubería proyectada retorno frío             |                                    | Fancoil suelo proyectado    |                                   | Aerotermo eléctrico S&P ECSN                                      |
|                         | Tubería proyectada impulsión calor          |                                    | Fancoil cassette proyectado |                                   | Fancoil de suelo en 2ª planta edificio este. Solo calor (2 tubos) |
|                         | Tubería proyectada retorno calor            |                                    | Caja control fancoils       |                                   | Fancoil de suelo en 1ª planta edificio este. Solo calor (2 tubos) |
|                         | Tuberías impulsión/retorno frío existentes  |                                    | Termostato ambiente         |                                   |   |
|                         | Tuberías impulsión/retorno calor existentes |                                    |                             |                                   |   |



<b>CERTIFICADO DE DIRECCIÓN Y FINAL DE OBRA DE PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN EN REFORMA DE EDIFICIOS DESTINADOS A CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO SITUADOS EN EL PARQUE TECNOLÓGICO DE ÁLAVA</b>	INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL:  D. RODOLFO SANDOVAL AZAMENA COLEGIADO Nº 1878 COPITI ÁLAVA	PROMOTOR:  TECNALIA CONSULTORÍA TECNOLÓGICA	PLANO Nº: <b>5</b>	FECHA: ENERO 2012 ESCALA: 1/100	 ROSAN SERVICIOS Y PROYECTOS S.L.	COLEGIO OFICIAL DE INGENIEROS TÉCNICOS INDUSTRIALES DE ÁLAVA PROGRAM ESTUDIOS Y PROYECTOS Nº 412200117 C/ Santa Lucía, 32-3do.º 01000 - MIRANDA DE EROA (BURGOS) 01210 - BARRALOSA (ÁLAVA) Teléfono: 947 34 71 684 Fax: 947 33 38 21 www.rosan.es E-mail: info@rosan.es
	FUNCIÓN: TÉCNICO RESPONSABLE DE PROYECTO: CALLE MIKELLETRESU, 2 23009 SAN SEBASTIÁN (GUPIUZCOA) CIF: G48875767	PLANO: PLANTA 2ª EDIFICIO OESTE CLIMATIZACIÓN	VISADO			

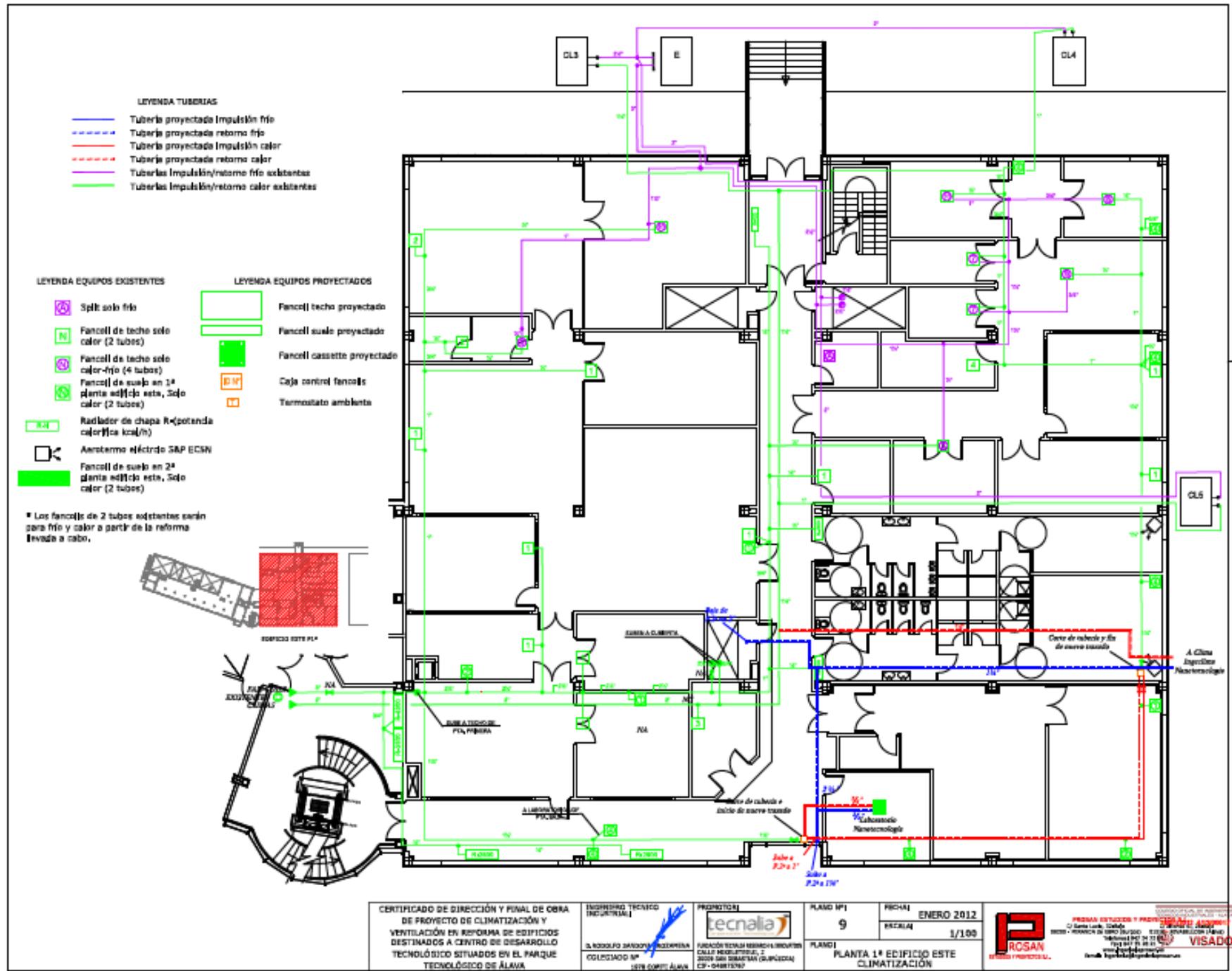
# Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano







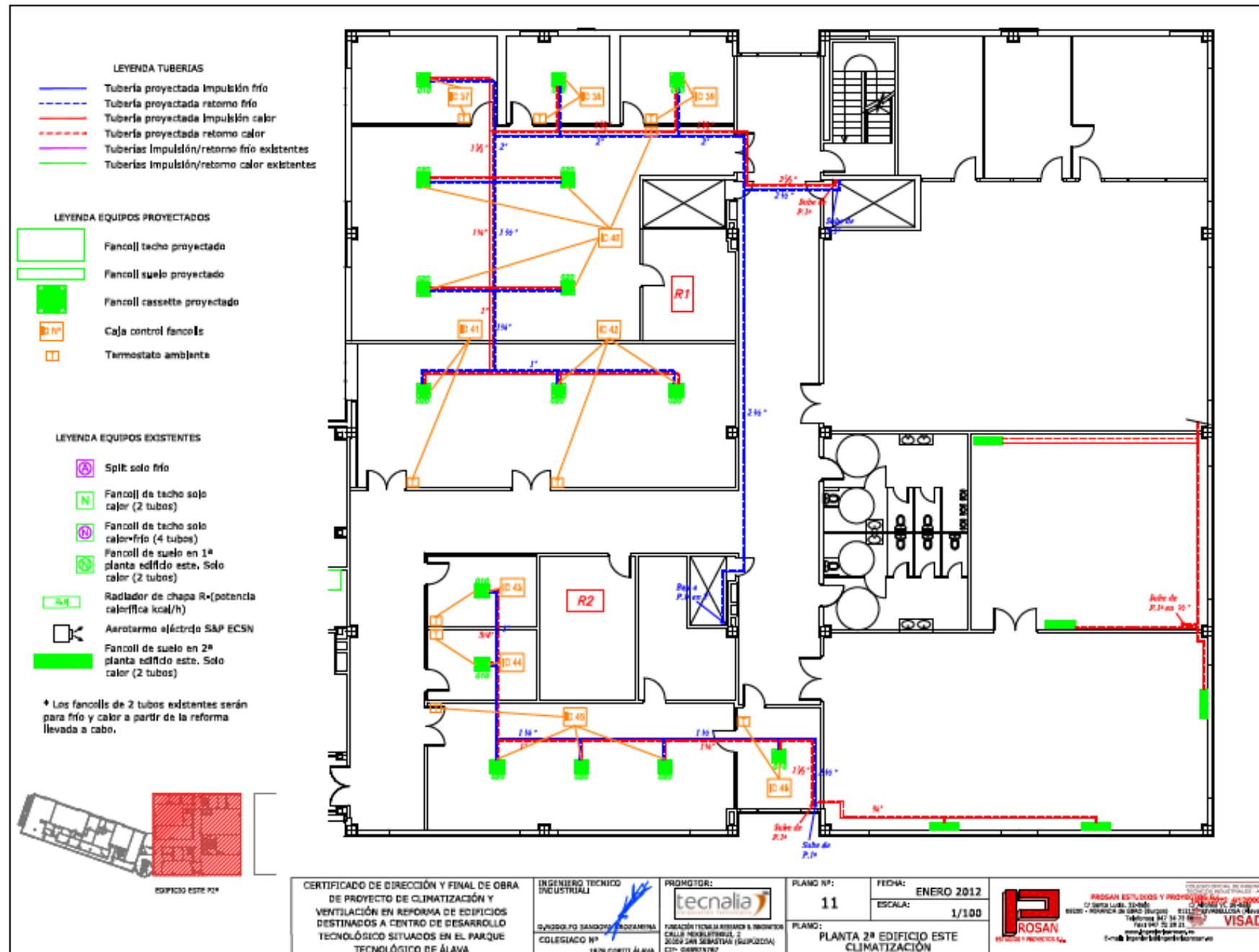
# Análisis energético de un edificio en el Parque Tecnológico de Miñano



## PLANTA CUARTA

(Segunda planta Edificio Este)





CERTIFICADO DE DIRECCIÓN Y FINAL DE OBRA DE PROYECTO DE CLIMATIZACIÓN Y VENTILACIÓN EN REFORMA DE EDIFICIOS DESTINADOS A CENTRO DE DESARROLLO TECNOLÓGICO SITUADOS EN EL PARQUE TECNOLÓGICO DE ÁLAVA

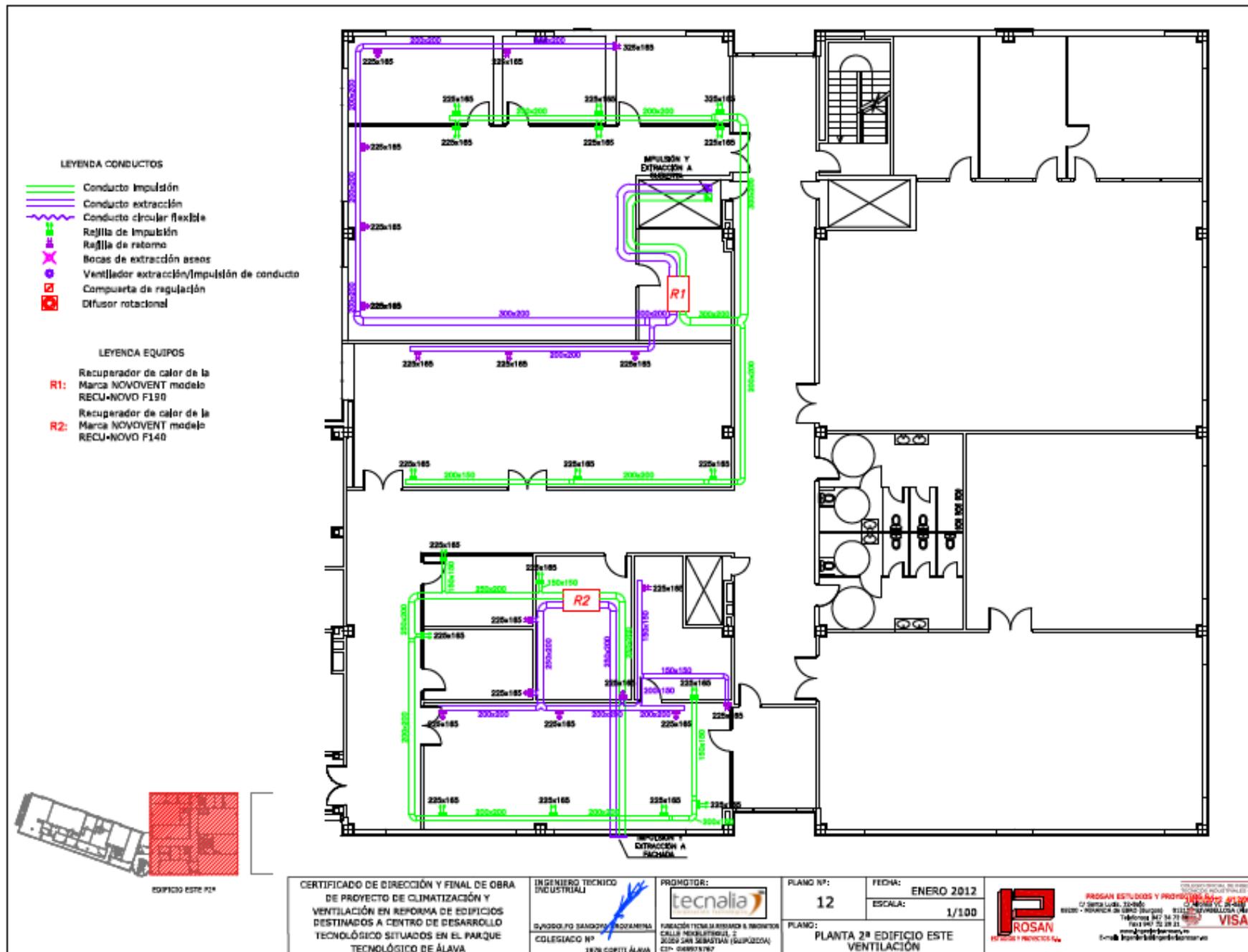
INGENIERO TÉCNICO INDUSTRIAL  
 D. JOSÉ LUIS SANGUINÍ  
 COLEGIADO Nº 1878 COPITE ÁLAVA

PROMOTOR:  
**tecnalia**  
 FUNDACIÓN TECNOLÓGICA DE INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN  
 CALLE HERIBERTO DE LA ROSA, 2  
 48940 SAN SEBASTIÁN (GUIPUZCOA)  
 CIF: G48901918

PLANO Nº: 11  
 FECHA: ENERO 2012  
 ESCALA: 1/100  
 PLANO: PLANTA 2ª EDIFICIO ESTE CLIMATIZACIÓN

PROSAN ESTUDIOS Y PROYECTOS S.L.  
 C/ Santa Lucía, 33-33-bis  
 48901 - BARCELONA DE GUANO SURGIDO  
 Teléfono: 947 34 21 80  
 Fax: 947 34 21 81  
 www.prosan.com.es

CONSEJO REGULADOR DE INGENIEROS DE OBRAS CIVILES DE ESPAÑA  
 Colección Nº 403/2000/17  
 VISADO



## ANEXO III

En este anexo se presentan los equipos instalados más representativos y sus consumos eléctricos anuales estimados.

### CLIMATIZADORAS

	EQUIPOS	MARCA	MODELO	Potencia mecánica nominal (kW)	Rango de operación	Rendimiento o motor según potencias	Rendimiento ventilador 95%	Potencia total (kW)	h/día	días/año	h/año	Consumo kWh
TECNALIA	Climatizadora 1	AIRLAN	FMA 047	4,5	0,6	0,8	0,95	3,5526316	10	250	2500	8881,5789
	Climatizadora 2	AIRLAN	FMA 078	8,3	0,6	0,8	0,95	6,5526316	10	250	2500	16381,579
	Climatizadora 3	KOOLCLIMA	NB 5	3	0,6	0,8	0,95	2,3684211	10	250	2500	5921,0526
	Climatizadora 4	KOOLCLIMA	NB 5	2,2	0,6	0,8	0,95	1,7368421	10	250	2500	4342,1053
	Climatizadora 5	KOOLCLIMA	NB 8	4	0,6	0,8	0,95	3,1578947	10	250	2500	7894,7368
	Climatizadora 6	AIRLAN	ME194	9	0,6	0,8	0,95	7,1052632	10	250	2500	17763,158
	Climatizadora 7	AIRLAN	ME082	4	0,6	0,8	0,95	3,1578947	10	250	2500	7894,7368
PharmaLab	Climatizadora 17	AIRLAN		3	0,6	0,8	0,95	2,3684211	10	250	2500	5921,0526
<b>TOTAL</b>											<b>75000</b>	

	EQUIPOS	MARCA	MODELO	Potencia mecánica nominal (kW)	Rango de operación	Rendimiento o motor según potencias	Rendimiento ventilador 95%	Potencia total (kW)	h/día	días/año	h/año	Consumo kWh
FARMACIA	Climatizadora 8	KOOLCLIMA	NB 5	5,5	0,6	0,8	0,95	4,3421053	12	250	3000	13026,3158
	Climatizadora 9	KOOLCLIMA	NB 8	5,5	0,6	0,8	0,95	4,3421053	12	250	3000	13026,3158
	Climatizadora 10	KOOLCLIMA	NB 29	18,5	0,6	0,8	0,95	14,605263	12	250	3000	43815,7895
	Climatizadora 11	KOOLCLIMA	NB15	11	0,6	0,8	0,95	8,6842105	12	250	3000	26052,6316
	Climatizadora 12	KOOLCLIMA	NB11	7,5	0,6	0,8	0,95	5,9210526	12	250	3000	17763,1579
	Climatizadora 13	AIRLAN	ME-020	11,5	0,6	0,8	0,95	9,0789474	12	250	3000	27236,8421
	Climatizadora 14- Muestroteca	AIRLAN	ME-020	2,19	0,6	0,8	0,95	1,7289474	24	365	8760	15145,5789
	Climatizadora 15- Salas secas	KOOLCLIMA	NB-5	4	0,6	0,8	0,95	3,1578947	12	250	3000	9473,68421
	Climatizadora 16	WOLF	KG20	1,1	0,6	0,8	0,95	0,8684211	12	250	3000	2605,26316
<b>TOTAL</b>											<b>168145,6</b>	

Tabla 20. Climatizadoras instaladas en Miñano 2 y sus consumos eléctricos estimados

## SPLITS Y MULTI SPLITS

- Split Mitsubishi de 2,9kW térmicos
- 1 Multi Split Daikin RZQSG125. 13,5kW térmicos en modo calor (COP=3,51); 12kW térmicos en modo frío (EER=3,21)
- 2 Multi Split Daikin RZQSG71. 7,5kW térmicos en modo calor (COP=3,93); 6,8kW térmicos en modo frío (EER=3,43)
- 1 Multi Split Daikin RZQSG100. 10,8kW térmicos en modo calor (COP=3,54); 9,5kW térmicos en modo frío (EER=3,30)
- 1 Multi Split Daikin REY40G. 4,7kW térmicos en modo calor (COP=2,90); 3,9kW térmicos en modo frío (EER=2,39)
- 1 Multi Split Daikin RXS50G. 6,4kW térmicos en modo calor (COP=1,79); 5kW térmicos en modo frío (EER=1,79)
- Split STULZ M77051 de 29kW térmicos (EER=4)

Existen dos Splits adicionales recientemente instalados, sin embargo, no se conocen sus características técnicas en el momento de finalización de este trabajo.

## RECUPERADORES DE CALOR

Actualmente, estos recuperadores de calor no están en funcionamiento.

- 2 recuperadores RECU-NOVO BF 190 de 1,3Kw
- 3 recuperadores RECU-NOVO BF 140 de 0,9Kw

## EXTRACTORES

Además de los extractores presentados en la siguiente tabla, existe un extractor nuevo del cual no se tiene información

Equipo	Nº	Potencia [kW]	Potencia total [kW]	Rend motor según potencias	día/año	horas/día	h/año	Consumo anual [kWh]
CMP-820	1	0,25	0,25	80	250	6	1500	468,75
CBT-130	1	1,1	1,1	80	250	6	1500	2062,5
NB-3	1	1,5	1,5	80	250	11	2750	5156,25
CPV-1325	1	1,1	1,1	80	250	6	1500	2062,5
MOTOR SIEMENS	1	1,1	1,1	80	250	6	1500	2062,5
MOTOR SIEMENS	1	0	0	80	250	6	1500	0
SODECA	4	0,37	1,48	80	250	6	1500	2775
MOTOR SIEMENS	2	1,75	3,5	80	250	6	1500	6562,5
MOTOR SIEMENS	1	1,75	1,75	80	250	6	1500	3281,25
CPV-815	1	0,5	0,5	80	250	6	1500	937,5
MOTOR SIEMENS	1	2,55	2,55	80	250	6	1500	4781,25
MOTOR SIEMENS	1	0,5	0,5	80	250	6	1500	937,5
ME-082	1	4	4	80	250	11	2750	13750
ME-194	1	9	9	80	250	11	2750	30937,5
CPV-1325	1	0,37	0,37	80	250	6	1500	693,75
CPV-815	1	0,25	0,25	80	250	6	1500	468,75
CMP-512	1	0,12	0,12	80	250	6	1500	225
CMP-514	1	0,5	0,5	80	250	6	1500	937,5
MOTOR SIEMENS	1	1,3	1,3	80	250	6	1500	2437,5
CPV-1325	1	0,37	0,37	80	250	6	1500	693,75
CMP-512	1	0,35	0,35	80	250	6	1500	656,25
MOTOR ABB	1	0,5	0,5	80	250	6	1500	937,5
MOTOR ABB	1	0,37	0,37	80	250	6	1500	693,75
CPV-1325	4	0,37	1,48	80	250	6	1500	2775
MOTOR SIEMENS	1	0,86	0,86	80	250	6	1500	1612,5
CMP-616	3	0,37	1,11	80	250	6	1500	2081,25
MOTOR	1	0,09	0,09	80	250	6	1500	168,75
MOTOR ABB	1	0,37	0,37	80	250	6	1500	693,75
MOTOR SIEMENS	1	0,5	0,5	80	250	6	1500	937,5
MOTOR ABB	1	0,55	0,55	80	250	6	1500	1031,25
MOTOR ABB	1	1,5	1,5	80	250	6	1500	2812,5
MOTOR ABB	1	1,5	1,5	80	250	6	1500	2812,5
MOTOR ABB	7	0,37	2,59	80	250	6	1500	4856,25
MOTOR SIEMENS	1	1,3	1,3	80	250	6	1500	2437,5
CMP-514	1	0,5	0,5	80	250	6	1500	937,5
MOTOR ABB	1	1,5	1,5	80	250	6	1500	2812,5
<b>TOTAL</b>								<b>109487,5</b>

Tabla 21. Extractores instalados en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados

## ILUMINACIÓN

En el año 2018 la iluminación del conjunto del edificio se lleva a cabo mediante:

	Sección	Descripción	Nº lum.	Nº lamp/lum	Nº lamp equiv	P lamp/equiv [W]	P tot [W]	h/día	día/año	Factor simult.	Consumo anual [kWh]		
EDIFICIO ESTE	PLANTA SEGUNDA	Pasillos	6	2	12	14	168	8	250	0,5	168		
			8	4	32	14	448	8	250	0,5	448		
		Aseos	3	2	6	14	84	2	250	0,5	21		
			7	1	7	60	420	2	250	0,5	105		
		Zona trabajo (LABSAN)	FL	15	4	60	14	840	11	250	0,8	1848	
		Archivo (LABSAN)	FL	4	4	16	14	224	1	250	1	56	
		Salas reuniones pasillo	FL	6	4	24	14	336	11	250	0,8	739,2	
		Oficinas	FL	27	2	54	54	2916	11	250	0,8	6415,2	
		Despacho	FL	4	4	16	14	224	11	250	0,8	492,8	
		Oficinas vacías	FL	22	2	44	54	2376	11	250	0,8	5227,2	
		Biblioteca	FL	6	2	12	14	168	11	250	0,8	369,6	
		Despachos al lado de biblioteca	FL	11	2	22	14	308	11	250	0,8	677,6	
		Sala reuniones (Serv. corp.)	FL	4	4	16	14	224	11	250	0,8	492,8	
		Despachos (Serv. Corp.)	FL	10	4	40	14	560	11	250	0,8	1232	
		Zona trabajo (Serv. Corp.)	FL	26	4	104	14	1456	11	250	0,8	3203,2	
		Archivo (Serv. Corp.)	FL	4	4	16	14	224	11	250	0,8	492,8	
		Sala multiusos	FL	24	4	96	14	1344	11	250	0,8	2956,8	
		PLANTA PRIMERA	Pasillos	FL	10	2	20	14	280	8	250	0,5	280
			Aseos	FLC	14	2	28	14	392	2	250	0,5	98
				INC	5	1	5	60	300	2	250	0,5	75
			FLC	8	1	8	23	184	2	250	0,5	46	
	Cámara corrosión		FL	2	2	4	14	56	11	250	0,8	123,2	
	Muestroteca		FL	2	2	4	14	56	11	250	0,8	123,2	
	Zona trabajo al lado Nanotecnología		FL	4	2	8	14	112	11	250	0,8	246,4	
	Zona cromatografía		FL	33	2	66	14	924	11	250	0,8	2032,8	
			FL	2	1	2	58	116	11	250	0,8	255,2	
	Laboratorios		FL	71	2	142	14	1988	11	250	0,8	4373,6	
			FL	6	2	12	36	432	11	250	0,8	950,4	
			FL	1	1	1	26	26	11	250	0,8	57,2	
	PLANTA BAJA		Pasillos	FL	6	2	12	14	168	8	250	0,5	168
				FL	12	3	36	14	504	8	250	0,5	504
			Sala servidores y cuadros eléctricos	FL	1	2	2	14	28	1	250	0,5	3,5
		Laboratorios control calidad y microbiología	FL	10	2	20	14	280	11	250	0,8	616	
			FL	2	3	6	14	84	11	250	0,8	184,8	
		Vestuarios	FL	4	2	8	14	112	6	250	0,5	84	
		Laboratorio farmacia	FL	26	4	104	14	1456	11	250	0,8	3203,2	
		Muestroteca y cámara climática	FL	2	3	6	14	84	11	250	0,8	184,8	
		Sala instalaciones	FL	2	2	4	36	144	11	250	0,8	316,8	
			FL	9	2	18	58	1044	11	250	0,8	2296,8	
		Laboratorios sólidos (materia primas- lavado)	FL	52	3	156	14	2184	11	250	0,8	4804,8	
			FL	4	2	8	58	464	11	250	0,8	1020,8	
			FL	2	1	2	58	116	11	250	0,8	255,2	
		Zona estériles	FL	18	3	54	14	756	11	250	0,8	1663,2	
		Sólidos (almacén producto semielaborado-comprimidora)	FL	22	3	66	14	924	11	250	0,8	2032,8	
		Acceso escalera caracol	FL	27	2	54	54	2916	3	250	1	2187	
Hall entrada		FL	7	2	14	80	1120	11	250	0,8	2464		
		FOCOS LED	16	1	16	6	96	11	250	0,8	211,2		
		LÁMPARA	4	1	4	36	144	11	250	0,8	316,8		
		FLC	5	2	10	26	260	11	250	0,8	572		
Archivo hall entrada	FL	1	2	2	26	52	1	250	1	13			
Aseos hall entrada	FL	3	2	6	26	156	3	250	0,5	58,5			

EDIFICIO OESTE	PLANTA SEGUNDA	Pasillo	FL	23	2	46	26	1196	8	250	0,5	1196
		Aseos	INC	13	1	13	60	780	2	250	0,5	195
		Comedor	FL	14	4	56	14	784	11	250	0,8	1724,8
		Laboratorios	FL	42	4	168	14	2352	11	250	0,8	5174,4
			FL	1	2	2	26	52	11	250	0,8	114,4
		Almacenes	FL	10	4	40	14	560	2	250	0,8	224
		Oficinas	FL	35	4	140	14	1960	11	250	0,8	4312
	PLANTA PRIMERA	Oficinas	FL	4	2	8	26	208	11	250	0,8	457,6
			FL	59	2	118	14	1652	11	250	0,8	3634,4
		Salas reuniones y visitas	FL	12	2	24	14	336	11	250	0,8	739,2
		Pasillo	FL	2	2	4	14	56	8	250	0,5	56
		Almacén	FL	4	1	4	54	216	1	250	0,5	27
	PLANTA BAJA	Lavandería, residuos y mantenimiento	FL	5	2	10	58	580	11	250	0,8	1276
			FL	4	1	4	58	232	11	250	0,8	510,4
		Pasillos	FL	9	2	18	36	648	8	250	0,5	648
		Aseos	FLC	10	1	10	23	230	2	250	0,5	57,5
			INC	2	1	2	60	120	2	250	0,5	30
		Laboratorios	FL	13	2	26	36	936	11	250	0,8	2059,2
			FL	6	2	12	26	312	11	250	0,8	686,4
			FL	75	4	300	14	4200	11	250	0,8	9240
			FL	10	2	20	58	1160	11	250	0,8	2552
		Escaleras pequeñas	FL	1	2	2	36	72	2	250	1	36
	<b>TOTAL</b>											<b>91717,7</b>

Tabla 22. Luminarias instaladas en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados

## EQUIPOS OFIMÁTICOS

Descripción	Nº equipos	P equiv [W]	P total[W]	h/día	día/año	Factor simultaneidad	Consumo anual [kWh]
Monitor	104	40	4160	8	250	0,8	6656
Ordenador	95	150	14250	8	250	0,8	22800
Impresora	13	300	3900	1	250	1	975
Proyector	2	490	980	0,1	250	0,5	12,25
Trituradora	1	325	325	0,1	250	1	8,125
Televisión	2	230	460	1	250	1	115
Fuente agua fría	3	100	300	1	250	1	75
Frigorífico	5	80	400	8	250	1	800
Frigorífico	4	160	640	8	250	1	1280
Máquina expendedora café	2	1800	3600	2	250	1	1800
Máquina expendedora refrescos	2	780	1560	8	250	1	3120
Máquina expendedora snacks	1	450	450	8	250	1	900
<b>TOTAL</b>							<b>38541,375</b>

Tabla 23. Equipos ofimáticos instalados en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados

## FANCOILS

Potencia [kW]	Uds	Factor simult.	Rango operación	Pot total [kW]	h/día	d/año	h/año	Consumo [kWh]
6,7	23	0,7	0,5	53,935	10	250	2500	47193,125
4,69	2	0,7	0,5	3,283	10	250	2500	2872,625
2,62	3	0,7	0,5	2,751	10	250	2500	2407,125
13,4	4	0,7	0,5	18,76	10	250	2500	16415
20,1	3	0,7	0,5	21,105	10	250	2500	18466,875
18,4	2	0,7	0,5	12,88	10	250	2500	11270
5,7	2	0,7	0,5	3,99	10	250	2500	3491,25
13,8	1	0,7	0,5	4,83	10	250	2500	4226,25
8,08	1	0,7	0,5	2,828	10	250	2500	2474,5
4,2	7	0,7	0,5	10,29	10	250	2500	9003,75
9	14	0,7	0,5	44,1	10	250	2500	38587,5
4	9	0,7	0,5	12,6	10	250	2500	11025
2,4	7	0,7	0,5	5,88	10	250	2500	5145
1,5	7	0,7	0,5	3,675	10	250	2500	3215,625
9,6	2	0,7	0,5	6,72	10	250	2500	5880
2,2	3	0,7	0,5	2,31	10	250	2500	2021,25
3,5	1	0,7	0,5	1,225	10	250	2500	1071,875
4,4	1	0,7	0,5	1,54	10	250	2500	1347,5
3,4	6	0,7	0,5	7,14	10	250	2500	6247,5
4,6	3	0,7	0,5	4,83	10	250	2500	4226,25
4	3	0,7	0,5	4,2	10	250	2500	3675
<b>TOTAL</b>								<b>200263</b>

Tabla 24. Fancoils instalados en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados

## OTROS

### Equipos de aire comprimido

- 1 equipo BETICO ER-22 de 22kW, 7,5 bar
- 1 equipo BETICO ER-37 VF de 37kW, 13 bar

### Bombas

Equipo	Nº motores	Marca	Modelo	Potencia (kW)	Consumo kWh
E. Bomba 1	2	GRUNDFOS	UPSD 65-60 4F 3X 400V 96408938	0,44	0
E. Bomba 2	2	GRUNDFOS		4	24820
E. Bomba 3	1	GRUNDFOS	UPSD 50-120 Modelo C	0,72	6307,2
E. Bomba 4	2	SMEDEGARD	OMEGA 8-115 / 110 - 2D	1,8	7884
E. Bomba 5	2	SMEDEGARD	OMEGA 5-160-2	5,5	48180
E. Bomba 6	2	SMEDEGARD	Type EV5-95-2C	1,239	5426,82
E. Bomba 7	1	SMEDEGARD	Omega 3-80-2	0,25	2190
E. Bomba 8	1	Salson	SIL206-19/11	11	96360
E. Bomba 9	2	WILO	DPL50/160-0.5Y/4	0,55	2409
E. Bomba 10	2	WILO	DPL65/120-2.2/2	2,2	9636
E. Bomba 11	2	WILO	DL50/110-1.5-2	1,5	13140
<b>TOTAL</b>					<b>216353,02</b>

Tabla 25. Bombas instaladas en Miñano 2 y sus consumos eléctricos anuales estimados

## ANEXO IV

### Materiales constructivos

En la *Tabla 26* se presentan todos los materiales constructivos empleados para definir los cerramientos de ambos modelos de edificio.

Los materiales seleccionados y sus respectivos valores de densidad, conductividad y calor específico están tomados del *Catálogo de Elementos Constructivos del CTE (Mayo 2008)* [14].

Material	Densidad [kg/m <sup>3</sup> ]	Conductividad [W/mK]	Conductividad [kJ/h m K]	Resistencia térmica [m <sup>2</sup> K/W]	Espesor [m]	Calor específico [J/kgK]	Calor específico [kJ/kg K]
Azulejo cerámico	2300	1,3000	4,6800			840	0,84
Mortero de cemento	2000	1,3000	4,6800			1000	1
Ladrillo hueco doble	930	0,5625	2,0250	0,16	0,09	1000	1
Panel PV-50 papel	32	0,0400	0,1440			800	0,8
Ladrillo caravista / perforado	1020	0,5476	1,9714	0,21	0,115	1000	1
Media asta ladrillo hueco doble	920	0,4783	1,7217	0,23	0,11	1000	1
Panel yeso laminado	900	0,2500	0,9000			1000	1
Fábrica termoarcilla	1080	0,4318	1,5545	0,44	0,19	1000	1
Poliuretano proyectado	35	0,0280	0,1008			1800	1,8
Ladrillo machetón (LHD7)	930	0,4375	1,5750	0,16	0,07	1000	1
Lucido de yeso	1000	0,5700	2,0520			1000	1
Lámina geotextil (polipropileno)	910	0,2200	0,7920			1800	1,8
Arena y grava	2000	2,0000	7,2000			1000	1
Lámina polietileno (alta densidad)	980	0,5000	1,8000			1800	1,8
Solera hormigón H-200	2300	2,3000	8,2800			1000	1
Tablero de fibras HDF	1000	0,2000	0,7200			1700	1,7
Forjado bovedilla hormigón y vigueta prefabricada, capa compresión 5cm	1330	1,3158	4,7368	0,19	0,25	1000	1
Moqueta	200	0,0600	0,2160			1300	1,3
Losa alveolar CON capa de compresión	1392	1,7290	6,2243	0,214	0,37	1000	1
Losa alveolar SIN capa de compresión	1246	1,6162	5,8182	0,198	0,32	1000	1
Losa maciza de hormigón	2500	2,5000	9,0000	0,1	0,25	1000	1
Mortero áridos ligeros	1000	0,4200	1,5120			1000	1
Lámina bituminosa	1100	0,2300	0,8280			1000	1
Panel poliestireno extruido	32	0,0350	0,1260			1500	1,5
Tablero OSB	650	0,1300	0,4680			1700	1,7
Chapa Zn	7200	110,0000	396,0000			380	0,38
Losa hormigón aridos ligeros	2000	1,6667	6,0000	0,12	0,2	1000	1
Lámina madera	500	0,1500	0,5400			1600	1,6
Poliuretano proyectado (espuma poliuretano)	40	0,0280	0,1008			1800	1,8
Lámina acero galvanizada (acero)	7800	50,0000	180,0000			450	0,45
Resina fenólica	1300	0,3000	1,0800			1700	1,7
Poliestireno extruido (35kg/m3)	35	0,0340	0,1224			1500	1,5
Losetas PVC	1390	0,1700	0,6120			900	0,9
Gres	2500	2,3000	8,2800			1000	1

Tabla 26. Relación de materiales constructivos empleados en los cerramientos

## **ANEXO V**

### **Características de las zonas térmicas**

En este anexo se presentan dos tablas a modo de resumen con las características principales de las zonas térmicas de cada uno de los dos modelos.

Se muestra el área y volumen de las zonas, su uso y su régimen de funcionamiento en cuanto a qué ganancias tienen activadas, si tienen calefacción, refrigeración y ventilación o no tienen acceso a estas y si están expuestas a infiltraciones.

## EDIFICIO OESTE

Planta	Zona	Uso	Área [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Ganancias Internas			Climatización		Infiltraciones	Ventilación
					Iluminación	Ocupación	Equipos	Calefacción	Refrigeración		
Baja	OB_1	Lab	104,15	312,461	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_2	Lab	78,00	234,000	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
	OB_3	Lab	116,97	350,911	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_4	Pasillo + aseos	87,10	261,306	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	OB_5	Lab	68,99	206,976	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_6	Lab	99,01	297,032	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_7	Lab	69,19	207,566	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_8	Lab	69,46	208,386	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_9	Pasillo	70,94	212,817	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	OB_10	Lavandería + residuos	34,59	103,767	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
	OB_11	Recepción	134,76	404,266	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_12	Taller	34,91	104,731	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	OB_ESC	Escaleras	6,45	19,351	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Primera	O1_1	Sala reuniones	39,69	115,087	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O1_2	Oficinas	470,87	1365,526	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O1_3	Archivo	44,47	128,964	NO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
	O1_4	Oficinas	34,59	100,308	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O1_5	Recepción	77,08	223,521	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI
	O1_6	Oficinas	34,91	101,240	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O1_7	Lab	67,98	226,139	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO
	O1_8	Lab	110,51	320,474	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO
	O1_9	Lab	77,98	226,151	NO	NO	NO	SI	SI	SI	NO
	O1_ESC	Escaleras	6,45	18,706	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Segunda	O2_1	Lab	171,03	602,888	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O2_2	Pasillo+ Almacén	76,24	219,190	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	O2_3	Pasillo + aseos	67,38	200,036	NO	NO	SI	NO	NO	SI	NO
	O2_4	Sala reuniones	35,41	105,597	NO	NO	NO	SI	SI	NO	SI
	O2_5	Lab	46,33	138,143	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI
	O2_6	Comedor	70,60	259,943	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O2_7	Lab	166,05	636,851	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O2_8	Lab	59,49	225,866	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
	O2_9	Lab	84,36	318,726	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O2_10	Lab	78,88	309,339	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	O2_11	Recepción	70,03	329,129	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
	O2_12	Servidores informáticos	41,96	197,207	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI

Tabla 27. Características de las zonas térmicas del modelo del Edificio Oeste

## EDIFICIO ESTE

Planta	Zona	Uso	Área [m <sup>2</sup> ]	Volumen [m <sup>3</sup> ]	Ganancias Internas			Climatización		Infiltraciones	Ventilación
					Iluminación	Ocupación	Equipos	Calefacción	Refrigeración		
Baja-Farmacia	EB_1	Lab farma	714,06	3084,740	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
	EB_2	Lab	149,16	644,363	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
	EB_3	Lab	121,34	524,191	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	EB_4	Sala máq	143,43	619,630	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	EB_micro	Lab	13,91	60,083	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
	EB_mues	Lab	21,88	94,503	NO	NO	NO	SI	SI	NO	NO
	EB_ss	Lab	58,91	254,488	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Primera	E1_1	Lab	140,71	526,259	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	E1_2	Vesturarios	131,74	492,719	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
	E1_3	Lab Pharamlab	241,43	902,948	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	E1_4	Escaleras	19,43	72,682	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	E1_5	Pasillo	212,75	795,679	NO	NO	NO	SI	NO	SI	NO
	E1_6	Lab	348,32	1302,710	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	E1_7	Lab	125,31	468,668	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Segunda	E2_1	Oficinas	140,71	592,393	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
	E2_2	Lab	82,01	354,414	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
	E2_3	Salón actos+ofis	257,68	1093,600	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	E2_4	Escaleras	19,43	73,038	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	E2_5	Pasillo+aseos	316,48	1220,870	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO
	E2_6	Oficinas	118,15	501,661	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	E2_7	Oficinas	285,23	1211,380	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
	Etorre	Desván	116,76	358,454	NO	NO	NO	NO	NO	SI	NO

Tabla 28. Características de las zonas térmicas del modelo del Edificio Este

## **ANEXO VI**

En este anexo se presentan los resultados obtenidos en sendas simulaciones en *TRNSYS* para el Edificio Oeste y el Edificio Este. Se presentan tanto la demanda de calefacción como la de refrigeración mensuales en [kWh] para cada zona térmica, así como los totales anuales por zona y los totales mensuales por modelo de edificio.

## EDIFICIO OESTE

### Demanda de calefacción

	Q_OB_1	Q_OB_2	Q_OB_3	Q_OB_5	Q_OB_6	Q_OB_7	Q_OB_8	Q_OB_11	Q_OB_12	Q_O1_1	Q_O1_2	Q_O1_4	Q_O1_5	Q_O1_6	Q_O1_7	Q_O1_8	Q_O1_9	Q_O2_1	Q_O2_4	Q_O2_5	Q_O2_6	Q_O2_7	Q_O2_8	Q_O2_9	Q_O2_10	Q_O2_11	Q_O2_12	TOTAL
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	mensual
Enero	2854,81	1788,45	3050,54	1972,43	2838,03	1961,29	2027,57	2640,81	729,61	622,64	3755,91	425,13	296,51	363,24	467,14	687,01	542,05	1405,56	175,15	206,38	2068,74	1441,21	351,75	690,67	669,48	593,82	0,00	34625,93
Febrero	2600,94	1632,67	2797,39	1860,59	2692,33	1849,45	1910,68	2252,35	667,90	501,27	2891,77	345,03	202,66	293,59	380,64	563,65	434,21	1029,97	127,46	155,17	1672,46	1110,49	263,22	521,90	492,76	358,55	0,00	29609,10
Marzo	2109,07	1282,42	2257,52	1611,29	2354,94	1588,00	1600,42	1427,35	466,33	382,51	1976,29	247,94	86,80	204,42	280,23	426,81	317,72	646,04	72,38	97,44	1318,92	751,59	165,61	345,05	315,16	144,26	0,00	22476,51
Abril	1254,14	710,28	1304,51	981,78	1462,55	948,10	912,74	614,29	193,19	243,55	1172,43	132,53	22,61	97,15	163,43	264,81	184,40	317,20	35,58	49,84	867,80	414,06	74,94	171,81	143,48	28,96	0,00	12766,14
Mayo	481,16	199,90	435,62	334,74	530,25	300,70	286,24	142,52	70,58	128,82	545,59	53,49	3,59	45,68	82,91	141,97	94,96	140,73	13,73	23,07	497,90	188,49	36,84	81,04	63,72	3,08	0,00	4927,35
Junio	47,86	9,93	34,72	29,41	47,28	23,41	18,27	0,59	9,43	21,03	54,45	2,27	0,00	8,74	0,00	0,07	0,00	4,53	0,00	0,72	152,74	10,28	0,00	3,59	1,40	0,00	0,00	480,71
Julio	0,00	0,00	0,00	0,15	0,10	0,07	0,00	0,00	2,05	4,17	1,71	0,00	0,00	4,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,42
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	1,28	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,96
Septiembre	21,62	1,13	13,51	33,37	51,84	29,21	14,48	0,00	12,32	37,21	92,80	6,71	0,00	15,13	1,06	10,06	3,70	24,84	0,00	1,74	291,26	41,45	2,70	15,47	8,26	0,00	0,00	729,88
Octubre	340,47	108,45	267,26	310,79	490,66	274,34	225,00	107,18	59,23	153,00	557,01	60,02	3,25	44,69	72,11	141,67	97,69	187,50	14,86	21,19	656,11	249,94	38,31	97,17	75,65	11,07	0,00	4664,62
Noviembre	1425,49	779,74	1442,90	1091,08	1592,61	1068,90	1051,55	1041,00	279,25	411,46	2181,51	254,13	148,02	195,45	315,72	472,18	362,83	811,25	110,63	115,60	1389,09	898,94	199,60	406,12	371,20	293,17	0,00	18709,42
Diciembre	2397,13	1550,25	2574,69	1789,52	2553,11	1771,47	1815,92	2163,68	635,01	457,67	2999,81	342,65	275,89	218,53	428,41	634,81	504,88	1409,18	140,76	167,70	1142,04	1393,63	405,40	662,10	642,22	514,86	0,00	29591,33
<b>TOTAL anual</b>	<b>13532,69</b>	<b>8063,21</b>	<b>14178,67</b>	<b>10015,14</b>	<b>14613,71</b>	<b>9814,94</b>	<b>9862,88</b>	<b>10389,78</b>	<b>3125,25</b>	<b>2964,61</b>	<b>16229,27</b>	<b>1869,91</b>	<b>1039,33</b>	<b>1491,90</b>	<b>2191,64</b>	<b>3343,04</b>	<b>2542,45</b>	<b>5976,78</b>	<b>690,55</b>	<b>838,85</b>	<b>10171,27</b>	<b>6500,09</b>	<b>1538,37</b>	<b>2994,92</b>	<b>2783,32</b>	<b>1947,78</b>	<b>0,00</b>	

Tabla 29. Demanda de calefacción para las zonas térmicas del modelo Edificio Oeste

### Demanda de refrigeración

	Q_OB_1	Q_OB_2	Q_OB_3	Q_OB_5	Q_OB_6	Q_OB_7	Q_OB_8	Q_OB_11	Q_OB_12	Q_O1_1	Q_O1_2	Q_O1_4	Q_O1_5	Q_O1_6	Q_O1_7	Q_O1_8	Q_O1_9	Q_O2_1	Q_O2_4	Q_O2_5	Q_O2_6	Q_O2_7	Q_O2_8	Q_O2_9	Q_O2_10	Q_O2_11	Q_O2_12	TOTAL
	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	[kWh]	mensual
Enero	2854,81	1788,45	3050,54	1972,43	2838,03	1961,29	2027,57	2640,81	729,61	622,64	3755,91	425,13	296,51	363,24	467,14	687,01	542,05	1405,56	175,15	206,38	2068,74	1441,21	351,75	690,67	669,48	593,82	0,00	34625,93
Febrero	2600,94	1632,67	2797,39	1860,59	2692,33	1849,45	1910,68	2252,35	667,90	501,27	2891,77	345,03	202,66	293,59	380,64	563,65	434,21	1029,97	127,46	155,17	1672,46	1110,49	263,22	521,90	492,76	358,55	0,00	29609,10
Marzo	2109,07	1282,42	2257,52	1611,29	2354,94	1588,00	1600,42	1427,35	466,33	382,51	1976,29	247,94	86,80	204,42	280,23	426,81	317,72	646,04	72,38	97,44	1318,92	751,59	165,61	345,05	315,16	144,26	0,00	22476,51
Abril	1254,14	710,28	1304,51	981,78	1462,55	948,10	912,74	614,29	193,19	243,55	1172,43	132,53	22,61	97,15	163,43	264,81	184,40	317,20	35,58	49,84	867,80	414,06	74,94	171,81	143,48	28,96	0,00	12766,14
Mayo	481,16	199,90	435,62	334,74	530,25	300,70	286,24	142,52	70,58	128,82	545,59	53,49	3,59	45,68	82,91	141,97	94,96	140,73	13,73	23,07	497,90	188,49	36,84	81,04	63,72	3,08	0,00	4927,35
Junio	47,86	9,93	34,72	29,41	47,28	23,41	18,27	0,59	9,43	21,03	54,45	2,27	0,00	8,74	0,00	0,07	0,00	4,53	0,00	0,72	152,74	10,28	0,00	3,59	1,40	0,00	0,00	480,71
Julio	0,00	0,00	0,00	0,15	0,10	0,07	0,00	0,00	2,05	4,17	1,71	0,00	0,00	4,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	77,09	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	89,42
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,35	1,28	0,00	0,00	0,00	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	37,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	39,96
Septiembre	21,62	1,13	13,51	33,37	51,84	29,21	14,48	0,00	12,32	37,21	92,80	6,71	0,00	15,13	1,06	10,06	3,70	24,84	0,00	1,74	291,26	41,45	2,70	15,47	8,26	0,00	0,00	729,88
Octubre	340,47	108,45	267,26	310,79	490,66	274,34	225,00	107,18	59,23	153,00	557,01	60,02	3,25	44,69	72,11	141,67	97,69	187,50	14,86	21,19	656,11	249,94	38,31	97,17	75,65	11,07	0,00	4664,62
Noviembre	1425,49	779,74	1442,90	1091,08	1592,61	1068,90	1051,55	1041,00	279,25	411,46	2181,51	254,13	148,02	195,45	315,72	472,18	362,83	811,25	110,63	115,60	1389,09	898,94	199,60	406,12	371,20	293,17	0,00	18709,42
Diciembre	2397,13	1550,25	2574,69	1789,52	2553,11	1771,47	1815,92	2163,68	635,01	457,67	2999,81	342,65	275,89	218,53	428,41	634,81	504,88	1409,18	140,76	167,70	1142,04	1393,63	405,40	662,10	642,22	514,86	0,00	29591,33
<b>TOTAL anual</b>	<b>13532,69</b>	<b>8063,21</b>	<b>14178,67</b>	<b>10015,14</b>	<b>14613,71</b>	<b>9814,94</b>	<b>9862,88</b>	<b>10389,78</b>	<b>3125,25</b>	<b>2964,61</b>	<b>16229,27</b>	<b>1869,91</b>	<b>1039,33</b>	<b>1491,90</b>	<b>2191,64</b>	<b>3343,04</b>	<b>2542,45</b>	<b>5976,78</b>	<b>690,55</b>	<b>838,85</b>	<b>10171,27</b>	<b>6500,09</b>	<b>1538,37</b>	<b>2994,92</b>	<b>2783,32</b>	<b>1947,78</b>	<b>0,00</b>	

Tabla 30. Demanda de refrigeración para las zonas térmicas del modelo Edificio Oeste

## EDIFICIO ESTE

### Demanda de calefacción

	Q_EB_1 [kWh]	Q_EB_2 [kWh]	Q_EB_3 [kWh]	Q_EB_micro [kWh]	Q_EB_mues [kWh]	Q_EB_ss [kWh]	Q_E1_1 [kWh]	Q_E1_2 [kWh]	Q_E1_3 [kWh]	Q_E1_5 [kWh]	Q_E1_6 [kWh]	Q_E1_7 [kWh]	Q_E2_1 [kWh]	Q_E2_2 [kWh]	Q_E2_6 [kWh]	Q_E2_7 [kWh]	TOTAL mensual
Enero	16071,34	3490,74	3311,79	258,03	946,96	1406,35	1295,83	1098,48	766,48	2039,99	2784,57	1838,66	1907,14	963,88	1696,16	3597,41	43473,83
Febrero	15295,65	3189,66	3174,51	186,22	851,30	1257,18	1023,30	903,06	579,75	1614,34	2298,49	1528,56	1446,76	714,53	1255,62	2750,48	38069,42
Marzo	12620,87	2487,60	2665,93	99,98	823,35	1071,85	671,37	626,27	309,63	1047,59	1656,63	1042,46	954,01	414,39	785,00	1799,26	29076,20
Abril	7137,15	1496,15	1558,60	49,45	694,67	796,16	373,73	311,64	79,16	575,28	900,69	531,24	520,82	158,54	406,79	907,80	16497,87
Mayo	2337,50	585,52	589,38	19,13	520,60	502,72	131,64	93,62	20,64	212,98	393,21	221,17	261,24	55,40	187,36	431,88	6563,99
Junio	114,85	44,88	53,26	0,99	224,39	151,90	3,08	0,00	0,00	0,00	13,91	18,35	54,83	0,17	24,89	75,45	780,95
Julio	0,00	0,00	0,00	0,00	97,03	47,23	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,63	0,00	2,17	11,15	176,21
Agosto	0,00	0,00	0,00	0,00	127,17	27,55	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	8,22	0,00	0,67	3,83	167,44
Septiembre	86,81	31,06	49,06	2,19	291,49	206,40	16,14	0,00	0,82	2,26	46,83	55,44	136,91	11,58	68,30	208,84	1214,13
Octubre	1916,82	466,29	492,98	23,53	562,66	543,78	216,78	164,06	36,17	284,43	506,84	325,21	390,58	125,12	288,57	689,12	7032,95
Noviembre	8479,15	1822,32	1764,17	137,77	825,37	1107,79	824,16	717,14	289,49	1284,90	1796,47	1090,16	1114,04	547,22	975,27	2135,13	24910,55
Diciembre	14563,39	2960,21	2988,75	263,87	1003,65	1417,10	1130,38	1034,63	375,78	1912,13	2547,06	1711,79	1639,71	994,67	1542,85	3460,10	39546,07
<b>TOTAL anual</b>	<b>78623,54</b>	<b>16574,42</b>	<b>16648,44</b>	<b>1041,17</b>	<b>6968,64</b>	<b>8536,01</b>	<b>5686,43</b>	<b>4948,91</b>	<b>2457,92</b>	<b>8973,90</b>	<b>12944,70</b>	<b>8363,04</b>	<b>8452,89</b>	<b>3985,51</b>	<b>7233,65</b>	<b>16070,46</b>	

Tabla 31. Demanda de calefacción para las zonas térmicas del modelo Edificio Este

### Demanda de refrigeración

	Q_EB_1 [kWh]	Q_EB_2 [kWh]	Q_EB_3 [kWh]	Q_EB_micro [kWh]	Q_EB_mues [kWh]	Q_EB_ss [kWh]	Q_E1_1 [kWh]	Q_E1_2 [kWh]	Q_E1_3 [kWh]	Q_E1_5 [kWh]	Q_E1_6 [kWh]	Q_E1_7 [kWh]	Q_E2_1 [kWh]	Q_E2_2 [kWh]	Q_E2_6 [kWh]	Q_E2_7 [kWh]	TOTAL mensual
Enero	0,00	0,00	0,00	4,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	4,33
Febrero	0,00	0,00	0,00	11,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,21	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,31
Marzo	0,00	0,00	0,00	25,45	0,00	0,00	0,00	0,00	54,15	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,55	4,13	87,27
Abril	0,00	0,00	0,00	28,82	0,00	0,00	0,00	0,00	194,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,51	10,62	239,08
Mayo	73,65	5,66	0,00	85,15	0,00	0,00	11,34	0,00	1009,67	0,00	5,09	6,91	0,00	0,00	107,26	230,34	1535,09
Junio	1474,82	317,79	3,29	174,63	10,20	34,12	193,26	0,00	1801,28	0,00	193,08	112,53	0,00	0,00	368,10	663,31	5346,41
Julio	2990,54	680,70	22,13	209,04	4,70	39,46	243,22	0,00	1877,78	0,00	267,80	154,49	0,00	0,00	394,52	671,71	7556,10
Agosto	2341,68	555,33	28,97	162,76	14,37	48,17	192,41	0,00	1348,69	0,00	251,45	122,96	0,00	0,00	300,64	476,90	5844,33
Septiembre	1094,18	338,98	2,57	157,97	0,00	8,80	79,21	0,00	1142,03	0,00	55,74	30,70	0,00	0,00	220,51	272,66	3403,36
Octubre	7,71	13,59	0,00	80,46	0,00	0,00	0,22	0,00	608,28	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	57,75	59,40	827,41
Noviembre	0,00	0,00	0,00	15,67	0,00	0,00	0,00	0,00	1,12	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	16,80
Diciembre	0,00	0,00	0,00	9,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,50
<b>TOTAL anual</b>	<b>7982,58</b>	<b>1912,05</b>	<b>56,97</b>	<b>964,90</b>	<b>29,27</b>	<b>130,55</b>	<b>719,66</b>	<b>0,00</b>	<b>8037,34</b>	<b>0,00</b>	<b>773,16</b>	<b>427,60</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1457,83</b>	<b>2389,08</b>	

Tabla 32. Demanda de refrigeración para las zonas térmicas del modelo Edificio Este